



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Andriele Caroline de Moraes

**AVALIAÇÃO DE UMA POPULAÇÃO SEGREGANTE DE VIDEIRA QUANTO A  
RESISTÊNCIA AO MÍLDIO (*Plasmopara viticola*) E AO OÍDIO (*Erysiphe necator*)**

Florianópolis

2020

Andriele Caroline de Moraes

**Avaliação de uma população segregante de videira quanto a resistência ao  
míldio (*Plasmopara viticola*) e ao oídio (*Erysiphe necator*)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade  
Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de  
mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Leocir José Welter

Coorientador: Prof. Dr. Aparecido Lima da Silva

Florianópolis

2020

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

Morais, Andriele Caroline de

Avaliação de uma população segregante de videira quanto a resistência ao mildio (*Plasmopara viticola*) e ao oídio (*Erysiphe necator*) / Andriele Caroline de Moraes ; orientador, Leocir José Welter, coorientador, Aparecido Lima da Silva, 2020.

64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Poloskei Muskotaly. 3. Niágara Rosada. 4. Resistência a doenças. 5. Tricomas. I. Welter, Leocir José. II. Silva, Aparecido Lima da. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. IV. Título.

Andriele Caroline de Moraes  
**Avaliação de uma população segregante de videira quanto a resistência ao míldio  
(*Plasmopara viticola*) e ao oídio (*Erysiphe necator*)**

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

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

Dr. Marco Antônio Dalbó  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Membro

Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra  
Universidade Federal de Santa Catarina - Membro

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

---

Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares  
Coordenador do Programa

---

Prof. Dr. Leocir José Welter  
Orientador

Florianópolis, 2020.

Dedico este trabalho aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Maria do Rocio e João Carlos e irmão Anderson Carlos pelo amor incondicional, apoio, compreensão e incentivo em todos os momentos.

Aos meus familiares que sempre apoiaram, incentivaram a continuar mesmo estando longe deles, amo vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leocir José Welter, por toda sabedoria, atenção, apoio, durante estes anos, os meus agradecimentos, respeito e admiração.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Aparecido Lima da Silva pelo apoio e auxílio para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao produtor Acir Maciel que sempre disponibilizou o vinhedo para coletas de míldio.

A Universidade Federal de Santa Catarina e os professores do PPGRGV pelos momentos de troca de conhecimentos e informações, os meus agradecimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo fornecimento da bolsa que possibilitou a realização desse trabalho.

Ao todos os amigos do grupo NEUVIN, em especial Camila, Bia, Diogo, Andressa, Claudemar, Lenon, Amanda, Gabriel, Tiago e Marcia que contribuíram com dicas, auxílio, companheirismo e momentos durante essa caminhada.

A banca, por disponibilizar seu tempo e conhecimento para contribuir com este trabalho.

A todos os amigos, em especial a Paola, Pâmela, Dalila, Yanka, Bruna, Adriana e João que sempre me incentivaram e souberam entender os momentos de ausência.

E aos que aqui não citados, mas que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente ao decorrer do mestrado, deixo os meus agradecimentos.

## RESUMO

A vitivinicultura desempenha um importante papel social e econômico em todo o mundo. Um dos gargalos mais restritivos é a suscetibilidade diferencial a uma série de patógenos que ocasionam perdas de produtividade e qualidade, notadamente em regiões com primaveras e verões chuvosos. A utilização de variedades resistentes é a alternativa mais sustentável e viável para reduzir as perdas com fitopatógenos. No presente trabalho a população UFSC2013-PN, oriunda do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara Rosada’ foi avaliada quanto a resistência ao oídio (*Erysiphe necator*) e ao míldio (*Plasmopara viticola*) e quanto à densidade de tricomas na face abaxial das folhas. A fenotipagem ao oídio foi realizada em casa de vegetação, no ciclos vegetativos 2017/2018 e 2018/2019, utilizando o descritor OIV455. A avaliação do míldio foi realizada utilizando discos foliares nos ciclos vegetativos 2017/2018 e 2018/2019 e a campo sob infecção natural no ciclo 2019/2020, empregando o descritor OIV-452. Ambos os descritores classificam a resistência dos genótipos através de notas, com amplitude de 1(resistente) a 9 (suscetível), de acordo com a quantidade de esporulação dos patógenos. Na determinação da densidade de tricomas foram utilizados os descritores OIV053, OIV055, OIV084 e OIV086. Os dados foram submetidos a análise de correlação de Spearman e avaliação de dependência. A frequência e distribuição das notas na população demonstraram que há a ação de genes de resistência provindos de ambos os parentais para as duas doenças, e que esses tem ação aditiva na população. Houve correlação negativa ( $\rho=-0,41$  e  $\rho=-0,61$ ) e dependência significativa entre as notas de míldio em discos foliares e as notas dos tricomas nas duas avaliações em discos foliares. Isso indica que a alta densidade de tricomas influencia na infecção do *P. viticola*. Os dados apontam que o parental ‘Niágara Rosada’ possui genes de resistência ao míldio e ao oídio que podem ser explorados no melhoramento genético da videira. A utilização de genes de resistência associados à presença de tricomas é uma alternativa para agregar e unir mecanismos de defesa que se complementam, tornando a resistência mais durável. Na população foram selecionados 20 genótipos resistentes a oídio, 43 genótipos resistentes ao míldio e 7 genótipos (PN04; PN57; PN90; PN99; PN110; PN111 e PN139) resistentes a ambas as doenças.

**Palavras-chave:** Poloskei Muskotaly. Niágara Rosada. Resistência a doenças. Tricomas.

## ABSTRACT

The viticulture plays an important social and economic role worldwide. However, it is challenged by a series of pathogens that cause losses in productivity and quality. The use of resistant varieties is the most sustainable alternative to reduce losses with phytopathogens. In the present study, the UFSC2013-PN population obtained from the cross between 'Poloskei Muskotaly' and 'Niágara Rosada' was evaluated for the resistance to powdery (*Erysiphe necator*) and downy mildew (*Plasmopara viticola*) and the density of abaxial leaf trichomes. The level of resistance to powdery mildew was evaluated in greenhouse under natural infection, during the vegetative cycles 2017/2018 and 2018/2019, using the OIV455 descriptor. The downy mildew resistance was assessed using leaf disc assays during the vegetative seasons of 2017/2018 and 2018/2019, and in the field under natural infection during the season 2019/2020, using the descriptor OIV452. Both descriptors classify the resistance of the genotypes through a scale of notes ranging from 1 (resistant) to 9 (susceptible), according to the sporulation amount of the pathogens. The density of trichomes was evaluated using the descriptors OIV053, OIV055, OIV084 and OIV086. The data were submitted to dependence and Spearman's correlation analysis. The frequency and distribution of the phenotypic data of the population indicate that there are the action of resistance genes from both parents for both diseases, and that these have an additive action in the resistance. There was a negative correlation ( $\rho = -0.41$  and  $\rho = -0.61$ ) and significant dependence between the notes of downy mildew and the notes of the trichomes in the two leaf disc assays. This correlation was not observed in the field evaluation. This indicates that the density of trichomes may act as barrier against the infection of the pathogen. The data showed that the parental 'Niágara Rosada' has downy and powdery mildew resistance genes, which are useful in grapevine breeding. Trichomes can be exploited in grapevine breeding to aggregate complementary defense mechanisms to harbor more durable resistance. In total, 20 powdery mildew resistant genotypes, 43 downy mildew resistant genotypes, including seven genotypes (PN04; PN57; PN90; PN99; PN110; PN111 and PN139) resistant to both diseases were selected from the population and will be evaluated for other agronomic traits in the field.

**Keywords:** Poloskei Muskotaly. Niágara Rosada. Disease resistance, Trichomes.



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Distribuição mundial das espécies do gênero <i>Vitis</i> .....   | 14 |
| <b>Figura 2.</b> Sintomas do míldio em folhas de videira suscetíveis, A) “Manchas de óleo” na região adaxial da folhas; B) Esporulação na região abaxial da folha; C) Folha necrosada e seca após a ação do patógeno; D) Detalhe da esporulação com esporangióforos e esporângios de <i>P. viticola</i> .....   | 17 |
| <b>Figura 3.</b> Ciclo da doença do míldio da videira causada pelo patógeno <i>Plasmopara viticola</i> .....  | 18 |
| <b>Figura 4.</b> Ciclo de vida do patógeno <i>Erysiphe necator</i> , causador do oídio da videira. ....   | 19 |
| <b>Figura 5.</b> Sintomas do oídio na folha de videira. A) sintomas iniciais de infecção com manchas de esporulação e micélio limitadas e lâmina levemente enrolada; B) Sintomas avançados de infecção manchas de esporulação e micélio limitadas por todo limbo foliar.....  | 20 |
| <b>Figura 6.</b> Cacho de uva da variedade ‘Poloskei Muskotaly’ na propriedade do Sr. Acir Maciel em Curitiba, SC.....  | 24 |
| <b>Figura 7.</b> Cachos de uva da variedade Niágara Rosada na propriedade do Sr. Acir Maciel em Curitiba, SC.....   | 25 |
| <b>Figura 8.</b> Genealogia do cruzamento avaliado (População UFSC2013-PN). A cor cinza representam variedades de cruzamento interespecífico de <i>Vitis</i> ; cor rosa são variedades <i>V. vinifera</i> e cor azuis <i>V. labrusca</i> . Os antecessores são nomeados de acordo com “Vitis International Variety Catalogue” – VIVC (MAUL et al., 2019)..... | 26 |
| <b>Figura 9.</b> Representação esquemática da escala de notas do descritor OIV455, utilizada para determinar indiretamente o nível de resistência ao oídio ( <i>E. necator</i> ) da videira da população segregante obtido do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’. As folhas são oriunda da população UFSC2013-PN.....                   | 32 |
| <b>Figura 10.</b> Representação esquemática da escala de notas utilizada para determinar o nível de resistência ao míldio ( <i>P. viticola</i> ) da população segregante obtida a partir d cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’ As folha são oriunda da população UFSC2013-PN. ....   | 34 |
| <b>Figura 11.</b> Distribuição das notas de resistência a <i>E. necator</i> do descritor OIV455 nas cinco datas de avaliação (En.ava.1=19/12/2017 [n=135]; En.ava.2=21/01/2018[n=135]; En.ava.3=19/12/2018 [n=140]; En.ava.4=22/01/2019 [n=139]; En.ava.5=17/02/2019[n=136])  |    |

na população UFSC2013-PN. A) Jitter boxplot mostrando as notas individuais representadas por pontos. Caixas brancas representam os interquartis e a linha mais forte as medianas. B) histograma de distribuição da frequência de notas (descriptor OIV455) na população nas cinco avaliações; NR = Parental ‘Niágara Rosada’; PM = Parental ‘Poloskei Muskotaly’ ..... 38

**Figura 12.** Distribuição fenotípica do míldio (*P. viticola*) referente ao descriptor OIV452, obtidas em dois ensaios com discos foliares (2017/18: Pv.ava.1[n=114] e 2018/19 Pv.ava.2[n=131]) e um ensaio a campo sob infecção natural (2019/20: Pv.avaC [n=133]), na população UFSC2013-PN. A) *Jitter boxplot* dos dados fenotípicos. Os pontos representam os valores de cada indivíduo da população. As caixas brancas representam os interquartis e as linhas mais fortes as medianas. B) histograma apresentando a distribuição da porcentagem de indivíduos da população em cada classe de notas (descriptor OIV452) nas três avaliações, NR = Parental ‘Niágara Rosada’; PM = Parental ‘Poloskei Muskotaly’; T = testemunha ‘Cabernet Sauvignon’ ..... 41

**Figura 13.** Genótipos da população UFSC2013 -PN apresentando necroses, com e sem a presença de esporulação, como resposta à infecção do míldio (*P. viticola*) da videira. A) Genótipo sem tricomas e B) Genótipo com tricomas..... 43

**Figura 14.** Distribuição das frequências de notas do descriptor OIV452 dentro das categorias de tricomas em discos foliares classificados com o descriptor OIV053. NR = Parental ‘Niágara Rosada’; PM = Parental ‘Poloskei Muskotaly’ A) Avaliação no ciclo de 2017/2018; B) Avaliação no ciclo de 2018/2019. .... 45

**Figura 15.** Distribuição das frequências de notas do descriptor OIV452 obtidas a campo dentro das categorias de tricomas classificados com o descriptor A) OIV053 – densidade de tricomas em folhas jovens; e B) OIV084 – densidade de tricomas em folhas maduras..... 46

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> - Lista de descritores da densidade de tricomas da OIV (Organization Internationale de la Vigne et du Vin, 1997).....   | 36 |
| <b>Tabela 2</b> - Correlação de Spearman entre os dados fenotípicos de oídio ( <i>E. necator</i> ) da população segregante ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’ .....  | 39 |
| <b>Tabela 3</b> - Correlação de Spearman para as variáveis avaliadas na população segregante de ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’ .....   | 42 |
| <b>Tabela 4</b> - Representação das notas de tricomas de acordo com o descritor OIV053 avaliado em laboratório; Detalhe do aumento de 10X de cada uma das notas; Porcentagem dos genótipos que apresentaram tal nota em cada uma das avaliações; Pt.ava.1 = Avaliação em 2018; Pt.ava.2 = avaliação em 2019. ....   | 44 |
| <b>Tabela 5</b> - Avaliação de dependência entre as notas de resistência ao míldio do descritor OIV452 e as notas de tricomas prostrados em seu respectivo ciclo de avaliações. $\chi^2_o$ = Qui-quadrado calculado; $\chi^2_t$ (20GL) 5% = Qui-quadrado tabelado com vinte Graus de liberdade a 5% de significância. ....  | 46 |
| <b>Tabela 6</b> - Código dos genótipos considerados resistentes. Genótipos que apresentaram nota 1 ou 3 nas duas últimas avaliações de cada ciclo do oídio e os genótipos apresentaram 3 como nota mais alta nas três avaliações do míldio. E genótipos que apresentaram resistência para ambas as doenças. ‘*’= Genótipos que apresentaram nota 1 nas três avaliações de míldio..... | 53 |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA.....</b>  | <b>13</b> |
| 1.1      | Características e origem da <i>Vitis</i> spp. ....  | 13        |
| 1.2      | Importância socioeconômica da viticultura.....  | 15        |
| 1.3      | Míldio da videira: Sintomatologia e modo de infecção .....                                | 16        |
| 1.4      | Oídio da videira: Sintomatologia e modo de infecção .....                                 | 19        |
| 1.5      | Melhoramento genético da videira com ênfase na resistência às doenças .....               | 21        |
| 1.6      | Características e genealogia das variedades ‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara Rosada’ ..... | 23        |
| 1.7      | Mecanismos de defesa de plantas à fitopatógenos .....                                     | 26        |
| 1.8      | O Núcleo de Estudos da Uva e do Vinho – NEUVIN.....                                       | 28        |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>  | <b>30</b> |
| 2.1      | Objetivo Geral .....  | 30        |
| 2.2      | Objetivos Específicos .....   | 30        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>   | <b>31</b> |
| 3.1      | Obtenção e manutenção da população segregante .....                                       | 31        |
| 3.2      | Avaliação da resistência ao oídio .....   | 31        |
| 3.3      | Avaliação da resistência ao míldio .....  | 33        |
| 3.4      | Avaliação da densidade de tricomas .....  | 36        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS .....</b>   | <b>38</b> |
| 4.1      | Avaliação da resistência ao oídio .....   | 38        |
| 4.2      | Avaliação de resistência ao míldio .....  | 40        |
| 4.3      | Relação tricomas x míldio da videira .....  | 43        |
| <b>5</b> | <b>DISCUSSÃO .....</b>  | <b>47</b> |
| 5.1      | Avaliação da resistência ao oídio .....   | 47        |
| 5.2      | Avaliação de resistência ao míldio .....  | 48        |
| 5.3      | Relação tricomas x míldio da videira .....  | 50        |
| 5.4      | Genótipos resistentes ao oídio e míldio.....  | 52        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>  | <b>53</b> |
| <b>7</b> | <b>PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>   | <b>54</b> |

## 1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

### 1.1 Características e origem da *Vitis* spp.

A videira pertence ao gênero *Vitis* e a família Vitaceae, que possui aproximadamente 14 gêneros com aproximadamente 910 espécies (CHRISTENHUSZ; BYNG, 2016). O gênero *Vitis* está subdividido em dois subgêneros, o *Muscadinia* ( $2n = 40$ ) e *Euvinis* ( $2n = 38$ ), cujas espécies estão agrupadas de acordo com a morfologia e a origem geográfica (WINKLER, 1980; GALET, 1998; LEÃO; BORGES, 2009). O subgênero *Euvinis* (uva verdadeira) 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). A videira (*Vitis* spp.) é uma planta perene e decídua sendo uma das mais antigas culturas e de maior difusão no mundo (ALVARENGA, 1998).

A Groelândia é o mais provável centro de origem da videira, que teria surgido pelo início do período terciário (ALVARENGA et al., 1998). As primeiras evidências da domesticação de uvas são sementes que datam de 7000 a 5000 a. C. na Rússia. Contudo sementes acumuladas, indicando elaboração de vinhos primitivos, foram encontradas na Turquia, Síria, Líbano e Jordânia datando de aproximadamente 8000 a.C. (JOHNSON, 1989; MCGOVERN, 2003).

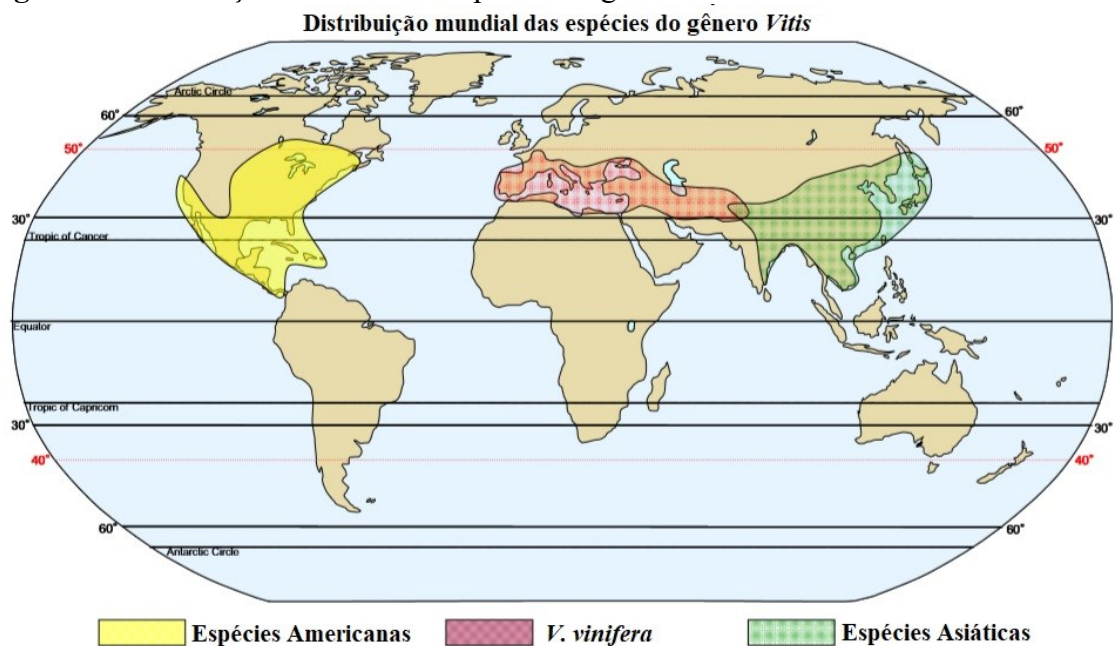
Atualmente considera-se que existem três centros de dispersão da videira: Eurásia, Ásia e América (TÖPFER et al., 2011). A Eurásia possui clima temperado, com verão quente e seco e inverno frio e úmido e é o centro de origem e diversidade da espécie *Vitis vinifera* L. A espécie engloba as variedades de uvas utilizadas na produção de vinhos considerados finos e também as variedades finas de mesa (LEÃO, 2004; LEÃO et al., 2002; GIOVANNINI, 2014). A *V. vinifera* tem a provável origem na região próximo do mar Cáspio, na Ásia Menor. É a espécie de maior produção em todo o mundo representando mais de 90% da produção e isto se deve principalmente pela sua qualidade de frutos. No entanto a espécie é altamente suscetível a várias doenças (MENCARELLI et al., 2005).

O clima e o território da região do centro de diversidade asiático são altamente diversos, proporcionando grande variedade de espécies de *Vitis* presentes nesse local. Programas de melhoramento têm utilizado espécies provindas da região asiática para introduzir características desejáveis em novas variedades (TÖPFER et al., 2011). O principal

destaque é a espécie *Vitis amurensis* Rupr. que foi identificada como fonte de resistência a vários patógenos (SCHWANDER et al., 2012; BLASI et al., 2011; VENUTI et al., 2013; KUCZMOG et al., 2012) e possui frutos comestíveis (LEÃO; BORGES, 2009).

A região americana apresenta uma alta diversidade ambiental devido ao extenso território, propiciando diferentes climas e solos. Aproximadamente 30 espécies são descritas como nativas dessa região, assim, tem-se esse centro como de fundamental importância, tanto para o cultivo de uvas para produção de seus derivados quanto para materiais nos programas de melhoramento genético (TÖPFER et al., 2011). Várias destas espécies contêm características de interesse, seja de resistência a doenças, pragas, vigor, produção ou a melhor adaptabilidade a climas ou solos diversos (LEÃO et al., 2002; GIOVANNINI, 2014). A Figura 1 demonstra a distribuição das espécies do gênero *Vitis* no mundo.

**Figura 1.** Distribuição mundial das espécies do gênero *Vitis*



FONTE: Adaptado de TÖPFER et al., 2011

No Brasil, as variedades produzidas tem origem europeia (*V. vinifera*), gerando uvas finas de mesa ou vinhos finos e origem americana (maioria *V. labrusca*) ou híbridas (geralmente *V. vinifera* x *V. labrusca*), que produzem uvas utilizadas para o consumo *in natura* ou para a elaboração de sucos ou vinhos coloniais (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008).

## 1.2 Importância socioeconômica da viticultura

No Brasil, o cultivo da videira iniciou com a introdução da *V. vinifera* L. pelos portugueses em São Paulo. Contudo estas plantas não apresentaram o sucesso esperado devido à falta de adaptação às condições de clima, solo, pragas e doenças locais. Foi apenas a partir do século XIX que a viticultura se consolidou no país, após a introdução de variedades de *V. labrusca* (americana) que apresentaram boa adaptação ao clima local e resistência as doenças que surgiram no país (CAMARGO; MAIA; RITSCHER, 2010). Após o século XX, o cultivo das uvas finas ganhou novamente espaço no Brasil. Nesse período surgiram os diferentes polos produtivos, expandindo a produção tanto para as regiões de clima temperado quanto às regiões de clima tropical do país (MELLO, 2018; CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011). Essa grande diversidade de regiões de cultivo propicia a obtenção e a elaboração de produtos diferenciados e de grande qualidade tanto de frutos, quanto para o processamento, o que vem contribuindo para a evolução do vinho no país (WURZ et al., 2017).

Atualmente no Brasil, a viticultura vem possibilitando também às pequenas agroindústrias e à agricultura familiar a agregação de valor das atividades de produção de vinhos, sucos, uvas e também no turismo e na gastronomia. Assim, a atividade vem se tornando uma importante ferramenta para o desenvolvimento territorial e para a valorização da agricultura familiar e seus produtos (MELLO, 2016).

No ano de 2017 o Brasil produziu 1.680.020 toneladas de uvas, sendo o ano de maior produção já registrado (MELLO, 2018). Em 2018, a produção foi de 1.592.242 toneladas em uma área total de 75.951 ha. No qual o estado do Rio Grande do Sul, caracteriza-se como o maior produtor do país, produzindo 51,67% desse total (MELLO, 2019). No ano de 2018 foram produzidos mundialmente aproximadamente 77,8 milhões de toneladas de uva, em uma área de 7,4 milhões de hectares (OIV, 2019). Considerando-se apenas o peso da porção comestível, a uva é o fruto mais produzido no mundo (FAO; OIV, 2016). Em 2018, o consumo *per capita* médio de uvas de mesa (consumo *in natura* e doces) no Brasil foi de 3,61 kg, enquanto que o consumo de vinho e suco foi de 1,72 litros e 1,33 litros, respectivamente (MELLO, 2019).

Devido a grande diversidade de áreas no Brasil, cada qual com suas peculiaridades e segmentos de produção, o cultivo de videira é vasto, produzindo-se desde uvas de mesa (aproximadamente metade da uva produzida no país), uvas para produção de vinhos finos e de

mesa, espumantes, sucos, destilados, vinagre e uma série de outros subprodutos. A atividade vitivinícola é uma importante fonte de renda para pequenas propriedades em algumas regiões e também contribuem para a geração de emprego e renda, tendo um grande impacto socioeconômico (MELLO, 2019). No Brasil, aproximadamente 30.000 famílias têm a produção vitícola como principal atividade de geração de renda (ZANUS, 2015).

### 1.3 Míldio da videira: Sintomatologia e modo de infecção

As doenças são uma das principais causas de perda de produtividade e de qualidade dos produtos provindos das plantas cultivadas. Por ser um país continental e possuir uma grande diversidade de locais e climas, o Brasil tem condições favoráveis para o desenvolvimento de uma grande gama de doenças e fitopatógenos que afetam as videiras (ALMANÇA; LERIN; CAVALCANTI, 2015). Os fitopatógenos são microrganismos que evoluíram para nutrirem-se dos compostos estruturais ou produzidos pelas plantas hospedeiras. Muitos destes são específicos e dependem da planta para sobreviver (AGRIOS, 2005).

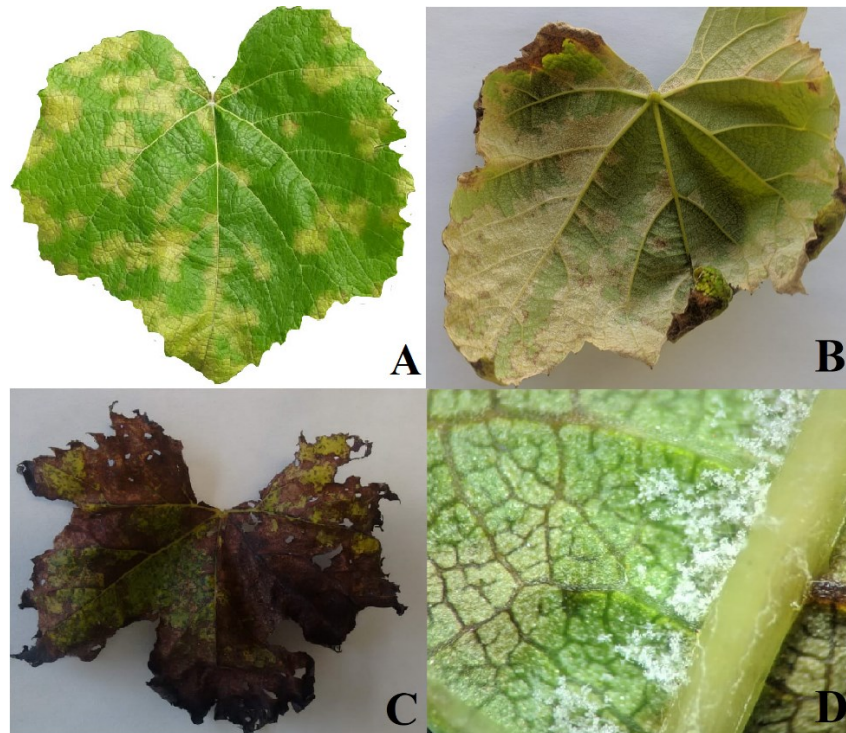
As principais doenças fúngicas na cultura da videira são: antracnose, declínio da videira, escoriose, mancha das folhas, míldio, oídio, ferrugem e as podridões de fruto (GRIGOLETTI JÚNIOR; SÔNEGO, 1993). Destas, no sul do país o míldio é considerado a maior ameaça, podendo acarretar perdas de até 100% da produção quando o hospedeiro é suscetível, as condições climáticas são favoráveis e o manejo fitossanitário não é adequado. O míldio também é chamado de mufa, mofo ou peronóspora e é facilmente disseminado afetando quase todas as variedades comerciais nacionais (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008).

O míldio da videira é uma doença causada pelo oomiceto *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt) Berl. & de Toni, que tem origem no continente Norte Americano. É mais aparente nas folhas, onde aparecem como sintoma de infecção inicial pequenas manchas pálidas, com bordas indefinidas conhecidas como “mancha de óleo” na região superior (adaxial) da folha. Contudo, pode afetar todos os órgãos verdes da planta (HENNING et al., 2005). Em condições favoráveis ao desenvolvimento do patógeno (alta umidade) ocorre a formação de eflorescências brancas e cotonosas sob a região com a mancha de óleo, na parte inferior (abaxial) da folha, que são os esporangióforos com os esporângios saindo dos estômatos (SÔNEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI, 2005). O tecido foliar afetado começa a necrosar,



posteriormente seca e acaba caindo. Isto faz com que ocorra uma diminuição na área foliar reduzindo a assimilação e acúmulo de açúcares (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008). A Figura 2 demonstra os sintomas do míldio nas folhas de videira.

**Figura 2.** Sintomas do míldio em folhas de videira suscetíveis, A) “Manchas de óleo” na região adaxial da folhas; B) Esporulação na região abaxial da folha; C) Folha necrosada e seca após a ação do patógeno; D) Detalhe da esporulação com esporangióforos e esporângios de *P. viticola*.



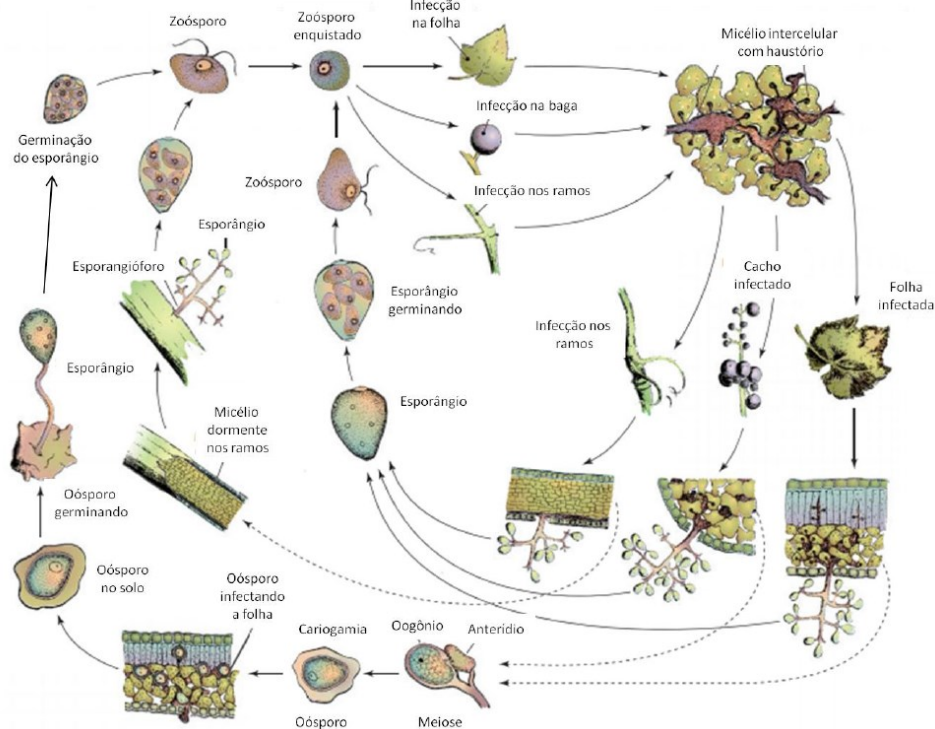
FONTE: Autora e Camila Bitencourt

Quando a infecção ocorre no florescimento, as flores acabam secando e caindo. Quando ocorre no início do desenvolvimento das bagas, os frutos acabam cobertos pelas estruturas do *P. viticola* e posteriormente secam. Quando a infecção ocorre em bagas com um desenvolvimento maior e o patógeno entra pelos pedicelos, os frutos escurecem, endurecem e adquirem o aspecto de murcha (SÔNEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI, 2005).

O *P. viticola* é um oomiceto e biotrófico obrigatório, crescendo através de hifas intercelulares e emitindo haustórios nas células do hospedeiro. Os esporangióforos são a forma de reprodução assexuada e acabam por emitir os esporângios que são disseminados pelo vento ou pela chuva. Os esporângios por sua vez dão origem aos zoósporos que encistam próximo aos estômatos e posteriormente emitem o tubo germinativo penetrando o hospedeiro, sendo esta a forma de infecção secundária (HENNING et al., 2005; TRIGIANO; WINDHAM; WINDHAM, 2010; GIOVANNINI, 2014). A infecção primária e a fase sexual

ocorrem nas regiões temperadas e se dá quando os oósporos anteriormente “hibernados” nas folhas caídas do outono acabam sendo liberadas no inverno pela decomposição das folhas. Na primavera ocorre a germinação dos oósporos formando os macroesporângios, que são disseminados pelo vento ou chuva e fixam-se nas plantas e liberam os zoósporos, dando início a infecção primária. Assim, quanto maior a incidência de míldio em um ano, maior o número de oósporos no próximo ano (HENNING et al., 2005; GIOVANNINI, 2014). O ciclo da doença (Figura 3) pode levar de 5 a 18 dias, dependendo das condições ambientais. Temperaturas entre 18°C e 25°C, umidade relativa superior a 70% e alta incidência de chuvas favorecem o desenvolvimento do patógeno (AGRIOS, 2005).

**Figura 3.** Ciclo da doença do míldio da videira causada pelo patógeno *Plasmopara viticola*



FONTE: DOS ANJOS, 2013 adaptado de AGRIOS, 2005.

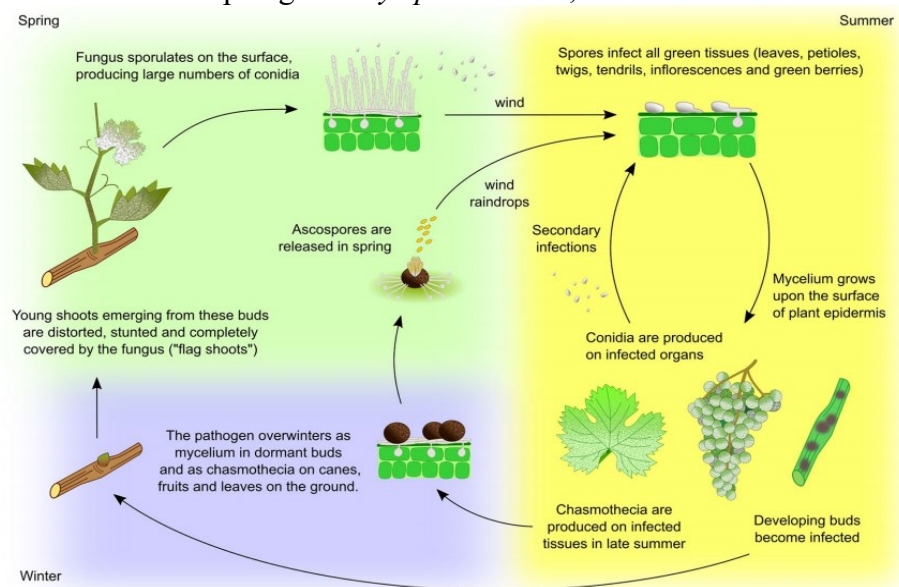
Os principais meios de controle da doença são pelas aplicações de fungicidas e a utilização de variedades resistentes (RITSCHER; MAIA; CAMARGO, 2015). Além de aumentar o custo de produção, o uso dos fungicidas causam riscos ao meio ambiente e a saúde dos produtores e consumidores (PERES; MOREIRA; DUBOIS, 2003).

#### 1.4 Oídio da videira: Sintomatologia e modo de infecção

O oídio é uma doença causada pelo fungo *Erysiphe necator* Schwein (syn. *Uncinula necator*) e na forma sexuada do fungo *Oidium tuckeri* Berk. O oídio é um patógeno biotrófico que ocasiona danos em toda a parte aérea da planta. *E. necator* foi descrito pela primeira vez em 1834 na América do Norte e introduzido indevidamente na Europa em meados de 1850, primeiro na Inglaterra e depois na França (AGRIOS, 2005). Atualmente, o oídio é a principal doença na cultura da videira (HALLEEN; HOLZ, 2001). É uma das doenças da videira com maior importância no Brasil (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008) e a de maior importância no mundo (ADVID, 2012).

A infecção inicia com o contato do conidiósporo sobre o tecido da planta, que germina e forma o apressório que penetra na epiderme, posteriormente este dá origem ao haustório no interior da célula do hospedeiro. É pelo haustório que ocorrem as trocas de compostos entre hospedeiro e parasita (QIU; FEECHAN, DRY, 2015). A partir disso, o patógeno continua seu desenvolvimento através de hifas sobre a superfície do tecido vegetal e produzindo mais haustórios ampliando a infecção (GADOURY et al., 2012). O patógeno pode ficar dormente de safra em safra, sobrevivendo em gemas infestadas na forma de micélio, e em cleistotécios (corpos de frutificação da fase sexuada) como ascósporos. Na primavera o micélio das gemas desenvolve-se sobre os novos brotos, e iniciam a produção de esporos (GIOVANNINI, 2014). O ciclo da doença pode ser observado na Figura 4.

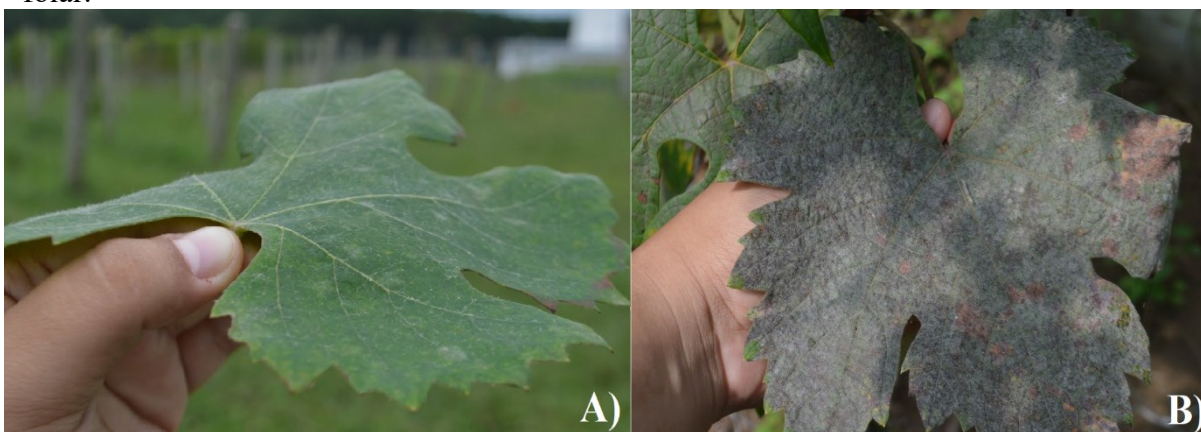
**Figura 4.** Ciclo de vida do patógeno *Erysiphe necator*, causador do oídio da videira.



FONTE: PIRELLO et al.; 2019

Os danos provenientes da ação do fungo devem-se pela infecção do patógeno, que é observado pela produção de um pó branco acinzentado (estruturas do patógeno) sobre os órgãos verdes das plantas, como brotos, folhas e bagas (Figura 5). As folhas afetadas pelo fungo apresentam manchas cloróticas pulverulentas e de cor branca. As principais perdas se dão devido a danos nos cachos e brotos, e também a possibilidade da ocorrência de abortamento das inflorescências, o que pode resultar na perda total da produção (ADVID, 2012). Quando pequenas, as flores e bagas afetadas acabam caindo. Já em bagas maiores, o patógeno pode ocasionar rachaduras, deixando as sementes expostas. Ou ainda que os frutos não sofram com rachaduras estes ficam depreciados, pois o fungo ocasiona manchas na superfície dos cachos, e ainda ocasiona perdas organolépticas em uvas destinadas a vinhos (NACHTIGAL; MAZZAROLO, 2008; AMORIM et al., 2016).

**Figura 5.** Sintomas do oídio na folha de videira. A) sintomas iniciais de infecção com manchas de esporulação e micélio limitadas e lâmina levemente enrolada; B) Sintomas avançados de infecção e manchas de esporulação e micélio distribuídas por todo limbo foliar.



FONTE: Autora

O fungo tem um melhor desenvolvimento em climas secos e frescos com temperaturas entre 20°C e 27°C, sendo desfavorecido com a ocorrência de chuvas (AMORIM et al., 2016). Esta, além de elevar a umidade pode ocasionar a retirada da massa micelial do hospedeiro e ocasionar a destruição do fungo. A umidade relativa entre 40 a 60% é ótima para o desenvolvimento do patógeno, porém, condições de clima seco, quente e com nebulosidade, baixa luminosidade ou luz difusa favorecem o desenvolvimento da doença (SÔNEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI, 2005).

No sul do Brasil o oídio não é uma doença significativa em condições normais de cultivo. No entanto, a doença causa danos em anos com baixa ocorrência de chuvas ou em cultivo protegido (CHAVARRIA; DOS SANTOS, 2013). Já na região nordeste do país, as

condições ambientais favorecem a ocorrência contínua do patógeno, que ocasiona perdas significativas de produtividade e qualidade, quando não manejada adequadamente. No vale do São Francisco a média de dias favoráveis à ocorrência do patógeno em um ano é de 164 dias (ANGELOTTI et al., 2009).

### 1.5 Melhoramento genético da videira com ênfase na resistência às doenças

O controle químico é a forma mais utilizada para o manejo de doenças em videira. Em regiões com condições propícias para o desenvolvimento de fungos fitopatogênicos, o custo com fungicidas para o controle destes pode chegar até a 30% do custo total da produção da uva (SÔNEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI, 2005). Um dos métodos mais eficientes para o controle de epidemias é a utilização de variedades com algum nível de resistência às doenças (ALMANÇA; LERIN; CAVALCANTI, 2015). O emprego de variedades resistentes é considerado um dos avanços tecnológicos mais significativos da agricultura (MICHEREFF, 2001).

Devido as espécies de videira americanas e o agente causal do míldio e oídio serem originários do mesmo continente e terem convivido durante milhares de anos, a co-evolução promoveu o desenvolvimento de mecanismos de resistência genética do hospedeiro aos patógenos. O contrário ocorreu com a espécie *V. vinifera* que evoluiu na ausência dos patógenos e, desta forma, são suscetíveis ou apresentam baixos níveis de resistência (TRIGIANO; WINDHAM; WINDHAM, 2010). As variedades de *V. labrusca* e alguns híbridos de *V. labrusca* x *V. vinifera* apresentam um maior nível de resistência às doenças como o míldio e oídio (ALMANÇA; LERIN; CAVALCANTI, 2015).

Na França, no fim do século XIX surgiram várias iniciativas de melhoramento genético para combinar a qualidade das variedades de *V. vinifera* com a resistência a patógenos das variedades americanas. Estas iniciativas desenvolveram vários genótipos que até hoje servem como recurso genético para o melhoramento genético (TÖPFER et al., 2011). O melhoramento genético buscando a introgressão de resistência a doenças tem sido efetivo, apesar de muito difícil, pois aliado a resistência outros caracteres devem ser selecionados, como a qualidade da uva e do vinho, que muitas vezes é perdido quando realizado os cruzamentos (TRIGIANO; WINDHAM; WINDHAM, 2010). Por isso para produzir uma nova variedade leva-se um longo tempo, pois para a restauração dos atributos de qualidade

são realizadas várias gerações de retrocruzamentos modificados com variedades de *V. vinifera* (KORTEKAMP et al., 2008).

O desenvolvimento de variedades adaptadas a região de cultivo e resistentes a doenças é importante para proporcionar alternativas de cultivo para auxiliar o produtor rural. Esta estratégia propicia a diminuição de perdas quantitativas bem como qualitativas na produção de uvas, além de diminuir os riscos ao ambiente e à saúde humana associados com a aplicação de fungicidas (TÖPFER et al., 2011).

O melhoramento de videira por meio da hibridação vem possibilitando a união de características desejáveis como produção, resistência a pragas e doenças, adaptação e qualidade de acordo com exigências do mercado (LEÃO; BORGES, 2009). Essa metodologia de melhoramento vem sendo empregada eficientemente em vários países e tem permitido o desenvolvimento de variedades que conciliam atributos de qualidade com resistência a doenças (TÖPFER et al., 2011).

Töpfer et al. (2011) destacam que a longo prazo o melhoramento genético é a única solução para enfrentar as principais ameaças a produção de uvas, mesmo que esses esforços levem décadas. Apesar disso, o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias tem permitido facilitar e reduzir o tempo de desenvolvimento de uma nova variedade. A utilização de variedades resistentes além de diminuir custos da produção, pela redução de uso de fungicidas, diminui os riscos de contaminação do ambiente e dos produtores (ALMANÇA; LERIN; CAVALCANTI, 2015).

Nos últimos vinte anos houve um grande progresso na pesquisa com a videira, resultando no sequenciamento do genoma (JAILLON et al., 2007; VELASCO et al., 2007) e na localização de QTLs que conferem resistência ao míldio e ao oídio da videira. Com o avanço das técnicas de genética molecular houve a possibilidade de identificar locos de resistência a doenças herdados de diferentes espécies de *Vitis*. Já foram mapeados 47 locos de resistência a doenças na cultura da videira, sendo a maioria pra míldio (*Plasmopara viticola*) e oídio (*Erysiphe necator*) (MAUL et al., 2019). Devido a videira ser uma espécie perene, é de fundamental importância que a resistência genética seja duradoura. Deste modo, a estratégia atualmente utilizada no melhoramento da videira é a piramidação de locos de resistência (EIBACH et al., 2007; SÀNCHEZ-MORA et al., 2017; SAIFERT et al., 2018). No entanto, a piramidação de genes de resistência somente é efetiva, se os mecanismos de ação dos genes de resistência piramidados sejam complementares (REX CONSORTIUM, 2016).

No total, 27 QTLs de resistência ao míldio (*Rpv1* ao *Rpv27*) e 12 QTLs para o oídio (*Ren1-Ren10*; *Run1-Run2*) foram localizados e marcadores moleculares flanqueando os QTLs de resistência foram desenvolvidos e estão disponíveis ([www.vivc.de/data](http://www.vivc.de/data) on breeding and genetics). Destes, para o míldio, ao menos os QTLs *Rpv1* (MERDINOGLU et al., 2003), *Rpv3* (WELTER et al., 2007), *Rpv10* (SCHWANDER et al., 2012) e *Rpv12* (VENUTI et al., 2013), e para oídio *Run1* (BARKER et al., 2005), *Ren1* (HOFFMANN et al., 2008) e *Ren3* (WELTER et al., 2007) estão introgrididos em germoplasma elite (*V. vinifera*) e estão sendo utilizados em diversos programas de melhoramento da videira no mundo.

O *Rpv3* (*Resistencia à Plasmopara viticola*) foi identificado pela primeira vez na variedade ‘Regent’, e está localizado no cromossomo 18 (FISHER et al., 2004; WELTER et al., 2007). O *Rpv3* está associado à resistência provinda de espécies americanas (*V. rupestris*, *V. labrusca* e *V. riparia*). Sete formas haplótipas de *Rpv3* foram identificadas (DI GASPERO et al., 2012; ZYPRIAN et al., 2016). A primeira *Rpv3.1* ou *Rpv<sup>299-279</sup>* foi identificada em ‘Villard Blanc’ (BELLIN et al., 2009) e é a mesma presente em ‘Regent’ (ZYPRIAN et al., 2016). O *Rpv3* está associado a ocorrência de uma resposta de hipersensibilidade (HR) que ocasiona a morte celular e impede o avanço do patógeno (BELLIN et al. 2009; CASAGRANDE et al., 2011).

O *Ren3* (*Resistencia Erysiphe necator*) foi identificado pela primeira vez na variedade ‘Regent’ e está localizado no cromossomo 15 (WELTER et al., 2007; AKKURT et al., 2007). O *Ren3* ocasiona uma resposta de hipersensibilidade na região onde o patógeno emite o apressório e ocasiona a morte celular dessa região. Essa reação retarda ou impede o desenvolvimento do fungo (ZENDLER et al., 2017).

Até o presente momento, não se tem registros de locos de resistência para qualquer doença provindo de *V. labrusca*. Di Gaspero et al. (2012) relatam que alguns haplótipos de *Rpv3* (*Rpv3.3*, *Rpv3<sup>321-312</sup>*, *Rpv3<sup>null-287</sup>*) identificados na variedade ‘Noah’ podem ter origem de *V. labrusca* ou *V. riparia*, contudo, a real origem ainda não foi validada cientificamente.

## 1.6 Características e genealogia das variedades ‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara Rosada’

A variedade ‘Poloskei Muskotaly’ é originária da Hungria e foi obtida pelo cruzamento das variedades ‘Zala Gyoengye’ com (‘Gloria Hungariae x ‘Erzsebet Kiralyne Emleke’ em 1967, no *Institute for Viticulture and Enology University for Horticulture and*

*Food Industry* (MAUL et al., 2019). A variedade apresenta bagas de coloração branca (Figura 6) e é utilizada para a produção de vinho branco e também para mesa em Santa Catarina, por ter um rendimento produtivo alto e resistência intermediária ao míldio e oídio (SOUZA et al., 2016). Segundo Epagri (2017) a maturação da cv. ocorre nos meses de janeiro e fevereiro em Santa Catarina, com uma produtividade a cima de 20t/ha<sup>-1</sup>. Pavloušek (2006) avaliou a campo a cv. ‘Poloskei Muskotaly’ entre os anos de 1996 e 2000 quanto a resistência ao míldio utilizando a escala OIV452, e obteve valores entre 6,76 e 7,56 indicando que a variedade tem uma boa resistência ao *P. viticola*. O mesmo autor avaliou a variedade entre os anos de 1996 a 2004 quanto a resistência ao oídio utilizando o descritor OIV455 e obteve valores variando entre 7,4 e 7,96 (Pavloušek, 2007). Stefanini et al. (2017) avaliaram a campo a resistência ao míldio e oídio das folhas da variedade entre os anos de 2013 e 2016, utilizando escala de 0 (totalmente danificada pelo patógeno) a 10 (sem sinal do patógeno), e obtiveram média 8,25 para o míldio e 9,5 para o oídio, demonstrando que essa tem boa resistência a ambos os patógenos. ‘Poloskei Muskotaly’ possui os locos *Rpv3.1* e *Ren3* (ZINI et al., 2019).

**Figura 6.** Cacho de uva da variedade ‘Poloskei Muskotaly’ na propriedade do Sr. Acir Maciel em Curitibanos, SC.



Foto: Autora

A variedade ‘Niágara’ é originária do cruzamento das variedades ‘Concord’ e ‘Cassady’ em 1868, realizado pelos melhoristas Hoag e Clark nos Estados Unidos da América (MAUL et al., 2019). A variedade apresenta vigor médio e resistência parcial ao míldio (*P. viticola*) e à antracnose (*E. ampelina*), (MAIA; CAMARGO, 2012) e resistente ao oídio (*E. necator*) (MAIA; CAMARGO, 2012; CADLE-DAVIDSON et al., 2011). Dias (2017),



avaliou a campo em Petrolina, PE 16 variedades e em todos os parâmetros epidemiológicos do oídio (Período de incubação, incidência dos sintomas, severidade dos sintomas, área abaixo da curva do progresso da doença), a variedade ‘Niágara Rosada’ apresentou os menores valores.

Em 1933 em São Paulo ocorreu uma mutação somática na ‘Niágara Branca’, tornando o fruto rosado quando maduro (Figura 7). Esta planta mutada foi nomeada como uma nova variedade ‘Niágara Rosada’ (MAIA, 2012). Ela tem uma boa aceitação no mercado brasileiro, sendo que a ‘Niágara Branca’, ‘Niágara Rosada’ e ‘Isabel’ correspondem a 50% do volume de uvas *in natura* comercializadas no Brasil. A produtividade média varia de 25 a 30 t/ha com teor de SST de 14 a 17 °Brix. A ‘Niágara Rosada’ é considerada o padrão nacional de uva de mesa comum. Em condições tropicais, a duração do ciclo é de 105 a 110 dias e essas uvas são destinadas exclusivamente para consumo *in natura* (CAMARGO; MAIA; RITSCHER, 2010; MAIA, 2012).

**Figura 7.** Cachos de uva da variedade Niágara Rosada na propriedade do Sr. Acir Maciel em Curitiba, SC.

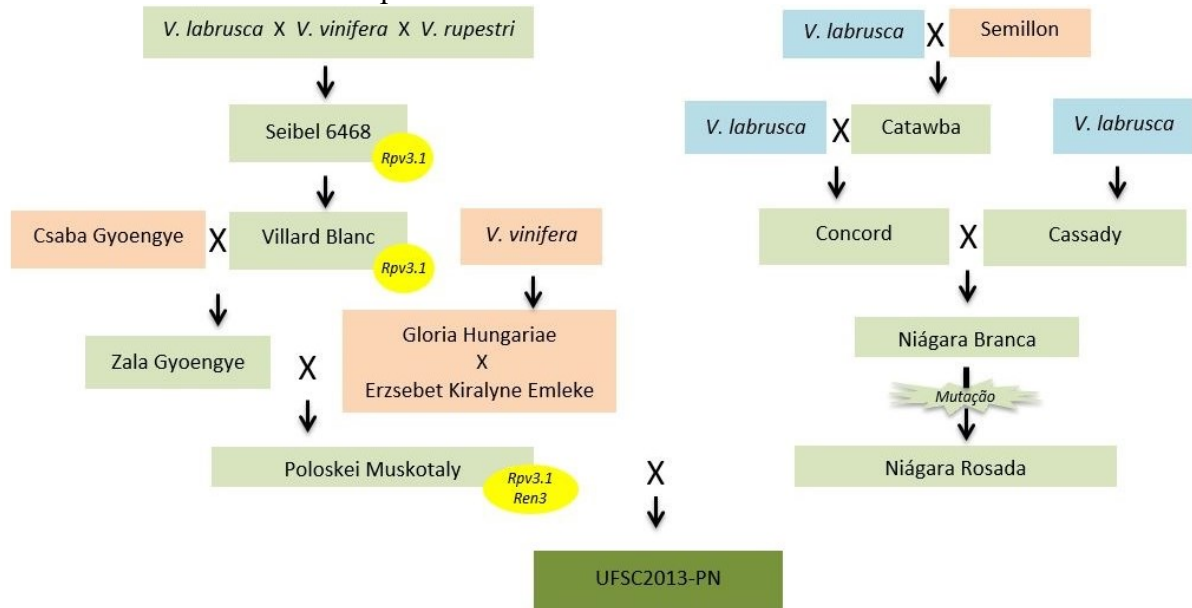


Foto: Autora

As variedades ‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara Rosada’ foram utilizadas como parentais dos genótipos da população avaliada no presente trabalho. A população foi nomeada de UFSC2013-PN, sendo, UFSC instituição realizadora do cruzamento, 2013 o ano de

realização dos mesmos e PN (‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’) iniciais dos parentais. A Figura 8 demonstra a genealogia das variedades, construída a partir das informações disponíveis no banco de dados *Vitis International Variety Catalogue* - [www.vivc.de](http://www.vivc.de) (MAUL et al., 2019).

**Figura 8.** Genealogia do cruzamento utilizado para a obtenção da população UFSC2013-PN. Caixa de cor verde representa híbridos interespecífico de *Vitis*; cor rosa são variedades de *V. vinifera* e cor azul *V. labrusca*. Os círculo amarelos representam os locos de resistência ao míldio e oídio presentes nas variedades.



Fonte: As genealogias foram construídas de acordo com as informações disponíveis no “*Vitis International Variety Catalogue*” – VIVC (MAUL et al., 2019).

### 1.7 Mecanismos de defesa de plantas à fitopatógenos

Uma definição muito comum para resistência das plantas à ação de patógenos é a capacidade da planta em impedir ou atrasar o crescimento e multiplicação do patógeno em seus tecidos (GOODMAN et al., 1986). Os mecanismos de defesa das plantas podem ser pré (antes da ação do patógeno) ou pós formados (após a ação do patógeno) e de origem estrutural ou bioquímica. Os mecanismos estruturais são aqueles que apresentam uma barreira física para a entrada ou multiplicação do patógeno, enquanto que, os mecanismos bioquímicos são aqueles em que há a formação de compostos que inibem ou impedem a entrada, desenvolvimento e/ou multiplicação do patógeno no tecido da planta (WALTERS et al., 2007). Dentro das defesas bioquímicas pós-formadas estão a resposta hipersensitiva (HR), a

resistência sistêmica adquirida (SAR), a indução de proteínas relacionadas à patogênese (PR-Proteínas) e os compostos sinalizadores, como ácido salicílico e peróxido de hidrogênio (FERNANES et al., 2009). A HR é uma reação da planta comum contra fitopatógenos biotróficos, que se expandem dentro das células do hospedeiro. Nesse processo a célula da planta sofre uma série de sinalizações que irão iniciar a morte programada das células atingidas pela doença (FERNANES et al., 2009).

Na primeira etapa, o patógeno infecta a célula vegetal e os genes de resistência (R) do hospedeiro reconhecem os genes de avirulência do patógeno. Essa combinação dá origem a sinalização e produção dos compostos que ocasionam a morte da célula junto ao sítio de infecção (HEATH, 2000). Isso pode ocorrer através de alterações em fluxos de íons, hiperoxidação de lipídios, fosforilação proteica, produção de óxido nítrico e de compostos antimicrobianos (ALFANO; COLLMER, 2004). Entre essas sinalizações podem estar as espécies reativas de oxigênio (ROS), que incluem radical superóxido, peróxido de hidrogênio e oxigênio livre, que são moléculas produzidas como consequência do metabolismo celular normal das plantas, contudo com o estresse provindo da ação do patógeno elas podem se acumular e ocasionar a morte celular (KOTCHONI, 2004).

Entre os mecanismos pré-formados de origem estruturais, podem ser citados, a cutícula, tricomas, estômatos, vasos condutores e camada de sílica (STANGARLIN et al., 2010). Os tricomas ou cerdas, muitas vezes chamados de pêlos podem atuar como órgãos de absorção, secreção ou armazenamento. Alguns atuam na diminuição da perda de água pela transpiração, na proteção contra insolação muito forte ou proteção mecânica (KORTEKAMP; ZYPRIAN, 1999). Em algumas espécies de *Vitis*, o número e a densidade de tricomas na região abaxial das folhas estão relacionados com o grau de resistência a *P. viticola* (STAUDT; KASSEMAYER, 1995). Koterkamp e Zyprian (1999) observaram que a densidade de tricomas nas folhas de videira variam entre as espécies de *Vitis*, sendo que em *V. labrusca* a densidade observada foi alta, e em *V. vinifera* não ocorre a presença de tricomas. Os tricomas formam uma barreira física à penetração de patógenos e pragas, contribuindo com a resistência a danos causados por estes (LEVIN, 1973). Os tricomas interligados diminuem o contato da superfície protegendo a região mais profunda, impedindo a entrada de água e de objetos externos e fornecendo uma superfície de maior retenção onde estes se aderem (ZELEDÓN, 2015).

## 1.8 O Núcleo de Estudos da Uva e do Vinho – NEUVIN

O Núcleo de Estudos da Uva e do Vinho - NEUVIN foi fundado na Universidade Federal de Santa Catarina no Centro de Ciências Agrárias em Florianópolis. O grupo iniciou as atividades realizando diversos trabalhos relacionados ao cultivo, manejo, melhoramento e processamento da Uva e Vinho. Em 2010 com a criação do Campus de Curitibanos o grupo foi ampliado para a região. Em 2012 iniciaram trabalhos de avaliações do comportamento de variedades de videira providas da Alemanha e Itália em diferentes regiões de Santa Catarina, e com isso parcerias com instituições desses países foram consolidadas.

Em Curitibanos o grupo NEUVIN iniciou trabalhos de melhoramento, realizando cruzamentos e selecionando plantas resistentes às principais doenças da videira, contendo diferentes combinações alélicas, utilizando populações segregantes originadas de cruzamentos entre genótipos com distintos genes de resistências. A seleção de genótipos resistentes é realizada através de análises fenotípicas e genotípicas. Além dos cruzamentos são avaliados novas fontes de resistência as diferentes doenças da videira. Os atributos de produção e qualidade das uvas e vinho também são examinados.

O grupo NEUVIN trabalha em diferentes frentes com amplas e diversas atividades. Como a avaliação dos compostos formados após a ação dos patógenos e respostas morfo-anatômicas. Genótipos provindos do cruzamento entre ‘GfGa-52-42’ e ‘Gf-2000-305-122’ que continham os locos *Rpv3* e *Rpv1* foram avaliados quanto a produção de proteínas após a infecção do *P. viticola*. Após 96 horas, observaram a produção de 41 proteínas relacionadas ao metabolismo energético, de estresse e defesa das plantas (NASCIMENTO-GAVIOLI et al., 2017). A histopatologia de genótipos ‘Ives’ (*V. labrusca* - resistente) e ‘Cabernet Sauvignon’ (*V. vinifera* - suscetível) foram avaliadas no tempo após a inoculação do patógeno. As avaliações demonstraram que os mecanismos de resistência do genótipo ‘Ives’ estão relacionados com características morfológicas, celulares e bioquímicas (NASCIMENTO-GAVIOLI et al., 2019).

A seleção assistida por marcadores moleculares (SMM) também é uma ferramenta utilizada pelo grupo para auxiliar, dinamizar e acelerar o melhoramento genético da videira. 23 genótipos provindos do cruzamento ‘GfGa-52-42’ e ‘Gf-2000-305-122’ foram genotipados e avaliados quanto a presença dos locos *Rpv3* e *Rpv1*. Esses genótipos foram inoculados com *P. viticola*. Plantas com os locos *Rpv1* + *Rpv3.1*, *Rpv3.1* e *Rpv1* apresentaram 12,8, 30,0 e 33,1 esporangióforos respectivamente e plantas sem nenhum dos locos apresentaram densa

esporulação (SAIFERT et al., 2018). Outro trabalho do grupo utilizando a SAMM foi realizado com 639 genótipos de duas populações oriundas da autopolinização de plantas obtidas do cruzamento de linhas distintas contendo *Rpv3* e *Rpv1* em heterozigosidade. As plantas foram genotipadas. Destas, 10 plantas apresentaram homozigose para ambos os locos. Essas plantas foram inoculadas e mostraram resistência a *P. viticola* sendo considerados genótipos superiores com alto potencial (SANCHES-MORA et al. 2017). O NEUVIN também busca encontrar novas fontes de resistência a doenças para serem utilizadas nos programas de melhoramento genético da cultura. 25 genótipos de videira representadas por diferentes espécies foram avaliados utilizando discos foliares quanto à resistência à ferrugem foliar da videira causada por *Phakopsora euvitis*. Os genótipos foram classificados como resistentes, parcialmente resistentes, suscetíveis e altamente suscetíveis, 32% foram considerados resistentes ou parcialmente resistentes e podem ser utilizadas como fonte de resistência nos programas de melhoramento genético (GOMES et al., 2019).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a resistência aos fitopatógenos *P. viticola* e *E. necator* de uma população de videira oriunda do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’, e a sua relação com a intensidade de tricomas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o grau de resistência ao míldio e ao oídio das progênies do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’;
- Avaliar a segregação da densidade de tricomas na face abaxial nas folhas e determinar o seu efeito sobre a resistência ao míldio;
- Selecionar genótipos resistentes ao míldio e oídio, para posterior implantação a campo e avaliação dos atributos de qualidade.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Obtenção e manutenção da população segregante

No presente trabalho foi avaliado o nível de resistência ao míldio e ao oídio da videira e a densidade de tricomas na face abaxial das folhas em uma população segregante obtida do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’ (Figura 8). Os parentais foram selecionados devido as seguintes características: 1) ainda não se tem informações acerca de locos de resistência de genótipos de *V. labrusca*; 2) O fruto de ‘Niágara’ tem características qualitativas apreciadas no país; 3) ‘Niágara’ apresenta densos tricomas na face abaxial das folhas; 4) ambos os genótipos parentais apresentam resistência parcial ao míldio e ao oídio. A população foi identificada como UFSC2013-PN e um total de 133 genótipos foram avaliados. A população foi implantada diretamente no solo em uma estufa localizada na Área Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. As plantas foram dispostas em fila simples com espaçamento de 15 x 10 cm e conduzidas verticalmente em haste única com fitilho. A água foi suprida através de irrigação por gotejamento. Nenhum tratamento fitossanitário foi realizado. Os demais tratamentos culturais foram executados de acordo com as recomendações técnicas.



O clima da região de Curitibanos é classificado como Mesotérmico Úmido, com verões amenos (KOPPEN, 1948). Durante o ano a precipitação é uniforme, com média variando entre 1.100 e 2.000 mm, não ocorrendo estação seca. A temperatura média no verão varia entre 20°C a 30°C, enquanto que no inverno varia entre 10°C a 14°C, podendo ocorrer geadas severas durante esse período (INSTITUTO CEPA, 2003). O solo do local é classificado como cambissolo háplico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

#### 3.2 Avaliação da resistência ao oídio




A avaliação de resistência ao oídio (*E. necator*) foi realizada na estufa, onde as plantas da população do cruzamento ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’ foram implantadas. Como os parentais não estavam presentes na estufa estes não foram avaliados. O ambiente protegido propicia um ambiente com luz difusa e sem precipitação o que favorece a infecção do patógeno.

As avaliações foram realizadas em cinco momentos distintos, durante dois ciclos vegetativos das plantas (Ciclo 1: En.ava.1 = 19 de dezembro de 2017 [n=135], En.ava.2 = 21 de janeiro de 2018 [n=135]; Ciclo 2: En.ava.3 = 19 de dezembro de 2018 [n=140], En.ava.4 = 22 de janeiro de 2019 [n=139] e En.ava.5 = 17 de fevereiro de 2019 [n=136]), sob condições naturais de infecção. O nível de resistência ao oídio foi determinado indiretamente empregando o descritor OIV455 com as notas invertidas (IPGRI; UPOV; OIV, 1997), adaptado por Moraes (2018), que diferencia as plantas de acordo com a quantidade de doença em cinco classes, variando de 1 a 9 (Figura 9). As classes foram definidas a partir de observações visuais a “olho nu” da intensidade de esporulação e micelial do patógeno nas folhas da região central das plantas. Com base nos dados obtidos foram construídos gráficos de distribuição de frequência, Jitter boxplot (pacote: ggplot2) e foi realizada a análise de correlação de Spearman no software R [comando: cor (data,method = "spearman")] entre os períodos de avaliação de oídio e os dados de tricomas e míldio.

**Figura 9.** Representação esquemática da escala de notas do descritor OIV455, utilizada para determinar indiretamente o nível de resistência ao oídio (*E. necator*) da videira da população UFSC2013-PN, obtida a partir do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’. As folhas são oriunda da população UFSC2013-PN.

| Nota | Imagem  | Descrição  |
|------|---|--|
| 1    |  | Muito baixo, pequenas manchas ou sem sintomas visíveis de esporulação ou micélio.  |
| 3    |  | Baixo, manchas de esporulação e micélio limitadas com menos de 2 cm de diâmetro, a presença de <i>E. necator</i> é indicado por um ligeiro enrolamento da lâmina da folha. |



|   |  |  |
|---|--|--|
| 5 |   | Médio, manchas limitadas com diâmetro entre 2 a 5 cm.                                |
| 7 |   | Alto, vastas manchas, algumas limitadas, forte esporulação e micélios abundantes.    |
| 9 |  | Manchas ilimitadas, ou folhas totalmente atacadas com esporulação forte e abundante. |

FONTE: MORAIS, 2018

### 3.3 Avaliação da resistência ao míldio


Para determinar o nível de resistência ao míldio (*P. viticola*) foi empregada a metodologia de discos foliares, amplamente utilizada na cultura da videira (BROWN et al., 1999; SÀNCHEZ-MORA et al., 2017; SAIFERT et al., 2018; ZELEDÓN, 2015; SCHWANDER et al., 2012; VENUTI et al., 2013; BLASI et al., 2011). As avaliações em discos foliares foram realizadas nos anos de 2018 (Pv.ava.1; [n=114]) e 2019 (Pv.ava.2; [n=131]) no Laboratório de Genética e Biotecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. Folhas jovens da variedade ‘Cabernet Sauvignon’ (*V. vinifera*) com esporulação de míldio foram coletadas em um vinhedo comercial localizado em Curitibanos, SC. As folhas foram mantidas por 12 horas no escuro em câmara úmida para estimular a esporulação. Posteriormente, os esporos foram coletados com auxílio de um




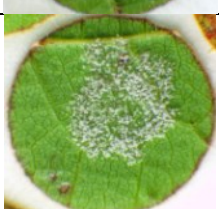
pincel, quantificados em câmara de Neubauer<sup>®</sup> e a suspensão de esporos foi ajustada para a concentração de 50.000 esporos mL<sup>-1</sup> com água destilada autoclavada.

Para os ensaios de resistência foram coletadas a quarta e quinta folhas, do ápice para a base, de todas as plantas da população segregante. Estas foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (1% de cloro ativo) durante 60 segundos, seguida de tríplice lavagem durante 30 segundos com água destilada e autoclavada. Das folhas foram recortados nove discos foliares de 12 mm de diâmetro, que foram acondicionados em placas de Petri (90 x 15 mm) autoclavadas contendo 30 mL de meio ágar-água (1,5%), com a região abaxial da folha voltada para cima. Sobre o centro de cada disco foliar foi depositada uma gotícula de 30 µL da suspensão de esporos.

As placas foram então seladas com papel filme e acondicionadas em estufa B.O.D. Nas primeiras 24h elas foram mantidas a 22°C e no escuro. Posteriormente, a gotícula foi retirada e as placas permaneceram em um fotoperíodo de 14 h de luz e temperatura constante de 25°C durante sete dias. Após esse período, com o auxílio de estéreo microscópio Tecmival 6754 (Trimocilar), foi avaliada a intensidade de esporulação nos discos foliares através da contagem do número de esporangióforos. O nível de resistência foi determinado com base no descritor OIV452 com as notas invertidas, recomendado pelo escritório Internacional de “la Vigne et du Vin” (OIV, 1983), com adaptações feitas por Sánchez-Mora et al. (2017) e Morais (2018), que determina a resistência baseado na densidade e quantidade de esporangióforos presentes nos discos de cada genótipo. A Figura 10 representa a escala utilizada nas avaliações. Além da densidade de esporangióforos foi avaliada a ocorrência de necroses nos discos inoculados. Estes foram dispostos sobre a luz do microscópio para distinguir a ocorrência ou não de necrose. Todos os discos foram fotografados com câmera digital Tropicam UCMOS 03100KPA acoplada ao estéreo microscópio, para conferência dos resultados, caso necessário.

**Figura 10.** Representação esquemática da escala de notas utilizada para determinar o nível de resistência ao míldio (*P. viticola*) da população UFSC2013-PN obtida a partir d cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’ As folha são oriunda da população UFSC2013-PN.

| Nota | Exemplo   | Descrição                              |
|------|---|--|
| 1    |  | Zero a cinco esporangióforos.<br>[0-5] |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 3 |   | Seis a vinte esporangióforos.<br>[6-20]  |
| 5 |   | Vinte e um a cinquenta esporangióforos.<br>[21-50]   |
| 7 |   | Mais que cinquenta esporangióforos, passível de contagem.<br>[51-100]                                |
| 9 |  | Esporulação densa, cobrindo densamente toda a área inoculada, impossibilitando a contagem.<br>[>100] |

FONTE: adaptado de MORAIS, 2018

Como testemunhas foram utilizados ambos os parentais, bem como a variedade Cabernet Sauvignon (*V. vinifera*), suscetível à doença. Os discos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos completamente casualizados, com três repetições (placas de Petri). Cada unidade experimental foi composta de três discos foliares.

No ciclo 2019/2020, a proteção da estufa onde a população estava implantada foi retirada e a população segregante foi submetida as condições ambientais locais naturais. Como os parentais não estavam presentes na estufa estes não foram avaliados. Em janeiro de 2020 foi realizada uma terceira avaliação da doença (Pv.avaC [n=133]) utilizando o descritor OIV452 em condições naturais de infecção. A classificação deu-se através das seguintes características: 9 = Lâminas foliares totalmente atacadas com manchas de infecção não limitadas, muito forte frutificação do patógeno, e maioria das folhas totalmente cobertas por manchas necróticas acentuadas e densas; 7 = Lâminas foliares com vastas manchas de infecção não limitadas, forte frutificação do patógeno, mais de metade das folhas com manchas necróticas acentuadas e densas; 5 = Lâminas foliares com manchas de infecção limitadas com 1-2 cm de diâmetro, apresentando frutificação do patógeno, manchas necróticas

irregulares; 3 = Lâminas menos atacadas com menos frutificação e poucas manchas necróticas; 1 = Sem sintomas nem frutificação ou manchas necróticas.

Nas três avaliações (Pv.ava.1; Pv.ava.2; Pv.ava.C) as notas foram distribuídas em gráficos de frequência e Jitter boxplot (pacote: ggplot2). Os dados obtidos foram submetidos junto com os dados de tricomas a análise de correlação [comando: `cor (data,method = "spearman")`] e de dependência ( $\chi^2$ ) [comando: `tbl=table(core$tricoma,core$mildio) > chisq.test(tbl)`] no softwar R.

### 3.4 Avaliação da densidade de tricomas

O parental ‘Niágara Rosada’ apresenta grande quantidade de tricomas prostrados na face abaxial das folhas, enquanto que no parental ‘Poloskei Muskotaly’ estes estão em pouca quantidade. Na população UFSC2013-PN foi observada a segregação desta característica. Deste modo, todos os indivíduos da população segregante foram fenotipados quanto a esta característica em dois ciclos vegetativos (Dezembro de 2018 e Janeiro de 2020) empregando quatro descritores, conforme apresentado na Tabela 1. Os descritores são classificados em notas, que variam de 0 a 9, de acordo com a presença e a densidade de tricomas na face abaxial das folhas (0: Ausente, 1: Muito esparsos, 3: Esparsos, 5: Médio, 7: Denso e 9: Muito denso).

**Tabela 1** - Lista de descritores da densidade de tricomas da OIV (Organization Internationale de la Vigne et du Vin, 1997).

| <b>Código do Descritor</b> | <b>Descrição da característica</b>   |
|----------------------------|--|
| <b>OIV053</b>              | Folha Jovem: densidade de tricomas prostrados entre as principais veias no lado inferior da lâmina (4ª folha); |
| <b>OIV055</b>              | Folha Jovem: densidade de tricomas prostrados nas principais veias no lado inferior da lâmina (4ª folha);      |
| <b>OIV084</b>              | Folha madura: densidade de tricomas prostrados entre as principais veias no lado inferior da lâmina;           |
| <b>OIV086</b>              | Folha madura: densidade de tricomas prostrados nas principais veias no lado inferior da lâmina;                |

De modo complementar, durante os ensaios de resistência ao míldio foi determinada a densidade de tricomas presentes nos discos foliares inoculados com o patógeno, empregando o descritor OIV053. Os dados de tricomas prostrados obtidos nas avaliações a

campo e em laboratório foram submetidos a análise de correlação de Spearman (comando: `cor(data,method = "spearman")`) e de dependência ( $X^2$ ) (comando: `tbl=table(core$tricoma,core$mildio) > chisq.test(tbl)`) no Softwar R entre si e com os dados de mildio e oídio.

## 4 RESULTADOS

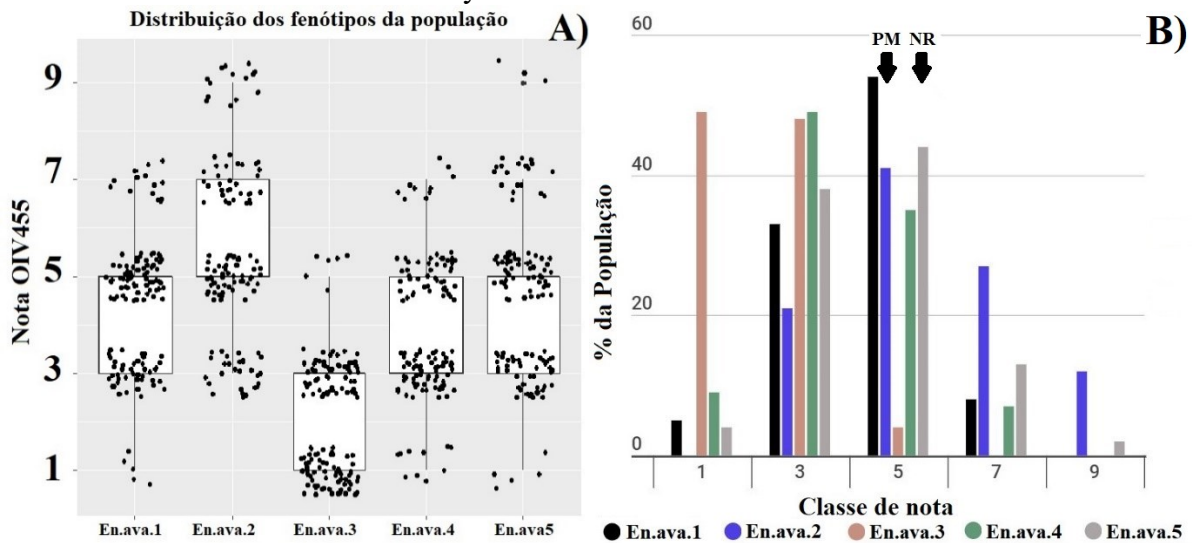
### 4.1 Avaliação da resistência ao oídio

A resposta da população UFSC2013-PN a infecção natural do oídio em cinco avaliações está sistematizada na Figura 11. De modo geral, os dados apresentaram distribuição contínua, sugerindo herança quantitativa da resistência e/ou grande influência ambiental. Na primeira, segunda e quinta avaliações a mediana das notas da população encontra-se na nota 5, ou seja, severidade média da doença. Na primeira e na quinta avaliações o terceiro quartil (Q3) possui a mesma nota da mediana, indicando que no mínimo 50% dos indivíduos da população apresentaram notas superiores a 5. Na segunda avaliação o Q1 apresentou a mesma nota da mediana indicando que no mínimo 75% dos indivíduos apresentaram notas superiores a 5. Na terceira e quarta avaliações a mediana permanece na nota 3, sendo que na terceira avaliação Q3 apresentou a mesma nota indicando um mínimo de 75% de notas inferiores a 3. Na quarta avaliação Q3 apresentou nota 5 indicando que no mínimo 75% da população apresentou nota 5 ou inferior nessa avaliação. As medianas e quartis podem ser observadas na Figura 11a.

Nas primeiras avaliações de cada ciclo (En.ava.1 e En.ava.3) observa-se um deslocamento em direção a notas mais baixas, indicando o início de infecção do patógeno, tornando-se ainda mais evidente na segunda avaliação (En.ava.3). Na primeira avaliação (En.ava.1) 38% da população apresentou notas de resistência (1 e 3), na terceira (En.ava.3) esse valor foi de 96%. Em janeiro de 2018 (En.ava.2) não houve a presença de notas 1 e 21% apresentaram nota 3, com 39% das notas indicando suscetibilidade (7 e 9). Em janeiro de 2019 (En.ava.4). 58% apresentaram notas 1 ou 3 e apenas 7% de notas 7. A partir destes dados optou-se pela realização de uma nova avaliação em fevereiro (En.ava.5). Nesta avaliação, 42% dos indivíduos apresentaram notas 1 e 3, e 15% notas 7 e 9. As frequências de notas em cada avaliação podem ser observadas na Figura 11b.

Figura 11. Distribuição das notas de resistência a *E. necator* baseadas no descritor OIV455 em cinco datas de avaliação (En.ava.1=19/12/2017 [n=135]; En.ava.2=21/01/2018[n=135]; En.ava.3=19/12/2018 [n=140]; En.ava.4=22/01/2019 [n=139]; En.ava.5=17/02/2019[n=136]) na população UFSC2013-PN. A) Jitter boxplot mostrando as notas individuais representadas por pontos. Caixas brancas representam os interquartis e a linha mais forte as medianas. B) histograma de distribuição da frequência de notas

(descriptor OIV455) na população nas cinco avaliações; NR = Parental ‘Niágara Rosada’; PM = Parental ‘Poloskei Muskotaly’.



As maiores correlações foram observadas entre a segunda (En.ava.2) e a quinta (En.ava.5) avaliações, que representaram as duas últimas avaliações de cada ciclo ( $\rho=0,51$ ), e entre a quarta (En.ava.4) e quinta (En.ava.5) avaliações ( $\rho=0,50$ ), realizadas no segundo ciclo vegetativo. A primeira e quarta avaliações também apresentaram correlação positiva significativa ( $\rho=0,34$ ), porém menor. A terceira (En.ava.3) avaliação apresentou correlação significativa apenas com a quarta (En.ava.4) ( $\rho=0,27$ ). Não houve nenhuma correlação significativa entre as avaliações de tricomas ou míldio e as avaliações de oídio. As correlações entre os dados de oídio podem ser observados na tabela 2.

**Tabela 2** - Correlação de Spearman entre os dados fenotípicos de oídio (*E. necator*) da população segregante ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’

|          | Spearman             |                       |                      |                       |                     |
|----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
|          | En.ava.1             | En.ava.2              | En.ava.3             | En.ava.4              | En.ava.5            |
| En.ava.1 | -                    | 0,280                 | 0,093 <sup>ns</sup>  | 0,343                 | 0,208 <sup>ns</sup> |
| En.ava.2 | 1,074 <sup>e-3</sup> | -                     | -0,086 <sup>ns</sup> | 0,268                 | 0,513               |
| En.ava.3 | 2,853 <sup>e-1</sup> | 3,210 <sup>e-1</sup>  | -                    | 0,276                 | 0,190 <sup>ns</sup> |
| En.ava.4 | 5,195 <sup>e-5</sup> | 1,806 <sup>e-3</sup>  | 0,001                | -                     | 0,501               |
| En.ava.5 | 1,603 <sup>e-2</sup> | 2,595 <sup>e-10</sup> | 0,027                | 8,106 <sup>e-10</sup> | -                   |

Spearman p valor

Legenda: En.ava.1 = Avaliação do oídio realizada em 19/12/2017; En.ava.2 = Avaliação do oídio realizada em 21/01/2018; En.ava.3 = Avaliação do oídio realizada em 19/12/2018; En.ava.4 = Avaliação do oídio realizada em 22/01/2019; En.ava.5 = Avaliação do oídio (*E. necator*) na população em 17/02/2019; ns = Não significativo no teste de correlação de Spearman com  $\alpha$  de 0,005.

Os genótipos PN04, PN08, PN30, PN57, PN58, PN90, PN98, PN99, PN110, PN111, PN124, PN139, PN143, PN165, PN170, PN174, PN183, PN190, PN194 e PN203 foram

considerados resistentes, pois apresentaram nota 1 ou 3 do descritor do oídio nas duas últimas avaliações de cada ciclo (quando a pressão do patógeno estava mais alta).

#### 4.2 Avaliação de resistência ao míldio

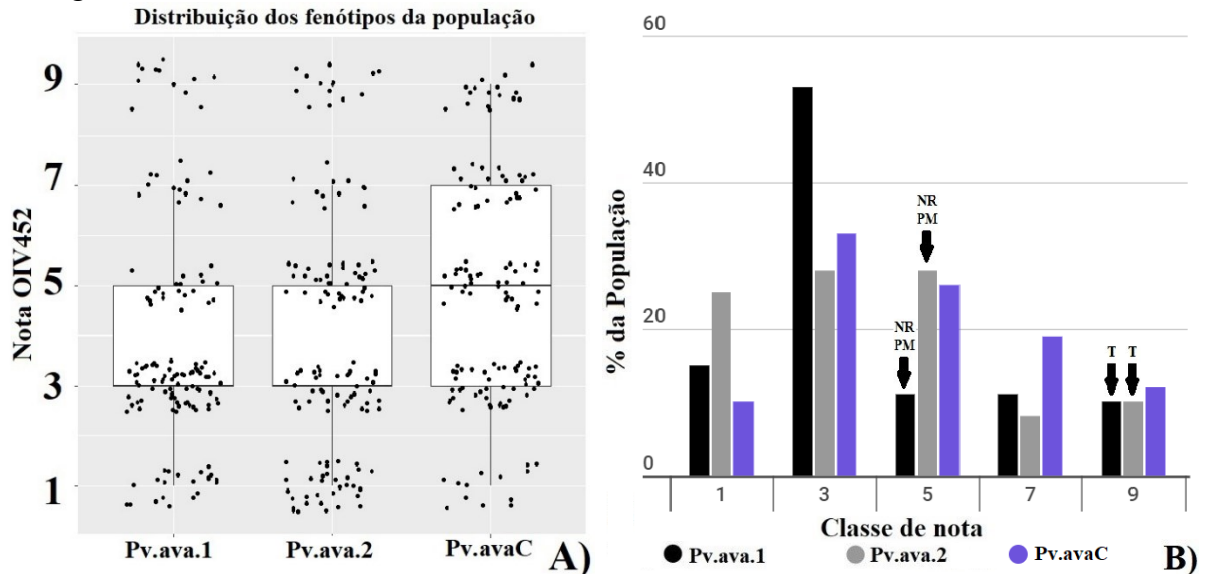
A resposta dos parentais e da população UFSC2013-PN à inoculação artificial de *P. viticola* em discos foliares e à infecção natural pode ser observada na Figura 12. Nos dois desafios com discos foliares, os parentais apresentam nota 5, indicando resistência parcial à doença. A testemunha foi altamente suscetível ao patógeno, com nota 9. A frequência de indivíduos da população segregante dentro de cada classe fenotípica de resistência ao míldio apresentou distribuição contínua dos dados, sugerindo herança quantitativa da resistência ao patógeno (Figura 12b). A mediana das notas da população em ambas as avaliações se encontra na nota 3, assim como o primeiro quartil (Q1). Este fato indica que no mínimo 50% dos indivíduos apresentaram notas igual ou inferior a este valor (Figura 12a).

Na primeira avaliação, 64% da população apresentou notas 1 ou 3, enquanto que na segunda avaliação esse valor reduziu para 53%. Na segunda avaliação houve um deslocamento das notas em direção a maior quantidade de doença (nota 5). As notas 7 e 9, que indicam suscetibilidade ao míldio, representaram 21% em 2018 e 18% em 2019 dos indivíduos (Figura 12b).

Por outro lado, na avaliação a campo em 2020 a mediana (Q2) da população foi superior (nota 5) e o primeiro (Q1) e terceiro (Q3) quartis encontram-se nas notas 3 e 7, respectivamente. Isso indica que as notas apresentaram uma distribuição parecida entre as categorias. Nessa avaliação, 43% das notas foram 1 ou 3 e 31% 7 ou 9.



**Figura 12.** Distribuição fenotípica do míldio (*P. viticola*) referente ao descritor OIV452, obtidas em dois ensaios com discos foliares (2017/18: Pv.ava.1[n=114] e 2018/19 Pv.ava.2[n=131]) e um ensaio a campo sob infecção natural (2019/20: Pv.avaC [n=133]), na população UFSC2013-PN. A) *Jitter boxplot* dos dados fenotípicos. Os pontos representam os valores de cada indivíduo da população. As caixas brancas representam os interquartis e as linhas mais fortes as medianas. B) histograma apresentando a distribuição da porcentagem de indivíduos da população em cada classe de notas (descritor OIV452) nas três avaliações, NR = Parental ‘Niágara Rosada’; PM = Parental ‘Poloskei Muskotaly’; T = testemunha ‘Cabernet Sauvignon’.



Na Tabela 3 é apresentado o resultado da avaliação da correlação de Spearman entre as três avaliações do míldio. Houve correlação positiva significativa entre os dados obtidos nas avaliações com discos foliares ( $\rho = 0,73$ ) e entre as duas avaliações com discos foliares e a avaliação a campo feita sob condições de infecção natural ( $\rho=0,56$  e  $\rho=0,54$ ).

**Tabela 3** - Correlação de Spearman para as variáveis avaliadas na população segregante de ‘Poloskei Muskotaly’ x ‘Niágara Rosada’

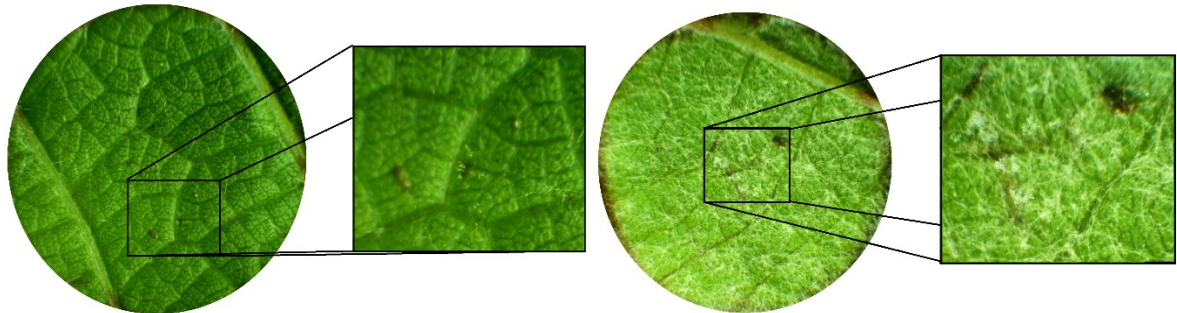
| Spearman        |                       |                       |                      |                       |                       |                       |                      |                       |                       |                      |                       |                      |                      |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | Pv.ava.1              | Pv.ava.2              | Pv.ava.C             | Pt.ava.1              | Pt.ava.2              | Pt.y.b.1              | Pt.y.b.2             | Pt.y.n.1              | Pt.y.n.2              | Pt.m.b.1             | Pt.m.b.2              | Pt.m.n.1             | Pt.m.n.2             |
| <b>Pv.ava.1</b> | -                     | 0,732                 | 0,567                | -0,419                | -0,474                | -0,414                | -0,415               | -0,215 <sup>ns</sup>  | -0,352                | -0,173 <sup>ns</sup> | -0,308                | -0,184 <sup>ns</sup> | -0,257               |
| <b>Pv.ava.2</b> | 0,000                 | -                     | 0,543                | -0,406                | -0,614                | -0,480                | -0,389               | -0,248                | -0,280                | -0,097 <sup>ns</sup> | -0,320                | -0,123 <sup>ns</sup> | -0,211 <sup>ns</sup> |
| <b>Pv.ava.C</b> | 1,102 <sup>e-12</sup> | 1,425 <sup>e-11</sup> | -                    | -0,239 <sup>ns</sup>  | -0,242                | -0,33                 | -0,201 <sup>ns</sup> | -0,144 <sup>ns</sup>  | -0,144 <sup>ns</sup>  | -0,045 <sup>ns</sup> | -0,156 <sup>ns</sup>  | -0,202 <sup>ns</sup> | -0,095 <sup>ns</sup> |
| <b>Pt.ava.1</b> | 5,155 <sup>e-7</sup>  | 1,213 <sup>e-6</sup>  | 5,565 <sup>e-3</sup> | -                     | 0,543                 | 0,350                 | 0,297                | 0,196 <sup>ns</sup>   | 0,274                 | 0,266                | 0,309                 | 0,215 <sup>ns</sup>  | 0,339                |
| <b>Pt.ava.2</b> | 7,742 <sup>e-9</sup>  | 3,552 <sup>e-15</sup> | 4,917 <sup>e-3</sup> | 1,346 <sup>e-11</sup> | -                     | 0,606                 | 0,414                | 0,308                 | 0,386                 | 0,301                | 0,426                 | 0,155 <sup>ns</sup>  | 0,407                |
| <b>Pt.y.b.1</b> | 6,966 <sup>e-7</sup>  | 4,922 <sup>e-9</sup>  | 8,612 <sup>e-5</sup> | 3,520 <sup>e-5</sup>  | 1,065 <sup>e-14</sup> | -                     | 0,573                | 0,450                 | 0,390                 | 0,249                | 0,358                 | 0,263                | 0,292                |
| <b>Pt.y.b.2</b> | 6,595 <sup>e-7</sup>  | 3,614 <sup>e-6</sup>  | 1,986 <sup>e-2</sup> | 5,075 <sup>e-4</sup>  | 6,950 <sup>e-7</sup>  | 5,624 <sup>e-13</sup> | -                    | 0,312                 | 0,650                 | 0,228 <sup>ns</sup>  | 0,422                 | 0,316                | 0,336                |
| <b>Pt.y.n.1</b> | 1,283 <sup>e-2</sup>  | 3,971 <sup>e-3</sup>  | 9,598 <sup>e-2</sup> | 2,369 <sup>e-2</sup>  | 2,968 <sup>e-4</sup>  | 5,255 <sup>e-8</sup>  | 2,524 <sup>e-4</sup> | -                     | 0,273                 | 0,256                | 0,315                 | 0,263                | 0,197 <sup>ns</sup>  |
| <b>Pt.y.n.2</b> | 3,179 <sup>e-5</sup>  | 1,072 <sup>e-3</sup>  | 9,634 <sup>e-2</sup> | 1,413 <sup>e-3</sup>  | 4,390 <sup>e-6</sup>  | 3,452 <sup>e-6</sup>  | 0,000                | 1,431 <sup>e-3</sup>  | -                     | 0,381                | 0,480                 | 0,215 <sup>ns</sup>  | 0,511                |
| <b>Pt.m.b.1</b> | 4,566 <sup>e-2</sup>  | 2,641 <sup>e-1</sup>  | 6,067 <sup>e-1</sup> | 1,920 <sup>e-3</sup>  | 4,189 <sup>e-4</sup>  | 3,725 <sup>e-3</sup>  | 8,096 <sup>e-3</sup> | 2,918 <sup>e-3</sup>  | 5,943 <sup>e-6</sup>  | -                    | 0,356                 | 0,303                | 0,469                |
| <b>Pt.m.b.2</b> | 2,960 <sup>e-4</sup>  | 1,659 <sup>e-4</sup>  | 7,223 <sup>e-2</sup> | 2,933 <sup>e-4</sup>  | 3,071 <sup>e-7</sup>  | 2,300 <sup>e-5</sup>  | 4,062 <sup>e-7</sup> | 2,139 <sup>e-4</sup>  | 4,845 <sup>e-9</sup>  | 2,603 <sup>e-5</sup> | -                     | 0,251                | 0,604                |
| <b>Pt.m.n.1</b> | 3,326 <sup>e-2</sup>  | 1,575 <sup>e-1</sup>  | 1,916 <sup>e-2</sup> | 1,277 <sup>e-2</sup>  | 7,331 <sup>e-2</sup>  | 2,194 <sup>e-3</sup>  | 2,078 <sup>e-4</sup> | 2,224 <sup>e-3</sup>  | 1,292 <sup>e-2</sup>  | 3,774 <sup>e-4</sup> | 3,505 <sup>e-3</sup>  | -                    | 0,251                |
| <b>Pt.m.n.2</b> | 2,734 <sup>e-3</sup>  | 1,455 <sup>e-2</sup>  | 2,766 <sup>e-1</sup> | 6,561 <sup>e-5</sup>  | 1,160 <sup>e-6</sup>  | 6,276 <sup>e-4</sup>  | 7,357 <sup>e-5</sup> | 2,284 <sup>e-10</sup> | 3,230 <sup>e-10</sup> | 1,177 <sup>e-8</sup> | 1,376 <sup>e-14</sup> | 0,003                | -                    |

## Spearman p valor

Legenda: Pv.ava.1 = Avaliação do míldio (*P. viticola*) em 2018; Pv.ava.2= Avaliação do míldio (*P. viticola*) em 2019; Pv.ava.C = Avaliação do míldio (*P. viticola*) a campo em 2020; Pt.ava.1= Tricomas prostrados (OIV053) de discos foliares em 2018,; Pt.ava.2= Tricomas prostrados (OIV053) de discos foliares em 2019; Pt.y.b.1 = Tricomas prostrados em folhas jovens entre as nervuras (OIV053) em 2019; Pt.y.b. = Tricomas prostrados em folhas jovens entre as nervuras (OIV053) em 2020; Pt.y.n.1 = Tricomas prostrados em folhas jovens nas nervuras (OIV055) em 2019; Pt.y.n.2 = Tricomas prostrados em folhas jovens nas nervuras (OIV055) em 2020; Pt.m.b.1 = Tricomas prostrados em folhas maduras entre as nervuras (OIV084) em 2019; Pt.m.b.2 = Tricomas prostrados em folhas maduras entre as nervuras (OIV084) em 2020; Pt.m.n.1= Tricomas prostrados em folhas jovens nas nervuras (OIV086) em 2019; Pt.m.n.2= Tricomas prostrados em folhas jovens nas nervuras (OIV086) em 2020 ns= Não significativo no teste de correlação de Spearman com  $\alpha$  de 0,005.

Durante as avaliações em laboratório foi observada a ocorrência de necroses em cerca de 30% (Pv.ava.2) dos genótipos avaliados. Estas estavam presentes em regiões com e sem a presença de esporulação, e em regiões com e sem a presença de tricomas. A presença de necroses é um indicador da resposta de hipersensibilidade. O parental ‘Poloskei Muskotaly’ apresentou pontos de necrose em regiões onde houve esporulação e também em algumas regiões onde a esporulação não foi observada. A Figura 13 ilustra alguns genótipos que apresentaram necrose.

**Figura 13.** Genótipos da população UFSC2013 -PN apresentando necroses, com e sem a presença de esporulação, como resposta à infecção do míldio (*P. viticola*) da videira. A) Genótipo sem tricomas e B) Genótipo com tricomas.



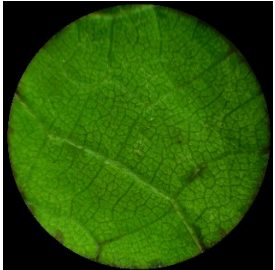


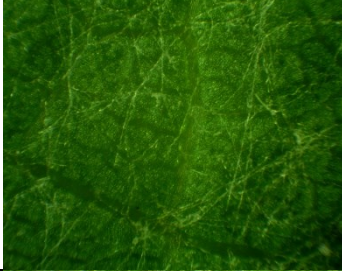


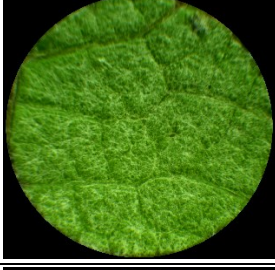
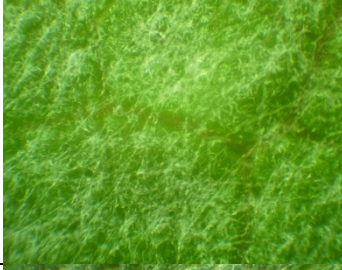

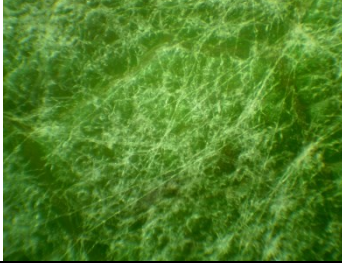
Os genótipos foram classificados como resistentes quando nas três avaliações a nota mais alta foi 3. Os genótipos PN04, PN07, PN09, PN13, PN29, PN34, PN35, PN40, PN57, PN59, PN65, PN90, PN93, PN99, PN109, PN110, PN113, PN132, PN134, PN139, PN141, PN142, PN145, PN147, PN162, PN216 e PN235 apresentaram nota 3 máxima nas três avaliações da severidade do míldio. Os genótipos PN10, PN11, PN67, PN68, PN94, PN107, PN111, PN122, PN135, PN144, PN163, PN185, PN186, PN202, PN206 e PN208 apresentaram notas 1 em pelo menos duas das três avaliações da severidade do míldio, sendo que PN94 e PN185 apresentaram nota 1 nas três avaliações.

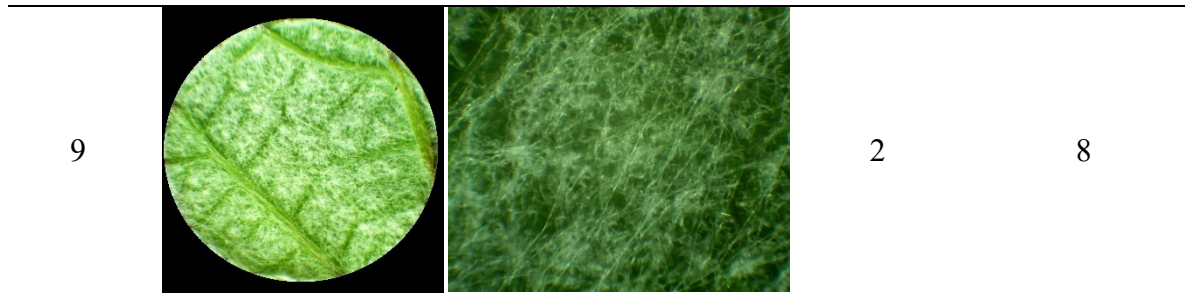
#### 4.3 Relação tricomas x míldio da videira

Para avaliar o efeito da presença de tricomas sobre a quantidade da doença de *P. viticola*, foi determinada a densidade de tricomas nos discos foliares infectados com o patógeno. A densidade de tricomas apresentou uma distribuição contínua dos dados, variando

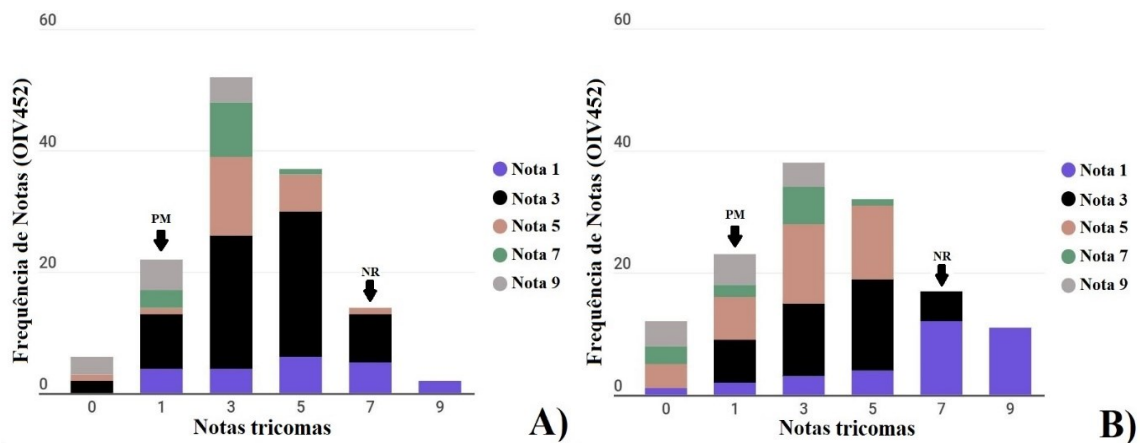
desde a ausência de tricomas (nota=0) a alta densidade de tricomas (nota=9) nas duas avaliações (Tabela 5; Figura 14).

**Tabela 4** - Representação das notas de tricomas de acordo com o descritor OIV053 avaliado em laboratório; Detalhe do aumento de 10X de cada uma das notas; Porcentagem dos genótipos que apresentaram tal nota em cada uma das avaliações; Pt.ava.1 = Avaliação em 2018; Pt.ava.2 = avaliação em 2019.

| Nota OIV053 | Tricomas do disco   | Detalhe 10X  | % Pt.ava.1 | %Pt.ava.2 |
|-------------|---|--|------------|-----------|
| 0           |    |    | 5          | 9         |
| 1           |   |   | 17         | 17        |
| 3           |  |  | 39         | 29        |
| 5           |  |  | 28         | 24        |
| 7           |  |  | 11         | 13        |



**Figura 14.** Distribuição das frequências de notas do descritor OIV452 dentro das categorias de tricomas em discos foliares classificados com o descritor OIV053. NR = Parental ‘Niágara Rosada’; PM = Parental ‘Poloskei Muskotaly’ A) Avaliação no ciclo de 2017/2018; B) Avaliação no ciclo de 2018/2019.



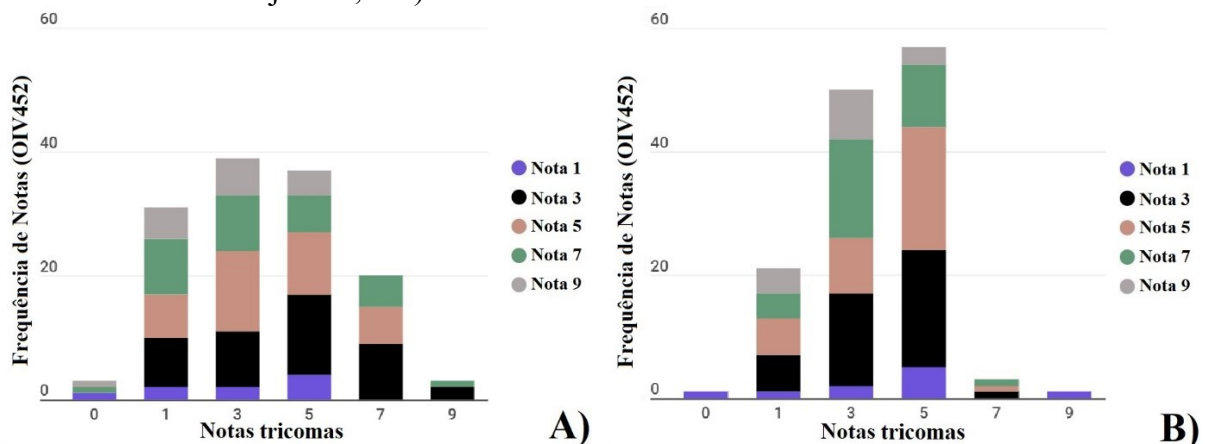
Houve correlação positiva significativa ( $\rho=0,54$ ) entre as duas avaliações de tricomas realizadas (Tabela 3). A densidade de tricomas presente nos discos foliares apresentou correlação negativa significativa com as notas dos descritores OIV-452 nas duas avaliações ( $\rho=-0,41$  e  $\rho=-0,61$ ; Tabela 3), indicando que a medida que aumenta a densidade de tricomas diminuem os sintomas do míldio. De modo complementar, a partir das frequências de notas dentro das categorias de tricomas (Figura 14) foi produzida uma tabela de contingência e realizado o teste de independência pelo  $\chi^2$  entre os fatores tricomas e notas OIV452 (Tabela 4). Nos dois anos de avaliação, os valores de  $\chi^2$  foram significativos ( $\alpha = 0,05\%$ ), indicando que os dados de resposta à infecção do míldio foram dependentes da densidade de tricomas presentes nos discos foliares.

**Tabela 5** - Avaliação de dependência entre as notas de resistência ao míldio do descritor OIV452 e as notas de tricomas prostrados em seu respectivo ciclo de avaliações.  $\chi^2_o$  = Qui-quadrado calculado;  $\chi^2_t$  (20GL) 5% = Qui-quadrado tabelado com vinte Graus de liberdade a 5% de significância.

| Descritor   | Avaliação     | $\chi^2_o$           | $\chi^2_t$ |
|-------------|---------------|----------------------|------------|
| OIV053-2018 | Disco foliar  | 53.115               | 31.410     |
| OIV053-2019 | Disco foliar  | 94.668               |            |
| OIV053-2020 | Folha a campo | 19.197 <sup>ns</sup> |            |
| OIV084-2020 | Folha a campo | 36.088               |            |

A densidade de tricomas na face adaxial de folhas jovens (descritor OIV053) e folhas maduras (descritor OIV084), em condições de campo, também apresentou uma distribuição contínua na população segregante UFSC2013-PN (Figura 15). A densidade de tricomas em folhas jovens e maduras apresentaram correlação positiva significativa entre si. No entanto, estas não apresentaram correlação significativa com a avaliação do míldio a campo (descritor OIV452) (Tabela 3). De modo complementar, o teste do  $\chi^2$  não detectou dependência entre as notas de míldio e as notas de tricomas de folhas jovens, no entanto, em folhas maduras, os resultados foram dependentes (Tabela 5).

**Figura 15.** Distribuição das frequências de notas do descritor OIV452 obtidas a campo dentro das categorias de tricomas classificados com o descritor A) OIV053 – densidade de tricomas em folhas jovens; e B) OIV084 – densidade de tricomas em folhas maduras.



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação da resistência ao oídio

As avaliações do oídio ocorreram em cinco momentos abrangendo dois ciclos vegetativos (2017/2018 e 2018/2019). A correlação entre as duas avaliações no primeiro ciclo foi baixa ( $\rho=0,28$ ), assim como as avaliações do segundo ciclo ( $\rho=0,27$ ). Isso se deve à baixa pressão do patógeno nas primeiras avaliações. Por outro lado, houve uma correlação maior entre as últimas avaliações dos dois ciclos ( $\rho=0,50$ ), quando a pressão do patógeno foi maior. Nos dois ciclos de avaliação houve um deslocamento das frequências de notas para as de maior suscetibilidade com o passar do tempo. As primeiras avaliações de cada ciclo ocorreram no fim da primavera, o que indicava que o patógeno estava na fase inicial da epidemia. Principalmente, na primeira avaliação do ciclo de 2018/2019 que apresentou uma grande frequência de notas mais baixas. As demais avaliações ocorreram em pleno verão. As condições para o melhor desenvolvimento do patógeno ocorrem a partir da primavera e verão, onde temperaturas entre 20°C e 27°C favorecem o desenvolvimento do patógeno (GADOURY et al., 2012; AMORIM et al., 2016). O mesmo comportamento de dados foi observado em uma população oriunda do cruzamento entre ‘Regent’ e ‘Lemberger’. Os autores avaliaram a incidência de oídio em dois ciclos e dois períodos cada, também durante o verão, e observaram um aumento das notas de suscetibilidade na segunda avaliação do ciclo devido ao aumento da pressão do patógeno. Os autores sugerem que as análises de resistência ocorram nesse momento (ZENDLER et al., 2017).

Os parentais ‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara’ apresentam resistência intermediária ao oídio (PAVLOUŠEK, 2007; HAJDU, 2015; CADLE-DAVIDSON et al., 2011, RIBEIRO et al., 2005). ‘Poloskei Muskotaly’ é portador do loco de resistência *Ren3* (ZINI et al., 2019), que confere resistência parcial ao oídio (WELTER et al., 2007; AKKURT et al., 2007; ZENDLER et al., 2017). Por outro lado, o parental ‘Niágara Rosada’ não apresenta loco de resistência identificado. Contudo, a presença de plantas da população segregante UFSC2013-PN com resistência superior aos dois parentais indica segregação transgressiva, ou seja, os dois parentais contribuem com genes ou alelos de resistência complementares que apresentam efeito aditivo, incrementando a resistência ao patógeno quando combinados. Zanghelini (2015) observou que, na mesma casa de vegetação onde o presente estudo foi realizado, que genótipos das populações 2000-305-134 e 2000-305-97 contendo o loco *Ren3* apresentavam

resistência parcial ao oídio (nota em torno de 5). A resistência presente em ‘Niágara Rosada’ é herdada de *V. labrusca*. Até o presente momento, *V. labrusca* não foi utilizada em estudos de mapeamento genético para identificar locos de resistência ao oídio. Deste modo, baseado no presente estudo, ‘Niágara Rosada’ pode ser considerada uma fonte alternativa de genes de resistência ao oídio, que podem ser futuramente identificados e utilizados no melhoramento genético através da seleção assistida por marcadores moleculares. A resistência ao míldio e ao oídio foi avaliada em 26 variedades de *V. labrusca* e 76% das *V. labrusca* foram classificadas como ‘extremamente resistente’, ‘altamente resistente’ ou ‘resistente’ a *E. necator* (ATAK et al., 2017). Os autores concluíram que as variedades de *V. labrusca* possuem um grande potencial como fonte de resistência em programas de melhoramento genético visando a resistência ao oídio.

## 5.2 Avaliação de resistência ao míldio

Os parentais também apresentaram resistência parcial ao míldio da videira (nota 5). ‘Poloskei Muskotaly’ é considerada moderadamente resistente. Na Hungria apresentou nota 7 para a resistência ao míldio, em uma escala de 0 (suscetível) a 9 (resistente) (HAJDU, 2015). ‘Poloskey Muskotaly’ apresenta o loco de resistência *Rpv3.1* (ZINI et al., 2019), que confere resistência parcial ao míldio e está associado a ocorrência de uma resposta de hipersensibilidade (HR) que ocasiona a morte celular e impede o avanço do patógeno (BELLIN et al., 2009; CASAGRANDE et al., 2011). No presente estudo, aproximadamente 30% da população apresentou alguma forma de necrose como resposta a infecção com o míldio. Bellin et al. (2009) observou a ocorrência de necrose 48 horas após a infecção e diminuição das áreas afetadas por míldio na variedade ‘Bianca’ nos indivíduos contendo o loco *Rpv3.1*. É comum que ocorra a resposta de hipersensibilidade em plantas afetadas por patógenos biotróficos e esta resposta é considerada um mecanismo de resistência a doenças causadas por estes patógenos (POZO; PEDLEY; MARTIN, 2004). A HR ocasiona a morte celular rápida junto ao local de infecção do patógeno, impedindo que esse expanda seu crescimento. Essa reação pode ocorrer através de várias maneiras, sendo que dentre elas estão as alterações em fluxos de íons, hiperoxidação de lipídios, fosforilação proteica, produção de óxido nítrico e de compostos antimicrobianos (ALFANO; COLLMER, 2004), produção de proteínas relacionadas a patogênese, alterações estruturais na parede celular vegetal, síntese de metabólitos secundários (fitoalexinas) e desenvolvimento de resistência sistêmica adquirida (SAR) (HARBORNE, 1999). Nascimento-Gavioli et al. (2017) avaliaram o perfil



proteômico de plantas providas do cruzamento entre ‘GfGa-52-42’ e ‘Gf-2000-305-122’ com os locos *Rpv1* e *Rpv3.1* após a infecção do *P. viticola* e ao fim de 96 horas, observaram a produção diferencial de 41 proteínas. A maioria delas relacionadas ao metabolismo energético, de estresse e defesa das plantas. Entre elas, malato desidrogenase que pode estar associada a ocorrência de espécies reativas de oxigênio (ROS), que contribuem para a morte programada da célula (PCD). A resistência codificada pelo loco *Rpv3.1* parece estar correlacionada com a síntese de estilbenos tóxicos para fungos, ocasionando a PCD, resultando no menor crescimento e desenvolvimento de patógenos, mas não os suprimindo (EISENMANN et al., 2019), o que justifica a resistência intermediária em genótipos contendo apenas esse loco. Também no Brasil, a resistência conferida pelo loco *Rpv3.1* foi classificada como intermediária, obtendo nota 5 para o descritor OIV-452 (SANCHES-MORA et al. 2017; SAIFERT et al., 2018).

O fato de haver plantas da população segregante que apresentam notas 1 e 3 indica que o parental ‘Niágara Rosada’ contribuiu com fatores que incrementaram a resistência conferido por *Rpv3.1* (Figura 12). Esses fatores podem ser locos que conferem resistência genética a doença, bem como a presença de tricomas na face abaxial das folhas que atuam como uma barreira física à infecção. O mais provável é uma ação conjunta de genes de resistência com o efeito de barreira física conferida pelos tricomas.

A resistência da variedade também foi validada em outros estudos. Costa et al. (2017) empregando uma escala variando de 1 (resistente) a 5 (suscetível), obteve valor médio de 2,02 para ‘Niágara Rosada’, em ocorrência natural da doença no Rio de Janeiro, classificando como com boa resistência ao patógeno. No entanto, outros autores classificam a variedade como parcialmente resistente (MAIA; CAMARGO, 2012). Segundo Maia (2002), na ocorrência de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do míldio as perdas da variedade podem ser significativas, caso não manejada adequadamente.

Assim como para o oídio, há a possibilidade de ‘Niágara Rosada’ apresentar locos que conferem resistência ao míldio que ainda não foram identificados. Estes podem estar segregando na população avaliada e conferindo algum nível de resistência aos genótipos da população apresentando elevada resistência a doença em conjunto com loco que podem estar provindo de ‘Poloskei Muskotaly’. As variedades de *Vitis* americanas, como *V. labrusca*, são consideradas mais resistentes ao míldio e ao oídio do que as de *V. vinifera*, devido a co-evolução com os patógenos que são provenientes da mesma região (TRIGIANO; WINDHAM; WINDHAM, 2010). Nas regiões tropicais são necessárias em média 70

aplicações de fungicidas em um ano para variedades de *V. vinifera*, e 35 em variedades de *V. labrusca* representando em cerca de 20% dos custos operacionais da cultura (SOUZA et al., 2017). Atak et al.(2017) avaliaram 26 variedades de *V. labrusca* quanto a resistência ao míldio e observaram que 69% destas foram classificadas como ‘altamente resistente’, 27% como ‘extremamente resistente’ e 3,8% classificado como ‘resistente’, sendo que nenhuma foi classificada como suscetível após inoculação com *P. viticola*. A variedade resistente ‘Ives’ (‘Bordô’) (*V. labrusca*) e a variedade suscetível ‘Cabernet Sauvignon’ (*V. vinifera*) foram avaliadas através de microscopia quanto a histopatologia do desenvolvimento do *P. viticola*. Os autores observaram que até 48h após a infecção esta ocorria do mesmo modo nas duas variedades, contudo, após esse período houve acúmulo e deposição de compostos fenólicos na parede celular da variedade ‘Ives’. No mesmo trabalho os autores observaram a diferença da presença (‘Ives’) e ausência (‘Cabernet Sauvignon’) de tricomas. E também relataram que na variedade ‘Ives’ os zoósporos apresentaram-se confusos e não conseguiram emitir o tubo germinativo diretamente no estômato, o que contribuiu para uma menor penetração do patógeno (NASCIMENTO-GAVIOLI et al., 2019). Apesar de apresentarem resistência a várias doenças, atualmente não há o registro de nenhum loco identificado a partir de *V. labrusca*. Isso demonstra o potencial do estudo dessa espécie para a identificação de locos que possam posteriormente serem introduzidos e utilizados em programas de melhoramento da cultura.

### 5.3 Relação tricomas x míldio da videira

Outro fator que influenciou na resposta dos genótipos a infecção do *P. viticola*, nas avaliações em discos foliares, foi a densidade dos tricomas. Os tricomas podem ser classificados em glandular e não glandular, e os não glandulares em “Ribbon” ou simples (PAYNE, 1978; MA et al., 2016). O descritor OIV053 se refere a tricomas prostrados que na classificação de Payne equivalem a “Ribbon”. Em *V. vinifera* a presença de tricomas prostrados na face abaxial da folha é variável podendo não estar presente em toda região da folha. Em *V. labrusca* esses tricomas são encontrados densamente e de uma forma estável no limbo abaxial foliar (MA et al., 2016; KORTEKAMP, ZYPRIAN, 1999). A característica de serem alongados, densos e enrolados inviabiliza a contagem, ou quantificação desses tricomas (NUNES, 2009). As avaliações mostraram a ocorrência de correlação negativa e dependência entre as notas da doença e as notas de densidade dos tricomas indicando que maiores notas de tricomas estão relacionadas com menores notas de doença (ou seja, menor quantidade da

doença). A campo, folhas maduras também apresentaram dependência com os dados de míldio, em contraste com folhas jovens, cuja dependência ou correlação com os dados do míldio não foram observados. A campo, o descritor OIV452 avalia intensidade de míldio a partir da quarta folha, sendo folhas mais maduras, as mesmas utilizadas para avaliação dos tricomas pelo OIV084. Já o OIV053 avalia a quarta folha do ramo, ou seja, as mesmas utilizadas nos testes com discos foliares.

A infecção do míldio ocorre pela entrada dos zoósporos pelo estômato após a liberação deles pelos esporângios. Estes apresentam flagelo e através da água nadam até encontrarem seu destino. Para que isso ocorra é necessário que haja o contato da água com o tecido da planta (AGRIOS, 2005; KORTEKAMP; ZYPRIAN, 1999). Portanto, a presença de tricomas, especialmente quando em alta densidade, oferece uma barreira física que interfere no contato da água com a região a ser infectada pelo patógeno (BREWER et al., 1991; KORTEKAMP et al., 1999; STAUDT; KASSEMAYER, 1995). Algumas espécies, tais como como *V. doaniana* e *V. davidii*, que apresentam alta densidade de tricomas na região abaxial da folha e consideradas resistentes ao míldio, tornaram-se suscetíveis quando foi retirada a tensão superficial da folha com o uso de detergente. Contudo, em *V. cinerea* e *V. labrusca*, o uso de detergente melhorou a infecção do *P. viticola*, entretanto, o crescimento do patógeno foi suprimido, apoiando a hipótese da presença de outros mecanismos de defesa nessas espécies (KORTEKAMP; ZYPRIAN, 1999).

Contudo, a presença de alta densidade de tricomas no limbo foliar não é uma barreira total contra a ação do patógeno e não está sempre associada à redução da gravidade da doença (TOFFOLATTI et al., 2016). Foi observado que os discos foliares dos genótipos com notas de tricomas mais altas apresentaram menores notas da doença (notas 1, 3 e 5). Já as outras classes de tricomas apresentaram variadas notas da doença. Com isso, pode-se inferir que nesses genótipos a alta densidade de tricomas agiu como uma barreira para a infecção. Assim, estudo futuros empregando discos foliares devem considerar a utilização de agentes detergentes que quebrem a tensão superficial e facilitem a infecção do patógeno para verificar a presença de outros fatores de resistência na ‘Niágara Rosada’. Por outro lado, notas 1 e 3 também foram observadas em discos contendo baixa densidade de tricomas, sugerindo que realmente há a contribuição de fatores genéticos para a resistência dos genótipos.

Em 2020 as avaliações de tricomas a campo não demonstraram correlação com os outros fatores avaliados. A presença de tricomas pode ser uma nova alternativa para os programas de melhoramento genético que buscam formas duradouras de resistência. Unidos

aos genes de resistência a presença de tricomas pode dar origem a variedades mais resistentes ao míldio. Além do míldio, a presença de barreiras físicas como os tricomas também atuam na proteção contra outros patógenos e pragas, na diminuição da transpiração, proteção contra insolação e regulação da temperatura (LEVIN, 1973).

#### 5.4 Genótipos resistentes ao oídio e míldio

No presente trabalho, nas duas últimas avaliações de cada ciclo para o oídio, 20 genótipos resistentes foram identificados (notas 1 ou 3). Para o míldio 43 indivíduos apresentaram notas entre 1 e 3 em todos os ciclos avaliações da doença. Entre esses genótipos estão indivíduos que apresentaram alta e baixa densidade de tricomas, indicando que existem outros fatores atuando nas notas em conjunto com a pilosidade. Nos genótipos considerados resistentes ao míldio, 16 apresentaram notas 1 em no mínimo duas avaliações. Um total de sete genótipos apresentaram resistência a ambos os patógenos. Os códigos dos genótipos resistentes podem ser observados na Tabela 6.

A origem da resistência a ambas as doenças não pode ser identificada, contudo os resultados indicam que ambos os parentais forneceram fatores de resistência que apresentaram efeitos aditivos. A resistência apresentada para o míldio também pode estar relacionada à densidade dos tricomas desses genótipos. Eles podem ser considerados resistentes, porém, não somente por fatores genéticos mas por fatores morfoanatômicos. Os genótipos com menores notas para as doenças individualmente e os que unem a resistência a ambas as doenças são os recomendados para a seleção no programa de melhoramento. A partir disso, estes genótipos podem serão avaliados em condições de cultivo quanto a produtividade, qualidade dos frutos e outras características agronômicas.

**Tabela 6** - Código dos genótipos considerados resistentes. Genótipos que apresentaram nota 1 ou 3 nas duas últimas avaliações de cada ciclo do oídio e os genótipos apresentaram 3 como nota mais alta nas três avaliações do míldio. E genótipos que apresentaram resistência para ambas as doenças. ‘\*’= Genótipos que apresentaram nota 1 nas três avaliações de míldio.

| <b>Genótipos da população UFSC2013-PN</b> |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <b>Nota</b>                               | <b>Resistentes ao Oídio</b>   | <b>Resistentes ao Míldio</b>  | <b>Resistentes Ambos</b>                           |
| <b>1</b>                                  |   | PN10; PN11; PN67; PN68;<br>PN94*; PN107; PN111;<br>PN122; PN135; PN144;<br>PN163; PN185*; PN186;<br>PN202; PN206; PN208.  | PN04; PN57; PN90;<br>PN99; PN110;<br>PN111; PN139. |
| <b>3</b>                                  | PN04; PN08; PN30;<br>PN57; PN58; PN90;<br>PN98; PN99; PN110;<br>PN111; PN124;<br>PN139; PN143;<br>PN165; PN170;<br>PN174; PN183;<br>PN190; PN194;<br>PN203. | PN04; PN07; PN09; PN13;<br>PN29; PN34; PN35; PN40;<br>PN57; PN59; PN65; PN90;<br>PN93; PN99; PN109; PN110;<br>PN113; PN132; PN134;<br>PN139; PN141; PN142;<br>PN145; PN147; PN162;<br>PN216; PN235. |  |
| <b>Total</b>                              | <b>20</b>   | <b>43</b>   | <b>7</b>   |

## 6 CONCLUSÕES

A população UFSC2013-PN obtida do cruzamento entre ‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara Rosada’ segregou para as características de resistência ao míldio, ao oídio e densidade de tricomas nas folhas.

Da população avaliada, um total de 20 genótipos foram considerados resistentes ao oídio, 43 ao míldio e sete a ambas as doenças.

‘Poloskei Muskotaly’ e ‘Niágara Rosada’ apresentam fatores genéticos que se complementam e incrementam a resistência ao míldio e ao oídio.

A densidade de tricomas prostrados interfere na taxa de infecção do *P. viticola*, sendo uma alternativa aos programas de melhoramento genético para criar variedades de videira mais resistentes ao patógeno.

A variedade ‘Niágara Rosada’ é uma fonte promissora de resistência ao oídio e míldio para programas de melhoramento genético da videira.

## 7 PERSPECTIVAS FUTURAS

Por segregar e apresentar genótipos superiores resistentes ao míldio e oídio a população UFSC2013-PN tem grande potencial tanto para estudos genéticos, quanto uso no melhoramento genético. A utilização de marcadores moleculares na avaliação desses genótipos ocorrerá futuramente, podendo agregar e confirmar algumas suposições a cerca desta população. Como a presença de locos provindos dos dois parentais.

Além do míldio e do oídio há a possibilidade de a população segregar e apresentar resistência a outras doenças como a antracnose (*E. ampelina*) sendo assim, interessante ampliar as avaliações fenotípicas. A identificação de genótipos resistentes aos mais diversos patógenos contribui para o desenvolvimento de novas variedades de videira adaptadas às condições locais de cultivo, resistentes às doenças e com elevado potencial enológico na busca de um sistema de cultivo mais sustentável.

Outra possibilidade seria utilizar a população para o mapeamento de genes através de análises de QTLs (*Quantitative Trait Loci*) para a identificação de locos de resistência ao míldio, oídio, e tricomas. A população demonstrou potencial de utilização nas análises QTLs devido a segregação, e ainda, pela ausência de locos de resistência identificados provindos de *V. labrusca*. A análise de QTLs possibilitaria a identificação de novas fontes genéticas de resistência para a cultura, contribuindo com o melhoramento genético.

Após a identificação dos genótipos superiores (os considerados resistentes) neste trabalho, estes serão multiplicados e implantados em real condição de cultivo para avaliação dos atributos produtivos e qualitativos. Com essas avaliações será possível determinar se esses genótipos além de apresentarem resistência possuem características de qualidade de fruto, adaptação a região de cultivo e se são economicamente produtivas. Sendo possíveis de utilização como uma nova variedade.

## REFERÊNCIAS

- ADVID- **Associação para o desenvolvimento da viticultura**. Oídio da videira. 2012. Disponível em: < <http://www.advid.pt/imagens/cadernos/13992819204135.pdf>>. Acesso em: 07 mar 2019
- AGRIOS, George N. **Plant Pathology**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 5 ed. p.922, 2005.
- AKKURT, M.; WELTER, L.; MAUL, E.; TÖPFER, R.; ZYPRIAN, E.; Development of SCAR markers linked to powdery mildew (*Uncinula necator*) resistance in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Molecular Breeding**. v.19, p.103-111, 2007.
- ALFANO, J. R.; COLLMER, A. Type III secretion system effector proteins: double agents in bacterial disease and plant defence. **Annual Review Phytology**, v. 42, p. 385–414, 2004
- ALFANO, JR.; COLLMER, A. Type III secretion system effector proteins: double agents in bacterial disease and plant defence. **Annual Review Phytology**, v. 42, p. 385–414, 2004  
Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15283671>>. Acesso em: 07 mar 2019
- ALMANÇA, M. A. K.; LERIN, S.; CAVALCANTI, F. R. **Doenças da videira. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte:EPAMIG, v.36, n.289, p.70-80, 2015.
- ALVARENGA, A. A. et al. **Origem e classificação botânica da videira**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 5-8, 1998.
- ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, A. F. **Origem e classificação botânica da videira**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n.194, p.5-8, 1998
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. CAMARGO L. E. A. Manual de fitopatologia: **Doenças das plantas cultivadas**. S.ed. Ouro Fino – MG: Agronômica Ceres, 2016. 810p.
- ANGELOTTI, F.; MAGALHÃES, E. E.; SANTOS, T. T. C.; BASTOS, D. C. Análise da favorabilidade das condições climáticas à ocorrência de oídio da videira no Vale do São Francisco no período de 1996 a 2006. **In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS**, 11.; **SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA**, 3., 2009, Petrolina. Produção integrada: base de sustentabilidade para a agropecuária brasileira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: Valexport, 2009.
- ATAK, A.; AKKURT, M.; POLAT, Z.; CELIK, H.; KAHRAMAN, K.A.; AKGÜL, D.S.; ÖZER, N.; SÖYLEMEZOĞLU, G.; SIRE, G.; EIBACH, R. Susceptibility to downy mildew (*Plasmopara viticola*) and powdery mildew (*Erysiphe necator*) of different *Vitis* cultivars and genotypes. **Ciência Téc. Vitiv.**, v.32, p.23-32, 2017

BARKER, C. L., DONALD, T., PAUQUET, J., RATNAPARKHE, M. B., BOUQUET, A., ADAM-BLONDON, A. F., et al. Genetic and physical mapping of the grapevine powdery mildew resistance gene, *Rm1*, using a bacterial artificial chromosomal library. **Theoretical and Applied Genetics**, v.111, p.370–377. 2005. doi: 10.1007/s00122-005-2030-8

BELLIN, D.; PERESSOTTI, E.; MERDINOGLU, D.; WIEDEMANN-MERDINOGLU, S.; ADAM-BLONDON, A.-F.; CIPRIANI, G.; MORGANTE, M.; TESTOLIN, R.; DI GASPERO, G. Resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine 'Bianca' is controlled by a major dominant gene causing localised necrosis at the infection site. **Theoretical and Applied Genetics**, v.120, p.163-176, 2009. DOI: 10.1007/s00122-009-1167-2.

BLASI, P. et al. Construction of a reference linkage map of *Vitis amurensis* and genetic mapping of *Rpv8*, a locus conferring resistance to grapevine downy mildew. **Theoretical and Applied Genetics**. v. 123, p. 43-53. 2011.

BLASI, P.; BLANC, S.; WIEDEMANN-MERDINOGLU, S.; PRADO, E.; RÜHL, E.H.; MESTRE, P.; · MERDINOGLU, D. Construction of a reference linkage map of *Vitis amurensis* and genetic mapping of *Rpv8*, a locus conferring resistance to grapevine downy mildew. **Theoretical and Applied Genetics**, v.123, p.43-53, 2011. DOI: 10.1007/s00122-011-1565-0

BREWER, C. A.; SMITH, W.K.; VOGELMANN, T.C., Functional interaction between leaf trichomes, leaf wettability and optical properties of water droplets. **Plant Cell and Environment**. v.14, p.995-962, 1991.

BROWN M. V.; MOORE, J. N.; FENN, P.; MCNEW, R. W. Comparison of leaf disk, greenhouse, and field screening procedures for evaluation of grape seedlings for downy mildew resistance. **HortScience** v.34, p.331–33, 1999

CADLE-DAVIDSON, L.; CHICOINE, D. R.; CONSOLIE, N. H. Variation within and among *Vitis* spp. for foliar resistance to the powdery mildew pathogen *Erysiphe necator*. **Plant Disease**. v.95, n.2. p.202-211. 2011

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. **Novas cultivares brasileiras de uva**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 64 p.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p.144-149, 2011.

CASAGRANDE, K.; FALGINELLA, L.; CASTELLARIN, S. D.; TESTOLIN, R.; DI GASPERO, G. Defence responses in *Rpv3*-dependent resistance to grapevine downy mildew. **Planta**. v.234, p.1097–1109, 2011

CHAVARRIA, G.; DOS SANTOS, H. P. Cultivo protegido de videira: manejo fitossanitário, qualidade enológica e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 3, p. 910-918, 2013.

CHRISTENHUSZ, M. J. M.; BYNG, J. W. The number of known plants species in the world and its annual increase. **Phytotaxa**, v. 261, n. 3, p. 201–217, 2016. Disponível em: <<https://www.biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.261.3.1/20598>>. Acesso em: 23 janeiro 2020.



COSTA, A. F.; TARDIN, F. D.; COSTA, H.; ROSSI, D. A.; CAMPOS, W. F.; OLIVEIRA, A. R.; VIANA, A. P.; RODRIGUES, R.; PEREIRA, M. G. Comportamento de cultivares de videira em relação ao míldio. **Revista Científica Intellecto**. v.2, n.2, p.28-34, 2017

DI GASPERO, G.; COPETTI, D.; COLEMAN, C.; CASTELLARIN, S.D.; EIBACH, R. KOZMA, P.; LACOMBE, T.; GAMBETTA, G.; ZVYAGIN, A.; CINDRIC, P.; KOVA, C.S.L.; MORGANTE, M.; TESTOLIN, R. Selective sweep at the Rpv3 locus during grapevine breeding for downy mildew resistance. **Theoretical and Applied Genetics** v.124, p.277–286, 2012. doi:10.1007/s00122-011-1703-8

DIAS, T. T. **Seleção de genótipos de videira visando a resistência ao oídio Erysiphe necator Schwein (syn. Uncinula necator)**. 2017. 42p. TCC(Graduação) – Curso Agronomia, Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Sertão Pernambucano – Petrolina – PE, 2017

EIBACH, R., ZYPRIAN, E. M., WELTER, L.J., TÖPFER, R. The use of molecular markers for pyramiding resistance genes in grapevine breeding. **Vitis**, v.46, p.120–124, 2007

EIBACH, R.; TÖPFER, R.; Traditional grapevine breeding techniques. Grapevine breeding programs for the wine industry. Ed. A. Reynolds **Elsevier**. p.3-22, 2015.

EISENMANN, B.; CZEMMEL, S.; ZIEGLER, T.; BUCHHOLZ, G.; KORTEKAMP, A.; TRAPP, O.; RAUSCH, T.; DRY, I.; BOGS, J. Rpv3–1 mediated resistance to grapevine downy mildew is associated with specific host transcriptional responses and the accumulation of stilbenes, **BMC Plant Biology** v.19, 17.p, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Sistema de Produção de Informação – SPI, 2013. 412 p

EPAGRI- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Avaliação de cultivares para o estado de Santa Catarina 2017-2018**. Florianópolis:Epagri, 2017. 78p. (Epagri. Boletim Técnico,176) ISSN 0100-7416

FERNANDES, C. F.; VIEIRA JUIOR, J. R.; SILVA, D. S. G.; REIS, N. D.; ANTUNES JUNIOR, H. **Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009. 14 p. – (Documentos / Embrapa Rondônia, 0103-9865; 133).

FISCHER, B.M., SALAKHUTDINOV, I., AKKURT, M., EIBACH, R., EDWARDS, K.J., TOPFER, R.; ZYPRIAN, E.M. Quantitative trait locus analysis of fungal disease resistance factors on a molecular map of grapevine. **Theoretical and Applied Genetics**. v.108, p.501-515. 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; INTERNATIONAL ORGANIZATION OF VINE AND WINE. **Table and dried grapes**. Paris, 2016. Disponível em: < <http://www.oiv.int/public/medias/4911/fao-oiv-grapes-report-flyer.pdf> >. Acesso em: 25 mar. 2018

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

GALET, P. **Grape varieties and rootstocks varieties**. Paris: O enoplurimédia, 315 p.1998

GIOVANNINI, E. **Manual de viticultura**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 253 p. (Tekne)

GOMES, B. R.; BOGO, A.; COPATTI, A.; GUGINKI-PIVA, C. A.; MORAIS, A. C.; ZANGHELINI, J. A.; BITENCOURT, C.; STEFEN, D.; ORSI, N.; PAIXAO, C. A.; DALVESCO, L. L.; RITSCHER, P.; WELTER, L. J. Assessment of grapevine germoplasm collection for resistance to grape leaf rust (*Phakopsora euvitis*) using a leaf-disc-assay". **Euphytica**. 2019.

GOODMAN, R. N.; KIRÁLY, Z.; WOOD, K. R. **The biochemistry and physiology of plant disease**. Columbia, University of Missouri Press, 1986. 433p.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SÔNEGO, O.R. **Principais doenças fúngicas da videira no Brasil**. Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPV, 1993. 36p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/541425>>. Acesso em: 25 mar. 2018

HAJDU E. Grapevine breeding in Hungary. Grapevine breeding programs for the wine industry, Ed. A. Reynolds, **Elsevier**, p.103-135, 2015.

HALLEEN, F.; HOLZ, G. An Overview of the Biology, Epidemiology and Control of *Uncinula necator* (Powdery Mildew) on Grapevine, with Reference to South Africa. **S. Afr. Journal. of Enology and Viticulture**.v. 22, n.2, 2001

HARBORNE, J. B. The comparative biochemistry of phytoalexin induction in plants. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.27, p. 335-367,1999

HEATH, M. C. Hypersensitive response-related death. **Plant Molecular Biology**, v.44. p. 321–334, 2000. Doi: 10.1023/a:1026592509060

HENNING, A. A. et al. **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4 ed, v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

HOFFMANN, S.; DI GASPERO, G.; KOVÁCS, L.; HOWARD, S.; KISS, E.; GALBÁCS, Z.; et al. Resistance to *Erysiphe necator* in the grapevine “Kishmish vatkana” is controlled by a single locus through restriction of hyphal growth. **Theoretical and Applied Genetics**, v.116, p.427–438, 2008.

HUSFELD, B. Über die Züchtung plasmoparawiderstandsfähiger Reben. **Die Gartenbauwissenschaft**, v.7, n.1,p.15–92. 1933

INSTITUTO CEPA, Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Curitibanos: Caracterização Regional**. Santa Catarina: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR, 2003. 33p

IPGRI, UPOV, OIV. **Descriptors for Grapevine (Vitis spp.)**. International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), Geneva, Switzerland/Office International de la Vigne et du Vin (OIV), Paris, France/International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy. 1997. Disponível em: < <http://www.cgiar.org/ipgri/>>. Acesso em: 17 abr. 2019

JAILLON, O., AURY, J.-M., NOEL, B., POLICRITI, A., CLEPET, C., CASAGRANDE, A., et al. The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. **Nature** v.449, p.463–467. 2007. doi: 10.1038/nature06148

JOHNSON, H. **The Story of Wine**. Mitchell-Beazley. London. 1989

KOPPEN, W. **Climatologia: com un estudio de los climas de La tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KORTEKAMP, A., WELTER, L., VOGT, S., KNOLL, A., SCHWANDER, F., TÖPFER, R., ZYPRIAN, E. Identification, isolation and characterization of a CC-NBS-LRR candidate disease resistance gene family in grapevine. **Molecular Breeding**, v.22, n.3, p. 421-432. 2008

KORTEKAMP, A.; WIND, R.; ZYPRIAN, E. The role of hairs on the wettability of grapevine (*Vitis* spp) leaves. **Vitis** v.38; p.101-105, 1999.

KORTEKAMP, A.; ZYPRIAN, A. Leaf Hairs as a Basic Protective Barrier against Downy Mildew of Grape. **J. Phytopathology**. v.036, p.342-348. 1999.

KOTCHONI, O. S.; KUHNS, C.; DITZER, A.; KIRCH H. H.; BARTELS, D. Over-expression of different aldehyde dehydrogenase genes in *Arabidopsis thaliana* confers tolerance to abiotic stress and protects plants against lipid peroxidation and oxidative stress; **Plant Cell Environment**. v.29, p.1033–1048, 2006

KUCZMOG, A.; GALAMBOS, A.; HORVATH, S.; MATAI, A.; KOZMA, P.; SZEGEDI, E.; PUTNOKY, P. Mapping of crown gall resistance locus Rcg1 in grapevine. **Theoretical and Applied Genetics**, v.125, 1565-1574.p, 2012

LEAO, P. C. S.; BORGES, R. M. E. **Melhoramento genético da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. 61 p. il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 224)

LEVIN, D. A. **The role of trichomes in plant defense**. Quarterly Review of Biology, 48:3 -15. 1973.

MA, Z.; WEN, J.; ICKERT-BOND, S. M.; CHEN, L. Q.; LIU, X. Q. Morphology, structure, and ontogeny of Trichomes of the grape genus (*Vitis*, Vitaceae). **Frontiers in plant Science**, v.7, 14.p, 2016.

MAIA, J. D. G. Manejo da videira Niagara Rosada em regiões tropicais. In: REGINA, M. A. et al. (Ed.) **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p.49- 58.

MAIA, J. D. G. **Origem da videira Niágara**. In: MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A. O cultivo da videira Niágara no Brasil. Brasília: Embrapa, 2012, p. 15-22.

MAUL et al. **Vitis International Variety Catalogue** - [www.vivc.de](http://www.vivc.de) – (Acesso: 09 janeiro 2020)

MCGOVERN, P.E. **Ancient wine: the search for the origin of viniculture**. Princeton. Princeton University Press. 2003.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2015**. Bento Gonçalves:Embrapa, 2016. ISSN 1808-6802. (Comunicado técnico)

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2017**. Bento Gonçalves:Embrapa, 2018. ISSN 1808-6802. (Comunicado técnico)

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2019**. Bento Gonçalves:Embrapa, 2018. ISSN 1808-6802. (Comunicado técnico)

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

MERDINOGLU, D. et al. Genetic analysis of downy mildew resistance derived from *Muscadinia rotundifolia*. **Acta Horticulturae**, v. 603, p. 451-456. 2003.

MICHEREFF, S. J. **Fundamentos de fitopatologia**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001. 150 p. Disponível em: <<http://files.prof-vanderufersa.webnode.com.br/200000134-bc97ebd927/Apostila%20-%20Fitopatologia.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017

MORAIS, A. C. **Fenotipagem da resistência ao oídio (*Erysiphe necator*) e mildio (*Plasmopara viticola*) em populações segregantes de videira (*Vitis* spp.)**. 2018. 65p. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba - SC, 2018.

NACHTIGAL, J. C.; MAZZAROLO, A. **Uva: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 202 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

NASCIMENTO-GAVIOLI, M.C.A.; AGAPITO-TENFEN, S.Z.; NODARI, R.O.; WELTER, L.J.; SANCHEZ-MORA, F.D.; SAIFERT, L.; SILVA, A.L. da; GUERRA, M.P. Proteome of *Plasmopara viticola*-infected *Vitis vinifera* provides insights into grapevine Rpv1/Rpv3 pyramided resistance to downy mildew. **Journal of Proteomics**, v.151, p.264-274, 2017. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.05.024.

NASCIMENTO-GAVIOLI, M.C.A.; ROCKENBACH, M.F.; WELTER, L.J.; GUERRA, M.P. Histopathological study of resistant (L.) and susceptible (L.) cultivars of grapevine to the infection by downy mildew. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, 35:1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1685411>

NUNES, N. R. S. B. **Características morfo-anatómicas de cultivares tintas de videira (*Vitis vinifera* L.)**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Instituto Superior de agronomia Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009

OIV - THE INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE .2019 **statistical report on world vitiviniculture**. Office Inter-nacional de la Vigne et du Vin (OIV), Paris, 2019. Disponível em: <<http://www.oiv.int/public/medias/6782/oiv-2019-statistical-report-on-world-vitiviniculture.pdf>> Acesso em: 18 dez. 2019

OIV - THE INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. **Country Profile, Brazil**. 2019.

OIV- INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. **OIV descriptor list for grapevine varieties and Vitis species**, Office Inter-nacional de la Vigne et du Vin (OIV), Paris, 1983. Disponível em: <<http://www.oiv.int/public/medias/2274/code-2e-edition-finale.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017

OLIVEIRA, P.R.D., SCOTTON, D.C., NISHIMURA, D.S., FIGUEIRA, A. Análise da diversidade genética por AFLP e identificação de marcadores associados à resistência a doenças em videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n. 3, p.454-457, 2005.

PAVLOUŠEK, P. Evaluation of resistance to downy mildew in grapevine genetic resources. **Acta univ. agric. et silvic.**, v.5, p. 99–106, 2006

PAVLOUŠEK, P. Evaluation of resistance to powdery mildew in grapevine genetic resources. **Journal of Central European Agriculture**. v.8, p.105-114, 2007.

PAYNE, W. W. A glossary of plant hair terminology. **Brittonia**. V.30, p.239–255. 1978. doi: 10.2307/2806659

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, GS. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. In: PERES, F., MOREIRA, J. C., orgs. **É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. p. 21-41. ISBN 85-7541-031-8.

PIRRELLO, C.; MIZZOTTI, C.; TOMAZETTI, T. C.; COLOMBO, M.; BETTINELLI, P.; PRODORUTTI, D.; et al.; Emergent Ascomycetes in Viticulture: An Interdisciplinary Overview. **Frontiers in Plant Science**. v.10, 2019. doi: 10.3389/fpls.2019.01394

POZO, O. DEL.; PEDLEY, K. F.; MARTIN, G. B. MAPKKK $\alpha$  is a positive regulator of cell death associated with both plant immunity and disease. **Embo J**, v. 23, n. 15, p.3072-3082, 2004.

QIU, W.; FEECHAN, A.; DRY, I. B. Current understanding of grapevine defense mechanisms against the biotrophic fungus (*Erysiphe necator*), the causal agent of powdery mildew disease. **Horticulture Research** v.2, 2015. doi:10.1038/hortres.2015.20

REX CONSORTIUM. Combining Selective Pressures to Enhance the Durability of Disease Resistance Genes. **Frontiers in Plants Science**. n.7, v.1916. 2016. doi: 10.3389/fpls.2016.01916

RIBEIRO, V. G.; CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. Avaliação de resistência ao oídio em genótipos de videira. **Ciências agrotécnicas**, v. 29, n. 5, p. 930-934, 2005

RITSCHER, P. S.; MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A. Variedades resistentes: intersecção entre rusticidade e qualidade? a experiência brasileira. **In: XV Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia**. Bento Gonçalves. 2015.

SAIFERT, L.; SÁNCHEZ-MORA, F. D.; ASSUMPÇÃO, W. T. et al. Marker-assisted pyramiding of resistance loci to grape downy mildew. **Pesquisa agropecuária brasileira** (online), v. 53, p. 602-610, 2018.; Meio de divulgação: Digital; Website: [doi:10.1590/s0100-204x2018000500009]; Série: 5; ISSN/ISBN: 16783921

SÁNCHEZ-MORA, F. D. et al. Behavior of grape breeding lines with distinct resistance alleles to downy mildew (*Plasmopara viticola*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.17: p.141-149, 2017.

SCHWANDER, F.; EIBACH, R.; FECHTER, I.; HAUSMANN, L.; ZYPRIAN, E.; TÖPFER, R. Rpv10 – 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. 2012

SÔNIGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; GRIGOLETTI Jr., A. **Principais doenças fúngicas das videiras no sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 2005. ISSN 1808-6810 (Circular Técnico)

SOUZA, A. L. K. et al. Avaliações das principais características dos cultivares de uvas americanas e híbridas para Santa Catarina. **In: EPAGRI. Avaliação de cultivares para o estado de Santa Catarina 2016-2017**. Florianópolis, 2016. 74p. (Boletim Técnico)

SOUZA, R. T.; NAVES, R. L.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; COSTA, S. M.; SAVINI, T. C. Frequency of fungicide application for controlling downy mildew in seedless grape plant ‘BRS Vitória’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, 2017.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**. V.10, p.18-46, 2010.

STAUDT, G.; KASSEMAYER, H. H. Evaluation of downy mildew resistance in various accessions of wild *Vitis* species. *Vitis*. **Freyburg**. v.34, e.d 4, 225-228 p. 1995. Disponível em: < <http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/e035589.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

STEFANINI, M.; VEZZULLI, S.; CLEMENTI, S.; DORIGATTI, C.; VECCHIONE, A.; ZULINI, L. Indagine sulle caratteristiche di vitigni ibridi coltivati in Trentino. Research on hybrid cultivars cultivated in Trentino region. **In: Quinto congresso internazionale sulla viticoltura di montagna e in forte pendenza**, 5., 2017, Treviso-Veneto, Itália. Resumo em anais de congresso. Pratiche agronomiche e ambientamento climatico dei vitigni nella viticoltura di montagna, 2017. p. 93-99

TOFFOLATTI, S. L.; MADDALENA, G.; SALOMONI, D.; MAGHRADZE, D.; BIANCO, P. A.; FAILLA, O. Evidence of resistance to the downy mildew agent *Plasmopara viticola* in the Georgian *Vitis* vinifera germplasm. **Vitis**.v.55: p.121–8, 2016

TÖPFER, R.; HAUSMANN, L.; HARST, M.; MAUL, E.; ZYPRIAN, E.; EIBACH, R. New horizons for grapevine breeding. In Flachowsky H and Hanke MV (eds) Fruit, vegetable and

cereal science and biotechnology, Methods in temperate fruit breeding. **Global Science Books**, Isleworth, v.5. p.79-100. 2011.

TRIGIANO, R. N.; WINDHAM, M. T.; WINDHAM, A. S. **Fitopatologia: Conceitos e exercícios de laboratório**. Porto Alegre: Artmed. 2 ed. 2010. 576 p.

VELASCO, R., ZHARKIKH, A., TROGGIO, M., CARTWRIGHT, D., CESTARO, A., PRUSS, D. et al. A high quality draft consensus sequence of the genome of a heterozygous grapevine variety. **PLoS ONE**. v.12, n.2, 18. P, 2007

VENUTI, S.; COPETTI, D.; FORIA, S.; FALGINELLA, L.; HOFFMANN, S.; BELLIN, D.; CINDRIĆ, P.; KOZMA, P.; SCALABRIN, S.; MORGANTE, M.; TESTOLIN, R.; DI GASPERO, G. Historical introgression of the downy mildew resistance gene Rpv12 from the Asian species *Vitis amurensis* into grapevine varieties. **PLoS ONE**, v.8, e61228, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0061228.

WALTERS, D.; NEWTON, A.; LYON, G. **Induced resistance for plant defence – a sustainable approach to crop protection**. Oxford: Blackwell, 2007. 258p.

WELTER, L. J.; GÖKTÜRK-BAYDARM, N.; AKKURT, M.; MAUL, E.; EIBACH, R.; TÖPFER, R.; ZYPRIAN, E. Genetic mapping and localization of quantitative trait loci affecting fungal disease resistance and leaf morphology in grapevine (*Vitis vinifera* L). **Molecular Breeding** 20: 359-374, 2007

WURZ, D. A et al. New wine-growing regions of Brazil and their importance in the evolution of Brazilian wine. **Bio Web of Conferences**, v. 9, p.1-4, 2017.

ZANGUELINI, J. A. **Determinação do efeito da piramidação dos locos Run1 e Ren3 sobre a resistência ao oídio em videira**. 2015. 16 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Agronomia. Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/157131/TCC4%20pronto%2013.pdf?sequence=4>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

ZANUS, M. C. **Panorama da viticultura brasileira**. Bento Gonçalves: Embrapa. 2015. In: XV Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia, 2015.

ZELEDÓN, J. J. G. **Plasmopara viticola, the downy mildew of grapevine: phenotypic and molecular characterization of single sporangium strains infecting hosts with different resistance levels**. 2015. 123 f. Dissertação (Doutorado Ciências Naturais). Faculty of Natural Sciences at the University of Hohenheim. 2015.

ZENDLER, D.; SCHNEIDER, P.; TOPFER, R.; ZYPRIAN, E. Fine mapping of Ren3 reveals two loci mediating hypersensitive response against *Erysiphe necator* in grapevine. **Euphytica**. 213:68, 2017. DOI 10.1007/s10681-017-1857-9

ZINI, E.; DOLZANI, C.; STEFANINI, M.; GRATL, V.; et al. R-Loci Arrangement Versus Downy and Powdery Mildew Resistance Level: A *Vitis* Hybrid Survey. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 20, 2019. doi:10.3390/ijms20143526

ZYPRIAN, E.; OCHßNER, I.; SCHWANDER, F.; ŠIMON, S.; HAUSMANN, L.; BONOW-REX, M.; MORENO-SANZ, P.; STELLA GRANDO, M.; WIEDEMANN-MERDINOGLU, S.; MERDINOGLU, D.; EIBACH, R.; TÖPFER, R. Quantitative trait loci affecting pathogen resistance and ripening of grapevines. **Molecular Genetics and Genomics**, v.291, p.1573-1594, 2016. DOI: 10.1007/s00438-016-1200-5.