

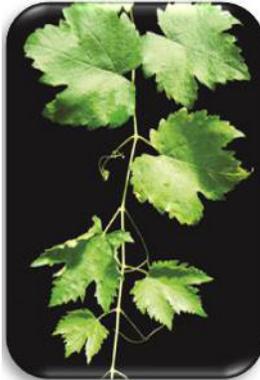
CIRCULAR TÉCNICA

164

Bento Gonçalves, RS  
Março, 2022

# Resistência da videira ao míldio: principais conceitos, com destaque para as cultivares da Embrapa, BRS Isis e BRS Vitória

Patricia Ritschel  
João Dimas Garcia Maia  
Lucas da Ressurreição Garrido  
Rosemeire de Lellis Naves



## Resistência da videira ao míldio: principais conceitos, com destaque para as cultivares da Embrapa, BRS Isis e BRS Vitória<sup>1</sup>

O míldio, causado pelo oomiceto *Plasmopara viticola*, é uma das doenças mais destrutivas que atacam a videira (Garrido; Sônego, 2002). O controle é realizado com aplicações repetidas de fungicidas, que podem resultar em poluição ambiental, presença de resíduos na uva e em seus derivados, desenvolvimento de estirpes do patógeno resistentes a fungicidas e, também, na quebra da resistência genética de cultivares ao ataque do patógeno (Araújo Junior et al., 2015; Ritschel et al., 2015). Além disso, o custo do controle fitossanitário em regiões onde o clima favorece o desenvolvimento da doença pode representar até 30% do custo total de produção da videira (Grigoletti Júnior; Sônego, 1997). Na região do Submédio do Vale do Rio São Francisco (VSF), a principal região brasileira de produção de uvas de mesa para exportação, o míldio é a principal doença da videira nas safras que são colhidas durante os meses chuvosos. Considerando todas as aplicações que são realizadas para controle de doenças no VSF nesta época, a redução no uso de agrotóxicos que ocorre em decorrência da resistência ao míldio pode ser estimada em torno de 25%. Em valores de 2020, considerando-se cerca de 2.000 ha cultivados com cultivares resistentes, a economia estimada era de R\$ 1.485.900,00, considerando-se apenas o ciclo conduzido no período chuvoso. No(s) ciclo(s) conduzido(s) no período seco, não se observa a ocorrência do míldio, não sendo necessário o controle da doença. Além disso, a cada aplicação de fungicidas que não é realizada em 1 ha, deixa-se de emitir cerca de 13,3 kg de carbono na atmosfera, contribuindo para reduzir a pegada de carbono.

---

<sup>1</sup> Patrícia Ritschel, engenheira-agrônoma, doutora em Biologia Molecular, pesquisadora da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS; João Dimas Garcia Maia, engenheiro-agrônomo, mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Jales, SP; Lucas da Ressurreição Garrido, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS; Rosemeire de Lellis Naves, engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Uva e Vinho, Jales, SP.

O uso de variedades resistentes, obtidas por meio de melhoramento genético, representa uma alternativa a mais para compor o conjunto de ferramentas disponíveis para o controle integrado do míldio na videira. Contudo, como em outras abordagens usadas no manejo fitossanitário, esta alternativa também apresenta limitações, que são decorrentes da própria natureza da patogênese.

O conhecimento dos conceitos relacionados com a interação planta-patógeno-ambiente, que definem o desenvolvimento de uma doença, é fundamental para compreender como ocorrem os surtos da doença, até mesmo em cultivares resistentes, e como são desenvolvidas as populações do patógeno que superam definitivamente a resistência da planta, evento conhecido como “quebra de resistência”.

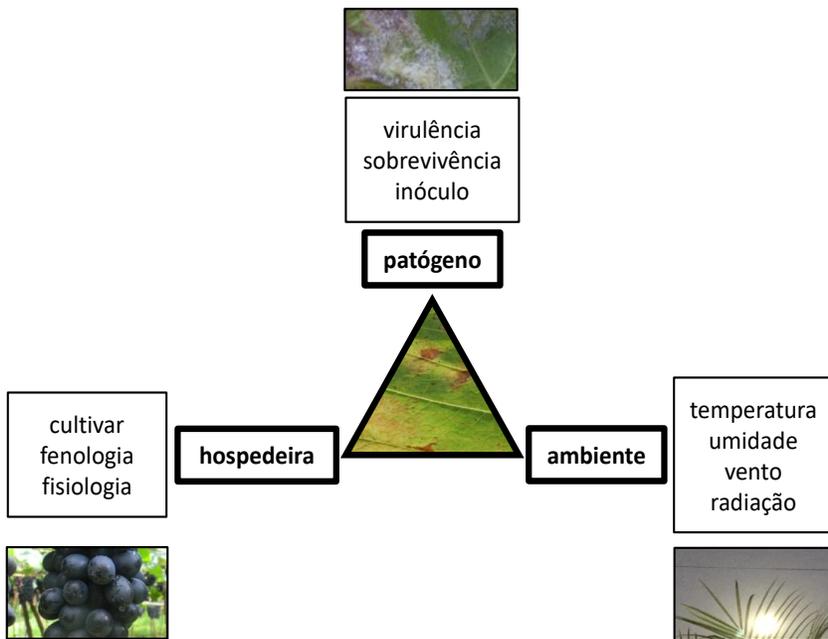
Este documento visa apresentar a compilação destes conceitos, com foco no míldio da videira, indicando os principais fatores envolvidos na interação planta-patógeno-ambiente e reunir orientações e abordagens que visam contribuir para o adiamento da quebra da resistência ao míldio em cultivares como a BRS Vitória e a BRS Isis e, também, em novas cultivares resistentes, ainda em desenvolvimento.

## Conceitos básicos que definem a resistência a doenças em plantas

Nas plantas, além da ação do homem, a interação de três fatores, hospedeiro, patógeno e ambiente, é mandatória para que haja o desenvolvimento de uma doença. Didaticamente, esta interação é representada por um triângulo, onde cada fator é posicionado em um vértice (Figura 1).

A resistência de uma planta ao desenvolvimento de uma doença é definida como a resposta ou reação que resulta na supressão ou retardamento da atividade deletéria causada pelo patógeno. Resistência e susceptibilidade são expressões opostas, usadas para quantificar a intensidade da doença. São usadas em termos comparativos e dependem da interação entre hospedeiro (planta), patógeno e ambiente (Camargo, 2018).

Camargo (2018) descreve conceitos e formas de classificação da resistência a doenças em plantas.



Fotos: Patrícia Silva Ritschel/BME.

**Figura 1.** Representação clássica da interação hospedeiro-patógeno-ambiente: Triângulo da doença ilustrado com o míldio da videira, causado pelo oomiceto *P. viticola* (Modificado de Camargo, 2018 e de Angelotti et al., 2017b).

Existem várias formas de classificar a resistência, entre elas, temos a resistência ativa quando, após estabelecida a interação patógeno-hospedeiro, o hospedeiro reage, produzindo substâncias ou estruturas que impedem ou reduzem a ação do patógeno.

A resistência passiva é determinada pela ausência de interação entre o patógeno e o hospedeiro, ou seja, não se observa o estabelecimento do patossistema. Uma das formas extremas de resistência passiva é a imunidade, também conhecida como resistência do não-hospedeiro, que se caracteriza pelo encontro de um organismo que é patógeno a uma espécie (por exemplo, ao tomate), mas não à espécie de interesse (por exemplo, a videira). Nesta situação, a espécie de interesse (videira) não reage ao patógeno que ataca especificamente o tomate e também não sofre danos.

Assim, é necessário ficar claro que o conceito de “resistência” tratado neste documento, não se refere à “imunidade” e sim à “resistência ativa”, ou seja, o encontro do patógeno com a planta-alvo, que sempre resulta em uma reação da hospedeira, mediada pelo ambiente

Pode haver dois tipos de resistência ativa, a resistência vertical ou qualitativa e a resistência horizontal ou quantitativa.

A resistência vertical ou qualitativa ocorre quando só existem duas alternativas: ou a doença está ausente ou está presente. Neste caso as plantas são simplesmente classificadas como resistentes ou susceptíveis, respectivamente, e se diz que a resistência é monogênica, controlada por apenas um gene, com “efeito maior”, permitindo a expressão da resistência independentemente de efeitos ambientais. Uma forma de resistência vertical é a reação de hipersensibilidade que ocorre quando o início do processo infeccioso resulta na morte das células vizinhas ao ponto de entrada, impedindo o crescimento do patógeno e o progresso da doença.

Em contraposição, na resistência horizontal ou quantitativa, a reação do hospedeiro ao patógeno é controlada por muitos genes cujos efeitos sofrem grande influência do ambiente na expressão da reação do hospedeiro ao patógeno. Neste caso, entre a reação de extrema susceptibilidade e a de extrema resistência, existe uma variação contínua do grau de resistência, que é controlada pelo efeito concomitante de muito genes, cada um deles contribuindo com um efeito de pequena magnitude, ou “efeito menor”. Este tipo de resistência não apresenta a capacidade de impedir a ocorrência da infecção, mas exerce o efeito de reduzir a disseminação do patógeno e a ocorrência de epidemias a campo.

## *Plasmopara viticola*, o agente causador do míldio da videira

As primeiras observações e descrição do míldio da videira foram realizadas no nordeste dos Estados Unidos, em 1834 (Millardet, 1881, citado por Kamoun et al., 2015). Como a relação causal entre patógeno e doença ainda não estava clara nesta ocasião, o microrganismo somente foi considerado como causador da doença no final dos anos 1800 (Kamoun et al., 2015),

sendo classificado inicialmente como *Peronospora viticola* e, posteriormente, reclassificado no gênero *Plasmopara* (Gessler et al., 2011).

O patógeno é um oomiceto endêmico das espécies silvestres do gênero *Vitis* spp. nativas da América do Norte. Foi introduzido na Europa no final dos anos 1800, provavelmente junto com material propagativo de espécies americanas de *Vitis* spp. usado para replantio de vinhedos franceses dizimados pela filoxera e rapidamente se disseminou por toda a Europa (Gessler et al., 2011). Atualmente está presente em todas as regiões onde se cultiva a videira no mundo, causando danos que chegam a resultar na perda total da produção, especialmente durante períodos caracterizados por alta umidade (Kamoun et al., 2015).

Uma das características de *P. viticola*, que apresenta consequências de extrema importância para os viticultores, é sua capacidade de se reproduzir tanto de maneira assexuada, quanto sexuada (Anjos, 2013; Santos et al., 2020).

A reprodução sexuada no míldio é bem caracterizada em regiões de clima temperado, onde a videira passa por um período de repouso durante o inverno, perdendo as folhas. Nestas condições, o ciclo sexual ocorre no final do verão e durante o outono, quando são formadas as estruturas sexuadas denominadas de oósporos. É sob esta forma que o patógeno resistirá ao inverno, estação na qual a videira está em dormência. No início da primavera, sob condições de temperatura e umidade favoráveis, os oósporos germinam, originando os focos primários que darão origem às populações de *P. viticola*, responsáveis pelo desenvolvimento da doença durante aquela safra. A germinação dos oósporos, portanto, resulta na observação dos primeiros sintomas, marcando o início de um novo ciclo da doença, em regiões temperadas (Anjos, 2013; Santos et al., 2020; Sônego et al., 2005).

Em plantas susceptíveis, os primeiros sintomas visíveis nas folhas são as “manchas de óleo”. Em condições de alta umidade, na face inferior da região correspondente a essas manchas, surge o “mofo branco”, que são os órgãos de frutificação do patógeno. Em seguida, estas manchas tornam-se necrosadas e de coloração castanho-avermelhada. Frequentemente, as folhas atingidas caem prematuramente, privando a planta de seu órgão de nutrição (Sônego et al., 2005). Na BRS Vitória, um exemplo de cultivar resistente à doença,

observa-se, em resposta à infecção pelo míldio, a formação de pequenas manchas marrons, provavelmente relacionadas ao mecanismo de defesa da planta, que rapidamente resultam em um colapso localizado do tecido, paralisando o progresso da infecção (Souza et al., 2018). Em nível molecular, o início da infecção pelo míldio também provoca diferentes reações em espécies resistentes e susceptíveis, em processos metabólicos como a fotossíntese, a glicólise, o metabolismo de proteínas, especialmente daquelas relacionadas com a parede celular, com a fotoproteção e a tolerância a diferentes tipos de estresse, entre outros (Liu et al., 2021).

A origem da variabilidade nas populações naturais são modificações espontâneas que ocorrem no material genético ou DNA do míldio, chamadas de mutações, e também por recombinação genética. As modificações no DNA podem provocar alterações em várias características, inclusive no nível de virulência do oomiceto. A reprodução sexuada contribui para recombinar a variação pré-existente na população, o que resulta em populações de patógenos formadas por um conjunto de indivíduos diferentes entre si. Populações heterogêneas do patógeno apresentam um maior potencial de adaptação. As populações de *P. viticola* podem variar no que diz respeito ao grau de virulência, no nível de resistência a fungicidas e outras características de interesse agrônomo, superando condições adversas que incluem temperatura e umidade fora da faixa de condições ótimas para o desenvolvimento da doença, uso de hospedeiras resistentes e de produtos para controle da doença (Crandall et al., 2018; Dussert et al., 2019; Gessler et al., 2011; Kamoun et al., 2015).

As condições climáticas ótimas para o desenvolvimento do míldio consistem em temperaturas entre 20 °C e 25 °C e ocorrência de água livre por um tempo mínimo de 2 horas. A alta umidade relativa é condição indispensável, enquanto temperaturas mais altas podem reduzir o tempo necessário para ocorrência da infecção (Figura 1) (Garrido; Sônego, 2002; Angelotti et al., 2014; Angelotti et al., 2017a).

## A resistência da videira ao míldio e o desenvolvimento de cultivares resistentes

A genética está entre os fatores que definem a reação de uma cultivar às doenças. Normalmente, as espécies silvestres se destacam principalmente pela resistência a doenças e pela adaptação a diferentes condições climáticas, sendo doadoras de genes para melhorar essas características durante o processo de desenvolvimento de novas cultivares. Portanto, um dos objetivos mais perseguidos em programas de melhoramento genético da videira é a introgressão destes genes de interesse em um genótipo já avançado em termos agrônômicos e de qualidade do produto final, seja no melhoramento de uva fresca ou para elaboração de sucos e vinho (Prazzoli et al., 2019).

Os esforços para esta exploração extensiva das espécies silvestres, visando o desenvolvimento de porta-enxertos resistentes e também de cultivares-copa que reúnam resistência e atributos de qualidade, tiveram início na metade do século XIX, quando o governo francês incentivou a introdução de germoplasma americano (como já mencionado anteriormente). Este trabalho obteve sucesso parcial, já que os parreirais de uvas *V. vinifera* em declínio foram substituídos por híbridos produtores diretos ou por *V. vinifera* enxertadas em porta-enxertos resistentes à filoxera (Alleweldt; Possingham, 1988).

A partir dos anos 1950, entretanto, observou-se a redução da área cultivada com híbridos na Europa, e o concomitante retorno do cultivo das variedades *V. vinifera* tradicionais. Entre as razões que levaram a isto, estavam a baixa qualidade dos vinhos elaborados com as cultivares híbridas e a divulgação de informações sobre os possíveis efeitos negativos para a saúde dos consumidores destes vinhos, o que posteriormente não se confirmou (Camargo, 2000). Até hoje persiste uma resistência ao uso de cultivares híbridas para elaboração de vinhos. Os segmentos de suco de uva e de uvas de mesa, por outro lado, são menos conservadores.

A despeito desta oposição ao uso de cultivares híbridas especialmente no segmento de vinhos, o melhoramento genético teve continuidade na Alemanha e, posteriormente, foi iniciado também em outros países (Alleweldt; Possingham, 1988). Os primeiros sucessos vieram com as

cultivares Phoenix e Regent, que apresentam resistência ao míldio e são reconhecidas pela qualidade do vinho. Nas Américas, as espécies silvestres têm sido historicamente usadas no melhoramento, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de híbridos interespecíficos de sucesso comercial (Reynolds, 2015). Além da Alemanha, de países da Europa Oriental e dos EUA, Itália e França também têm investido nesta linha de trabalho e já estão testando e disponibilizando novas cultivares híbridas (Agricultures ..., 2015; Vini..., 2015). No Brasil, programas de melhoramento genético, como os mantidos pelo Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e pela Embrapa Uva e Vinho, têm tradicionalmente trabalhado com esta abordagem (Camargo, 2008; Maia et al., 2015).

A Tabela 1 mostra o tipo de germoplasma mantido no Banco Ativo de Germoplasma de Uva (BAG-Uva) e também em coleções mundiais, que tem sido usado na obtenção de material avançado para uso no desenvolvimento de novas cultivares de uva. Uma análise rápida permite concluir que somente uma pequena parte do estoque genético de *Vitis* spp. já foi explorado (Maia et al., 2015).

Quase todas as cultivares americanas e várias espécies do leste da Ásia, como *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. aestivalis* var. *lincecumii*, *V. labrusca*, *V. amuriensis*, *V. rotundifolia*, *V. yenshanensis*, *V. pseudoreticulata*, *V. piasezkii*, *V. romanetii*, *V. flexuosa* e *V. bryoniifolia*, carregam genes para resistência ao míldio (Owens, 2008). Por outro lado, as fontes de resistência identificadas em cultivares de *V. vinifera* são muito fracas para uso em programas de melhoramento genético (Alleweldt et al., 1990). A transferência de genes de resistência para o contexto genético de *V. vinifera* tem resultado em numerosos híbridos interespecíficos, muitos com valor comercial (Alleweldt et al., 1990; Reynolds, 2015). Algumas espécies do gênero *Vitis*, nativas da América tropical, têm sido usadas em programas de melhoramento visando a obtenção de cultivares adaptadas às condições climáticas dos trópicos (Fennel, 1945; 1948; Mortensen, 1971; Santos Neto, 1955; 1971).

**Tabela 1.** Uso de espécies do gênero *Vitis* no Melhoramento de Plantas. O uso frequente das espécies no desenvolvimento de novas cultivares copa e de porta-enxertos e do germoplasma avançado é indicado pelo sinal de adição (+), enquanto o sinal de subtração indica que a espécie ainda não foi usada. As espécies usadas pelo Programa de Melhoramento “Uvas do Brasil” são indicadas por (\*) (adaptado de This et al., 2006; Maia et al., 2015).

Espécies	Uso no melhoramento		
	Cultivares copa	Porta-enxertos	Germoplasma avançado
híbridos interspecíficos	+++*	++*	+++*
<i>Muscadinia rotundifolia</i>	++	+	+
<i>Vitis aestivalis</i>	-	-	++
<i>Vitis amurensis</i>	+	-	++
<i>Vitis armata</i>	-	-	*
<i>Vitis berlandieri</i>	+	+++	-
<i>Vitis candicans</i>	-	+	*
<i>Vitis caribaea</i>	-	-	+
<i>Vitis champinii</i>	+	+	-
<i>Vitis cinerea</i>	*	+	+++*
<i>Vitis cordifolia</i>	-	+	+
<i>Vitis coignetiae</i>	-	-	*
<i>Vitis del rioi</i>	-	*	*
<i>Vitis embergerii</i>	-	-	*
<i>Vitis gigas</i>	-	-	*
<i>Vitis labrusca</i> e híbridos	+++*	++*	+++*
<i>Vitis longii</i>	+	++	-
<i>Vitis piasekii</i>	-	-	*
<i>Vitis riparia</i>	++*	+++*	+++*
<i>Vitis rupestris</i>	++*	+++	+++
<i>Vitis romanetii</i>	-	-	*
<i>Vitis simpsonii</i>	-	+	-
<i>Vitis shuttleworthii</i>	-	-	*
<i>Vitis sinocinerea</i>	-	-	*
<i>Vitis smalliana</i>	-	-	*
<i>Vitis tiliifolia</i>	-	+	-
<i>Vitis vinifera</i>	+++++*	++*	+++++*

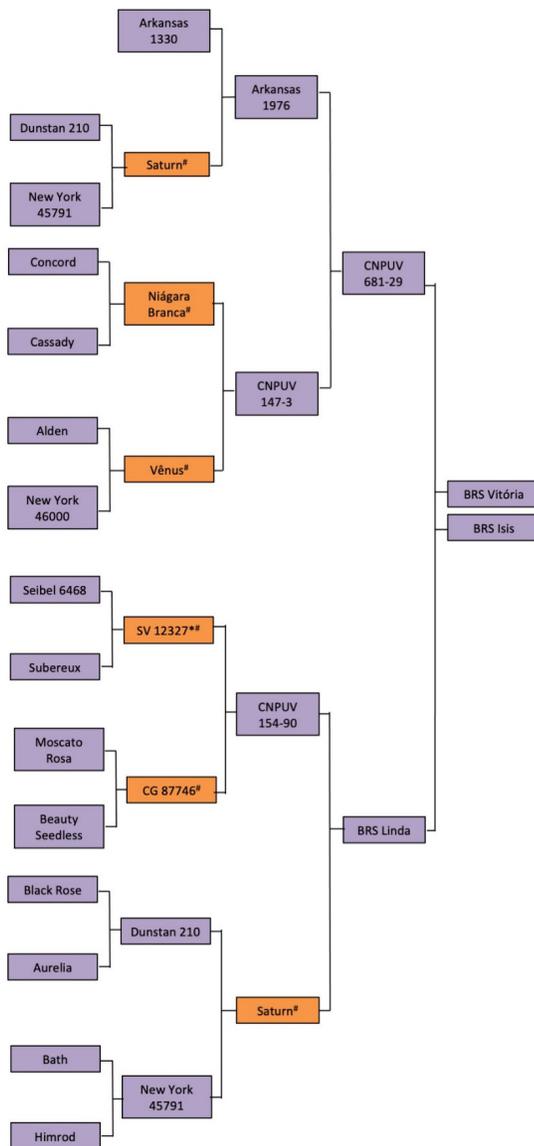
## Origem e caracterização da resistência de ‘BRS Vitória’ e ‘BRS Isis’

Atualmente são propostos na literatura pelo menos 16 genes candidatos envolvidos no controle da resistência ao míldio, causado pelo patógeno *Plasmopara viticola*, e identificados pelas iniciais *Rpv* (*Resistance to Plasmopara viticola*) e sequencialmente numerados: *Rpv1* a *Rpv16*, (Buonassisi et al., 2017).

Dentre estes, o gene *Rpv3*, derivado da espécie selvagem *V. riparia*, é um dos mais bem caracterizados na literatura e está presente na genealogia de cultivares bem conhecidas, como Regent (de origem alemã) e Bianca (de origem húngara), ambas utilizadas para elaboração de vinho (Bellin et al., 2009; Maul et al., 2020). A fonte desta resistência está presente em genótipos originados da hibridação entre ‘Seibel 6468’ e ‘Subereux’ (sinonímia ‘Seibel 6905’), como ‘Joannes Seyve 11369’, que participa da genealogia de ‘Regent’ e ‘Villard Blanc’ (sinonímia ‘Seyve Villard 12375’), presente entre os genótipos que originaram a cultivar Bianca (Maul et al., 2020).

Quando se analisa a genealogia de ‘BRS Vitória’ e ‘BRS Isis’, observa-se a participação de várias cultivares resistentes ao míldio, como Vênus, Saturn e Seyve Villard 12327 (‘SV 12327’) (Figura 2). A ‘Seyve Villard 12327’ é originária da mesma hibridação que resultou nos genótipos ‘Joannes Seyve 11369’ e ‘Villard Blanc’, ascendentes de ‘Regent’ e de ‘Bianca’, respectivamente. Embora ainda não existam estudos específicos, pode-se inferir que a resistência de ‘Seyve Villard 12327’, da mesma forma, seja controlada pelo gene *Rpv3*. ‘Villard Blanc’ também participa da genealogia de ‘Saturn’. A incidência de míldio em ‘Venus’ está classificada como média na base de dados do BAG-Uva (Embrapa, 2021), ou seja, foram observadas manchas com um a dois centímetros de diâmetro em até 30% das folhas.

Na literatura, *Rpv3* é descrito como responsável por uma reação de hipersensibilidade, agindo em conjunto com genes de menor efeito, que controlam respostas relacionadas com a redução da velocidade da infecção (Bellin et al., 2009). Entretanto, o funcionamento de *Rpv3* é determinante para iniciar a ação de outros genes de efeito menor, que atuam sobre a



**Figura 2.** Genealogia das cultivares apirênicas de uvas de mesa resistentes ao míldio BRS Vitória e BRS Isis, desenvolvidas no âmbito do Programa de Melhoramento Genético “Uvas do Brasil”. A cor laranja indica a menção do progenitor como cultivar com resistência alta a intermediária ao míldio na base de dados **VIVC - Vitis International Variety Catalogue** (\*) (Maul et al., 2020) e/ou com baixa a média incidência de míldio na base de dados **Banco Ativo de Germoplasma de Uva** (#) (Embrapa, 2021) (Modificado de Maia et al., 2012; Ritschel et al., 2013).

velocidade, tanto do crescimento e penetração do micélio na folha da videira, quanto na produção dos esporos do patógeno (Foria et al., 2018).

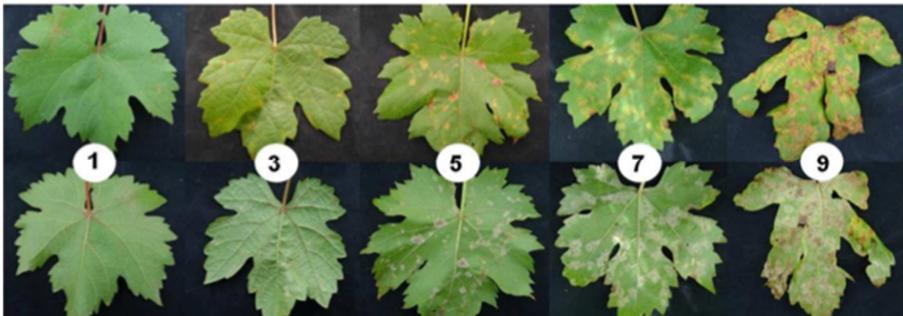
A atividade conjunta de *Rpv3* e dos genes auxiliares ativados por ele é indispensável para a expressão total da resistência ao míldio e varia de forma contínua, sendo portanto classificada como resistência horizontal. Assim, tanto no Programa de Melhoramento “Uvas do Brasil” como na literatura, a resistência ao míldio controlada por este gene é avaliada pela escala quantitativa de notas, que é preconizada por organizações internacionais como IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), pela OIV (International Organisation of Vine and Wine) e pela UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) e denominada de OIV452 (IPGRI, 1997). O ajuste desta escala para avaliação da resistência da videira ao míldio em regiões tropicais pode ser consultado em Anjos (2013) (Figura 3).

Esta escala foi usada para construir as curvas de progresso do míldio na cultivar resistente Villard Blanc, e na cultivar susceptível Thompson Seedless, com o objetivo de caracterizar a resistência de ‘BRS Vitória’ e de ‘BRS Isis’. Foram feitos dois experimentos na Estação Experimental de Viticultura Tropical, da Embrapa Uva e Vinho, em Jales, SP, em casa de vegetação, com incidência natural. O primeiro experimento foi conduzido durante a época mais úmida, de janeiro a março e o segundo, em época mais seca, entre maio e junho (Figura 4) (Ritschel et al., 2013).

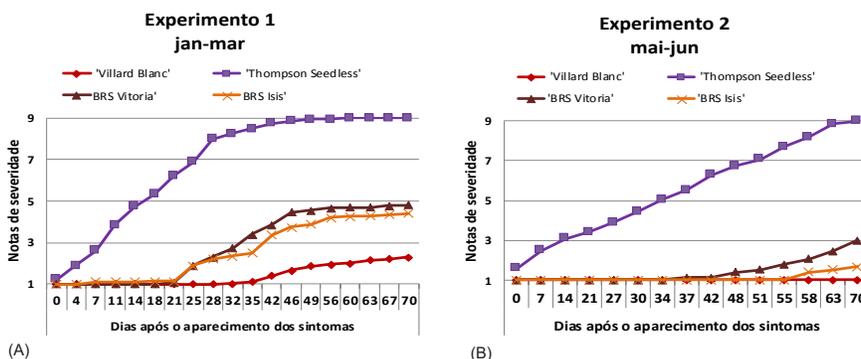
A influência das condições climáticas e do nível de resistência da cultivar sobre a reação da videira ao míldio podem ser acompanhadas quando comparamos os dois gráficos. No gráfico A, que corresponde ao experimento realizado durante a época de chuvas na região de Jales, a doença evolui mais rapidamente em todos os genótipos avaliados. ‘Thompson Seedless’, o controle susceptível, atinge a nota de severidade máxima, 9, que equivale à ocorrência de vastas lesões, de forte esporulação, abundância de micélio e queda tardia de folhas (Tabela 2), aos 60 dias após a observação dos primeiros sintomas (DPS); no gráfico B, esta nota é atingida somente aos 70 DPS. No controle resistente, ‘Villard Blanc’, os sintomas surgiram aos 35 dias após o aparecimento dos primeiros sintomas no controle susceptível (DPSCS) e a nota de severidade máxima, aos 70 DPSCS é 2,3, durante a época chuvosa. Durante a época seca, não foram observados sintomas em

**Tabela 2.** Escala de notas utilizadas para classificação de resistência/suscetibilidade de videira ao patógeno *Plasmopara viticola*, com descrição das características avaliadas em condições de campo (Modificado de IPGRI (1997) por Anjos, 2013).

Nota	Reação de plantas de videira à infecção com <i>Plasmopara viticola</i> em folhas (OIV452) no campo
1	Sem sintomas
3	Manchas pequenas (pequenas lesões necróticas, menores de 1 cm de diâmetro, pouca esporulação ou presença de micélio)
5	Manchas médias (manchas de pequeno a médio tamanho, de 1-2 cm de diâmetro, com desenvolvimento limitado do fungo e formação irregular de micélio).
7	Manchas médias (manchas de pequeno a médio tamanho, de 1-2 cm de diâmetro, com desenvolvimento limitado do fungo e formação irregular de micélio)
9	Manchas grandes (vastas lesões, forte esporulação, abundância de micélio, queda tardia de folhas).



**Figura 3.** Escala de notas para avaliação da severidade do míldio (*Plasmopara viticola*) em folhas de videira, em condições de campo (superior: superfície adaxial; inferior: superfície abaxial) (Modificado de IPGRI (1997) por Anjos, 2013).



**Figura 4.** Gráficos mostrando as curvas de progresso do míldio nas cultivares Villard Blanc (padrão resistente), Thompson Seedless (padrão suscetível), e nas cultivares de uvas de mesa lançadas pelo Programa “Uvas do Brasil”, BRS Isis e BRS Vitória, em dois experimentos realizados de janeiro a março de 2013 (A) e de maio a junho de 2013 (B), em casa de vegetação, na Embrapa Uva e Vinho – Estação Experimental de Viticultura Tropical - EVT. (Modificado de Ritschel et al., 2013).

‘Villard Blanc’. Na época chuvosa, a ‘BRS Vitória’ e a ‘BRS Isis’ apresentaram os primeiros sintomas do míldio aos 21 DPSCS e atingiram a nota máxima de severidade 5, que corresponde à ocorrência de machas médias, ou seja, a observação de manchas de pequeno a médio tamanho, com cerca de um a dois centímetros de diâmetro e equivalem ao desenvolvimento limitado do fungo e formação irregular de micélio (Tabela 2). Entre maio e junho, os primeiros sintomas foram observados aos 37 DPSCS e aos 58 DPSCS em ‘BRS Vitória’ e ‘BRS Isis’. As notas máximas de severidade foram de 3 e de 2 aos 70 DPSCS, respectivamente.

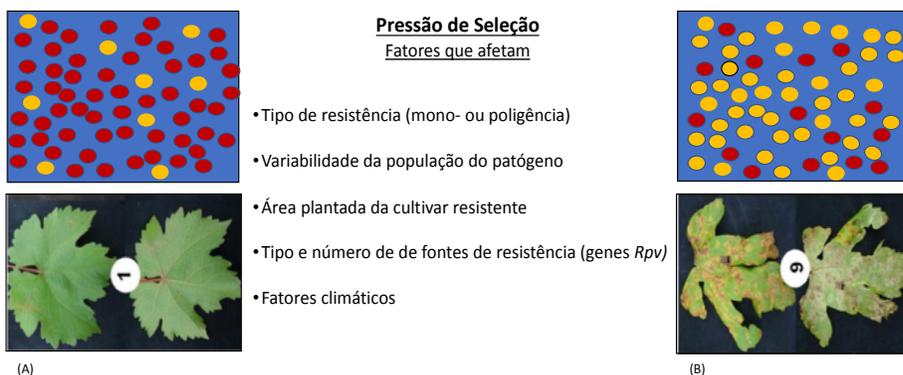
Da mesma forma, o nível de resistência apresentado por cultivares como ‘Regent’ e ‘Bianca’, também controlado por *Rpv3* e genes relacionados, varia em função das condições ambientais (Bellin et al., 2009; Foria et al., 2018).

## Quebra da resistência ao míldio

As populações de míldio não são geneticamente uniformes, ou seja, não são formadas por apenas um tipo de isolado. O incremento da variabilidade em populações de míldio, que acelera o processo de divergência tanto dentro, quanto entre as populações, é resultado da ocorrência de mutações pontuais e de recombinação. A ocorrência de reprodução sexuada em populações de *P. viticola*, é bem estabelecida em regiões de clima temperado e contribui para a recombinação desta variabilidade pré-existente, formando grupo de indivíduos divergentes (Anjos, 2013; Santos et al., 2020). Assim, as populações do patógeno são compostas por grupos de isolados desiguais, que apresentam diferenças com relação a diversas características, algumas de grande importância e interesse para a viticultura, como a resistência a princípios ativos de formulações de fungicidas e como a capacidade de superar a resistência de cultivares de videira, conhecida como “quebra de resistência”.

A quebra de resistência pode ser definida como o surgimento e prevalência de isolados do patógeno capazes de superar o tipo de resistência apresentado pelo hospedeiro. O emprego contínuo de cultivares resistentes pode favorecer a reprodução de indivíduos na população de patógenos capazes de superar a resistência, fazendo com que predominem. A Figura 5 é uma representação gráfica reunindo os conceitos básicos que resultam na ocorrência da quebra de resistência. Para facilitar o entendimento, foram usados como exemplos a doença míldio e as cultivares BRs.

Nesta figura, os isolados avirulentos em uma população do míldio, incapazes de romper a resistência, são representados por círculos vermelhos e os isolados virulentos são mostrados pelos círculos amarelos. Na situação hipotética “A”, prevalecem os isolados avirulentos, ou seja, esta população de míldio não é capaz de causar danos às cultivares BRs. O uso de variedades resistentes exerce uma pressão de seleção sobre as populações de míldio, resultando na ocorrência da situação hipotética “B”, onde a população do patógeno evolui e passa a ser formada predominantemente por isolados virulentos, com capacidade de quebrar a resistência e causar danos às cultivares. Esta alteração permanente na composição da população do patógeno é um processo lento, que ocorre ao longo de uma série de exposições da



**Figura 5.** Representação gráfica de uma população de míldio que varia com respeito à virulência e à capacidade de romper a resistência de uma cultivar ao longo do tempo. A ocorrência de “quebra de resistência” ao míldio está relacionada ao surgimento e predominância de isolados capazes de romper o mecanismo de resistência da cultivar de videira na população do patógeno. Nesta Figura, a população (A) é formada predominantemente por isolados com baixa virulência, incapazes de romper a resistência da cultivar resistente, representados pelos círculos vermelhos. A nota de avaliação da cultivar resistente exposta a esta população de míldio é 1 (muito resistente). Entretanto, isolados virulentos, representados pelos círculos amarelos, estão presentes na população em uma frequência baixa. Em uma situação de quebra de resistência, em decorrência de uma alta pressão de seleção, a composição da população é modificada com a prevalência de isolados virulentos. Observa-se a ocorrência de danos à cultivar, que passa a ser avaliada permanentemente como “muito susceptível” (nota 9). (As fotos das folhas representando cultivares resistente (nota 1) e susceptível (nota 9) foram modificadas de Anjos, 2013)

população microbiana à cultivar resistente, somadas às condições climáticas muito favoráveis ao míldio, mas é uma situação esperada a longo prazo, especialmente com o aumento da pressão de seleção sobre a população do patógeno.

Uma condição de alta pressão de seleção reúne um conjunto específico de fatores externos ou ambientais que resultam no aumento da frequência de determinados isolados na população, que, em última instância, resultam na melhor adaptação da população do patógeno a um ambiente específico. Quanto maior a pressão de seleção, maior a probabilidade de ocorrência da quebra de resistência. Vários fatores podem afetar a pressão de seleção. A resistência vertical, caracteristicamente monogênica, é mais facilmente

quebrada quando comparada com a resistência horizontal, poli ou oligogênica por definição. Populações heterogêneas de patógenos sob alta pressão de seleção apresentam maior possibilidade de já incluir em sua composição, mesmo em pequenas proporções, isolados capazes de superar a resistência do hospedeiro (Dussert et al., 2019). Por outro lado, quanto maior a área cultivada com uma única cultivar resistente, maior a possibilidade de quebra de resistência. A ocorrência repetida de condições climáticas muito favoráveis ao aumento da população do patógeno, em safras sucessivas, pode resultar no aumento gradual da frequência de raças capazes de superar a resistência do hospedeiro, acelerando a quebra da resistência. Fontes de resistência variadas, presentes no hospedeiro, atrasam o evento de quebra de resistência.

Isolados do patógeno coletados na Europa já mostraram diferenças com respeito ao grau de virulência. Foram também identificados, em testes de laboratório, isolados que quebraram a resistência das cultivares Bianca e Regent (Bellin et al., 2009; Demotte et al., 2014).

Em avaliações realizadas em 'Bianca', em laboratório, sob inoculação artificial e condições extremamente favoráveis ao patógeno, incluindo o uso de folhas jovens bem tenras, alta concentração de inóculo, temperatura ótima e alta umidade relativa antes e durante a incubação, foi possível observar o desenvolvimento do míldio e inclusive a produção de esporulação esparsa (Bellin et al., 2009).

No Brasil, também existem relatos de ocorrência de sintomas severos de míldio em cultivares consideradas resistentes, como na BRS Vitória, que estão relacionados à ocorrência de condições favoráveis ao crescimento rápido da população do patógeno.

Na região de Marialva, Norte do Paraná, o clima é classificado como subtropical úmido (C), sem estação seca (f), com verão quente (a) ou Cfa (ALVARES et al., 2013) e as condições ambientais são extremamente favoráveis à ocorrência de míldio. Em anos caracterizados por umidade e temperaturas acima do normal, foi observada a ocorrência de míldio causando prejuízos em vinhedos com a 'BRS Vitória'. Como a ocorrência dos sintomas foi eventual, relacionada ao favorecimento do desenvolvimento da doença em anos específicos, estes episódios não foram classificados como quebra

da resistência. Ainda nesta região, em experimentos conduzidos durante dois anos, foi observada a necessidade de pelo menos uma aplicação quinzenal de fungicidas para controle do míldio em 'BRS Vitória', durante a safra da estação verão-outono (janeiro a maio), caracterizada por temperatura e umidade mais altas. Já na estação mais seca, no período inverno-primavera (agosto a dezembro), não foram observadas epidemias de míldio na cultivar (Pereira et al., 2018).

O ciclo recente de vários anos secos, observado no Vale do São Francisco (VSF) [classificação climática BSh: clima seco semiárido (BS), de baixa latitude e altitude (h), segundo Alvares (2013)] foi muito desfavorável à ocorrência do míldio, mantendo a população do patógeno em níveis muito baixos. Assim, os produtores relatavam um grau de resistência da 'BRS Vitória' que corresponde à nota 1 (muito resistente) na escala apresentada neste documento, embora a cultivar tenha sido classificada, durante os anos de seu desenvolvimento, com a nota 3 (resistente) (Maia et al., 2012) em Jales, no noroeste de São Paulo, onde o clima é classificado como tropical (A), com inverno seco (w) ou Aw (Alvares et al., 2013).

Com a ocorrência de chuvas excessivas no VSF, no primeiro semestre do ano de 2020, foi observado um grande surto de míldio na região. Conforme já observado em outras partes do país, a doença provocou danos expressivos na 'BRS Vitória', suscitando dúvidas nos produtores a respeito da possível quebra da resistência da cultivar.

De acordo com os conceitos da interação planta-patógeno-ambiente e exemplos apresentados neste documento, a maior ocorrência da doença em cultivares resistentes é esperada, em anos de clima extremamente favorável ao patógeno. Ainda não é possível caracterizar o episódio ocorrido no VSF como quebra da resistência. Para isso, será necessário o acompanhamento anual da ocorrência da doença na cultivar na região, até que se confirme, sem margem de dúvida, que a nota de resistência foi permanentemente alterada, mesmo em condições mais desfavoráveis ao patógeno.

Não é possível fazer comparações entre a reação ao míldio da 'BRS Vitória' com a de outras cultivares de videira neste ciclo específico, a não ser que o mesmo tratamento fitossanitário para controle da doença tenha sido realizado para todas as variedades em comparação. Com certeza, em nível comercial,

não foi o ocorrido. O esperado é que tenham sido usados tratamentos mais intensos para a produção de cultivares susceptíveis ao míldio. A expectativa dos produtores em relação à 'BRS Vitória' era de ocorrência de pouco míldio e assim, quando os tratamentos foram realizados, certamente foram menos intensos. Assim, as cultivares susceptíveis estavam mais protegidas da doença e por isso, podem ter desenvolvido menos sintomas em comparação com a 'BRS Vitória', neste ciclo específico.

Ainda, pode ser que sob a o regime normal de chuvas no VSF seja necessária a intensificação da grade de tratamentos para o míldio durante o período chuvoso do primeiro semestre no VSF, assim como ocorre durante o período mais chuvoso no Norte do Paraná.

## Estabilidade e durabilidade da resistência de cultivares de videira ao míldio

Para a videira, uma espécie perene, é de fundamental importância que a resistência a doenças seja estável e durável, como desejado e esperado pelos viticultores. Assim, o desenvolvimento de cultivares resistentes deve buscar um alto grau de resistência que seja também duradoura, reduzindo e postergando ao máximo a possibilidade de quebra da resistência.

### Em curto prazo: ações conjuntas dos viticultores

Algumas estratégias podem ser adotadas em conjunto pelos viticultores de uma região, visando postergar o aumento da frequência de isolados virulentos na população do patógeno, a fim de reduzir os danos e os prejuízos de uma epidemia do míldio.

Em períodos com estádios fenológicos favoráveis (após 35 dias do início da brotação) e presença de molhamento foliar resultante de chuva, chuveiro ou orvalho recomenda-se: (i) evitar altas doses de adubação nitrogenada, pois esta prática favorece o desenvolvimento de patógenos biotróficos; (ii) aplicar produtos que induzem resistência, como fosfito de potássio, Agromós<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> A menção a esta marca é apenas para fins ilustrativos, não havendo, por parte da Embrapa e autores desta publicação, qualquer tipo de conotação comercial ou de recomendação de uso.

ou Rocksil<sup>2</sup>, em rotação com fungicidas; (iii) aplicar semanalmente de forma preventiva, produtos sistêmicos e de contatos, no período que vai do estágio de pré-florescimento ao estágio grão-ervilha; (iv) em casos de ocorrência severa do míldio, efetuar uma aplicação com fungicida sistêmico, no dia seguinte aplicar um fungicida de profundidade e no terceiro dia aplicar um produto a base de cobre. Após a erradicação da doença, volta-se ao cronograma previamente estabelecido.

Em anos com regime normal de chuvas, efetuar, mensalmente ou a cada 45 dias, uma aplicação com fungicida, desde que observada a presença de lesões ou sintomas da doença a campo.

Já em períodos secos, realizar o acompanhamento do clima para fazer intervenções, caso haja mudanças esporádicas nas condições de umidade e aumento da duração do molhamento foliar.

O produtor rural ou o técnico responsável podem se informar, com certa antecedência, sobre as condições climáticas em sua região, incluindo o regime esperado de chuvas, consultando o site do INMET (<https://portal.inmet.gov.br>) e buscando o boletim agroclimático mensal que apresenta o prognóstico para os três meses seguintes. Outra possibilidade é o uso de sistemas de alerta, como o Crops, que já vem sendo usado no sul do país (Embrapa..., 2021)

## **Em longo prazo: desenvolvimento de cultivares com resistência duradoura**

Já foi mencionado que foram identificados mais de uma dezena de genes da videira associados com a reação ao míldio. Nenhum destes genes confere resistência total ao patógeno, mas alguns deles, como o *Rpv3*, que controla a reação ao míldio manifestada pela 'BRS Vitória', apresentam efeitos maiores.

Uma observação muito valiosa para o desenvolvimento de cultivares resistentes de videira é que quando algumas fontes ou genes de resistência ao míldio são combinadas em um só genótipo ou cultivar, os efeitos de cada um podem ser "somados". Os efeitos aditivos dos locos *Rpv1* e *Rpv3* já foram comprovados no Brasil (Nascimento-Gavioli et al., 2016, Sanchez-Mora et al., 2017 e Saifert et al., 2018).

Com base nesta observação, uma das estratégias consideradas mais efetivas para promover a durabilidade da resistência é a piramidação de genes, que consiste na combinação ou reunião de dois ou mais genes de resistência para uma mesma doença em um só genótipo (Eibach et al., 2007). Através da piramidação, a probabilidade de quebra da resistência é reduzida, porque esta requer a quebra simultânea da resistência conferida por cada um dos genes piramidados. Atualmente, a piramidação de locos de resistência a doenças é uma atividade rotineira em vários programas de melhoramento da videira espalhados pelo mundo, incluindo o estabelecido na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos (Sanchez-Mora et al., 2017 e Saifert et al., 2018).

Com este objetivo, de combinar diferentes fontes de resistência ao míldio e também ao oídio em seleções apirênicas de uvas de mesa, está sendo estabelecida uma parceria entre o Programa de Melhoramento Genético “Uvas do Brasil”, conduzido pela Embrapa Uva e Vinho e o programa de melhoramento da videira estabelecido na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos.

Ao final da parceria, a expectativa é a obtenção de germoplasma básico incluindo diferentes fontes de resistência ao míldio e oídio piramidadas, combinadas com o contexto genômico das uvas de mesa apirênicas desenvolvidas pela Embrapa. Estas seleções serão empregadas em novos ciclos de cruzamentos, almejando o desenvolvimento de novas cultivares de uvas de mesa apirênicas resistentes ao míldio e ao oídio, em médio e longo prazo.

A vantagem destas futuras cultivares residirá no fato de apresentarem ao menos dois locos de resistência para cada doença, tornando a resistência mais efetiva, estável e durável. O emprego destas cultivares permitirá reduzir a aplicação de fungicidas para manejar as doenças, atendendo às demandas atuais da sociedade por produtos mais sustentáveis, bem como aumentando a competitividade do produtor e cadeia produtiva pela redução dos custos de produção.

## Referências

AGRICULTURES & TERRITOIRES. Chambre D'agriculture Occitanie. **Cépages résistants aux maladies cryptogamiques**. Oct. 2014. Disponível em: [https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Occitanie/cepages\\_resistants\\_2014\\_viti\\_Note\\_de\\_suivi.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/cepages_resistants_2014_viti_Note_de_suivi.pdf). Acesso em: 28 jul. 2021.

ALLEWELDT, G.; POSSINGHAM, J. V. Progress in grapevine breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 75, n. 5, p. 669-673, May 1988. DOI: 10.1007/BF00265585.

ALLEWELDT, G.; SPIEGEL-ROY, P.; REISCH, B. Grapes (Vitis). **Acta Horticulturae**, v. 290, p. 291–327, 1990. DOI 10.17660/ActaHortic.1991.290.7.

ALVARES., C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; GHINI, R.; GARRIDO, L. da R.; TEIXEIRA, A. H. de C.; PEDRO JÚNIOR, M. J. **Mudanças climáticas e o cenário de ocorrência do míldio e do oídio da videira no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 20 p. il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 260). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114743/1/SDC260.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2021.

ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; MAGALHÃES, E. E.; GHINI, R.; GARRIDO, L. da R.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Mudanças climáticas e ocorrência do míldio da videira no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 424-432, 2017a. DOI 10.1590/S0100-204X2017000600006.

ANGELOTTI, F.; GHINI, R.; BETTIOL, W. Como o aumento da temperatura interfere nas doenças de plantas? In: BETTIOL, W. HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Eds.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, 2017b. p. 116-146. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165560/1/Fran-2.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ANJOS, L. M. dos. **Diversidade genética de Plasmopara viticola e mapeamento de QTLs de resistência ao míldio em videira (Vitis spp.)**. 2013. 231p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/18325>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ARAÚJO JUNIOR, A. T. de; LONGHI, P.; RITSCHER, P.; GAVA, R.; SANHUEZA, R. M. V.; COX, K. Uso de RFLP-PCR para a detecção de isolados de Venturia inaequalis resistentes ao cresoxim metílico do Sul do Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 3, p. 224-226, 2015. DOI 10.1590/0100-5405/2085.

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, n. 1, p. 163–176, Dec. 2009. DOI 10.1007/s00122-009-1167-2.

BUONASSISI, D.; COLOMBO, M.; MIGLIARO, D.; DOLZANI, C.; PERESSOTTI, E.; MIZZOTTI, C.; VELASCO, R.; MASIERO, S.; PERAZZOLLI, M.; VEZZULLI, S. Breeding for grapevine downy mildew resistance: a review of "omics" approaches. **Euphytica**, v. 213, n. 103, p. 1-21, April 2017. DOI 10.1007/s10681-017-1882-8.

CAMARGO, L. E. A. Genética da Interação Patógeno-Hospedeiro. IN: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. 5 ed. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018. v. 1, p.119-132.

CAMARGO, U. A. Impacto das cultivares brasileiras de uva no mercado interno e potencial no mercado internacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 12, 2008, Bento Gonçalves. **Anais...**Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p. 37-42. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50641/1/CAMARGO2.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

CAMARGO, U. A. Melhoramento Genético da Videira. In: SOUZA LEÃO, P. C. de ; SOARES, J. M.; (Ed.). **A viticultura no semi-árido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000, p 65-91.

CRANDALL, S. G.; RAHMAN, A.; QUESADA-OCAMPO, L. M.; MARTIN, F. N.; BILODEAU, G. J.; MILE, T. D. Advances in the diagnostics of downy mildews: lessons learned from other oomycetes and future challenges. **Plant Disease**, v. 102, n. 2, p. 265-275, Jan. 2018. DOI 10.1094/PDIS-09-17-1455-FE.

DELMOTTE, F.; MESTRE, P.; SCHNEIDER, C.; KASSEMEYER, H.-H.; KOZMA, P.; RICHART-CERVERA S.; ROUXEL, M.; DELIÈRE, L. Rapid and multiregional adaptation to host partial resistance in a plant pathogenic oomycete: Evidence from European populations of *Plasmopara viticola*, the causal agent of grapevine downy mildew. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 27, p. 500-508, Oct. 2014, DOI <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2013.10.017>

DUSSERT, Y.; MAZET, I. D.; COUTURE, C.; GOUZY, J.; PIRON, M. C.; KUCHLY, C.; BOUCHEZ, O.; RISPE, C.; MESTRE, P.; DELMOTTE, F. A high-quality grapevine downy mildew genome assembly reveals rapidly evolving and lineage-specific putative host adaptation genes. **Genome Biology and Evolution**, v. 11, n. 3, p. 954–969, Mar. 2019. DOI 10.1093/gbe/evz048.

EIBACH, R.; ZYPRIAN, E.; WELTER, L.; TÖPFER, R. The use of molecular markers for pyramiding resistance genes in grapevine breeding. **Vitis**, v. 46, n. 3, p. 120–124, 2007. DOI 10.5073/vitis.2007.46.120-124.

EMBRAPA UVA E VINHO; JAHDE TECNOLOGIA. **Crops monitoramento de doenças**: uma nova ferramenta para o manejo de míldio na cultura da videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Lajeado: Jahde Tecnologia, set. 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1135197>. Acesso em: 27 dez. 2021.

EMBRAPA. Embrapa Uva e Vinho. Programa de Melhoramento Genético Uvas do Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/programa-uvas-do-brasil>. Acesso em: 31 ago. 2021.

FENELL, J. L. The tropical grape. **The Scientific Mounthly**, v. 61, n. 6, p. 465-468, Dec. 1945.

FENNELL, J. L. Inheritance studies with the tropical grape. **The Journal of Heredity**, v. 39, n. 2, p. 54-64, Feb. 1948

FORIA, S.; MAGRIS, G.; MORGANTE, M.; DI GAPERO, G. The genetic background modulates the intensity of Rpv3-dependent downy mildew resistance in grapevine. **Plant Breeding**, v. 137, n. 2, p. 220–228, 2018. DOI /10.1111/pbr.12564.

GARRIDO, L. da R.; SÔNEGO, O. R. Míldio da videira. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 2, n. 11, p. 22-23, dez. 2001/jan. 2002. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61346/1/GARRIDO-CultivarHF-v2n11p22-2001.pdf>. Acesso em 29 jul. 2021.

GESSLER, C.; PERTOT, I.; PERAZZOLLI, M. Plasmopara viticola: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 50, n. 1, p. 3–44, April 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26458675>. Acesso em: 29 jul. 2021.

GRIGOLETTI JUNIOR, A.; SÔNEGO, O. R. **Principais doenças fúngicas da videira no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1997. 36 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 17). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87143/1/Principais-doencas.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2021.

LIU, G.-T.; WANG, B.-B.; LECOURIEUX, D.; LI, M.-J.; LIU, M.-B.; LIU, R.-Q.; SHANG, B.-X.; YIN, X.; WANG, L.-J.; LECOURIEUX, F.; XU, Y. Proteomic analysis of early-stage incompatible and compatible interactions between grapevine and *P. viticola*. **Horticulture Research**, v. 8, n. 100, Feb. 2021. DOI 10.1038/s41438-021-00533-y.

IPGRI. International Plant Genetic Resources Institute. **Descriptors for grapevine (Vitis spp.)**. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. Disponível em: [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/online\\_library/publications/pdfs/393.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/393.pdf). Acesso em: 2 abr. 2021.

KAMOUN, S.; FURZER, O.; JONES, J. D. G.; JUDELSON, H. S.; ALI, G. S.; DALIO, R. J. D.; ROY, S. G.; SCHENA, L.; ZAMBOUNIS, A.; PANABIÈRES, F.; CAHILL, D.; RUOCCO, M.; FIGUEIREDO A.; CHEN, X.-R.; HULVEY, J.; STAM, R.; LAMOUR, K.; GIJZEN, M.; TYLER, B. M.; GRÜNWARD, N. J.; MUKHTAR, M. S.; TOMÉ, D. F. A.; TÖR, M.; VAN DEN ACKERVEN, G.; MCDOWELL, J.; DAAYF, F.; FRY, W. E.; LINDQVIST-KREUZE, H.; MEIJER, H. J. G.; PETRE, B.; RISTAINO, J.; YOSHIDA, K.; BIRCH, P. R. J.; GOVERS, J. The Top 10 oomycete pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 4, p. 413–434, May 2015. DOI 10.1111/mpp.12190.

MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; ZANUS, M. C.; QUECINI, V.; FERREIRA, M. E.; RITSHEL, P. S. Grapevine breeding programs in Brazil. In: REYNOLDS A. (Ed.) **Grapevine breeding programs for the wine industry: tradition and molecular techniques**. Swaston UK: Elsevier Science, 2015. Chap. 11, p. 247–271. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124166/1/maia-p247-p271-20150001.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S.; CAMARGO, U. A.; SOUZA, R. T. de; FAJARDO, T. V. M.; NAVES, R. de L.; GIRARDI, C. L. **‘BRS Vitória’**: nova cultivar de uva de mesa sem sementes com sabor especial e tolerante ao míldio. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 12 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 126). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71804/1/cot126.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

MAUL, E.; TÖPFER, R.; RÖCKEL, F.; BRÜHL, U.; HUNDEMER, M.; MAHLER-RIES, A.; WALK, M.; KECKE, S.; WOLCK, A.; GANESCH, A. **Vitis International Variety Catalogue**. Disponível em: [www.vivc.de](http://www.vivc.de). Acesso em: 2 jan. 2020.

MORTENSEN, J. A. Breeding grapes for Central Florida. **Hortscience**, v. 6, n. 2, p. 149–153, 1971.

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, Jan. 2016. DOI 10.1016/j.jprot.2016.05.024.

OWENS, C. L. Grapes. In: HANCOCK, J. F.(Ed.). **Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics**. Netherlands : Springer Science+Business Media, 2008, p. 197-233.

PEREIRA, C. B.; TESSMANN, D. J.; SANTANA, R.G.; CONTRERAS-SOTO, R. I.; SOUZA, R. T. de; NAVES, R. de L. Temporal dynamics and management of downy mildew on the table grape 'BRS Vitória' in northern Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 19-28, jan./fev. 2018. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173773/1/Mildio-BRS-Vitoria-Semina.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

PRAZZOLI, M. L.; LORENZI, S.; PERAZZOLLI, M.; TOFFOLATTI, S.; FAILLA, O.; GRANDO, M. S. Identification of disease resistance-linked alleles in *Vitis vinifera* germplasm. **BIO Web of Conferences**, v. 13, n. 01004, April 2019. DOI /10.1051/bioconf/20191301004.

REYNOLDS, A. G. (Ed.) **Grapevine breeding programs for the wine industry**. Cambridge: Elsevier Science, 2015. 440 p.

RITSCHER, P. S.; MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A.; SOUZA, R. T. de; FAJARDO, T. V. M.; NAVES, R. de L.; GIRARDI, C. L. **BRS Isis: nova cultivar de uva de mesa vermelha, sem sementes e tolerante ao mildio**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2013. 11 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 143). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123194/1/cot143.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

RITSCHER, P. S.; MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A. Variedades resistentes: intersecção entre rusticidade e qualidade - a experiência brasileira. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 15.; CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 13., 2015, Bento Gonçalves. **Palestras...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho: Associação Brasileira de Enologia, 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136796/1/Ritscher-artigo.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SAIFERT, L.; SÁNCHEZ-MORA, F. D.; ASSUMPÇÃO, W. T.; ZANGHELINI, J. A.; GIACOMETTI, R.; NOVAK, E. I.; DAL VESCO, L. L.; NODARI, R. O.; EIBACH, R.; WELTER, L. J. Marker-assisted pyramiding of resistance loci to grape downy mildew. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 5, p. 602-610, May 2018. DOI 10.1590/S0100-204X2018000500009.

SANCHEZ-MORA, F. D.; SAIFERT, L.; ZANGHELINI, J.; ASSUMPÇÃO, W. T.; GUGINSKI-PIVA, C. A.; GIACOMETTI, R.; NOVAK, E. I.; KLABUNDE, G. H.; EIBACH, R.; DAL VESCO, L. L.; NODARI, R. O.; WELTER, L. J. Behavior of grape breeding lines with distinct resistance alleles to downy mildew (*Plasmopara viticola*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 141-149, June 2017. DOI 10.1590/1984-70332017v17n2a21.

SANTOS, R. F.; CIAMPI-GUILLARDI, M.; FRAAIJE, B. A.; OLIVEIRA, A. A. de; AMORIM, L. The climate-driven genetic diversity has a higher impact on the population structure of *Plasmopara viticola* than the production system or QoI fungicide sensitivity in Subtropical Brazil. **Frontiers and Microbiology**, v. 11, n. 575045, Sep. 2020. DOI 10.3389/fmicb.2020.575045.

SANTOS NETO, J. R. de A. Melhoramento da videira. **Bragantia**, v. 14, n. 23, p. 237-258, nov. 1955.

SANTOS NETO, J. R. de A. O melhoramento da videira no Instituto Agrônomico. **Ciência e Cultura**, v. 23, n. 6, p.700-710, 1971.

SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. da R.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Principais doenças fúngicas da videira no Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2005. 32 p. (Embrapa Uva e

Vinho. Circular Técnica, 56). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPUV/8134/1/cir056.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SOUZA, R. T. de; NAVES, R. de L.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; COSTA, S. M. da; 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, e-443, 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1092005>. Acesso em: 29 jul. 2021. THIS P.; LACOMBE, T.; THOMAS, M. R. Historical origins and genetic diversity of wine grapes.

THIS P.; LACOMBE, T.; THOMAS, M. R. Historical origins and genetic diversity of wine grapes **Trends in Genetics**, v. 22, n. 9, p. 511-519, Sep. 2006. DOI 10.1016/j.tig.2006.07.008.

VINI&VINO. **10 Nuovi vitigni resistenti alle malattie**. Disponível em: <https://www.vinievino.com/parliamo-di-vino/innovazioni-tecnologiche/10-nuovi-vitigni-resistenti-alle-malattie-registati-dal-ministero-1078.html>. Acesso em: 25 set. 2015.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Uva e Vinho**

Rua Livramento, 515 - Caixa Postal 130  
95701-008 Bento Gonçalves, RS

Fone: (0xx) 54 3455-8000

Fax: (0xx) 54 3451-2792

[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

Publicação digitalizada (2022)



Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável

Presidente

*João Caetano Fioravanzo*

Secretário-Executivo

*Edgardo Aquiles Prado Perez*

Membros

*Fernando José Hawerth, Jorge Tonietto,*

*Klecius Ellera Gomes, Renata Gava,*

*Silvana Buriol, Rochelle Martins Alvorcem,*

*Thor Vinicius Martins Fajardo*

Supervisão editorial

*Klecius Ellera Gomes*

Revisão de texto

*Edgardo Aquiles Prado Perez*

*Renata Gava*

Normalização bibliográfica

*Rochelle Martins Alvorcem CRB10/1810*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração Eletrônica

*Cristiane Turchet*

Fotos da capa

*Patrícia Silva Ritschel*

*Rosemeire de Lellis Naves*