

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS DE CURITIBANOS

CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

Diogo Stefen

**Avaliação da resistência à ferrugem (*Neophytopella tropicalis*) em cultivares modernas de videira resistentes a doenças (PIWI)**

Curitibanos

2023

Diogo Stefen

**Avaliação da resistência à ferrugem (*Neophytophthora tropicalis*) em cultivares modernas de videira resistentes a doenças (PIWI)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina Campus de Curitibanos como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia  
Orientador: Prof. Dr. Leocir José Welter.

Curitibanos

2023

Ficha de identificação elaborado pelo autor, através do Programa de Geração Automático da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina

Stefen, Diogo

Avaliação da resistência à ferrugem (*Neophysopella tropicalis*) em cultivares modernas de videira resistentes a doenças (PIWI) / Diogo Stefen ; orientador, Leocir José Welter, 2023.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2023.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Resistência a doenças. 3. Ferrugem da videira. 4. Melhoramento Genético da Videira. 5. Cultivares PIWI. I. Welter, Leocir José. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

DIOGO STEFEN

**Avaliação da resistência à ferrugem (*Neophytopella tropicalis*) de cultivares modernas de videira resistentes a doenças (PIWI)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 02 de junho de 2022.



Documento assinado digitalmente

**Douglas Adams Weiler**

Data: 07/05/2023 08:14:33-0300

CPF: \*\*\*.111.820-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

**Leocir José Welter**

Data: 05/05/2023 11:12:40-0300

CPF: \*\*\*.205.779-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Leocir José Welter  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

**Adriana Terumi Itako**

Data: 05/06/2023 13:55:50-0300

CPF: \*\*\*.130.099-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Adriana Terumi Itako  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

**BEATRIZ RIBEIRO GOMES**

Data: 05/06/2023 17:52:43-0300

CPF: \*\*\*.072.979-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Msc Beatriz Ribeiro Gomes  
Membro da banca examinadora  
Diretora Financeira da Coper Planalto Sul

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me dado forças e coragem para que eu pudesse buscar meu caminho e atingir todos os meus objetivos.

A minha família, em especial a minha mãe Rosa Marli, a meu pai Emidio, a minha irmã Diana, meu cunhado Rodrigo e a meu sobrinho Pedro Henrique por serem meu chão, sempre podendo contar com eles, e por todo amor e carinho durante toda esta jornada acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leocir José Welter por todas as oportunidades e portas que me abriu durante minha jornada acadêmica.

A Beatriz que me incentivou muito, me ensinou muito e foi minha maior inspiração para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos que me acompanharam nesta caminhada acadêmica, em especial a Andriele, Amanda, Paola, Dara, Camila, Joline, Ana karolina, Felipe e Anna Meireles que foram muito mais que amigos para mim.

Ao grupo NEUVIN e seus integrantes, que contribuíram para a execução deste trabalho e para a minha formação acadêmica.

Aos funcionários da UFSC Campus de Curitibanos, aos professores que desempenharam seus papéis com maestria. Aos servidores e técnicos por todo o serviço, estrutura e ensino.

As pessoas que passaram pelo meu caminho ao longo desta jornada acadêmica, que com certeza impactaram de alguma forma em minha vida.

Em memorial de meus padrinhos Marlene e Valentin que sempre me deram carinho e acolhimento me incentivando a estudar e seguir meus sonhos.

Muito obrigado a todos!

“Volte, jovem, e reúna seus genes cansados e derrotados do passado, pegue seus genes atualmente bem-sucedidos, encontre alguns novos, se puder, e construa uma pirâmide genética. Volte mais uma vez jovem e reúna não apenas seus genes mais eficientes, mas também moléculas, inimigos naturais e práticas, e construa uma estratégia altamente durável [...] e seja sábio o suficiente para tornar essa estratégia econômica e ecologicamente sustentável.” (R. R. Nelson, 1978)

## RESUMO

O cultivo de videiras está amplamente difundido pelo mundo e no Brasil a viticultura se estende por todo o território, sendo a região Sul a maior produtora de uvas europeias para a produção de vinhos finos. Porém as cultivares europeias (*Vitis vinifera*) são extremamente suscetíveis a doenças fúngicas, e devido as condições climáticas desta região serem favoráveis ao seu desenvolvimento, são os maiores desafios aos produtores para o cultivo de uvas viníferas. Por isso a utilização de cultivares que apresentem resistência genética aos patógenos se faz tão importante e vem sendo o objetivo central dos programas de melhoramento da videira. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência a ferrugem da videira (*Neophytopella tropicalis*), em 21 cultivares modernas de videira resistentes a doenças (PIWI) e cinco seleções do melhoramento, todos possuindo genes de resistência a míldio (*Plasmopara viticola*) e algumas a oídio (*Erysiphe necator*). O bioensaio foi conduzido utilizando a técnica de discos foliares, sendo realizados dois ensaios de resistência em dois anos, 2022 e 2023. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Biotecnologia e Genética e da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. Foram cortados três discos foliares de 12 mm de três folhas de cada um dos 27 genótipos, que foram então dispostos com a face abaxial voltada para cima em placas de Petri, contendo ágar (1,5% de concentração). A inoculação do patógeno foi realizada aplicando uma gotícula de 30 µl de suspensão de urediniósporos na concentração de 50.000 esporos/ml sobre cada disco. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com três blocos, cada um contendo folhas de idade diferentes, sendo elas a 4°, 5° e 6° folhas do ápice para a base). As variáveis analisadas foram: período de latência, número de pústulas, diâmetro de pústulas e severidade. Através da severidade foram atribuídas notas quanto a resistência apresentada pelos genótipos, onde a cultivar 'Felicia' apresentou maior resistência com uma severidade de 6,33%, as cultivares 'Calardis Blanc', 'Regent' e 'Helios' apresentaram resistência ligeiramente menor que 'Felicia', com severidade de 10,05%, 12,66% e 13,68%, respectivamente. Ao analisarmos suas genealogias, foi possível encontrar ancestrais em comum que já haviam sido descritos anteriormente como resistentes a *N. tropicalis*, sendo estes ancestrais: 'Seibel 405' ancestral de 'Felicia', 'Calardis Blanc' e 'Helios'; 'Munson' e *Vitis rupestris* Scheele ancestrais de 'Helios' e 'Regent'.

**Palavras-chave:** Resistência a doenças. Melhoramento Genético da Videira. Cultivares PIWI. Ferrugem da videira. Discos foliares.

## ABSTRACT

The cultivation of vines is widespread throughout the world and in Brazil viticulture extends throughout the territory, with the southern region being the largest producer of European grapes for the production of fine wines. However, European cultivars (*Vitis vinifera*) are extremely susceptible to fungal diseases, and due to the climatic conditions of this region being favorable to their development, they are the biggest challenges for producers to grow wine grapes. That is why the use of cultivars with genetic resistance to pathogens is so important and has been the central objective of grapevine breeding programs. The objective of this work is to evaluate the resistance to grapevine rust (*Neophytopella tropicalis*) in 21 modern disease-resistant grapevine cultivars (PIWI) and five breeding selections, all of which possess genes for resistance to downy mildew (*Plasmopara viticola*) and some to powdery mildew (*Erysiphe necator*). The bioassay was conducted using the leaf disc technique, with two resistance tests being conducted in two years, 2022 and 2023. The tests were conducted at the Laboratory of Biotechnology and Genetics, at the Federal University of Santa Catarina, Curitibanos Campus. Three 12 mm leaf disks were cut from three leaves of each of the 27 genotypes, which were then placed with the abaxial side facing upwards in Petri dishes containing agar (1.5% concentration). Inoculation of the pathogen was performed by applying a 30 µl droplet of urediniospore suspension at a concentration of 50,000 spores/ml on each disc. A randomized block design (DBC) was used, with three blocks, each containing leaves of different ages, namely the 4th, 5th and 6th leaves from the apex to the base). The analyzed variables were: latency period, number of pustules, pustule diameter and severity. Through severity, grades were assigned regarding the resistance presented by the genotypes, where 'Felicia' cultivar showed greater resistance with a severity of 6.33%, 'Calardis Blanc', 'Regent' and 'Helios' cultivars showed slightly lower resistance than 'Felicia', with the severity of 10.05%, 12.66% and 13.68%, respectively. When analyzing their genealogies, it was possible to find common ancestors that had previously been described as resistant to *N. tropicalis*, these ancestors being: 'Seibel 405' ancestor of 'Felicia', 'Calardis Blanc' and 'Helios'; 'Munson' and *Vitis rupestris* Scheele ancestors of 'Helios' and 'Regent'.

**Keywords:** Disease resistance. Grapevine Genetic Breeding. PIWI cultivars. Vine rust. Leaf disks.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Folha de ‘Niágara’ com esporulação de <i>Neophysopella tropicalis</i> , encontrada no município de Balsa Nova – PR.....	17
<b>Figura 2.</b> Ordem de coleta das folhas para o experimento. ....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Pedigree</i> da cultivar ‘Felicia’ .....	33
<b>Figura 4.</b> <i>Pedigree</i> da cultivar ‘Calardis Blanc’ .....	33
<b>Figura 5.</b> <i>Pedigree</i> da cultivar ‘Helios’ .....	33
<b>Figura 6.</b> <i>Pedigree</i> da cultivar ‘Regent’ .....	34
<b>Figura 7.</b> <i>Pedigree</i> da cultivar ‘Seibel 6468’ .....	34
<b>Figura 8.</b> Imagem representativa de cada genótipo avaliado. ....	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Descrição dos genótipos PIWI e dos genes de resistência ao míldio e oídio já presentes. ....	23
<b>Tabela 2.</b> Escala de classificação da resistência à <i>N. tropicalis</i> em genótipos de videira de acordo com a severidade da doença estimada em uma área de 0,5 cm <sup>2</sup> . ....	27
<b>Tabela 3.</b> Componentes de resistência à <i>Neophytopella tropicalis</i> avaliados em um painel de 26 genótipos PIWI e da testemunha ‘Merlot’ por meio de bioensaios em disco discos foliares realizados nos anos 2022 e 2023. ....	29
<b>Tabela 4.</b> Análise do componente de resistência à <i>Neophytopella tropicalis</i> , diâmetro médio de pústulas em um painel de 26 genótipos PIWI e da testemunha ‘Merlot’ por meio de bioensaios em disco discos foliares realizados nos anos 2022 e 2023. ....	31
<b>Tabela 5.</b> Correlação de Pearson para as variáveis severidade, período de latência, diâmetro médio de pústulas e número de pústulas analisadas nas avaliações realizadas nos anos 2022 e 2023. ....	37

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1. OBJETIVOS .....	13
<b>1.1.1. Objetivo geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1.2. Objetivos específicos</b> .....	<b>13</b>
1.2. JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1. IMPORTÂNCIA DA VITICULTURA .....	15
2.2. FERRUGEM DA VIDEIRA ( <i>Neophysopella tropicalis</i> ).....	15
<b>2.2.1. Taxonomia e distribuição do <i>Neophysopella tropicalis</i></b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2 Características da ferrugem da videira (<i>Neophysopella tropicalis</i>)</b> ...	<b>16</b>
2.3. MELHORAMENTO GENÉTICO DA VIDEIRA .....	18
<b>2.3.1. História do melhoramento da videira</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3.2. Resistencia genética a doenças</b> .....	<b>20</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1. OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL .....	23
3.2. AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA À FERRUGEM EM DISCOS FOLIARES .....	24
<b>3.2.1. Avaliação do período de latência</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2. Determinação do número e diâmetro das pústulas para mensuração da severidade</b> .....	<b>26</b>
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	27
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A viticultura se espalhou pelo mundo e em 2021 correspondia a mais de oito milhões de hectares de cultivo da videira, sendo que a metade desta área está distribuída em cinco países (Espanha, China, França, Itália e Turquia). A produção é consumida na forma *in natura* ou como produtos processados, tais como vinho, geleia, suco, uva passa, vinagre e óleo extraído das sementes (OIV, 2023). Em 2021, a produção mundial de uva foi de aproximadamente 69,5 milhões de toneladas, destas sendo cerca de 48,8% de uvas para vinho, 43,3% de uvas de mesa e 7,9% para uvas passas. O que demonstra a importância econômica da viticultura no mundo e torna evidente que a comercialização de uvas desempenha um papel substancial no consumo global de alimentos (FAO, 2016; OIV, 2019).

As doenças causadas por fungos e oomiceto são um dos maiores desafios para a produção de uva (ALMANÇA *et al.*, 2015). Em regiões em que o clima favorece o desenvolvimento das doenças, os tratamentos fitossanitários podem somar até 30% do custo de produção. Além disso, os tratamentos químicos podem causar diversos impactos negativos ao meio ambiente, bem como podem trazer riscos à saúde do produtor, durante o processo produtivo da cultura, bem como, ao consumidor (GESSLER *et al.*, 2011). Assim, o uso de cultivares que apresentam resistência a doenças é considerado uma estratégia mais efetiva e econômica para o controle de doenças (PAVLOUSEK, 2012).

O melhoramento genético voltado à obtenção de cultivares resistentes/resilientes às doenças é muito importante ao se considerar que atualmente o número destas variedades aprovadas e disponíveis para o produtor é muito pequeno, se comparado à expansão das áreas de plantio. Para a obtenção de genótipos resistentes, primeiramente deve-se identificar as fontes de resistências no germoplasma. Após isso é realizada a introgressão destes alelos de resistências em cultivares comerciais por meio dos métodos de hibridação, seguido de retrocruzamentos (BUENO *et al.*, 2006).

Em 2012 foi estabelecido na UFSC, Campus de Curitibanos, um programa de melhoramento genético da videira com ênfase na resistência a doenças conduzido pelo Núcleo de Estudos da Uva e do Vinho (NEUVIN), em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri - Estação Experimental de Videira. O principal objetivo do programa é o desenvolvimento de variedades que conciliam resistência genética a doenças com elevada qualidade de vinho.

Para isso, neste programa, as principais atividades envolvem a realização de cruzamentos entre germoplasma contendo alelos de resistência a múltiplas doenças, e, para promover a durabilidade da resistência, a piramidação de alelos de resistência, bem como avançar com as gerações de retrocruzamentos com variedades viníferas, de modo a aumentar o percentual genômico de *Vitis vinifera*, visando melhorar as características enológicas das novas cultivares a serem desenvolvidas. Assim, por meio destes cruzamentos foram por exemplo desenvolvidas seleções avançadas contendo alelos de resistência ao míldio e ao oídio piramidados (SANCHEZ-MORA *et al.*, 2017; SEIFERT *et al.*, 2018).

Dentre os genótipos trabalhados pelo grupo NEUVIN, muitas são cultivares modernas que já possuem resistência a doenças como o míldio (*Plasmopara viticola*) e ao oídio (*Erysiphe necator*), denominadas cultivares PIWI, que passaram por vários ciclos de retrocruzamento e seleção, incrementando o percentual de genoma *V. vinifera*, e assim, com boa qualidade de vinho. Por outro lado, estas cultivares possuem regiões no genoma (blocos gênicos) que foram herdados dos ancestrais silvestres utilizados como fontes de resistência, assim havendo a possibilidade de que nestas regiões estejam presentes genes de resistência a doenças diferentes das quais foram selecionadas. Por isso, a hipótese levantada no presente trabalho é a de que cultivares PIWI, selecionadas principalmente para resistência ao míldio e oídio, podem apresentar resistência genética à ferrugem da videira.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo geral

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a resposta de cultivares PIWI à inoculação artificial de *Neophytopella tropicalis*, agente causal da ferrugem da videira, empregando bioensaio em discos foliares.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- I. Identificar cultivares PIWI que apresentem resistência à ferrugem da videira (*N. tropicalis*).
- II. Buscar na literatura ancestrais das cultivares PIWI identificadas como resistentes que possuam resistência à *N. tropicalis*.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O agente causal da ferrugem da videira é um fungo basidiomiceto do gênero *Neophysopella*, da espécie *Neophysopella tropicalis* (PRIMIANO; AMORIN, 2020). Este fungo foi primeiramente registrado na Ásia (HIRATSUKA, 1935), porém já há registros dele nas Américas e na Oceania (TESSMANN; VIDA; LOPES, 2003; WEINERT *et al.*, 2003). Em 2001, houve o primeiro registro do fungo no Brasil, no município de Jandaia do Sul, no estado do Paraná, e desde então já se espalhou para diversos estados do Brasil (TESSMANN; VIDA; LOPES, 2003).

Após a infecção de *N. tropicalis* são causadas lesões necróticas são densamente distribuídas sobre o limbo foliar e há redução na assimilação de CO<sub>2</sub>, comprometendo a taxa fotossintética das folhas causando a redução da área fotossinteticamente ativa. Bennett (2002) demonstrou que a redução das reservas da videira por infestação de *N. tropicalis* está diretamente relacionada à diminuição de até 50% de inflorescências na próxima safra, o que resulta em uma severa redução da produção (EDWARDS, 2015; SONEGO; GARIDO; GAVA, 2005).

As cultivares PIWI possuem resistência genética principalmente ao míldio (*Plasmopara viticola*) e/ou ao oídio (*Erysiphe necator*) (SIVCEV; SIVCEV; RANKOVIC-VASIC, 2010). O cultivo destas variedades permite a redução da aplicação de fungicidas para estes patógenos (ZANGHELINI *et al.*, 2019). No entanto, elas não foram selecionadas e avaliadas para outras doenças de importância para o Brasil, tal como a ferrugem da videira.

Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a resposta de cultivares PIWI à inoculação artificial de *N. tropicalis*. Tendo em vista que essas cultivares possuem em seus genomas blocos gênicos provenientes de outras espécies de videira que são resistentes a doenças, o presente trabalho tem como hipótese que algumas das cultivares PIWI podem manifestar algum grau de resistência à ferrugem. Devido estas cultivares já terem passado por vários ciclos de retrocruzamentos nos programas de melhoramento genético, é interessante avaliar a existência de possíveis fontes de resistência à ferrugem, pois são cultivares que unem a questão de resistência e qualidade enológica assim sendo consideradas cultivares elite, o que agilizaria muito as etapas dos programas de melhoramento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. IMPORTÂNCIA DA VITICULTURA

A videira (*Vitis* spp.) é uma planta perene, lenhosa, caducifólia e sarmentosa, pertence à classe Magnoliopsidae, subclasse Rosidae, ordem Rhamnales, família Vitaceae (BARBIERI; STEEMPT, 2008). Possui aproximadamente 910 espécies, divididas em 14 gêneros. Na família Vitaceae, o gênero *Vitis* é constituído por dois subgêneros, o *Muscadinia* ( $2n = 40$  cromossomos) e o *Euvtis* ( $2n = 38$  cromossomos), que se caracteriza por apresentar cachos alongados de frutas com bagas aderentes a hastes na maturidade, gavinhas bifurcadas, diafragmas na medula e nos nós (MENCARELLI *et al.*, 2005). *Euvtis* é o principal subgênero onde estão presentes as cultivares comerciais de uvas tanto para consumo *in natura*, quanto processadas, como por exemplo as uvas de mesa (*Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*) e as uvas para vinhos finos (*Vitis vinifera*) (GALET, 1998).

Em 2021 os vinhedos comerciais correspondiam a mais de 8 milhões de hectares, sendo que aproximadamente 50% desta área está distribuída entre cinco países (Espanha, China, França, Itália e Turquia). Em 2021, a produção mundial de uva foi de aproximadamente 69,5 milhões de toneladas, destas sendo cerca de 48,8% de uvas para vinhos finos de cultivares europeias (*V. vinifera*), 43,3% de uvas de mesa e 7,9% para uvas passas. Isto nos mostra a importância econômica da viticultura no mundo, e torna evidente que a comercialização de uvas desempenha um papel substancial no consumo global de alimentos (OIV, 2023).

No Brasil no ano de 2022 a área cultivada de videira foi de 81.312 hectares e a produção atingiu 3,2 milhões de toneladas (OIV, 2023). Os maiores produtores são o Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e os estados do Vale do São Francisco (IBGE, 2020). O Rio Grande do Sul se destaca por concentrar mais de 60% da área cultivada de videiras no Brasil (MELLO, 2017).

### 2.2. FERRUGEM DA VIDEIRA (*Neophytopella tropicalis*)

#### 2.2.1. Taxonomia e distribuição do *Neophytopella tropicalis*

A ferrugem da videira foi primeiramente registrada na Ásia (HIRATSUKA, 1935), porém já há registros da doença nas Américas e na Oceania (TESSMANN; VIDA;

LOPES, 2003; WEINERT *et al.*, 2003). Em 2001 houve o primeiro registro do fungo no Brasil, no município de Jandaia do Sul, no estado do Paraná (TESSMANN; VIDA; LOPES, 2003). Desde então já foram registrados relatos deste patógeno nos estados de Santa Catarina (SONEGO; GARIDO; GAVA, 2005), São Paulo, Mato Grosso do Sul, Bahia (BAYER; COSTA, 2006; GAVA; SÔNEGO; GARRIDO, 2003), Espírito Santo (COSTA; VENTURA, 2009), Mato Grosso (SOUZA, 2004), Rio Grande do Sul (BAYER; COSTA, 2006; GAVA; SÔNEGO; GARRIDO, 2003), Roraima (HALFELD-VIEIRA; NECHET; BARBOSA, 2009), Pernambuco, Paraíba, Rio de Janeiro (PRIMIANO *et al.*, 2017) e Goiás (GOMES *et al.*, 2016).

O agente causal da ferrugem da videira até recentemente era considerado o fungo *Phakopsora euvitis* Ono (ONO, 2000). No entanto, estudos recentes baseados em análises morfológicas e análises filogenéticas empregando marcadores moleculares demonstraram que o agente causal é um fungo basidiomiceto do gênero *Neophysopella*, espécie *N. tropicalis* (SANTOS; PRIMIANO; AMORIN, 2020). Trabalhos recentes avaliaram a diversidade de espécies de *Neophysopella* no Brasil, sendo encontradas duas espécies deste fungo infectando videiras em amostras de seis estados, sendo constatado que os isolados de Pernambuco são da espécie *N. meliosmaemyrianthae*, enquanto nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul são da espécie *N. tropicalis* (SANTOS; PRIMIANO; AMORIM, 2020).

### 2.2.2 Características da ferrugem da videira (*Neophysopella tropicalis*)

Nas relações patógeno-hospedeiro, os urediniósporos, que são os esporos assexuais do fungo *N. tropicalis*, ao entrarem em contato com o limbo foliar da planta, passam a formar as estruturas de pré-penetração (BEDENDO, 2011). Os urediniósporos iniciam a germinação em uma faixa de temperatura de 8 a 30°C, sendo sua temperatura ótima de 24 a 25°C, na presença ou ausência de luz. Há trabalhos que mostram que o fungo biotrófico infecta folhas jovens, mas principalmente, folhas maduras (ANGELOTTI *et al.*, 2011; EDWARDS, 2015; NARUZAWA *et al.*, 2006). A penetração ocorre através dos estômatos (PRIMIANO *et al.*, 2017).

Durante a infecção, assim como nas demais ferrugens, o micélio do patógeno desenvolve-se intercelularmente no mesófilo, produzindo enzimas líticas e haustórios para a infecção (MENDGEN; HAHN, 2002; NOGUEIRA JÚNIOR *et al.*, 2017; STAPLES, 2000). Ao colonizar o tecido vivo, produz estruturas de frutificação,

denominadas urédias, que são pústulas, inicialmente pequenas, circulares de coloração amarela a alaranjada na parte abaxial das folhas. As pústulas começam a ser formadas a partir do quarto ou quinto dia após a infecção, e aumentam de tamanho, tornando-se irregulares e necróticas, sendo formadas por inúmeras urédias e urediniósporos (Figura 1). Oposto as pústulas, na superfície adaxial, ocorre a necrose do tecido, o que forma lesões de coloração castanha a avermelhada de formato angular (ANGELOTTI, 2006; EDWARDS, 2015; LEU; WU, 1983; SONEGO; GARIDO; GAVA, 2005; TESSMANN *et al.*, 2004).



**Figura 1.** Folha de ‘Niágara’ com esporulação de *Neophytophthora tropicalis*, encontrada no município de Balsa Nova – PR. Fonte: O autor, 2023.

A disseminação dos urediniósporos geralmente ocorre pela ação do vento e da chuva, podendo também ocorrer através de material vegetativo contaminado ou pelo transporte dos esporos realizado por humanos ou veículos (LEU, 1988; SONEGO; GARIDO; GAVA, 2005).

No que se refere à gravidade da doença, as lesões necróticas são amplamente distribuídas pelo limbo foliar, resultando em uma redução na assimilação de CO<sub>2</sub> e comprometendo a taxa fotossintética das folhas (HODSON, 2011). O patógeno absorve fontes de carbono e desvia os metabólitos dos produtos fotossintéticos para seu próprio benefício. Os danos causados pelo patógeno *N. tropicalis* são semelhantes aos causados

por patógenos necrotróficos ou hemibiotróficos, pois reduzem a assimilação de CO<sub>2</sub> nas áreas assintomáticas das folhas doentes (locais do limbo foliar onde a infecção não ocorreu). Esse fenômeno é conhecido como "lesão virtual" e representa a área foliar onde a fotossíntese não ocorre (HELFER, 2013; NOGUEIRA JÚNIOR *et al.*, 2017; TESSMANN *et al.*, 2004). Com a redução da área fotossinteticamente ativa, ocorre um comprometimento do desenvolvimento da planta, levando à queda precoce das folhas (HODSON, 2011; TESSMANN *et al.*, 2004). Bennett (2002) demonstrou que a redução das reservas da videira está diretamente relacionada a uma diminuição de 50% na produção de inflorescências no ciclo produtivo seguinte, resultando em uma redução significativa na produção na próxima safra (EDWARDS, 2015; SONEGO; GARIDO; GAVA, 2005). Isto se deve ao fato de que as plantas perenes, como é o caso da videira, acumulam reservas no final do ciclo de produção para utilizá-las no período de repouso hibernar e no desenvolvimento vegetativo na próxima estação de cultivo.

### 2.3. MELHORAMENTO GENÉTICO DA VIDEIRA

#### 2.3.1. História do melhoramento da videira

Há cerca de 7 a 8 mil anos, a espécie *Vitis vinifera* L., subespécie *sativa*, foi domesticada em alguma região da Ásia Central, de onde a viticultura viria a se espalhar pelo Mediterrâneo e, posteriormente, pelo mundo, através dos emigrantes Europeus (OLMO, 1976). À medida que variedades de *V. vinifera* foram sendo introduzidas em regiões distantes de seu habitat natural, onde outras espécies nativas de *Vitis* cresciam naturalmente, elas foram inter cruzando com estas, gerando híbridos interespecíficos mais adaptados às condições ambientais locais e possibilitando sua sobrevivência, onde as variedades de *V. vinifera* não seriam capazes de sobreviver devido a patógenos locais ou condições climáticas adversas (THIS *et al.*, 2006).

Os programas de melhoramento genético de videira visam produzir progênies com alta adaptabilidade ao meio ambiente e resistência a doenças, além de alto rendimento e qualidade (BOUQUET; DAVIS, 1986). Um dos primeiros exemplos de sucesso de melhoramento foi na década de 1860, onde a história da viticultura mundial foi marcada devido à morte de plantas em vinhedos franceses causada por um pulgão subterrâneo que atacava as raízes das plantas, conhecido como filoxera (GIOVANNINI, 2001). Para lidar

com o problema, o governo francês importou espécies de videira americanas onde o inseto vivia em simbiose com elas, como a *V. riparia* e *V. rupestris*, que apresentavam resistência a este inseto. Essas plantas foram cruzadas entre si, e seus híbridos foram usados como porta-enxertos para as cultivares europeias, através da realização de uma seleção fenotípica (POMMER, 2003).

Já o primeiro registro de hibridações com o intuito de conceder resistência a cultivares europeias realizados na Europa foi a criação de híbridos em 1916, resultantes do cruzamento entre outra espécie americana, a *V. labrusca*, com cultivares europeia, que gerou híbridos interespecíficos com o objetivo de desenvolver resistência a doenças fúngicas, tais como o míldio (*P. viticola*) e o oídio (*E. necator*) (OLMO, 1986). Porém estes híbridos não foram bem aceitos na Europa devido à baixa qualidade dos vinhos produzidos e a presença de sabor e aroma foxado proveniente das uvas americanas (CAMARGO; RITSCHER, 2008).

Nos países europeus, houve grande atividade no melhoramento genético da videira, primeiramente na França, em decorrência da chegada de patógenos como o oídio (*E. necator*) em 1845 e o míldio (*P. viticola*) em 1878, como também da filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) em 1863. Esses patógenos tiveram um impacto significativo na forma milenar como era feita a viticultura na Europa, mudando-a profundamente (BRAUN; TAKAMATSU, 2000).

A utilização de enxofre e cobre através do que viria a se tornar a calda bordalesa, identificados primeiramente como possuindo atividade antifúngica, tornou-se indispensável para o controle dos fungos causadores de doenças nas plantas. Até os dias atuais, é necessário um cuidado protetivo excepcionalmente intenso para garantir a sanidade das plantas (PHYTOWELT *et al.*, 2003).

Já em 1878, Millardet propôs a combinação da qualidade dos frutos de *V. vinifera* L. com a resistência contra o oídio e o míldio encontrados nas cultivares americanas. Porém, diferentemente da adoção do uso dos porta-enxertos para o combate à filoxera, que levou apenas algumas décadas após o início das hibridações, a iniciativa de um melhoramento para produzir cultivares-copa afim de reduzir os danos causados pelo míldio e oídio levou cerca de 120 anos a tornar-se realidade e as primeiras cultivares com boa resistência e elevada qualidade do vinho foram introduzidas quase no virar do milênio (TÖPFER *et al.*, 2011)

A França foi a pioneira neste melhoramento no final do século XIX, iniciaram diversos programas de melhoramento a fim de combinar a qualidade das *V. viníferas* com

a resistência das espécies americanas, sendo estas denominadas “Cultivares Francesas”. No entanto, muitas delas possuíam baixa qualidade enológica devido ao elevado percentual de genótipo das espécies americanas, que influenciava de forma negativa na produção dos vinhos. Porém tanto a França, quanto a Alemanha e a Hungria se utilizaram das Cultivares Francesas para dar sequência a seus próprios programas de melhoramento afim de preservar a resistência aos patógenos, mas melhorando a qualidade enológica (ALLEWELDT, 1977).

O biólogo e pesquisador alemão Dr. Bernhard Husfeld foi o primeiro a provar que resistência e qualidade de vinho podem ser combinadas, produzindo as cultivares 'Aris' [(Oberlin 716) F1 x 'Riesling', cruzamento 1937] e 'Siegfried rebe' [(Oberlin 595) F1 x 'Riesling', cruzamento 1936] (ALLEWELDT, 1977). Husfeld juntamente com o pesquisador Gerhardt Alleweldt lançaram as cultivares 'Phoenix' ('Bacchus' x 'Villard Blanc', cruzamento 1964) e 'Regent' [('Silvaner' x 'Müller-Thurgau') x 'Chambourcin', cruzamento 1967)], que vieram a se tornar as primeiras cultivares PIWI comerciais na Europa (ALLEWELDT, 1977).

As cultivares de videira resistentes a doenças passaram a ser denominadas na Europa de “PIWI”, uma sigla da palavra alemã Pilzwiderstandsfähige, que significa “resistente a fungos”. Estas novas cultivares foram produzidas através de várias gerações de retrocruzamentos e apresentam composição genética de *V. vinifera* superior a 80%. Assim, essas variedades obtiveram o registro no catálogo de variedades internacionais de *Vitis* (<http://www.genres.de/idb/vitis/vitis.htm>) como sendo *V. vinifera*. Essas cultivares foram selecionadas para possuírem resistência ao míldio (*P. viticola*) e algumas possuírem resistência ao oídio (*E. necator*), e a qualidade enológica muito próxima às cultivares europeias (SIVCEV; SIVCEV; RANKOVIC-VASIC, 2010).

Atualmente, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), juntamente com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), vêm desempenhando trabalhos de avaliações de adaptabilidade, produtividade, e qualidade de cultivares PIWI nos microclimas do estado de Santa Catarina (EPAGRI, 2020). As duas instituições ainda desenvolvem um programa de melhoramento da videira que objetiva o desenvolvimento de cultivares que conciliam resistência a múltiplas doenças de importância para o Brasil, que apresentam elevado potencial enológico.

### **2.3.2. Resistência genética a doenças**

Na natureza, muitas espécies vegetais são naturalmente resistentes a doenças, embora algumas sejam vulneráveis a certos patógenos. Isso ocorre devido à interação de longo prazo entre as plantas e os patógenos, o que permite a evolução de ambos (coevolução) ao longo do tempo e o desenvolvimento de mecanismos de resistência nas plantas, bem como mecanismos de superação da resistência pelos patógenos. Esses mecanismos incluem sistemas complexos de defesa que permitem às plantas reconhecerem o ataque de patógenos específicos e se defenderem por meio de estratégias estruturais e bioquímicas (CHAKRABORTY; NEWTON, 2011).

As estratégias estruturais consistem basicamente em barreiras físicas, tais como cutícula cerosa, morfologia dos estômatos, presença de tricomas e espessura da parede celular. Já as respostas bioquímicas a patógenos biotróficos são desencadeadas quando receptores de plantas identificam a presença do patógeno e iniciam as vias de sinalização que modulam a expressão dos genes associados à resposta de defesa (STASKAWICZ, 2001). Estas respostas normalmente acarretam a necrose celular através da produção de espécies reativas de oxigênio, a alterações químicas das células que são tóxicas aos patógenos, a fim de combater o desenvolvimento dos agentes infecciosos (ANDERSEN *et al.*, 2018).

As plantas apresentam duas categorias de resistência genética às doenças: resistência qualitativa e resistência quantitativa. A resistência qualitativa, ou também denominada vertical, é geneticamente controlada por genes de maior efeito que podem fornecer uma resistência completa ou incompleta ao patógeno, dependendo da interação gene a gene, sendo nessa interação, o peptídeo codificado pelo gene de virulência do patógeno é reconhecido especificamente pelo produto do gene de resistência correspondente da planta (FLOR, 1971). Esse reconhecimento é seguido por uma resposta de hipersensibilidade na planta que restringe o patógeno no local de infecção primária (JOHNSON, 1961; PARLEVLIET, 1989).

Já a resistência quantitativa, ou resistência horizontal, é normalmente controlada por múltiplos genes de menor efeito presentes no genoma da planta, que isoladamente fornecem uma resistência parcial ao patógeno, porém em combinação passam a expressar um fenótipo de maior resistência. Isso resulta em uma diminuição na severidade da doença e/ou no atraso do progresso da doença ao longo do tempo. Por se tratar de um fenótipo controlado por mais de um gene, este pode sofrer segregação nas progênies,

havendo a formação de variados níveis de resistência entre as progênies (POLAND *et al.*, 2009; ST. CLAIR, 2010).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Em agosto de 2021 foram coletados ramos lignificados de 21 cultivares PIWI, e cinco seleções do melhoramento, bem como da testemunha ‘Merlot’ (Tabela 1), plantadas em um vinhedo experimental na Área Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado no município de Curitiba (latitude 27°17’05’’, longitude 50°32’04’’ e altitude 1096 metros acima do nível do mar), possuíam idades que variavam de 5 a 8 anos de idade e estão implantadas em cultivo convencional.

As mudas foram produzidas através de estaquias segundo a metodologia de Bettoni *et al.* (2011), onde as estacas foram cortadas com três gemas, e a gema mais basal foi mergulhada em uma solução de AIB (ácido indol-3-butírico) na concentração de 1000 ppm, por aproximadamente 20 minutos. A parte tratada das estacas foi então inserida em areia úmida para o enraizamento das estacas, e mantidas em ambiente controlado com temperatura média de 25°C, fotoperíodo de 12h luz e 12h escuro e umidade constante.

Aos 70 dias após a indução por AIB, as mudas foram transplantadas para vasos individuais de 1,8 L contendo uma mistura de solo, areia e substrato turfoso, em uma proporção de 1:1:2, respectivamente. As mudas foram mantidas em casa de vegetação até a realização das coletas de folhas para a implantação dos experimentos. Nenhum fungicida foi aplicado durante todo o processo para evitar eventual interferências nas avaliações.

**Tabela 1.** Descrição dos genótipos PIWI e dos genes de resistência ao míldio e oídio já presentes. Fonte: VIVC, 2023.

Genótipos	Cruzamento de origem	Genes de Resistencia à Míldio	Genes de Resistencia à Oídio
‘GF 24’	Breeding line <sup>1</sup>	Rpv 1, Rpv 3.1	Run 1, Ren 3, Ren 9
‘Aromera’	‘Eger 2’ x ‘Muscat Ottonel’ <sup>2</sup>	Rpv 3.1	-
GF 15	Breeding line <sup>1</sup>	Rpv 3.1, Rpv 1	Run 1, Ren 3, Ren 9
‘Helios’	‘Merzling’ x ‘Freiburg 986-60’ <sup>3</sup>	Rpv 3.1	Ren 3, Ren 9
‘Calandro’	‘Domina’ x ‘Regent’ <sup>1</sup>	Rpv 3.1	Ren 3, Ren 9
‘Regent’	‘Diana’ x ‘Chambourcin’ <sup>1</sup>	Rpv 3.1	Ren 3, Ren 9

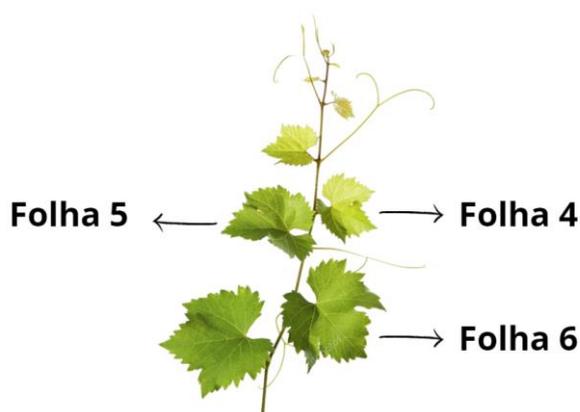
'Bronner'	'Merzling' x 'Geisenheim 6494' <sup>3</sup>	Rpv 3.3, Rpv 10	Ren 3, Ren 9
'Calardis Blanc'	'GFf.GA-47-42' x 'Seyve Villard 39-639' <sup>1</sup>	Rpv 3.1, Rpv 3.2	Ren 3, Ren 9
'Prior'	'Freiburg 4-61' x 'Freiburg 236-75' <sup>3</sup>	Rpv 3.1, Rpv 3.3	Ren 3, Ren 9
'Felicia'	'Sirius' x 'Vidal Blanc' <sup>1</sup>	Rpv 3.1, Rpv 3.3	Ren 3, Ren 9
'GF 10'	Breeding line <sup>1</sup>	Rpv 1, Rpv 3.1	Run 1, Ren 3, Ren 9
'GF 21'	Breeding line <sup>1</sup>	Rpv 1, Rpv 3.1	Run 1, Ren 3, Ren 9
'GF 13'	Breeding line <sup>1</sup>	Rpv 1, Rpv 3.1	Run 1, Ren 3, Ren 9
'Johanniter'	'Riesling Weiss' x 'Freiburg 589-54' <sup>3</sup>	Rpv 3.1	Ren 3, Ren 9
'Souvignier Gris'	'Seyval' x 'Zaehringer' <sup>3</sup>	Rpv 3.2	Ren 3, Ren 9
'Cabernet Cortis'	'Cabernet Sauvignon' x 'Solaris' <sup>3</sup>	Rpv 3.3, Rpv 10	Ren 3, Ren 9
'Cabernet Cantor'	'Chancellor' x 'Solaris' <sup>3</sup>	Rpv 3.1, Rpv 3.3, Rpv 10	Ren 3, Ren 9
'Cabernet Carbon'	'Cabernet Sauvignon' x 'Bronner' <sup>3</sup>	Rpv 10	-
'Fluertai'	'Friulano' X 'Kozma 20/3' <sup>4</sup>	Rpv 12	-
'Soreli'	'Friulano' X 'Kozma 20/3' <sup>4</sup>	Rpv 3, Rpv 12	-
'Sauvignon Rytos'	'Sauvignon Blanc' x 'Bianca' <sup>4</sup>	Rpv 3	-
'Merlot Khorus'	'Merlot' x 'Kozma 20/3' <sup>4</sup>	Rpv 12	-
'Cabernet Volos'	'Cabernet Sauvignon' x 'Kozma 20/3' <sup>4</sup>	Rpv 12	-
'Merlot Kanthus'	'Merlot' x 'Kozma 20/3' <sup>4</sup>	Rpv 3	-
'Cabernet Eidos'	'Cabernet Sauvignon' x 'Bianca' <sup>4</sup>	Rpv 3	-
'Sauvignon Kretos'	'Sauvignon Blanc' x 'Kozma 20/3' <sup>4</sup>	Rpv 3	-

<sup>1</sup>Julius Kühn-Institut (JKI); <sup>2</sup>KRF Research Station for Viticulture and Enology; <sup>3</sup>Staatliches Weinbauinstitut Freiburg; <sup>4</sup>University of Udine and Institute of Applied Genetics (IGA)

### 3.2. AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA À FERRUGEM EM DISCOS FOLIARES

O experimento foi realizado no Laboratório de Genética e Biotecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado no município de Curitiba. Para os

ensaios de resistência foi utilizada a metodologia descrita por Gomes *et al.* (2019), onde foram coletadas três folhas jovens (quarta, quinta e seta folha a partir do ápice) e sadias de cada genótipo. No laboratório, na capela de fluxo laminar, três discos de 12 mm de diâmetro foram recordados de cada folha, com auxílio de um cortador de rolha. Em seguida os discos foliares foram desinfestados com hipoclorito de sódio (1% de cloro ativo) durante 1 minuto, seguido de tríplice lavagem com água destilada/autoclavada durante o período de 30 segundos em cada uma das lavagens. Os discos foram então acondicionados em placas de Petri autoclavadas, sobre o meio ágar-água (1,5%) com a parte abaxial voltada para cima para permitir a infecção do patógeno e facilitar a visualização das pústulas.



**Figura 2.** Ordem de coleta das folhas para o experimento. Fonte: O Autor, 2023.

Para as inoculações artificiais foram utilizados urediniósporos jovens, multiplicados em folhas de cultivares suscetíveis sob ágar-água em placas de Petri. Os urediniósporos foram coletados das pústulas através de raspagem das folhas com um pincel sobre um vidro relógio. A suspensão de urediniósporos foi preparada adicionando água destilada/autoclavada e ajustando a concentração para 50.000 esporos/ml com a ajuda de uma câmara de Neubauer. Com o auxílio de uma micropipeta, foi pipetada uma gotícula de 30  $\mu\text{L}$  da suspensão de urediniósporos no centro de cada um dos discos foliares (SCHWANDER *et al.*, 2011). As placas de Petri foram então vedadas com parafilme e colocadas em uma câmara de crescimento (B.O.D.), mantendo-se à temperatura constante de 25°C, no escuro por 24 horas para facilitar a abertura estomática e permitir a infecção pelo patógeno. Após esse período, as gotículas da suspensão foram removidas usando uma micropipeta de 1000  $\mu\text{L}$ , as placas foram vedadas e novamente

colocadas na B.O.D. com temperatura constante de 25°C e um fotoperíodo de 12 horas de luz por dia durante oito dias.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (DBC), com três blocos (repetições), onde cada bloco foi constituído por uma folha contada do ápice para a base, sendo a folha 4 o Bloco 1, folha 5 o Bloco 2 e folha 6 o Bloco 3 (Figura 2). Cada unidade experimental foi composta por três discos foliares recortados da mesma folha de cada genótipo. Como testemunha foram coletadas folhas de ‘Merlot’ (*V. vinífera*) que é suscetível ao patógeno (HENNESSY; DALY; HEARNDEN, 2007). Foram realizados dois ensaios independentes, um no mês de novembro de 2022 e o outro em janeiro de 2023, a fim de confirmar a real resposta das cultivares ao patógeno.

### **3.2.1. Avaliação do período de latência**

O período de latência de uma doença em plantas é o período entre a infecção inicial pelo patógeno e a manifestação dos sinais da doença (PANIAGUA *et al.*, 1984). Todos os discos foliares inoculados foram observados diariamente (com intervalo de 24h) no estéreo microscópio (Bel equipamentos analíticos, com aumento máximo de 225x) para verificar o surgimento das primeiras pústulas (sinais do patógeno). O aparecimento dos primeiros sinais do patógenos foi anotado e determinado o número de dias após a inoculação (dpi) para a formação das primeiras pústulas sobre o limbo foliar.

### **3.2.2. Determinação do número e diâmetro das pústulas para mensuração da severidade**

Oito dias após a inoculação foi determinado o número e diâmetro de pústulas com o auxílio de uma lente ocular digital da Biofocus (3 Megapixels) acoplada a estereomicroscópio (Bel equipamentos analíticos, com aumento máximo de 225x). Imagens de todos os discos foram capturadas pelo software Future Win Joe, e seguindo a metodologia de avaliação descrita por Almeida (2022), com auxílio das imagens foi realizada a contagem do número de pústulas, bem como a mensuração do diâmetro médio das pústulas em cada um dos discos foliares utilizando o software ImageJ. A contagem das pústulas e a mensuração dos diâmetros das pústulas ocorreu em uma área de 0,5 cm<sup>2</sup> do disco, que melhor representava a esporulação do patógeno.

Com base no número de pústulas bem como o diâmetro médio das pústulas, foi calculado a severidade da doença, levando em consideração a área pré-determinada de 0,5 cm<sup>2</sup> de cada disco. A severidade foi determinada por meio da relação entre área das pústulas em relação a área avaliada do limbo foliar, que foi obtida através da fórmula:  $S (\%) = (((\pi * (d/2)^2) * n) / 5) * 100$ . Onde: d = diâmetro médio das pústulas e n = número de pústulas em 0,5 cm<sup>2</sup>. Esta fórmula foi criada ao considerar as pústulas como circulares e determinar a sua área através do diâmetro e multiplicarmos esta área pelo número de pústulas, assim calculando o percentual da área das pústulas em relação a área avaliada. A partir da severidade mensurada, e o teste de separação das médias, foram atribuídas notas às cultivares de acordo com o percentual de severidade encontradas em cada genótipo, conforme descrito na Tabela 2 (adaptada de GOMES, 2019).

**Tabela 2.** Escala de classificação da resistência à *N. tropicalis* em genótipos de videira de acordo com a severidade da doença estimada em uma área de 0,5 cm<sup>2</sup>. Fonte: O autor, 2023.

Nota	Categoria	Severidade (%)
1	Extremamente Resistente	< 5
3	Resistente	5 - 10
5	Parcialmente Resistente	10 - 15
7	Suscetível	15 - 30
9	Extremamente suscetível	> 30

Com relação a análise de *Pedigree*, foram analisados os ancestrais dos genótipos que apresentaram resistência a *N. tropicalis* no site Vitis International Variety Catalogue (VIVC), e foi comparado cada um dos ancestrais com os genótipos já classificados como resistentes na literatura.

### 3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados das variáveis analisadas foram transformados empregando  $\log(n+2)$ , que permitiu a redução do coeficiente de variação dos dados. Os dados transformados

foram testados para a normalidade dos resíduos empregando o teste de Shapiro-Wilk (COSTA *et al.*, 2016) e submetidos à análise de variância (ANOVA), através da plataforma GExpDes, que utiliza o programa estatístico R. A análise foi realizada em bifatorial, considerando genótipos e os anos de avaliação como fatores. Quando houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos, foi aplicado o teste de comparação de médias de Scott-knott (GOMES *et al.*, 2019), através da plataforma GExpDes. A análise de correlação entre as variáveis estudadas e os anos de avaliação foram realizadas pelo método de Pearson utilizando o programa estatístico R (RSTUDIO TEAM, 2023).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fenotipagem por meio de discos foliares é amplamente empregada para a caracterização da resistência a diversas doenças foliares da videira, incluindo o míldio (ALMEIDA, 2022; FREITAS, 2022; MORAIS, 2020; SAIFERT, 2015), oídio (FONCECA, 2019; GREEN; DURIATTI, 2003) e a ferrugem (GOMES *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2021) A avaliação em discos foliares é considerado um procedimento confiável e rápido para a detecção de fontes de resistência, que permite a avaliação da interação patógeno-hospedeiro em populações grandes, acelerando o processo de seleção de fontes de resistência às doenças (CALONNEC *et al.*, 2012).

A reposta dos 26 genótipos PIWI e da testemunha ‘Merlot’ à inoculação artificial com o *N. tropicalis* é apresentada nas Tabelas 3 e 4. Embora todos os genótipos avaliados apresentaram sintomas da doença, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos para todos os componentes de resistência *N. tropicalis* avaliados. Apenas para a variável diâmetro de pústula houve interação significativa entre os fatores genótipos e ano de avaliação. Com relação ao período de latência os genótipos foram classificados em dois grupos, os de período latente menor que possuíram uma média de cinco dias e os de período latente maior com uma média de seis dias. Quanto ao número de pústulas, foi possível separar os genótipos em quatro classes distintas com médias que variaram de 19 até 35 pústulas em 0,5 cm<sup>2</sup> do tecido foliar. Com relação a severidade os genótipos também foram agrupados em quatro classes distintas com percentuais de severidade variando de 6,33% a 45,86%.

**Tabela 3.** Componentes de resistência à *Neophytophthora tropicalis* avaliados em um painel de 26 genótipos PIWI e da testemunha ‘Merlot’ por meio de bioensaios em disco discos foliares realizados nos anos 2022 e 2023. Fonte: O autor, 2023.

Genótipos	Número de pústulas		Período de latência (Dias)		Severidade (%)	Notas	
‘Felicia’	19	A	6	A	6,33	A	3
‘Calardis Blanc’	21	A	6	A	10,01	B	
‘Regent’	17	A	6	A	12,66	B	5
‘Helios’	25	B	6	A	13,68	B	
‘Calandro’	32	C	6	A	20,59	C	
‘GF 21’	26	B	6	A	20,92	C	7
‘Bronner’	30	C	6	A	22,73	C	

‘GF 10’	28	C	6	A	23,51	C	
‘Cabernet Eidos’	27	B	5	B	19,51	C	
‘Cabernet Cantor’	26	B	5	B	20,98	C	
‘Aromera’	25	B	5	B	22,15	C	
‘GF 15’	28	C	5	B	22,48	C	
‘Sauvignon Rytos’	22	B	5	B	23,52	C	
‘Johanniter’	29	C	5	B	23,74	C	
‘Fluertai’	29	C	5	B	24,62	C	
‘Merlot Kanthus’	30	C	5	B	24,61	C	
‘GF 13’	30	C	5	B	25,54	C	
‘Cabernet Carbon’	34	D	5	B	26,37	C	
‘Merlot’	38	D	5	B	26,7	C	
‘Cabernet Volos’	31	C	5	B	27,91	C	
‘Soreli’	36	D	5	B	30,16	D	
‘Cabernet Cortis’	30	C	5	B	31,11	D	
‘GF 24’	32	D	5	B	33,53	D	
‘Prior’	36	D	5	B	34,05	D	9
‘Merlot Khorus’	37	D	5	B	38,53	D	
‘Sauvignon Kretos’	38	D	5	B	46,46	D	
‘Souvignier Gris’	35	D	5	B	45,86	D	
CV (%):	5,97%		2,64%		7,55%		

Médias dos genótipos para as três variáveis avaliadas nos dois anos de avaliação.

Os valores médios seguidos por letras diferentes na coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott (5%). Dados transformados através da fórmula:  $\log(n+2)$ .

Houve ainda diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no diâmetro médio das pústulas entre os 27 genótipos avaliados e para alguns genótipos entre os anos de avaliação (2022 e 2023) (Tabela 4). Os genótipos foram classificados em quatro grupos distintos de acordo com o diâmetro, que variou de 166 a 337  $\mu\text{m}$ . Quanto aos anos houve diferenças estatísticas para as cultivares ‘Helios’, ‘Cabernet Cantor’, ‘Merlot Kanthus’, ‘Sauvignon Rytos’, ‘Soreli’, ‘Fluertai’, ‘Cabernet Volos’, ‘Souvignier Gris’ e ‘Sauvignon Kretos’, que possuíram médias de diâmetro de pústula estatisticamente maiores na avaliação realizada em 2022 do que a realizada em 2023.

**Tabela 4.** Análise do componente de resistência à *Neophytopella tropicalis*, diâmetro médio de pústulas em um painel de 26 genótipos PIWI e da testemunha ‘Merlot’ por meio de bioensaios em disco discos foliares realizados nos anos 2022 e 2023. Fonte: O autor, 2023.

Genótipos	Diâmetro de pústulas (µm)	
	2022	2023
‘Felicia’	166 Aa	126 Aa
‘Calardis Blanc’	184 Aa	157 Aa
‘Cabernet Eidos’	191 Aa	199 Ba
‘Merlot’	208 Ba	208 Ba
‘Helios’	215 Bb	165 Ba
‘Regent’	216 Ba	218 Ba
‘Johanniter’	223 Ba	241 Ca
‘GF 21’	228 Ba	213 Ba
‘Calandro’	231 Ba	231 Ca
‘Bronner’	232 Ba	247 Ca
‘Cabernet Cantor’	243 Cb	183 Aa
‘Cabernet Carbon’	243 Ca	199 Ba
‘Aromera’	244 Ca	216 Ba
‘Cabernet Cortis’	249 Ca	261 Ca
‘GF 13’	250 Ca	214 Ba
‘Prior’	255 Ca	240 Ca
‘GF 15’	256 Ca	212 Ba
‘Merlot Kanthus’	257 Cb	203 Ba
‘Sauvignon Rytos’	258 Cb	201 Ba
‘GF 10’	260 Ca	262 Ca
‘Soreli’	260 Cb	200 Ba
‘GF 24’	265 Ca	248 Ca
‘Fluertai’	267 Cb	216 Ba
‘Cabernet Volos’	272 Cb	207 Ba
‘Merlot Khorus’	283 Ca	239 Ca
‘Sauvignier Gris’	332 Db	247 Ca
‘Sauvignon Kretos’	337 Db	221 Ba
Coeficiente de variação (%)	1,54%.	

As médias seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott (5%), onde a letra em maiúsculo representa a diferença entre os genótipos e a letra em minúsculo representa a diferença entre os anos (2022 e 2023). Dados transformados através da fórmula:  $\log(n+2)$ .

Embora nenhum dos genótipos avaliados apresentou resistência completa a *N. tropicalis*. A cultivar ‘Felicia’ foi o genótipo que mais se destacou ao possuir necroses

visíveis nos locais de infecção, indicando uma resposta de hipersensibilidade, que resultou na menor severidade (6,33%) entre os genótipos avaliados, bem como estando entre os genótipos com menor período de latência (6 dpi), menor número de pústulas (19 pústulas em 0,5 cm<sup>2</sup>) e menor diâmetro médio de pústulas (166 µm). Como a sua severidade foi maior que cinco e menor que dez, lhe foi atribuída a nota 3 de resistência, o que vem a ser corroborado por seu desempenho ter sido superior nos quatro parâmetros de resistência avaliados, indicando resistência a *N. tropicalis*, mesmo que esta resistência não seja completa como descrita por Gomes *et al.*, (2019) nas cultivares ‘IAC 766’ e ‘Seibel 405’, que praticamente não apresentaram esporulação do patógeno sobre o limbo foliar.

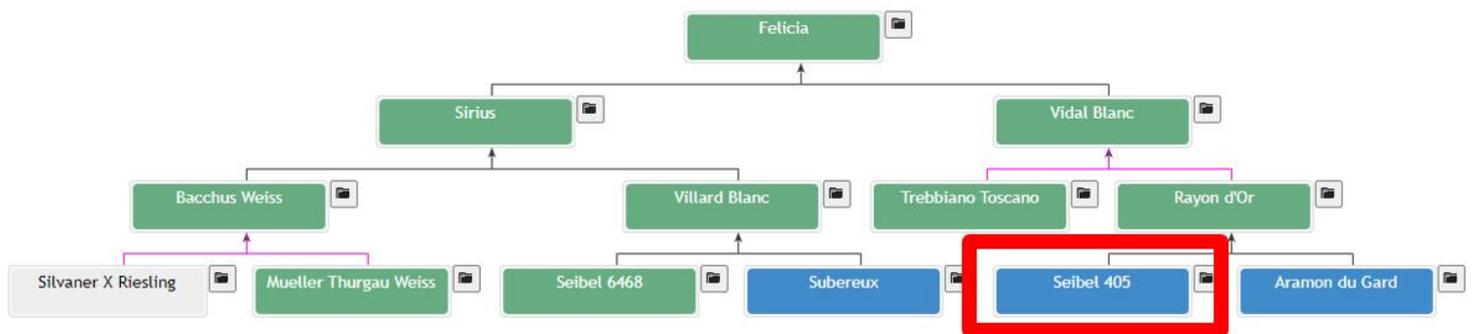
As cultivares ‘Calardis Blanc’, ‘Regent’ e ‘Helios’ apresentaram severidade à *N. tropicalis* ligeiramente maior que ‘Felicia’, que foi de 10,05%, 12,66% e 13,68%, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Além disso, as três cultivares possuíram desempenho superior nos outros componentes de resistência, apresentando resistência parcial a doença e sendo assim atribuída a nota 5 a elas.

Vale ressaltar que a cultivar testemunha ‘Merlot’ foi classificada com nota 7, tendo severidade de 26,7%, que é inferior as cultivares ‘Soreli’, ‘Cabernet Cortis’, ‘GF-24’, ‘Prior’, ‘Merlot Khorus’, ‘Sauvignon Kretos’ e ‘Souvignier Gris’, todas estas se mostrando bastante suscetíveis ao patógeno. A cultivar ‘Merlot’ foi escolhida como testemunha com base nos resultados reportados no trabalho de Hennessy; Daly; Hearnden (2007), que a caracterizou como possuindo extrema suscetibilidade ao patógeno. No entanto, os autores utilizaram apenas o número de pústulas para determinar a resistência. Como pode ser observado na Tabela 4, embora ‘Merlot’ apresente elevado número de pústulas, estas possuem diâmetro menor quando comparado as dos genótipos suscetíveis mencionados anteriormente, refletindo em menor severidade da doença. Deste modo, a severidade da doença expressa com mais acurácia o nível de resistência de determinado genótipo.

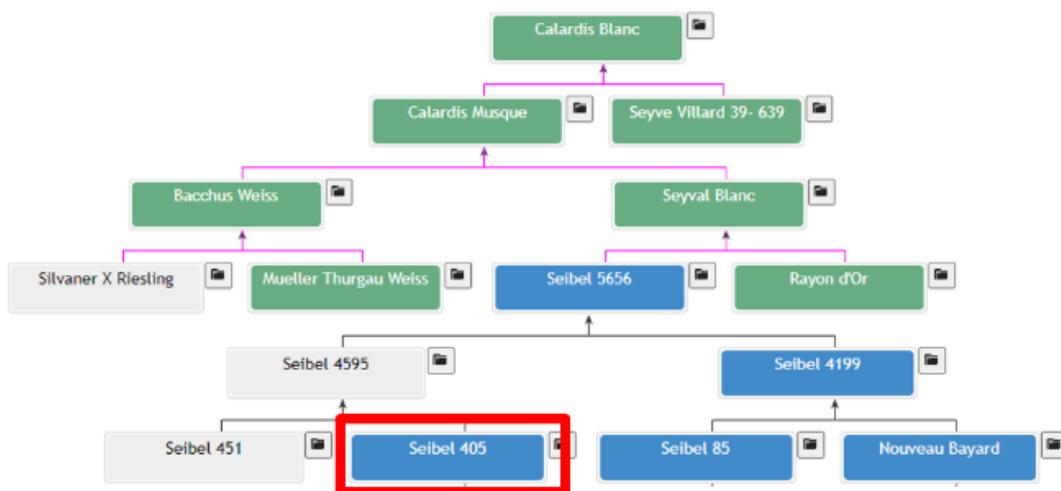
De posse dos resultados, foi decidido analisar o *pedigree* das cultivares ‘Felicia’, ‘Calardis Blanc’, ‘Regent’ e ‘Helios’, que apresentaram resistência à *N. tropicalis*, com a finalidade de verificar se há em suas genealogias fontes de resistência já descritas na literatura científica. Como esperado, as cultivares apresentam em suas genealogias genótipos em comum, que estão associados com resistência a ferrugem da videira.

O ancestral ‘Seibel 405’ foi encontrado nas cultivares ‘Felicia’ (a três gerações anteriores, Figura 3), ‘Calardis Blanc’ (a cinco gerações anteriores, Figura 4) e ‘Helios’

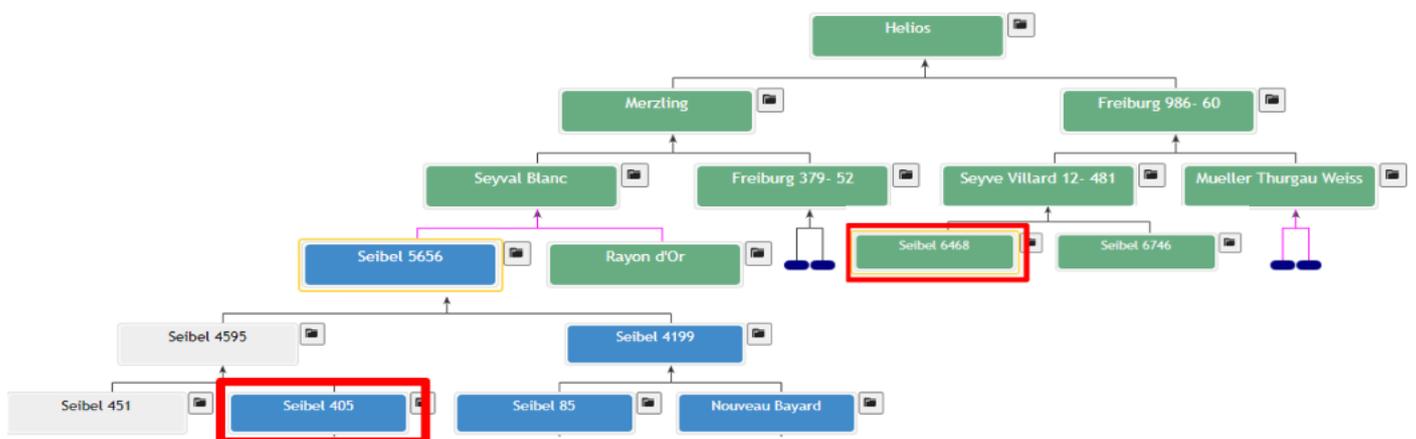
(a cinco gerações anteriores, Figura 5). ‘Seibel 405’ apresentou resistência completa a *N. tropicalis*, com severidade inferior a 2% (GOMES *et al.*, 2019).



**Figura 3.** Pedigree da cultivar ‘Felicia’. Fonte: VIVC, 2023.

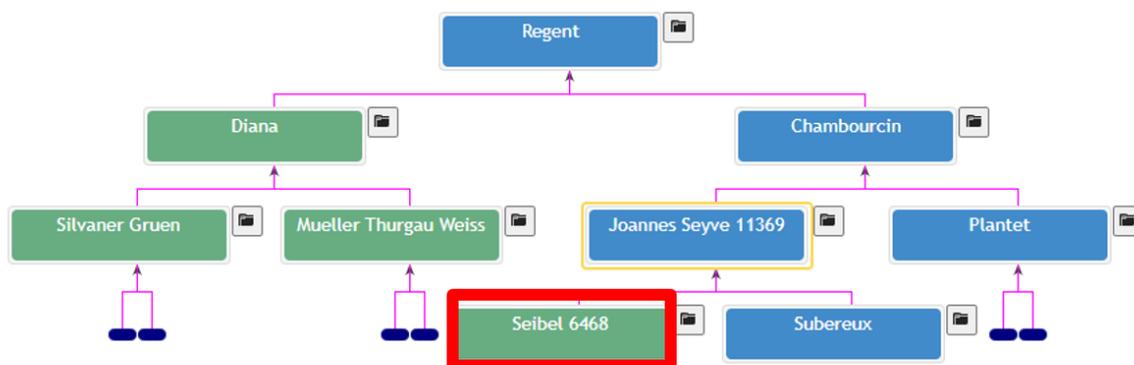


**Figura 4.** Pedigree da cultivar ‘Calardis Blanc’. Fonte: VIVC, 2023.

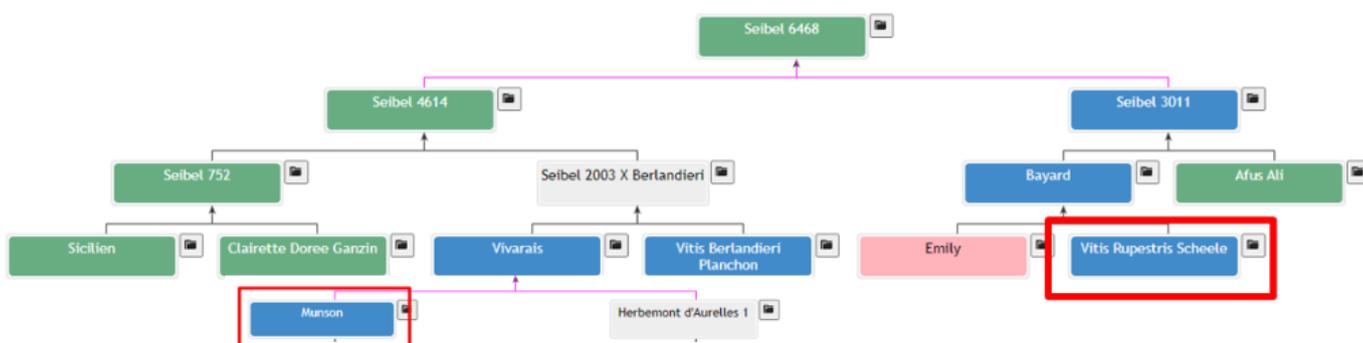


**Figura 5.** Pedigree da cultivar ‘Helios’. Fonte: VIVC, 2023.

Adicionalmente, quando comparada a genealogia das cultivares ‘Regent’ e ‘Helios’, é possível encontrar em ambas um ancestral comum que é o genótipo ‘Seibel 6468’. Na genealogia de ‘Seibel 6468’ (Figura 7), é possível encontrar o ancestral ‘Munson’, bem como ancestrais pertencentes a espécie *Vitis rupestris* Scheele. Segundo Gomes (2019) a cultivar ‘Munson’ (*Vitis lincecumii* x *Vitis rupestris*) foi classificada como provável parental doador da resistência parcial a *N. tropicalis* presente no genótipo ‘Seibel 14’, o que corrobora com as respostas encontradas para as cultivares ‘Regent’ (Figura 6) e ‘Helios’ (Figura 5). Angelotti (2008) relatou resistência a *N. tropicalis* em genótipos de *V. rupestris*, sendo este também uma possível fonte de resistência para a cultivar ‘Seibel 6468’. Sendo assim ambas as cultivares ‘Regent’ e ‘Helios’ possuem ancestrais resistentes a ferrugem.



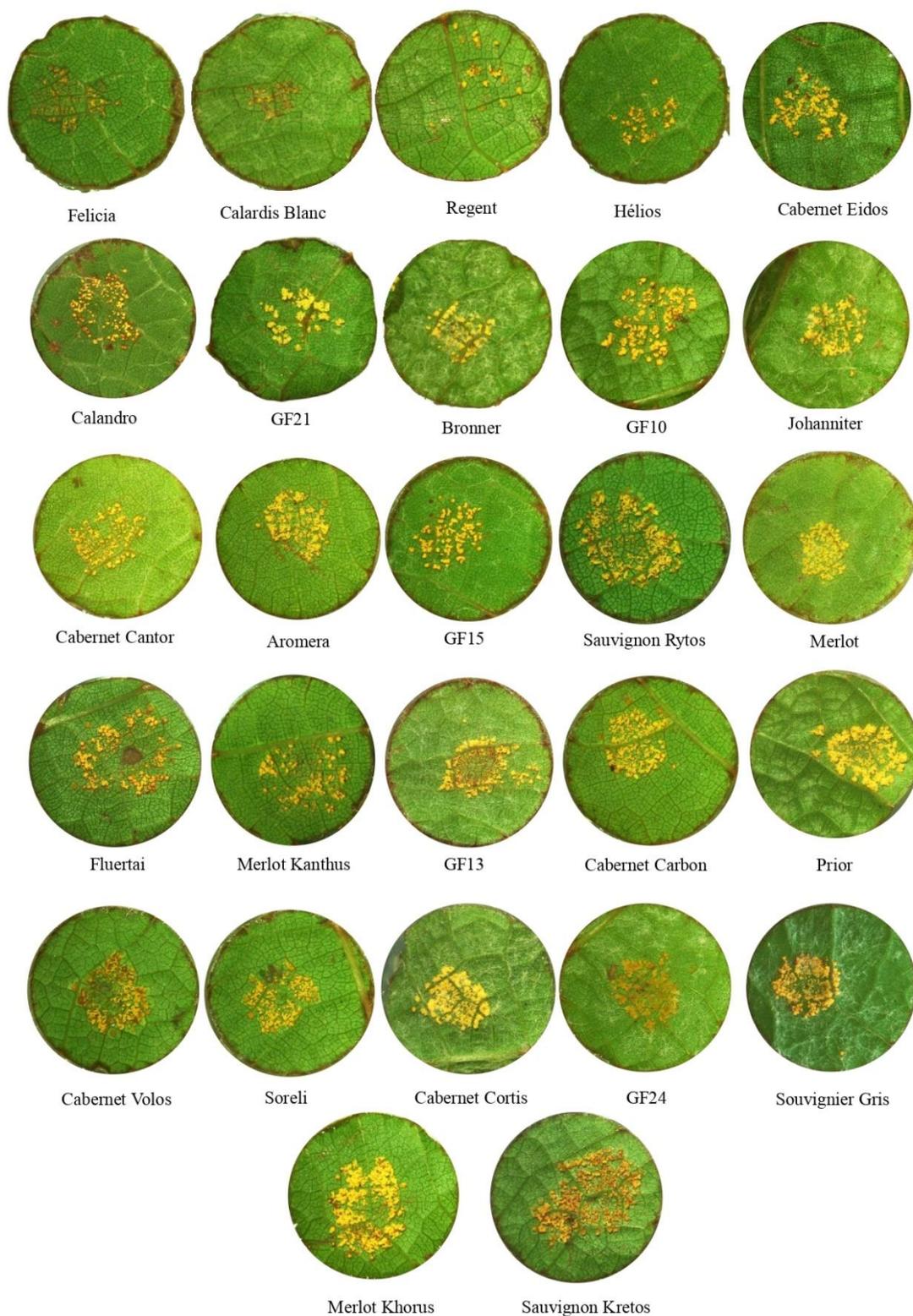
**Figura 6.** Pedigree da cultivar ‘Regent’. Fonte: VIVC, 2023.



**Figura 7.** Pedigree da cultivar ‘Seibel 6468’. Fonte: VIVC, 2023.

É muito interessante notarmos que embora nenhum destes genótipos tenha sido selecionado para resistência a *N. tropicalis*, os resultados do presente estudo sugerem a presença de alelos de resistência ao patógeno em alguns genótipos avaliados. Uma possível explicação para a presença destes alelos de resistência seria a segregação dependente com genes de resistência a outras doenças, ou seja, os genes que conferem este fenótipo estejam ligados a genes que conferem resistência ao míldio e oídio, para as quais os genótipos testados no presente estudo foram selecionados durante o processo de melhoramento. Exemplo disso são os genes de resistência ao míldio *Rpv1e* ao oídio *Run1*, herdados de *Muscadinea rotundifolia*, e que segregam de forma dependente por estarem localizados em uma região muito próxima no cromossomo 12 do genoma da videira (FEECHAN *et al.*, 2013). Esta hipótese é reforçada pelo fato de que as quatro cultivares ('Felicia' 'Calardis Blanc', 'Regent' e 'Helios') possuem em seus genomas os genes de resistência a míldio *Rpv3.1*, que segundo Di Gaspero *et al.*, (2012) foi herdado de *V. rupestris* e está localizado no cromossomo 18 do genoma da videira. Como descrito anteriormente, *V. rupestris* é uma fonte de resistência á *N. tropicalis*. As quatro cultivares também apresentam os mesmos genes de resistência a oídio *Ren3* e *Ren9*, que segundo Zandler *et al.*, (2017) são genes ligados no mesmo cluster presentes no cromossomo 15 do genoma da videira.

Os resultados deste estudo demonstram que há diferenças no nível de resistência/suscetibilidade à *N. tropicalis* entre os genótipos PIWI de videira testados, assim como já relatado em outros estudos (ANGELOTTI, 2008; GOMES, 2019; GOMES *et al.*, 2019; HENNESSY; DALY; HEARNDEN, 2007; PATIL *et al.*, 1998), o que indica a eficiência do bioensaio utilizando a técnica de discos foliares.



**Figura 8.** Imagem representativa de cada genótipo avaliado. Fonte: O autor, 2023.

Como pode se observar na Tabela 5, as variáveis analisadas severidade, período de latência e número de pústulas apresentaram correlação positiva de média a alta (60,67%, 51,12% e 83,91%) entre os anos de avaliação (2022 e 2023). Por outro lado, a

variável diâmetro médio de pústulas apresentou correlação baixa (12,98%) entre os dois anos de avaliação, que pode ser explicado ao analisarmos as diferenças entre os genótipos ‘Helios’, ‘Cabernet Cantor’, ‘Merlot Kanthus’, ‘Sauvignon Rytos’, ‘Soreli’, ‘Fluertai’, ‘Cabernet Volos’, ‘Souvignier Gris’ e ‘Sauvignon Kretos’, onde a avaliação realizada em 2022 obteve diâmetros maiores de pústulas quando comparados a avaliação realizada no ano de 2023 (Tabela 4).

As correlações entre severidade e período de latência são muito baixas, o que sugere que são respostas independentes. Estes resultados diferem dos encontrados por Almeida (2022), em um bioensaio de discos foliares para avaliar a resistência a *P. viticola*, onde encontrou correlações negativas em torno de 30%. Porém número de pústulas e período de latência apresentaram correlações negativas média a alta (-72,96% no ano de 2022 e -51,54% no ano de 2023), o que vai ao encontro com os resultados de Almeida (2022), pois quanto maior a resistência, maiores os valores do período de latência e menores seriam os números de pústulas sobre o limbo foliar.

**Tabela 5.** Correlação de Pearson para as variáveis severidade, período de latência, diâmetro médio de pústulas e número de pústulas analisadas nas avaliações realizadas nos anos 2022 e 2023. Fonte: O autor, 2023.

	Sev1	Sev2	Lat1	Lat2	Dia1	Dia2	Num1	Num2
Sev1	-							
Sev2	<b>0,6067</b>	-						
Lat1	-0,1051	0,0256	-					
Lat2	-0,0392	0,3362	<b>0,5112</b>	-				
Dia1	-0,0419	0,1404	-0,0543	-0,1561	-			
Dia2	-0,1355	-0,1247	-0,1431	-0,4579	<b>0,1298</b>	-		
Num1	0,3026	-0,0300	-0,7296	-0,5885	0,1445	0,1865	-	
Num2	0,3607	-0,0336	-0,5629	-0,5154	0,1881	0,1346	<b>0,8391</b>	-

Legenda: Sev1 refere-se a severidade da primeira avaliação (2022); Sev2 refere-se a severidade da segunda avaliação (2023); Lat1 refere-se ao período de latência da primeira avaliação (2022); Lat2 refere-se ao período de latência da segunda avaliação (2023); Dia1 refere-se ao diâmetro médio de pústulas da primeira avaliação (2022); Dia2 refere-se ao diâmetro médio de pústulas da segunda avaliação (2023); Num1 refere-se ao número de pústulas da primeira avaliação (2022); Num2 refere-se ao número de pústulas da segunda avaliação (2023).

## 5. CONCLUSÕES

A cultivar ‘Felicia’ foi o genótipo que apresentou a maior resistência ao isolado de *N. tropicalis* utilizado, enquanto as cultivares ‘Calardis Blanc’, ‘Regent’ e ‘Helios’ apresentam uma menor, porém ainda expressiva, resistência parcial a doença. As quatro cultivares apresentam ancestrais comuns que já foram relatados na literatura como sendo resistentes ou parcialmente resistentes ao patógeno. Sendo assim o bioensaio em discos foliares foi efetivo na caracterização das cultivares PIWI quanto a resistência/suscetibilidade a *N. tropicalis*.

As cultivares resistentes e parcialmente resistentes podem ser exploradas em programas de melhoramento genético da videira para resistência à *N. tropicalis*, e como já são cultivares elite seria interessante avaliações desta resistência a campo, a fim de avaliar a interação planta/patógeno sob variáveis ambientais, para que possam ser indicados para implantações de novos vinhedos em virtude de facilitar assim o manejo e produção de uvas viníferas.

## REFERÊNCIAS

- ALLEWELDT, G. P. Progress in grapevine breeding. **Theoretical and Applied Genetics** v.75, p.669-673, 1988.
- ALLEWELDT, G. 100 Jahre Rebenzüchtung in Deutschland. **Der Deutsche Weinbau** v.32, p.904, 1977.
- ALMANÇA, M.A.K.; LERIN, S.; CAVALCANTI, F.R. **Doenças da videira**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.36, n. 289, p. 70 – 80, 2015.
- ALMEIDA, A. V. C. **Avaliação da resistência ao míldio (*Plasmopara viticola*) na população segregante obtida do cruzamento ‘Moscato Giallo’ x ‘IAC-766’**. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. UFSC. Curitibanos, p.1-54, 2022.
- ANDERSEN, E *et al.* Disease Resistance Mechanisms in Plants. **Genes**, v. 9, n. 7, p.1-30, 4 jul. 2018.
- ANGELOTTI, F. **Epidemiologia da ferrugem (*Phakopsora euvitidis*) da videira (*Vitis spp.*)**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p. 1-66, 2006.
- ANGELOTTI, F. *et al.* Efeito da temperatura e da luz na germinação de uredinósporos de *Phakopsora euvitidis*. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 1, p.59-61, mar. 2011.
- ANGELOTTI, F. *et al.* Resistência de genótipos de videira à ferrugem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 43, n. 9, p.1129-1134, set. 2008.
- BARBIERI, R.; STEEMPT, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa. p. 909. 2008.
- BAYER, T, M.; COSTA, I. F. D da. Ocorrência de *Phakopsora euvitidis* Ono em Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p.1307-1308, ago. 2006.
- BEDENDO, I. P. Ferrugens In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (eds.) **Manual de fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4.ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, p. 479-485, 2011.

BENNETT, J.S. **Relationships between Carbohydrate Supply and Reserves and the Reproductive Growth of Grapevines (*Vitis vinifera* L.)**. Tese (Doutorado) - Curso de Filosofia, Lincoln University, Christchurch, 2002.

BETTONI, J. C.; GARDIN, J. P. P.; SCHUMACHER, R. L.; FELDBERG, N. P.; SOUZA, J. A.; FURLAN, C. O uso de AIB melhora a qualidade de raízes em estacas herbáceas de porta-enxertos de videira. **Evidência**, v. 14, n. 1, p. 47-56, 2014.

BOUQUET, A.; DAVIS, H.P. Culture in vitro d'ovules et d'embryons de vigne (*Vitis vinifera* L.) applique la selection de varietés de reasins de table sans pépins. **Agronomie**, n. 9, p. 565-574, 1989.

BRAUN, U.; TAKAMATSU, S. Phylogeny of Erysiphe, Microsphaera, Uncinula (*Erysipheae*) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (*Cystothecaceae*) inferred from rDNA ITS sequences: Some taxonomic consequences. **Schlechtendalia**, v.4, p.1-33, 2000.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: Princípios e procedimentos**. Minas Gerais: UFLA, 2006.

CALONNEC, A *et al.* The reliability of leaf bioassays for predicting disease resistance on fruit: a case study on grapevine resistance to downy and powdery mildew. **Plant Pathology**, v. 62, n. 3, p.533-544, 4 ago. 2012.

CAMARGO, U. A.; RITSCHER, P. S. New table and wine grape cultivars: world scenario with emphasis on Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 785, p. 89-95, 2008.

CHAKRABORTY, S.; NEWTON, A. C. Climate change, plant diseases and food. *Plant Disease Epidemiology – Genetics, Resistance and Management*, ed.1, 1989.

COSTA, H.; VENTURA, J.A. Ocorrência da ferrugem da videira no Estado do Espírito Santo. **Tropical Plant Pathology**. Lavras, v.42, p.190, 2009.

COSTA, M. B.; SOUZA, B.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; PRADO, E. (2016). Tabela de vida de fertilidade de *Planococcus citri* (Risso) e *Planococcus minor* (Maskell) (Hemiptera: *Pseudococcidae*) em cafeeiro. **SBIcafé**, v.11, p. 205-206, 2016.

DI GASPERO, G. *et al.* Selective sweep at the Rpv3 locus during grapevine breeding for downy mildew resistance. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 124, n. 2, p. 277–286, 2012.

EDWARDS J. **Grapevine leaf rust**. In: WILCOX W.F, GUBLER W.D, UYEMOTO J.K, eds. Compendium of Grape Diseases, Disorders and Pests. St Paul, MN, USA: APS Press, p. 61-63, 2015.

EPAGRI. **Pesquisadores estrangeiros conferem resultados de projeto para produzir vinhos finos mais sustentáveis em SC**. Epagri, Florianópolis, 2020. Acessado em: 24/04/2023. Disponível em: <  
<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/01/29/pesquisadores-estrangeiros-conferem-resultados-de-pesquisa-para-produzir-vinhos-finos-mais-sustentaveis-em-sc/>>

FEECHAN, A. *et al.* Genetic dissection of a TIR-NB-LRR locus from the wild North American grapevine species *Muscadina rotundifolia* identifies paralogous genes conferring resistance to major fungal and oomycete pathogens in cultivated grapevine. **The Plant Journal**, v. 76, n. 4, p. 661-674, 2013.

FLOR, H. H. Current status of the gene-for-gene concept. **Annu. Rev. Phytopathol**, v.9, p.275–296, 1971.

FREITAS, F. R. **Adaptação de isolados de *Plasmopara viticola*, agente causal do míldio, frente a mecanismos de defesa conferidos por diferentes genes de resistência em videira**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. UFSC, Florianópolis, p.1-45, 2020.

GALET, P. Grape varieties and rootstocks varieties. Paris: *Oenoplurimédia*, 1998. 315 p. Apud in: LEÃO, P. C. S; BORGES, R. M. E. **Melhoramento Genético da Videira**. Embrapa. Petrolina- PE, p. 8, 2009

GAVA, R.; SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R. **Ocorrência da ferrugem da videira no Rio Grande do Sul e Mato Grosso**. In: Congresso brasileiro de viticultura e enologia, 10., Bento Gonçalves, 2003. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 201, 2005.

GESSLER, C.; PERTOT, I.; PERAZZOLLI, M. *Plasmopara viticola*: A review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management.

**Phytopathol. Mediter.**, V.50, p. 3-44, 2011.

GIOVANNINI, E. Fitossanidade: pragas. In: GIOVANNINI, E. Uva agroecológica. Porto Alegre: **Renascença**, p. 136, 2001.

GOMES, B. R. **Estabelecimento de metodologia baseada em discos foliares na avaliação da resistência de genótipos de videira à ferrugem (*Phakopsora euvitidis*).**

Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, p. 47-51, 2019.

GOMES, B. R.; BOGO, A.; COPATTI, A.; GUGINSKI-PIVA, C. A.; DE MORAIS, A. C.; ZANGHELINI, J. A.; BITENCOURT, C.; STEFEN, D.; ORSI, N.; PAIXÃO, C. A.; VESCO, L. L. D.; RITSCHER, P. S.; WELTER, L. J. Assessment of grapevine germoplasm collection for resistance to grape leaf rust (*Phakopsora euvitidis*) using a leaf disc assay. **Euphytica**, v. 215, p. 194-205, 2019.

GOMES, I. S. *et al.* Ocorrência de *Phakopsora euvitidis* Ono em Videira cv. Isabel em Ipameri, Goiás. **Revista Agrotecnologia – Agrotec**, v. 7, n. 1, p.8-12, 30 dez. 2016.

GREEN, E.; DURIATTI, A. Sensitivity of *Uncinula necator* isolates to quinoxifen: Baseline studies, validation of baseline method, and targeted sensitivity monitoring after several years of commercial use. **Proceedings of the BCPC International Congress Crop Science or Technology 2003**, Glasgow, UK, p. 163–168, 2003.

HALFELD-VIEIRA, B. A.; NECHET, K. L.; BARBOSA, R. N. T. Ocorrência da ferrugem da videira em Roraima. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 332, 2009.

HELPER, S. Rust fungi and global change. **New Phytologist**, v. 201, n. 3, p.770-780, 30 out. 2013.

HENNESSY, C. R.; DALY, A. M.; HEARNDEN, M. N. Assessment of grapevine cultivars for resistance to *Phakopsora euvitidis*. **Australasian Plant Pathology**, v. 36, n. 4, p.313-317, 2007.

HIRATSUKA, N. *Phakopsora* of Japan II. **Botanical Magazine**. Tokyo, v. 49, p. 853-860, 1935.

HODSON, D. P. Shifting boundaries: challenges for rust monitoring. **Euphytica**, [s.l.], v. 179, n. 1, p.93-104, 8 jan. 2011.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em:  
<<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil> > Acesso em: 16 fev de 2020.

JOHNSON, T. Man-guided evolution in plant rusts. **Science**, v.133, p.357–362, 1961.

LEU, L.S. Rust. In: PEARSON, R.C.; GOHEEN, A.C. (Ed.). **Compendium of grape diseases**. Minnesota: APS, p.28-30, 1988.

LEU, L.S.; WU, H.G. Uredospore germination, infection and colonization of grape rust fungus, *Phakopsora ampelopsidis*. **Plant Protection Bulletin**, Taiwan, v. 25, p. 167-175, 1983.

MENCARELLI, F.; BELLINCONTRO, A.; DIRENZO, D., Grape: post-harvest Operations. **FAO Publications**, p.1-42, 2005.

MENDGEN, K.; HAHN, M. Plant infection and the establishment of fungal biotrophy. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 8, p.352-356, ago. 2002.

MORAIS, A. C. **Avaliação de uma população segregante de videira quanto a resistência ao míldio (*Plasmopara viticola*) e ao oídio (*Erysiphe necator*)**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. UFSC, Florianópolis, p.1-56, 2020.

NARUZAWA, E. S. *et al.* Estudos epidemiológicos e controle químico de *Phakopsora euvitis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p.41-45, 2006.

NOGUEIRA JÚNIOR, A. F *et al.* *Phakopsora euvitis* Causes Unusual Damage to Leaves and Modifies Carbohydrate Metabolism in Grapevine. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p.1-12, 26 set. 2017.

OIV - INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE  
INTERGOVERNMENTAL ORGANISATION. **Statistical Report on World**

**Vitiviniculture 2021 and 2022.** Disponível em: <https://www.oiv.int/what-we-do/global-report?oiv> Acesso em 20 mar. 2023.

OLMO, H. P. The potential role of (vinifera x rotundifolia) hybrids in grape variety improvement. **Experientia**, v. 42, n. 8, p.921-926, ago. 1986.

OLMO, H.P. Grapes: *Vitis, Muscadinia* (Vitaceae). In: Simonds NW. Evolution of Crop Plants. **Longman**: New York, p. 294-298, 1976.

ONO, Y. Taxonomy of the *Phakopsora ampelopsidis* Species Complex on Vitaceous Hosts in Asia Including a New Species, *P. euvitis*. **Mycologia**, v. 92, n. 1, p.154-173, jan. 2000.

PANIAGUA, C. A. *et al.* Período de latência da ferrugem da folha em trigo e sua correlação com nível de resistência no campo. Brasília: **Pesq. Agropec. Bras**, v. 19, n. 9, p. 1109-1115, set. 1984.

PARLEVLIT, J. E “Identification and evaluation of quantitative resistance,” in PHYTOWELT, G. M. B. H. Study on the use of the varieties of interspecific vines. Available Europe, v.104, p.153-160, 2003.

PATIL, S. G.; HONRAO, B. K.; KARKAMKAR, S. P. Reaction of some grape germplasm against the rust disease. **Journal of Maharashtra Agriculture University**, v. 23, p.138-140, 1998.

PAVLOUSEK, P. Evaluation of foliar resistance of grapevine genetic resources to downy mildew (*Plasmopara viticola*). **Acta univ. agric. et silvic. Mendel**, v. LX, n. 8, p. 191-198, 2012.

POLAND, J. A.; BALINT-KURTI, P. J.; WISSER, R. J.; PRATT, R. C.; NELSON, R. J. Shades of gray: the world of quantitative disease resistance. **Trends Plant Sci**, v.14, p. 21–29, 2009.

POMMER, C. V.; TERRA, M. M., PIRES, E. J. P. Cultivares, melhoramento e fisiologia. In: POMMER, C. V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 109-319, 2003.

PRIMIANO, I. V. *et al.* Asian grapevine leaf rust caused by *Phakopsora euvitis*: na important disease in Brazil. **Plant Pathology**, v. 66, n. 5, p.691-701, 31 jan. 2017.

SAIFERT, L. **Piramidação de locos de resistência contra o míldio da videira (*Plasmopara viticola* L.)**. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. UFSC. Florianópolis, p.1-42, 2015.

SANCHEZ-MORA, Fernando D. *et al.* **Behavior of grape breeding lines with distinct resistance alleles to downy mildew (*Plasmopara viticola*)** v. 17, n. 2, p. 141-149, 2017.

SANTOS, R. F.; PRIMIANO, I. V.; AMORIM, L. Identification and pathogenicity of *Neophytophthora* species associated with Asian grapevine leaf rust in Brazil. **Plant Pathology**, v. 70, n. 1, p. 74-86, 2021.

SANTOS, R. F.; PRIMIANO, U. V.; AMORIN, L. Identification and pathogenicity of *Neophytophthora* species associated with Asian grapevine leaf rust in Brazil. **Plant Pathology**. Amsterdã, v. 70, p.74–86, 2020.

SCHWANDER, F. *et al.* Rpv 10: a new locus from the Asian *Vitis* gene pool for pyramiding downy mildew resistance loci in grapevine. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 124: p.163-176, 2011.

SEIFERT, C. A.; AZZARI, G.; LOBELL, D. Satellite detection of cover crops and their effects on crop yield in the Midwestern United States. **Environmental Research Letters**, v. 13, 2018.

SIVCEV, B.; SIVCEV, I.; RANKOVIC-VASIC, Z. Natural process and use of natural matters in organic viticulture. **Journal of Agricultural Sciences**, Belgrade, [s.l.], v. 55, n. 2, p.195-215, 2010.

SÔNIGO, O. R.; GARRIDO, L. da R.; GAVA, R. **Ferrugem da videira no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 4, 2005. (Embrapa Uva e Vinho Comunicado Técnico, 62).

SOUZA, N. S. de. Ocorrência de ferrugem em videira em Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p.226-226, abr. 2004.

- ST. CLAIR, D. A. Quantitative disease resistance and quantitative resistance loci in breeding. **Annu. Rev. Phytopathol**, v.48, p.247–268, 2010.
- STAPLES, R. C. Research on the Rust Fungi During the Twentieth Century. **Annual Review of Phytopathology**, v. 38, n. 1, p.49-69, set. 2000.
- STASKAWICZ, B. J. Genetics of plant-pathogen interactions specifying plant disease resistance. **Plant Physiology**, v. 125, n. 1, p. 73-76, 2001.
- TESSMANN, D. J *et al.* Grape Rust caused by *Phakopsora euvitis*, a New Disease for Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Curitiba - PR, v. 29, n. 3, p.338-338, maio – jun 2004.
- TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; LOPES, D. B. Uva: Novo Problema. **Cultivar HF**, v.4, n. 22, p.22-25, 2003.
- THIS, P.; LACOMBE, T.; THOMAS, M. Historical origins and genetic diversity of wine grapes. **Trends in Genetics**, v. 22, n. 9, p.511-519, set. 2006.
- TÖPFER, R. *et al.* New horizons for grapevine breeding. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 5. **Global Science Books**, v. 5, Special Issue 1, p. 79-100, 2011.
- WEINERT, M. P *et al.* First record of grapevine leaf rust in the Northern Territory, Australia. **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.117-118, 2003.
- ZANGHELINI, J. A., BOGO, A., DAL VESCO, L. L., GOMES, B. R., MECABÔ, C. V., HERPICH, C. H., & WELTER, L. J. Response of PIWI grapevine cultivars to downy mildew in highland region of southern Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 154, p. 1051-1058, 2019.
- ZENDLER, D.; SCHNEIDER, P.; TÖPFER, R.; ZYPRIAN, E. Fine mapping of Ren3 reveals two loci mediating hypersensitive response against *Erysiphe necator* in grapevine. **Euphytica**, v. 213, p. 1-28, 2017.