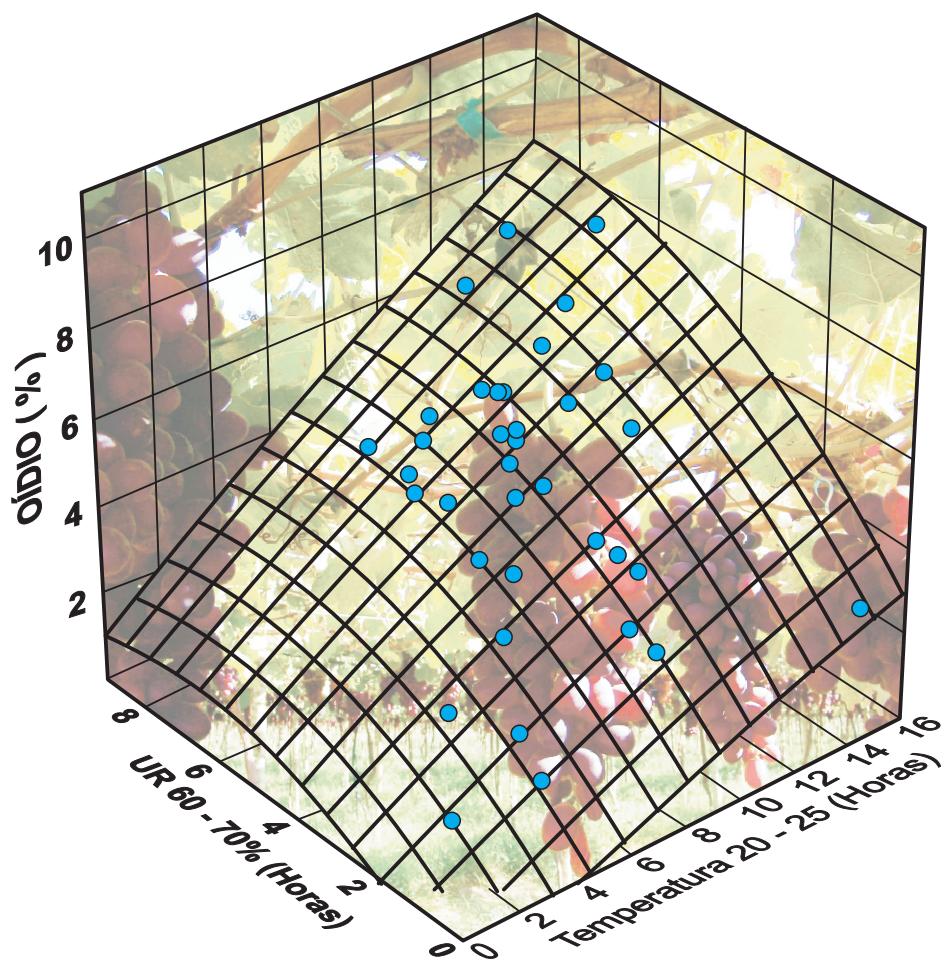


Sistema de Alerta e Previsão para Doenças da Videira



ISSN 1808-9992

Dezembro, 2012

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 251

Sistema de Alerta e Previsão para Doenças da Videira

*Francislene Angelotti
Carlos Alberto Tuão Gava
Diógenes da Cruz Batista
José Maurício Cunha Fernandes
Willingthon Pavan*

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE
2012

Esta publicação está disponibilizada no endereço:

<http://www.cpsa.embrapa.br>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3866-3600 Fax: (87) 3866-3815

sac@cpsa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Secretário-Executivo: Anderson Ramos de Oliveira

Membros: Ana Valéria Vieira de Souza

Andréa Amaral Alves

Gislene Feitosa Brito Gama

José Maria Pinto

Juliana Martins Ribeiro

Magna Soelma Beserra de Moura

Patrícia Coelho de Souza Leão

Sidinei Anunciação Silva

Vanderlise Giongo

Welson Lima Simões

Supervisão editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisão de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: Marcelino Lourenço Ribeiro Neto

1ª edição (2012): Formato digital

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

CIP - Brasil. Catalogação na publicação

Embrapa Semiárido

Sistema de alerta e previsão para doenças da videira / Francislene Angelotti... [et al.]. –
Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012.

34 p. --- (Embrapa Semiárido. Documentos, 251).

1. Míldio. 2. Oídio. 3. *Vitis vinifera*. 4. *Vitis labrusca*. 5. *Plasmopara viticola*. 6. *Uncinula necator*. 7. Semiárido brasileiro. I Gava, Carlos Alberto Tuão. II. Batista, Diógenes da Cruz. III. Fernandes, José Maurício Cunha. IV. Pavan, Willingthon. V. Título. VI. Série.

CDD 634.82

© Embrapa 2012

Autores

Francislene Angelotti

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fitopatologia,
pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.
francislene.angelotti@embrapa.br

Carlos Alberto Tuão Gava

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Proteção de
Plantas, pesquisador da Embrapa Semiárido,
Petrolina, PE.

Diógenes da Cruz Batista

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia,
pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.
diogenes.batista@embrapa.br

José Maurício Cunha Fernandes

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia,
pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.
mauricio.fernandes@embrapa.br

Willingthon Pavan

Bacharel em Ciência da Computação, D.Sc. em
Agronomia, professor da Universidade Passo
Fundo, Passo Fundo, RS. pavan@upf.br

Apresentação

O Submédio do Vale do São Francisco é considerado uma das principais regiões produtoras de uva do Brasil, cuja produção tem como principal objetivo a exportação, além da produção de vinho. Na região, observa-se grande preocupação dos produtores em relação à disponibilidade e adoção de tecnologias que lhes permitam a obtenção de frutos de qualidade, além da redução de custos.

Outros fatores também impulsionam a viticultura do Submédio do Vale do São Francisco. Nos cenários econômicos, observa-se que aumentam as exigências por frutos de qualidade e produzidos com base nos preceitos da sustentabilidade.

Um dos componentes mais importantes da qualidade é a sanidade do produto. Para assegurá-la, várias estratégias complementares precisam ser adotadas. Neste contexto, foram criados os sistemas de alerta; tecnologias que têm entre suas finalidades: reduzir o número de pulverizações e, por consequência, a diminuição dos riscos de contaminação dos frutos; redução dos impactos ambientais; e redução de custos. É, sobretudo, uma importante ferramenta para a tomada de decisão quanto ao emprego de medidas de controle fitossanitário.

Neste trabalho, alguns modelos de previsão para as principais doenças da videira são descritos. As informações apresentadas podem subsidiar a implementação de um sistema de alerta específico para a cultura da videira no Submédio do Vale do Rio São Francisco.

Nataniel Franklin de Melo
Chefe-Geral da Embrapa Semiárido

Sumário

Introdução	6
Estratégias para o manejo do míldio e oídio da videira.....	8
Alterações planta - patógeno - ambiente nos ciclos do míldio e oídio da videira	12
Alterações Microclimáticas Causadas pelo Desenvolvimento da Cultura.	12
Ciclo do Míldio da Videira e a Interação com Variáveis Climáticas	13
Ciclo do Oídio da Videira e a Interação com Variáveis Climáticas	15
Modelos de previsão do míldio da videira.....	16
Modelo de simulação - PLASMO	16
Modelo ADCON e Neogen Envirocaster	17
Modelo de simulação dinâmica	19
Modelos para a previsão de oídio da videira	20
Modelo de Diagnóstico da OiDiag-System	21
Modelo de Davis.....	22
Modelos de previsão para míldio e oídio da videira no Submédio do Vale do São Francisco	24
Modelo epidemiológico para míldio	24
Modelo epidemiológico para oídio	26
Perspectivas	29
Referências.....	30

Sistema de Alerta e Previsão para Doenças da Videira

Francislene Angelotti

Carlos Alberto Tuão Gava

Diógenes da Cruz Batista

José Maurício Cunha Fernandes

Wellington Pavan

Introdução

As doenças fúngicas constituem um dos principais problemas em todas as regiões produtoras de uva do Brasil (SONEGO et al., 2005). No Submédio do Vale do São Francisco, as principais são: o míldio [*Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis)], o oídio [*Uncinula necator* (Schw.)] e as podridões do cacho [*Glomerella cingulata* (Stonemam) Spauld & Schrenk; *Greeneria uvicola*].

As doenças resultam da interação entre patógeno, hospedeiro e o ambiente (AGRIOS, 1997). Assim, a importância de cada patógeno varia de acordo com a localização geográfica da área plantada, o nível de resistência varietal e as práticas de manejo. A influência da temperatura e a disponibilidade de água (umidade relativa do ar e chuva) na quantificação dos componentes monocíclicos como período latente, frequência de infecção, período infeccioso e produção de esporos tem sido estudado em diversos sistemas patógeno-hospedeiro e, em função disso, essas variáveis têm sido utilizadas na construção de modelos de simulação de epidemias (CAMPBELL; MADDEN, 1990), principalmente para programas de manejo integrado que objetivam o uso racional de fungicidas.

O interesse em estudar modelos de previsão de doenças de plantas, em especial de doenças da videira, deve-se aos esforços que vêm sendo realizados para o desenvolvimento de sistemas de previsão adequados às condições de cultivo dessa cultura no Submédio do Vale do São Francisco.

O principal objetivo deste trabalho é entender o funcionamento de modelos e sistemas de suporte à decisão em uso em algumas das principais áreas vitivinícolas ao redor do mundo. Com esse objetivo, a análise dos modelos considerou principalmente os seguintes pontos:

- Quais variáveis bióticas e abióticas (principalmente climáticas) são utilizadas nos modelos.
- Qual o grau de sucesso na utilização nas regiões para as quais foram desenvolvidos e em outras regiões produtoras.
- Avaliação da existência de limitações para seu uso nas áreas produtivas do Submédio do Vale do São Francisco.

Neste trabalho não se pretende fazer uma análise completa do estado da arte do desenvolvimento de modelos para previsão de doenças e de sua aplicação. A seção inicial apresenta uma rápida justificativa para o desenvolvimento de modelos epidemiológicos e sua aplicação para suporte à tomada de decisão no manejo integrado de doenças. A segunda seção faz uma rápida caracterização dos patossistemas abordados no estudo e das alterações climáticas impostas pelo dossel da cultura. Na terceira seção serão apresentados os principais modelos epidemiológicos e os sistemas de alerta em uso para o manejo de oídio e míldio da videira. Na quarta seção é apresentada a descrição e avaliação preliminar de modelos epidemiológicos da incidência de oídio e míldio da videira a serem empregados em sistemas de alerta para a região.

Não se pretende habilitar o produtor a utilizar os modelos para a região do Submédio do Vale São Francisco, porém, apresentar os primeiros resultados das pesquisas em desenvolvimento em busca de sua obtenção. Por fim, serão apresentados os trabalhos que futuramente serão executados para o desenvolvimento de sistemas de alerta efetivos para o Submédio do Vale do São Francisco.

Estratégias para o Manejo do Míldio e Oídio da Videira

O míldio da videira, causado por *P. viticola* (Berk. & Curt) Berl. & de Toni, é uma doença de grande impacto econômico em várias regiões do mundo. Os sintomas são manchas verde-clara, conhecidas como manchas-óleo, formadas na face superior das folhas, as quais evoluem para necroses de coloração castanho-avermelhadas podendo cobrir grande extensão do limbo foliar. Na face inferior das folhas, sob condições climáticas favoráveis, formam-se estruturas de frutificação de coloração esbranquiçada, os esporângios.

A doença causa danos em ramos, folhas e cachos, com perdas de até 100% da produção. O ataque severo pode causar desfolha precoce e má formação dos ramos, comprometendo as safras seguintes por impedir a formação de reservas para os próximos ciclos (AMORIM; KUNIUKI, 1997; LAFON; CLERJEAU, 1988). Nas inflorescências, além dos danos nas flores, o patógeno provoca o secamento da ráquis e a queda das bagas (desgrana). O fungo se desenvolve melhor sob condições de temperatura em torno de 18 °C a 25 °C e umidade relativa acima de 80% (LIMA et al., 2009).

O agente causal do oídio da videira é o fungo *U. necator* (Schwein.) Burril, um parasita obrigatório que infecta toda a parte aérea da planta. Nas folhas aparecem manchas cloróticas que se tornam pulverulentas e de cor branca. Os maiores danos são causados nos cachos e brotos, podendo ocorrer aborto das inflorescências e resultar em perda total da produção (LIMA et al., 2009).

O desenvolvimento desse patógeno é favorecido por temperaturas do ar entre 20 °C e 27 °C e umidade relativa do ar de 40% a 60% (GRIGOLETTI JÚNIOR; SÔNEGO, 1993; PEARSON; GOHEEN, 1988). O patógeno pode infectar todos os tecidos verdes e causar redução da área foliar, comprometendo a qualidade dos frutos. Quando ataca a inflorescência, pode causar dano direto com a queda de flores e

danos nos ráquis. A infecção em frutos jovens causa paralisação do crescimento do tecido, rachadura de bagas e queda prematura.

As medidas empregadas para o controle do míldio e do oídio da videira têm sido baseadas em aplicações sistemáticas de fungicidas protetores e curativos, seguindo um calendário pré-definido que não considera as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das doenças. Isso tem ocasionado a realização de aplicações excessivas na cultura, já que não há cultivares comerciais resistentes a essas doenças. Com isso, o uso excessivo de agrotóxicos, além de aumentar os custos de produção, também aumenta os riscos de contaminação do meio ambiente e aplicadores. Recentemente, a detecção de resíduos de pesticidas nos frutos, causado principalmente pelo uso inadequado de pesticidas, vem sendo reportado com frequência o que tem limitado a exportação dos frutos para mercados exigentes e preocupando consumidores.

Além disso, a eficiência de fungicidas é dependente do momento, da frequência e da qualidade da aplicação. Buscando maior eficiência de controle, o manejo de doenças como o míldio e o oídio deve considerar estratégias múltiplas e integradas. Um sistema racional para a previsão das epidemias de míldio e oídio da videira tem sido estudado como ferramenta objetivando contribuir na tomada de decisão para aplicação do controle com fungicidas (ANGELOTTI et al., 2009a, 2009b; CAFFI et al., 2009; GAVA et al., 2004a; LALANCETTE, 1988a, 1988b; MADDEN et al., 2000; PARK et al., 1997; THOMAS et al., 1994).

Os esforços para o desenvolvimento de modelos de previsão foram iniciados há algumas décadas e têm evoluído fortemente com a aplicação de ferramentas de decisão e tecnologia da informação (PAVAN, 2007). Dentro dos ciclos das doenças, esses modelos consideram uma sequência de estádios de desenvolvimento da epidemia, interconectados e com o progresso da doença determinado pela interação patógeno, hospedeiro e ambiente (DEWOLF; ISARD, 2007).

Dados ecológicos do patógeno e dados epidemiológicos da doença em ocorrências naturais (no campo) ou em laboratório podem ser utilizados para a elaboração de modelos lógicos e matemáticos dos quais alguns merecem destaque por causa do uso comercial, como por exemplo, o sistema de alerta para macieira (FERNANDES et al., 2007a).

No Brasil, o setor vitivinícola não conta com sistemas consolidados que envolvam parâmetros climáticos, havendo necessidade de validação dos modelos para as regiões produtoras de uva. A adoção de modelos de previsão de doenças e a consequente validação local na região do Submédio do Vale do São Francisco podem reduzir e/ou tornar mais eficientes as aplicações de fungicidas na cultura da videira. Além de reduzir os custos de produção e de contaminação ambiental, a redução do número de pulverizações tem efeito direto na redução do risco da presença de resíduos nos frutos.

Atualmente, as recomendações vigentes para a Produção Integrada de Uva de Mesa no Submédio do Vale do São Francisco preconizam o manejo integrado do míldio por meio de medidas preventivas. Essas medidas devem ser adotadas quando ocorrerem condições climáticas favoráveis de molhamento foliar contínuo por mais de 2 horas para o cacho e 4 horas para as folhas, com temperatura do ar noturna menor que 30 °C, acompanhada de umidade relativa do ar superior a 60%, ou ocorrência de precipitação superior a 10 mm em um período de 48 horas. As medidas curativas deverão ser adotadas quando 2% ou mais de folhas e/ou ramos apresentarem sintomas da doença, ou quando forem detectados sintomas em qualquer nível nos cachos e/ou inflorescências (TAVARES et al., 2001).

Para o manejo integrado do oídio no Submédio do Vale do São Francisco, as normas preconizam a adoção de medidas preventivas quando ocorrerem condições climáticas favoráveis. A pulverização com enxofre e outras medidas preventivas deverão ser adotadas quando ocorrerem temperaturas máximas diárias inferiores a 30 °C e umidade relativa abaixo de 60%. As medidas curativas deverão ser adotadas com 2% ou mais de folhas e/ou ramos com os sintomas da doença

ou quando houver incidência de oídio nas inflorescências e/ou cachos (TAVARES et al., 2001).

O uso de fungicidas é a mais importante medida de controle adotada no caso de cultivares suscetíveis e em áreas com elevada ocorrência do patógeno. Tradicionalmente, muitos produtores adotam como medida de controle as aplicações sistemáticas de fungicidas protetores e curativos, seguindo um calendário de aplicações fixas e pré-definidas que não considera as condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. Isso tem ocasionado o uso excessivo de fungicidas na cultura ou a inadequação do *timing*, já que não há cultivares comerciais resistentes disponíveis.

Os ciclos do míldio e do oídio da videira são altamente dependentes das condições ambientais, sendo importante o monitoramento de variáveis agrometeorológicas a serem consideradas no estudo do seu desenvolvimento. Essa forte relação permite que os patossistemas sejam modelados matematicamente, além do estabelecimento do nível de risco a partir da probabilidade de ocorrência de surtos.

Modelos epidemiológicos podem ser utilizados para estimar o risco de doenças e indicar períodos e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dos patógenos e produzir sistemas de alerta para o controle. Como resultado, tem-se observado o decréscimo do risco de ocorrência de epidemias, redução do número de pulverizações, maior lucro e menor dano ao meio ambiente (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Tem-se verificado crescente interesse no desenvolvimento de sistemas de alerta para a previsão do risco de epidemias de míldio e oídio da videira em diversos países do mundo (LALANCETTE et al., 1988a, 1988b; MADDEN et al., 2000; ROSSI et al., 2010a). Alguns desses sistemas são comercializados, compondo pacotes de sistemas de alerta de pragas e doenças, sendo úteis para a redução do número de aplicações de fungicidas ou a maximização de sua eficiência (BOUMA, 2007; GESSLER et al., 2011).

Interações Planta-Patógeno-Ambiente nos Ciclos do Míldio e Oídio da Videira

A maioria dos sistemas de previsão e alerta de doenças de plantas disponíveis utilizam modelos baseados em variáveis climáticas como temperatura do ar, umidade relativa (UR), precipitação e duração do período de molhamento foliar, para estabelecer os níveis de severidade de doenças (COSTA et al., 2002; GARCIA-MOZO, 2011; GENT; SCHWARTZ, 2003). No entanto, é preciso considerar as especificidades dos sistemas de produção e das condições regionais para ajustar tais modelos. Por exemplo, os sistemas de produção de uvas viníferas diferem completamente daqueles de uva de mesa.

Alterações Microclimáticas Causadas pelo Desenvolvimento da Cultura

As condições microclimáticas em uma parreira de videira de mesa diferem significativamente das condições climáticas externas, principalmente em função do autossombreamento propiciado pela folhagem das plantas e do emprego da irrigação. No entanto, o microclima está diretamente ligado ao desenvolvimento da área foliar e pode interferir significativamente na epidemiologia das doenças.

A arquitetura das plantas definidas pelos sistemas de condução em latada ou espaldeira afeta o acesso da radiação solar sobre as folhas e, ainda, outras variáveis como temperatura, velocidade do vento e, conseqüentemente, a umidade relativa. Em áreas de cultivo em latada no Submédio do Vale do São Francisco com utilização da irrigação por gotejamento verificou-se que a temperatura interna do dossel foi inferior àquela medida nas vizinhanças do parreiral, enquanto a UR, por sua vez, teve comportamento inverso (GAVA et al., 2004b).

Além da chuva, a manutenção de elevada UR interna no dossel pode ser influenciada pelo sistema de condução, redução da velocidade do vento e da temperatura do ar e, principalmente, pelo sistema de irrigação e pela qualidade do manejo da água. A evapotranspiração da água, associada à baixa circulação do ar, promoverá o acúmulo de vapor

dentro do dossel que, com a queda de temperatura no período, pode atingir o ponto de orvalho e promover a formação de filme de água na superfície foliar. Portanto, a utilização de variáveis climáticas para a avaliação do risco de incidência ou severidade de epidemias, pelo uso de modelos lógicos ou matemáticos, deve considerar tais variações.

Ciclo do Míldio da Videira e a Interação com Variáveis Climáticas

Nas regiões vitivinícolas de clima temperado e subtemperado no período de inverno as videiras entram em dormência e não apresentam tecidos suscetíveis ao míldio. Nessas regiões, o *P. viticola* apresenta o ciclo completo com produção de estruturas de dormência e reprodução sexuada denominada peritécios. No interior das folhas surgem hifas especializadas (anterídio e oogônio) que dão origem às frutificações sexuadas que permitem a hibernação do fungo ao longo do inverno. A partir do início da primavera, quando ocorrem precipitações superiores a 10 mm e temperatura igual ou superior a 10 °C, essas estruturas se abrem dando origem aos oósporos, a fonte de inóculo primária (PEARSON; GADOURI, 1987).

Na presença de água livre (molhamento foliar) os oósporos germinam e dão origem a esporângios contendo zoósporos que serão dispersos por respingos de chuva e vento (GOBBIN et al., 2007). Em condições temperadas, o oósporo é a mais importante fonte de inóculo durante todo o ciclo produtivo (GESSLER et al., 2003).

Ao atingirem a face inferior das folhas e outros tecidos verdes e na presença de água livre (molhamento foliar), os zoósporos encistam e emitem um tubo germinativo que penetra no interior das folhas através dos estômatos. A duração do período de incubação depende das condições climáticas e, a seguir, surgem manchas de aspecto oleoso. Em condições de disponibilidade de água livre e em temperaturas ao redor de 20 °C, há produção de zoosporângios que serão responsáveis pela infecção secundária (AMORIM; KUNYUKI, 1997). A partir daí, os ciclos de infecção se sucedem sempre que as condições climáticas sejam favoráveis à doença (Figura 1). Em condições temperadas tem se verificado que temperaturas acima de 30 °C começam a ser prejudiciais ao fungo. Nessas regiões, o ciclo do míldio completa-se no outono com a formação de novos oósporos.

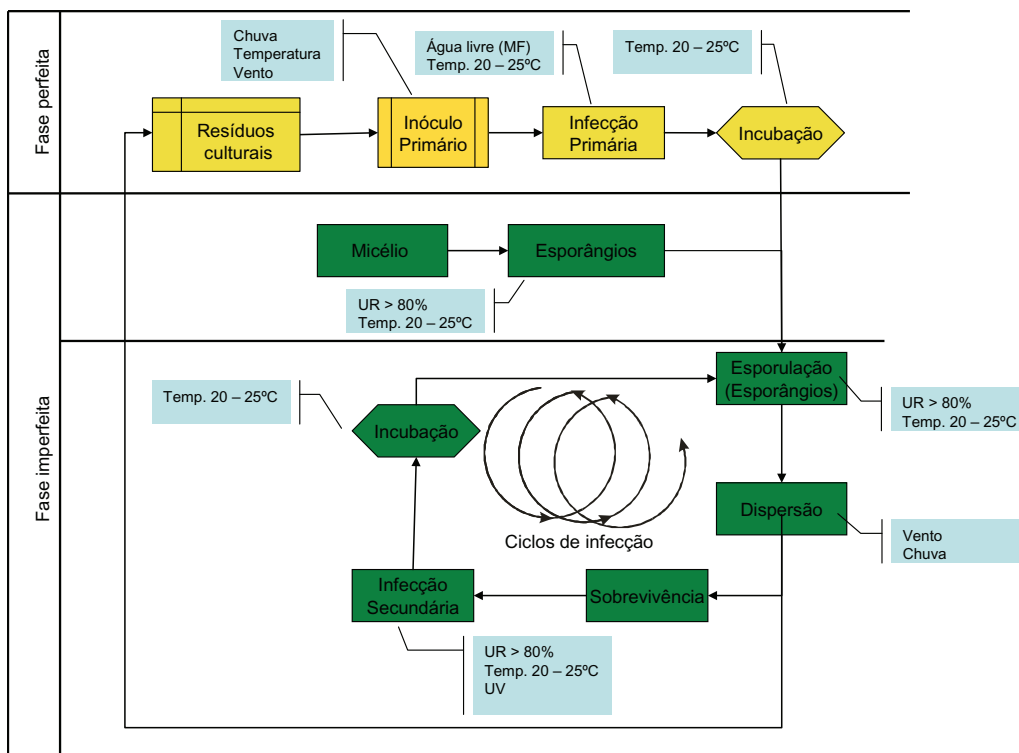


Figura 1. Ciclo do míldio da videira causado pelo fungo *Plasmopora viticola*. Destaca-se em amarelo o ciclo primário e em verde o ciclo secundário da doença. Nos quadros em azul são apresentadas as principais variáveis climáticas que interferem sobre as diversas fases do ciclo da doença.

Nas condições tropicais e subtropicais, como as regiões vitivinícolas do Brasil, a principal fonte de inóculo são os micélios remanescentes nos ramos e nas gemas dormentes após a poda. A partir da germinação das gemas, e em condições propícias de temperatura e presença de água livre, há a emissão de novos esporângios e liberação de inóculo para o estabelecimento dos ciclos sucessivos da doença.

No Submédio do Vale do São Francisco, o patógeno sobrevive por causa do escalonamento da produção e a consequente presença de material vegetal verde durante todo o ano.

Ciclo do Oídio da Videira e a Interação com Variáveis Climáticas

Assim como *P. viticola*, nas condições climáticas predominantes na região vitivinícolas temperadas e subtemperadas, *U. necator*, o agente etiológico do oídio da videira, sobrevive ao inverno na forma de micélio dormente em gemas e ramos, em infecções latentes, e como cleistotécios em resíduos culturais do ciclo anterior. Para o início da epidemia, é necessário um período prolongado de disponibilidade de água, com a ocorrência de chuvas ou irrigação, para a ruptura dos cleistotécios, liberação dos ascósporos e posterior germinação, dando origem à sua forma imperfeita ou anamófica, o *Oidium tuckeri* (Figura 2). A partir da infecção primária dá-se início à produção de conídios enquanto ocorrerem condições climáticas favoráveis.

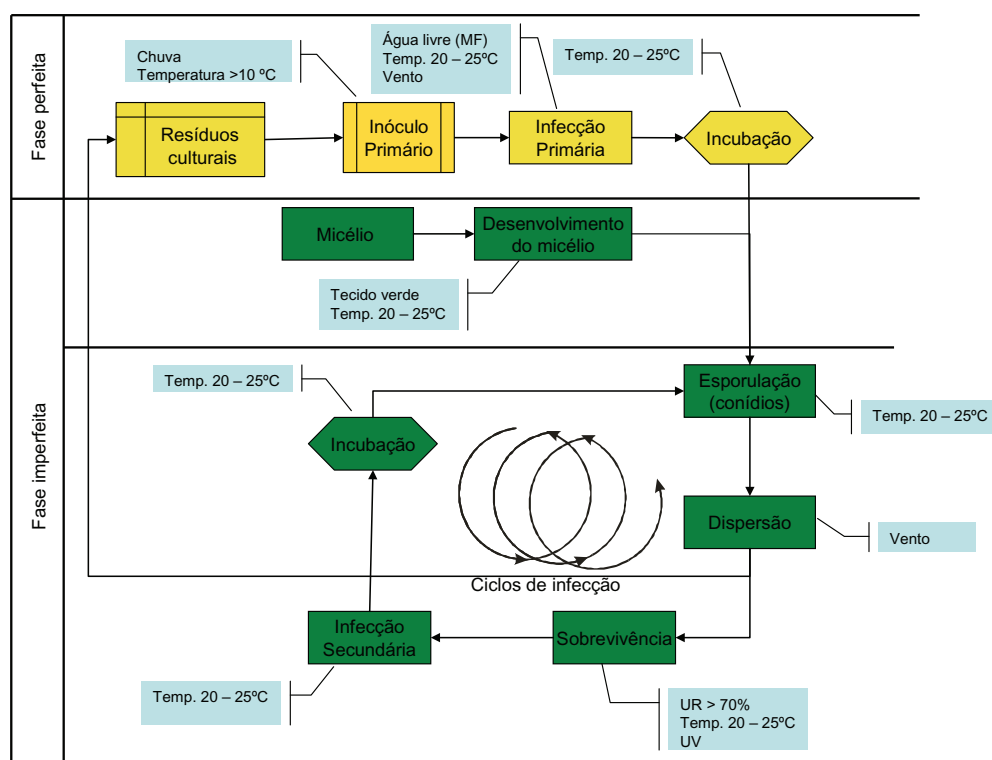


Figura 2. Ciclo do oídio da videira causada pelo fungo *Uncinula necator*. Destaca-se em amarelo o ciclo primário e em verde o ciclo secundário da doença. Nos quadros laterais em azul são apresentadas as principais variáveis climáticas que interferem sobre as diversas fases do ciclo da doença.

O oídio pode atacar todos os órgãos verdes da planta, incluindo brotos, gavinhas, flores, botões e frutos, causando maiores danos quando ataca órgãos tenros ou em formação. As folhas, quando severamente afetadas, adquirem cor acinzentada, ficam deformadas e eventualmente caem. As flores atacadas caem e os frutos, quando em formação, têm o desenvolvimento da epiderme paralisado ocasionando o surgimento de rachaduras (SIMÃO, 1998).

A UR do ar superior a 25% já permite o desenvolvimento do patógeno. Contudo, com UR próxima a 70-80% há um aumento significativo da produção e viabilidade dos conídios (CARROLL; WILCOX, 2003). Para a ocorrência de epidemias, umidade em excesso com formação de filme de água nos tecidos verdes pode impedir a formação dos haustórios do fungo, limitando seu desenvolvimento. Chuvas que promovam o escoamento superficial nas folhas são inconvenientes ao fungo pela remoção de conídios e hifas.

Modelos de Previsão para o Míldio da Videira

O míldio da videira possui grande importância econômica em regiões onde ocorre elevada precipitação. No Submédio do Vale do São Francisco, a ocorrência da doença é mais importante no primeiro semestre do ano, por causa das condições climáticas favoráveis, sendo de difícil controle, principalmente quando a doença surge durante a fase de floração. No entanto, sintomas observados nas folhas durante a fase de maturação dos frutos podem causar redução de sólidos solúveis totais e de açúcares (LIMA et al., 2009). Nessa fase, a utilização do controle químico não é recomendada por causa do risco de contaminação dos frutos com resíduos.

Geralmente, os modelos de previsão tentam estimar as condições adequadas para as fases primárias e secundárias da doença, considerando a disponibilidade de água livre sobre as folhas.

Modelo de Simulação - Plasmó

O Plasmopara Simulation Model (Plasmó) é um sistema de simulação da doença desenvolvido na região da Toscana (Itália) no qual um modelo

epidemiológico para o míldio da videira foi combinado com um modelo de crescimento da planta (DALLA MATA et al., 2005; ORLANDINI; ROSA, 1997).

No sistema, o ciclo biológico do fungo é simulado, considerando-se o efeito da temperatura, da umidade relativa do ar e da duração do período de molhamento foliar sobre a esporulação do patógeno, sobrevivência dos esporos, infecção e período de incubação. Essas informações, combinadas com a curva de crescimento foliar, por sua vez calculada com base na temperatura do ar nos dias após a poda, permitem prever a severidade da doença, fornecendo uma estimativa da proporção de tecido foliar infectado por total de área foliar (ORLANDINI; ROSA, 1997).

O sistema é disponibilizado no site do Plasmio Project (ORLANDINI; ROSSI, 2004). Nesse sistema, o início da avaliação ocorre por ocasião da brotação das gemas, com a determinação da área foliar infectada e a severidade atual da doença no pomar. A partir de então, o modelo passa a simular as fases mais importantes do ciclo biológico do patógeno e a estimar o momento de ocorrência, assim como a severidade das infecções secundárias. O progresso da infecção é apresentado em percentagem da área foliar coberta por lesões de míldio. No entanto, o critério usado para a tomada de decisão de aplicação dos fungicidas a partir das informações geradas não são apresentadas nas publicações.

Para as condições em que foi desenvolvido, a validação do modelo em condições de campo permitiram observar uma redução de 50% no número de aplicação de fungicidas (ROSA et al., 1993). Embora o modelo tenha evoluído para incorporar técnicas de lógica Fuzzi (ORLANDINI et al., 2003), nos anos recentes tem sido criticado em algumas das áreas vitivinícolas que inicialmente o adotaram. A maior crítica se refere ao fato de só tratar dos ciclos secundários da doença. Entretanto, para as regiões tropicais, como o Submédio do Vale do São Francisco, onde ocorre apenas o ciclo secundário do míldio da videira, o modelo tem potencial de uso para validação no campo.

Modelo ADCON e Neogen Envirocaster

O modelo de previsão publicado por Madden et al. (2000) é baseado em resultados obtidos a partir de experimentos de infecção de videira por *P. viticola* em ambiente controlado (LALANCETE et al., 1988a). Considera

ainda produção e sobrevivência de esporângios por unidade de área infectada (BLAESE; WELLZEIN, 1979) e eficiência de infecção, definidos em função da temperatura do ar e da duração do período de molhamento foliar em períodos de ausência de luz (LALANCETE et al., 1988b).

O sistema de previsão é pré-instalado em estações de monitoramento que registram as variáveis climáticas e, ao longo do desenvolvimento da cultura, calcula a produção e a viabilidade dos esporângios, gerando uma estimativa do risco de infecção em função do inóculo disponível quando um período propício à infecção ocorre. A partir dos dados de molhamento foliar e temperatura o modelo estima o índice de risco de incidência da doença. O software incorporado no sistema de alerta controla períodos noturnos com UR superior a 92% e determina a temperatura média durante estes períodos, estimando a esporulação máxima. Ao amanhecer ou com a queda da UR, considera-se que tenha havido a morte dos esporângios a uma taxa que dependerá da UR e da temperatura. O software armazena as 12 últimas estimativas de esporulação e as novas estimativas consideram a primeira como a população inicial de esporângios. Um ajuste para esta população inicial é feito em função do tempo e das variáveis climáticas desde a população inicial, já que a sobrevivência dos esporângios é prevista em 2 a 3 dias e depende da UR e da temperatura. O valor obtido (S0) é o índice do inóculo disponível para a infecção, sendo categorizado em faixas: baixo risco (25%), risco moderado (25-50%) e alto risco (> 50%).

Quando ocorre um período de molhamento foliar (MF), o sistema passa a estimar o risco de infecção (i0) utilizando os dados de duração do período molhamento foliar e temperatura média durante esse período. Mesmo que haja interrupções do período de molhamento, mas que haja um somatório de mais de 4 horas de MF durante o dia, o somatório é considerado para estimar o risco de infecção. O risco de infecção também é categorizado em baixo (< 25%), moderado (25-50%) ou alto (> 50%). Nas condições de uso no Nordeste dos Estados Unidos, a aplicação de fungicidas passa a ser recomendada quando ambos os índices, S0 e i0, ultrapassam 25% e a última pulverização tenha sido realizada há pelo menos 14 dias.

Embora seja um sistema complexo, apresenta algumas limitações mesmo para a região onde foi desenvolvido. A primeira se refere ao fato de que tenha sido desenvolvido para considerar apenas o ciclo secundário do patossistema, passando a analisar os riscos a partir da infecção primária.

O sistema proposto foi elaborado para cultivares de *Vitis labrusca*, reconhecidamente mais resistentes ao míldio do que as cultivares *Vitis vinifera*. No entanto, é possível ajustar o sistema para cultivares mais suscetíveis, por exemplo, o alerta para a pulverização pode ser disparado em casos em que iO ultrapasse 25%, independentemente do valor estimado para S0. Para as condições do Submédio do Vale do São Francisco, sua principal limitação também se refere ao seu desenvolvimento para cultivares rústicas. Além disso, outras limitações como as diferenças climáticas regionais, as diferenças dos sistemas de produção e o fato de não considerar as condições climáticas internas das latadas, têm limitado o uso na região.

Modelo de Simulação Dinâmica

O modelo de simulação dinâmica, desenvolvido e em uso na região da Emilia-Romagna, na Itália, é robusto e tem sido utilizado para determinar o risco de ocorrência de infecções primárias em função de variáveis climáticas. Com um período de tempo de 1 hora para a simulação, o modelo permite estimar o progresso da infecção com elevado grau de detalhe (ROSSI et al., 2010b).

As condições climáticas da Emilia-Romagna se caracterizam por apresentar invernos com temperaturas inferiores a zero e primavera/verão com temperaturas amenas. Essas características permitem o desenvolvimento do ciclo completo do míldio da videira. O modelo considera como variáveis primárias: a maturação e germinação dos oósporos, desenvolvimento e sobrevivência dos esporângios e emissão de zoósporos do ciclo primário, sobrevivência e dispersão dos zoósporos, infecção e incubação. Alterações posteriores nas variáveis primárias são definidas pelas variáveis climáticas: temperatura, UR, MF e chuvas durante o início da primavera, consideradas as variáveis motrizes do patossistema.

O primeiro componente do sistema é o índice de maturação de oósporos, estimado a partir de 1º de janeiro (meio do inverno na região), que cresce até quando os primeiros grupos de oósporos sobrepujam a latência, geralmente o início da primavera. Posteriormente, é estimado o índice de germinação a partir da disponibilidade de umidade para o molhamento nos restos da cultura, formada pelos resíduos de poda do ciclo anterior. Com a disponibilidade de umidade, o aumento do índice de germinação é influenciado exclusivamente pela temperatura.

Alcançado o índice limite para a produção de esporângios nos restos da cultura, o sistema passa a estimar o índice de sobrevivência dos esporângios, considerando que pode chegar a 6 dias e é influenciado pela UR e pela temperatura. A partir daí com uma equação específica calcula-se o número de horas necessárias para a germinação dos esporângios e a sobrevivência dos zoósporos, considerando:

- 1) A ocorrência de chuvas (pelo menos 0.2 mm.h-1) para a dispersão dos esporângios.
- 2) A existência de filme de água na superfície das folhas para a sobrevivência dos zoósporos.
- 3) A disponibilidade de umidade e temperatura adequada para a infecção.

A partir da previsão de sucesso na infecção, o modelo passa a estimar a duração do período de incubação (entre a infecção e a emissão de novos esporângios) utilizando duas equações. Como resultado, o modelo retorna a um intervalo de tempo no qual os sintomas da doença deveriam surgir. Com a aplicação desse modelo, os técnicos objetivam a redução da infecção primária pelo estabelecimento de medidas preventivas ou curativas de controle, em função da estimativa da produção e da taxa de sobrevivência dos zoósporos (ROSSI et al., 2008). O alerta de risco é feito pelo Serviço Fitossanitário da Região Emilia-Romagna. De acordo com Rossi et al. (2010), o sistema tem alta eficiência em prever o início das epidemias, com apenas 6,1% de casos de previsão de infecções que não se realizaram (falso positivo) e zero de falsos negativos, em 365 simulações realizadas no Norte da Itália.

A adoção desse sistema tem por objetivo interromper as infecções secundárias, pela eliminação ou redução das pulverizações tardias no ciclo da cultura. Com isso, todo o sistema está voltado para a previsão do risco de infecção primária a partir das estruturas de sobrevivências nos restos culturais. Essa premissa impede a sua utilização nas condições tropicais.

Modelo de Previsão para o Oídio da Videira

A infecção por *U. necator* pode ocorrer com valores de temperatura do ar entre 7 °C e 33 °C, sendo as condições ótimas entre 23 °C e 27 °C (GALLI, 1978). No Submédio do Vale do São Francisco, a temperatura

média do ar varia de 23 °C a 28 °C, apresentando pequena variabilidade intra-anual, sendo julho o mês mais frio e novembro o mês mais quente do ano. A UR média varia de 56% a 73%. Os meses mais úmidos são os que compreendem a estação chuvosa. Os meses com menor UR são setembro, outubro e novembro. Portanto, a região semiárida do Nordeste brasileiro possui condições climáticas propícias à ocorrência da doença, que é mais expressiva no segundo semestre do ano (TAVARES et al., 2001).

A seguir, serão apresentados e discutidos os sistemas de alerta desenvolvidos para o oídio da videira em diferentes países.

Modelo de Diagnóstico OiDiag-System

O Sistema OiDiag foi desenvolvido por Kast (1994, 1997a) para as regiões vitivinícolas alemãs de Wuerttemberg e Rheinhessen e apresenta dois módulos para o cálculo do índice de desenvolvimento do oídio da videira. O primeiro estima o ciclo primário da doença com base em informações do ciclo anterior da cultura, com a média das temperaturas mínimas do ar registradas e índice de severidade do oídio.

A versão atual do sistema (OiDiag 2.2 - <http://www.oidiag.de.vu/>) combina conhecimentos sobre a resistência ontogenética da cultura, a influência das condições climáticas e observações a longo prazo do desenvolvimento de epidemias de oídio na região (STARK-URNAU; KAST, 1999). Assim, o sistema estima a data adequada para a realização da primeira pulverização com fungicidas a partir do desenvolvimento inicial das folhas e o intervalo de tempo máximo permitido para as pulverizações subsequentes. Kast (1997b), estudando uma base de dados de 50 anos, verificou que essas variáveis são altamente correlacionadas com epidemias de oídio na região. Assim, a partir da data do estágio de desenvolvimento de três folhas separadas, o modelo estima um intervalo de tempo até a primeira pulverização, calculado com base nas relações entre essas variáveis. Ele é prolongado em casos do predomínio de temperaturas mínimas baixas e menor incidência da doença nos anos anteriores.

A partir daí, o OiDiag 2.2 passa a estimar o desenvolvimento do ciclo secundário das infecções computando o intervalo de dias até a próxima pulverização, estimando a produção de conídios e a ocorrência de períodos favoráveis à infecção. O sistema tem como entradas os dados:

temperatura média do ar, duração do período de umidade relativa do ar entre 60% e 80%, período diário de UR com valores superiores a 80%, duração do período de MF e precipitação das últimas 24 horas. A partir desses dados o sistema estima o índice diário de risco de epidemia para a produção de conídios de *U. necator*, utilizando a relação encontrada por Fessler e Kassemeyer (1995) e a influência da temperatura e da UR na infecção (CAROLL; WILCOX, 2003). Durante o ciclo secundário, precipitações diárias superiores a 10 mm reduzem os valores calculados do índice de risco.

O sistema OiDiag vem sendo utilizado na Europa Central e na Inglaterra. O manejo de oídio da videira com base nas previsões do OiDiag durante 4 anos consecutivos propiciou reduções na aplicação de fungicidas entre 20% e 50% na região vitivinícola de Baden-Württemberg, Alemanha (KAST, 2009). A principal limitação para a sua aplicação em condições tropicais é o fato de que o sistema é iniciado com o ciclo primário da doença, ou seja, com a produção de ascosporos a partir de cleistotécios nos resíduos culturais do ciclo anterior, que é influenciado pelas variáveis climáticas durante o ciclo de produção e sua posterior germinação.

Modelo de Davis

A estimativa do índice de risco de doença pela aplicação do modelo de Davis (THOMAS et al., 1994) tem início a partir da brotação das gemas, estendendo-se até a colheita, como apresentado na Tabela 1. O modelo considera que o início da epidemia se dá após um período prolongado de disponibilidade de água para o início do ciclo primário e o estabelecimento da epidemia. O modelo não considera a UR, pois a variável temperatura média do ar se mostrou suficiente para prever as infecções secundárias.

Assim, o processo de infecção secundária terá início após a ocorrência de 3 dias consecutivos com temperatura entre 21 °C e 30 °C, por 6 horas, calculando o índice de risco de doença. Para cada dia consecutivo nessas condições adicionam-se 20 pontos ao índice. Nos dias em que não ocorrerem períodos de 6 horas intermitentes com a temperatura especificada, desconta-se dez pontos do índice. Se em algum momento durante o dia a temperatura do ar alcançar 35 °C por períodos superiores a 15 minutos, novamente subtraem-se dez pontos. O índice flutua entre 0 e 100. Índices entre 60 e 100 indicam que o ciclo secundário da doença (da infecção até a produção de conídios) dura 5 dias, enquanto índices de 40 e 60 indicam que o período do ciclo dura entre 8 e 11 dias.

Tabela 1. Avaliação do risco de infecção de videira por *Oidium tuckeri* (*Uncinula necator*) utilizando o modelo desenvolvido pela Universidade de Davis (Califórnia, USA).

Fase/ Decisão	Descrição
Ascósporos (Ciclo primário)	Para liberação e germinação dos ascósporos são necessários longos períodos de molhamento foliar (12 – 15 horas)
	O modelo utiliza a Tabela de Mills modificada para a determinação da liberação/germinação dos ascósporos.
Conídios (Ciclo secundário)	O início do processo requer três dias consecutivos com pelo menos 6 horas intermitentes de temperatura do ar entre 21 e 30° C para disparar o índice.
	Acrescentar 20 pontos ao índice cada dia extra com temperatura do ar entre 21 e 30° C a partir do início da contagem;
	Descontar 10 pontos para cada dia com menos de 6 horas com temperatura do ar entre 21 e 30° C;
	Descontar 10 pontos para cada dia com a temperatura mínima do ar superior a 35° C;
Decisão	Índice entre 60 e 100 indicam que o patógeno completa seu ciclo infeccioso a cada 5 dias (infecção – produção de conídios);
	Índice inferior a 30 indica que o patógeno está em crescimento lento, completando o ciclo infeccioso em período superior a 15 dias.

A principal limitação para uso no Submédio do Vale do São Francisco é a diferença climática da região de desenvolvimento do modelo. Na Califórnia, em geral, e no Vale do Napa em particular, as temperaturas durante o início da fase vegetativa da videira são baixas, com noites frias. Daí a necessidade de 3 dias consecutivos com temperaturas entre 21 °C e 30 °C. Nas condições brasileiras, principalmente no Submédio do Vale do São Francisco, as temperaturas são mais elevadas e o escalonamento da produção permite a existência de tecidos aptos à infecção durante todo o ano, mantendo a pressão de inóculo constante. Portanto, a aplicação do modelo fica limitada ao segundo módulo. Contudo, as condições de exceção podem ser limitantes, já que o efeito de temperaturas elevadas sobre as epidemias não foram validados para a região (BROOME et al., 2010).

Modelo de Previsão para o Míldio e o Oídio da Videira no Submédio do Vale do São Francisco

Embora as doenças tenham prevalência em épocas diferentes do ano, com maior ocorrência do míldio no período chuvoso (primeiro semestre) e do oídio no período seco (no segundo semestre), verificam-se comumente surtos de oídio no primeiro semestre e, mais raramente, de míldio no segundo.

Modelo Epidemiológico para o Míldio

Nos estudos desenvolvidos no Submédio do Vale do São Francisco, verificou-se que períodos com temperatura entre 20 °C e 25 °C e UR superior a 80% estavam associados a surtos com alta incidência da doença em videira de mesa da cultivar Sugraone. A partir das curvas de incidência da doença e a sua correlação com as variáveis microclimáticas, verificou-se que em períodos com temperatura média do ar entre 20 °C e 25 °C e mais de 4 horas consecutivas de UR superior a 80% estavam associados a surtos de incidência do míldio nos parreirais (Figura 3). Obteve-se, assim, uma equação polinomial de segunda ordem com elevado grau de ajuste às observações de campo considerando as variáveis microclimáticas e os estádios de desenvolvimento da planta de maior suscetibilidade à doença, gerando risco de ocorrência de surtos de míldio nos parreirais dessa região. Esse modelo foi denominado VSF Míldio e encontra-se em processo de validação.

A partir do modelo epidemiológico foram realizadas simulações considerando-se a entrada de dados de monitoramento climático (temperatura e UR) do primeiro semestre de 2005. As estimativas obtidas foram comparadas com o monitoramento de doenças em áreas de produção que utilizam a metodologia recomendada pelo Programa de Produção Integrada de Uva de Mesa no Submédio do Vale do São Francisco (PI-Uva) (TAVARES et al., 2001). Como resultado geral, verificou-se um bom ajuste da curva de progresso da doença estimada pelo modelo e a curva real determinada em campo.

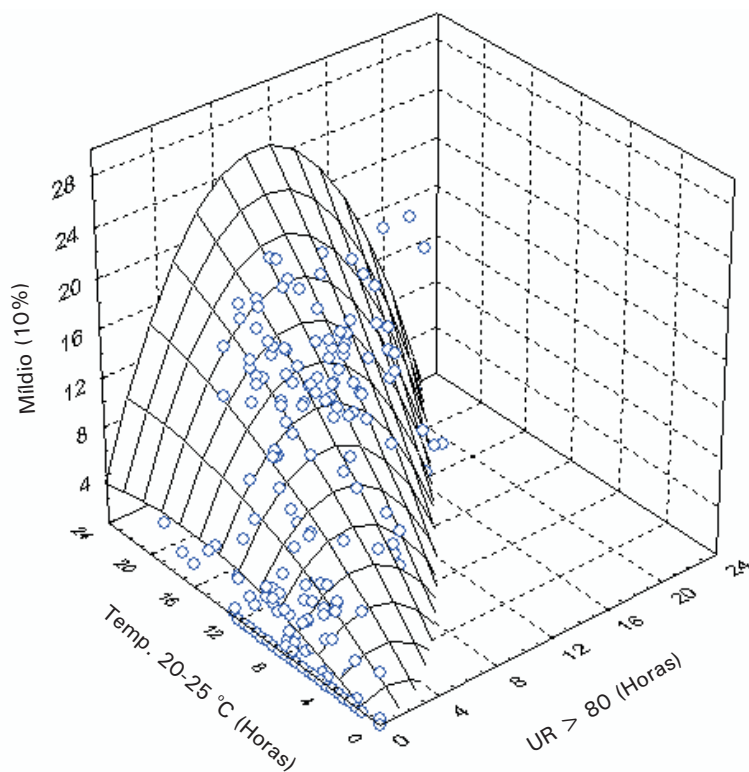


Figura 3. Superfície de resposta para a incidência de míldio da videira no Submédio do Vale do São Francisco em função do tempo acumulado diariamente com UR superior a 80% e temperatura entre 20 °C e 25° C.

O número de pulverizações estimado com a utilização do modelo foi de 14. Observou-se ligeira redução quando esse número foi comparado com aquele definido pela utilização dos parâmetros que auxiliam na tomada de decisão adotados pelo produtor e pelo PI-Uva, 16 e 17 pulverizações, respectivamente. Entretanto, ressalta-se que a recomendação de pulverização por meio do modelo VSF, concentrou-se no período do início da brotação até o enchimento das bagas (RP), correspondendo aos estádios de desenvolvimento mais suscetíveis da cultura (Figura 4).

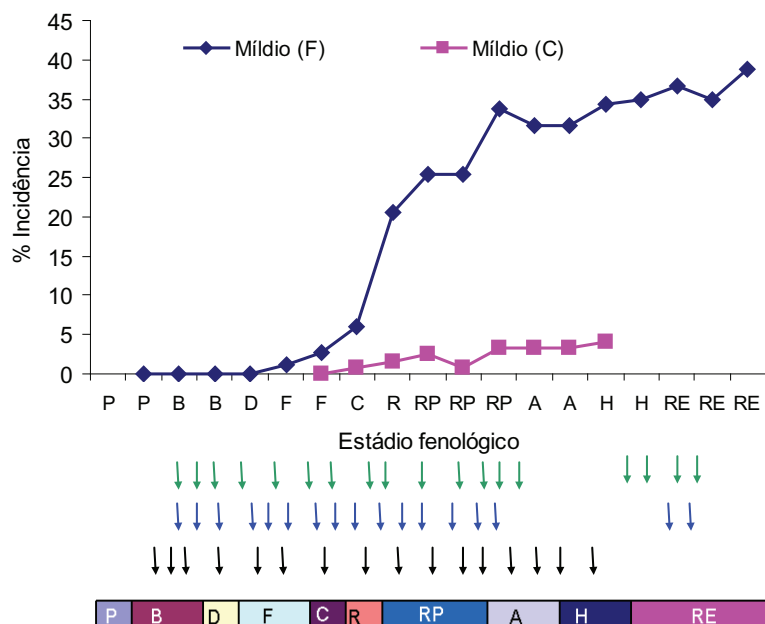


Figura 4. Curvas de progresso da incidência míldio da videira em folhas (F) e cachos (C) em uva de mesa cultivar Sugraone, no Submédio do Vale do São Francisco, durante o primeiro semestre de 2005 (Petrolina, PE). As setas indicam as diferentes formas de apoio à tomada de decisão de pulverização adotadas, sendo as pretas a do produtor, azul recomendada pela PI-Uva e a verde recomendada pelo modelo VSF Míldio. Os estádios fenológicos correspondem a: P – Poda; B – Brotação; D – Inflorescência desenvolvida; F – Florescimento; C – Frutificação; R – Grãos do tamanho chumbinho; RP – Grãos do tamanho ervilha e compactação dos cachos; A – Início da maturação; H – Maturação plena e RE – Repouso.

Modelo Epidemiológico para o Oídio

Para os estudos epidemiológicos do oídio da videira nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, as observações se concentraram no segundo semestre e, de forma similar aos estudos com míldio, a incidência da doença apresentou forte associação ao estágio fenológico da planta e às condições climáticas. Nesse caso foram desenvolvidos modelos de ajuste das variáveis climáticas para o interior do dossel em função do estágio de desenvolvimento da cultura, considerando a data da poda como o ponto de partida. Os maiores surtos de ocorrência do oídio foram associados à ocorrência de períodos diários com temperatura do ar entre 20 °C e 25 °C (períodos superiores a 4 horas) e UR do ar inferior a 70% (Figura 5).

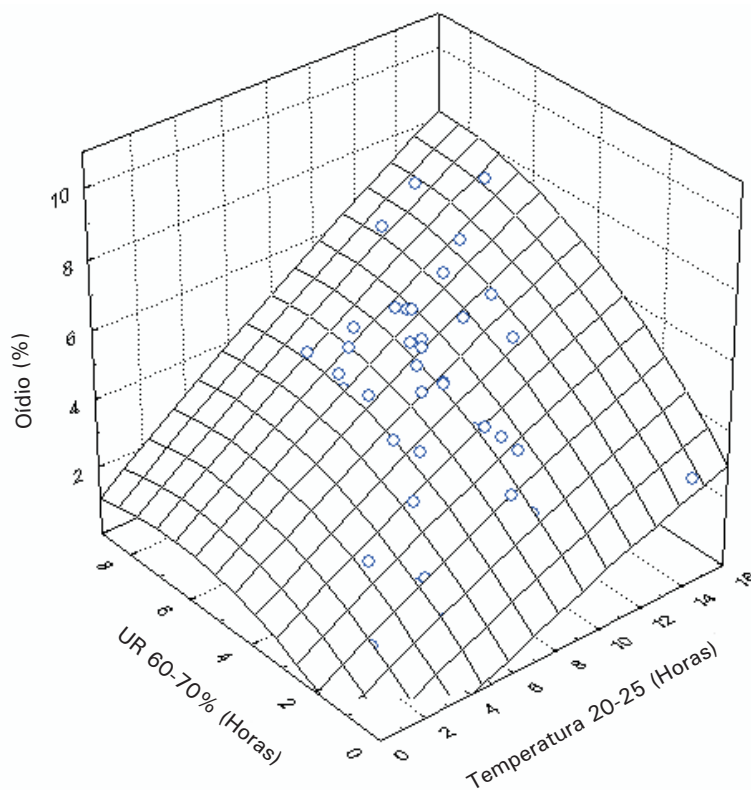


Figura 5. Superfície de resposta estimada a partir da incidência de oídio da videira no Submédio do Vale do São Francisco em função de períodos de temperatura do ar entre 20 °C e 25 °C concomitantemente com a ocorrência de UR inferior a 70%.

A partir do modelo estimado, determinou-se uma equação de risco de incidência de surtos de oídio pelo qual a recomendação de pulverização pode ser estimada. Uma simulação realizada com epidemias monitoradas em área de produtor utilizando a metodologia recomendada pelo PI-Uva (TAVARES et al., 2001) e a adotada pelos produtores, indicou um bom ajuste do modelo em situação de campo, reduzindo o número de pulverizações. Com o uso do modelo foram recomendadas 13 pulverizações, enquanto os princípios adotados para tomada de decisão pelo PI-Uva e pelo produtor indicaram a necessidade de 17 aplicações de fungicidas, em média (Figura 6).

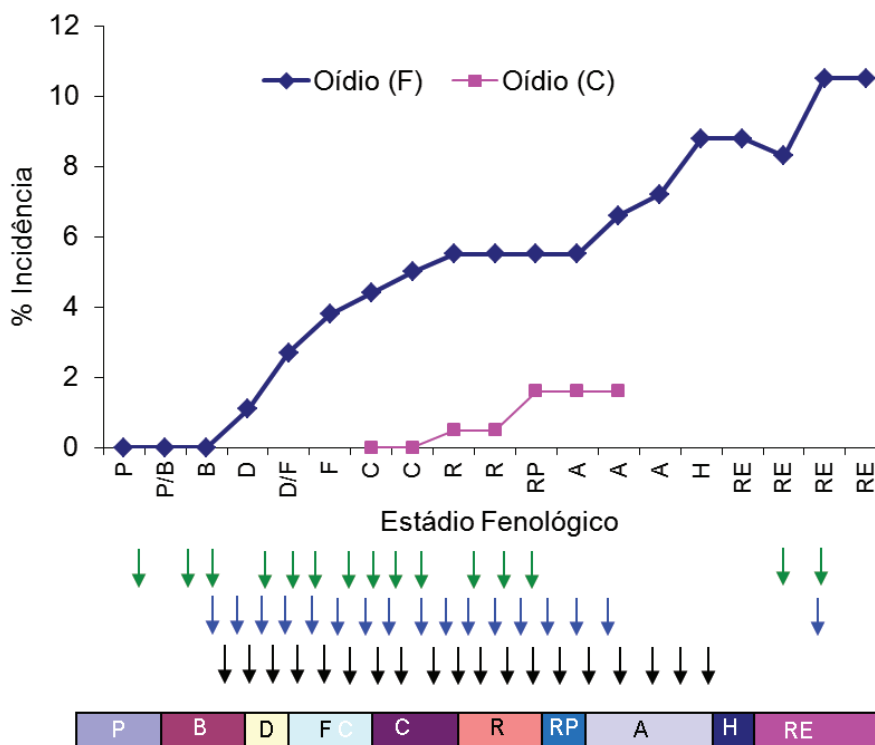


Figura 6. Curvas de progresso do oídio da videira em folhas (F) e cachos (C) em uva de mesa cultivar Sagraone, no Submédio do Vale do São Francisco, durante o segundo semestre de 2005 (Petrolina, PE). As setas indicam as diferentes formas de apoio à tomada de decisão de pulverização adotadas, sendo as pretas a do produtor, azul recomendada pela PI-Uva e a verde recomendada pelo modelo VSF Oídio. Os estádios fenológicos correspondem a: P – Poda; B – Brotação; D – Inflorescência desenvolvida; F – Florescimento; C – Frutificação; R – Grãos do tamanho “chumbinho”; RP – Grãos do tamanho “ervilha” e compactação dos cachos; A – Início da maturação; H – Maturação plena e RE – Repouso.

Para ambos os modelos, os ajustes deverão ser realizados em estudos para a determinação de índices de risco e definição de intervalos de risco baixo, moderado ou alto e ajuste das recomendações de pulverização.

Perspectivas

A previsão de epidemias é uma ferramenta que vem sendo incorporada ao manejo de doenças. Isso porque a matemática do progresso de doenças tem amadurecido ao ponto de se tornar um poderoso e respeitado componente da epidemiologia quantitativa. Entretanto, muitos modelos de previsão de doenças de plantas não têm atendido às expectativas de que teriam o papel principal neste manejo. Entre as diversas razões encontra-se a premissa de que um modelo de previsão faça projeções dos principais eventos a serem considerados no desenvolvimento das doenças, o que a maioria dos modelos de previsão não faz (FERNANDES et al., 2007b).

A possibilidade de se utilizarem prognósticos de tempo e clima como entrada em modelos de alerta e previsão permitirá que um sistema possa realmente prever situações de risco. Com a melhoria da qualidade dos prognósticos de tempo, uma estimativa mais exata de variáveis importantes para modelos de doenças de plantas, tais como precipitação, umidade relativa e temperatura do ar, torna possível prever a ocorrência ou não de epidemias severas. Nessa proposta, o míldio e o oídio da videira serão inseridos no Sistema de Previsão de Risco de Epidemias de Doenças de plantas (Sisalert).

O Sisalert é uma plataforma multimodelo que coleta dados meteorológicos obtidos de estações automáticas e de prognósticos de tempo; processa as informações por diversos modelos epidemiológicos, e modelos de crescimento da cultura, para a simulação e alerta de risco de epidemias e distribui a informação de risco para os usuários. Com os dados observados, o sistema fornece informações sobre o comportamento passado ou recente da doença. Com dados de prognósticos meteorológicos, será possível a previsão dos riscos de uma epidemia.

Referências

- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 4a. ed. San Diego: Academic Press, 1997.
- AMORIN, L.; KUNIYUKI, H. Doenças da videira. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO.; CAMARGO, L.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 3. ed, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1997. v. 2, cap. 67, p. 736-757.
- ANGELOTTI, F.; GAVA, C. A. T.; BATISTA, D. da C.; SANTOS, T. T. C. Avaliação de sistemas de alerta para o míldio da videira no Vale do São Francisco. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, p. S117, ago. 2009a. Suplemento. Edição dos Resumos do 42º Congresso Brasileiro de Fitopatologia.
- ANGELOTTI, F.; GAVA, C. A. T.; SANTOS, T. T. C.; BATISTA, D. da C. Avaliação de sistemas de alerta e previsão para o oídio da videira no Vale do São Francisco. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, p. S117, ago. 2009b. Suplemento. Edição dos Resumos do 42º Congresso Brasileiro de Fitopatologia.
- BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H., AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Editora Ceres, 1995. v. 1.
- BERGAMIN FILHO, A., AMORIN, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 299 p.
- BLAESER, M.; WELTZIEN, H. C. Epidemiologische Studien an *Plasmopara viticola* zur verbesserung der spritzterminbestimmung. Z. Pflanzenkr. **Pflanzenschutz**, [Bernkastel-Kues], v. 86, p. 489-498, 1979.
- BOUMA, E. Computer aids for plant protection, historical perspective and future developments. **EPPO Bulletin**, Paris, n. 37, v. 2, p. 247-254, 2007.
- BROOME, J. C.; HAND, E. K.; BACKUP, P; JANOUSEK, C. N. GUBLER, W. D. Revising The high temperature threshold for the Gubler-Thomas grape powdery mildew risk index. **Phytopathology**, St. Paul, v. 100, n. 6, p. S17, 2010. Suplemento 1.
- CAFFI, T.; ROSSI, V.; BUGIANI, R.; SPANNA, F.; FLAMINI, L.; COSSU, A.; NIGRO, C. A model predicting primary infections of *Plasmopara viticola* in different grapevine-growing areas of Italy. **Journal of Plant Pathology**, Bari, v. 91, p. 535-548, 2009.
- CAMPBELL, C. L., MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.
- CARROLL, J. E.; WILCOX, W. F. Effects of humidity on the development of grapevine powdery mildew. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, p. 1.137-1.144, 2003.
- COSTA, R. V.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; MIZUBUTI, E. S. G. Previsão da requeima da batateira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 349-354, 2002.

DALLA MARTA, A.; MAGAREY, R. D.; ORLANDINI, S. Modelling leaf wetness duration and downy mildew simulation on grapevine in Italy. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 132, n. 1/2, p. 84-95, 2005.

DE WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease prediction. **Annual Review of Phytopathology**, Amsterdam, v. 45, p. 203-220, 2007.

FERNANDES, J. M. C.; PAVAN, W.; VALDEBENITO SANHUEZA, R. M. Uso da informática na PI: SisAlert um estudo de caso. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 9.; SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 1., 2007, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007a. p. 31-38. 1 CD-ROM. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 61).

FERNANDES, J. M. C.; DEL PONTE, E. M.; PAVAN, W.; CUNHA, G. R. **Web-based system to true-forecast disease epidemics: case study for *Fusarium* head blight of wheat.** In: SIVAKUMAR, M. V. K.; HANSEN, J. Climate prediction and agriculture. Berlin: Springer-Verlag, 2007b. p. 265-271.

FESSLER, C.; KASSEMEYER, H. H. The influence of temperature during the development of conidia on the germination of *Uncinula necator*. **Vitis**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 63-64, 1995. Disponível em: < <http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/e034150.pdf> >. Acesso em: 11 out. 2012.

GALLI, F. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. v. 1.

GARCÍA-MOZO H. The use of aerobiological data on agronomical studies. **Annals of Agriculture and Environment Mediterranea**, Bethesda, n. 18, p. 159-164, 2011.

GAVA, C. A. T.; TAVARES, S. C. C. de H.; TEIXEIRA, A. H. de C. Development of a model defining relations hip between field weather variables and incidence of grape downy mildew in semi-arid conditions on São Francisco Valley. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, 3., 2004, Fortaleza. **Program and abstracts...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004a. p.127. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 83).

GAVA, C. A. T.; TAVARES, S. C. C. H., TEIXEIRA, A. H. C. **Determinação de modelos de associação entre variáveis climáticas e a ocorrência de oídio e míldio da videira no Vale no São Francisco.** In: SEMINÁRIO NOVAS PERSPECTIVAS PARA O CULTIVO DA UVA SEM SEMENTES NO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2004, Petrolina. Palestras... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004b. 1 CD-ROM. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 185).

GENT, D. H.; SCHWARTZ, H. F. Validation of potato early blight disease forecast models for Colorado using various sources of meteorological data. **Plant Disease**, St. Paul, v. 87, p. 78-84, 2003.

GESSLER, C.; RUMBOU, A.; GOBBIN, D.; LOSKILL, B.; PERTOT, I.; RAYNALD, M.; JERMINI, M. A change in our conception of the life cyclo of *Plasmopara viticola*: oosporic infections versus asexual reproduction in epidemic. **IOBC/WPRS Bulletin**, Zürich, v. 2, p. 13-16, 2003.

GESSLER, C.; PERTOT, I.; PERAZZOLLI, M. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. **Phytopathologia Mediterranea**, Firenze, n. 50, v. 1, p. 3-44, 2011.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SÔNAGO, O. R. **Principais doenças fúngicas da videira no Brasil**. Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPV, 1993. 36 p. (EMBRAPA-CNPV. Comunicado Técnico, 17).

GOBBIN, D.; BLEYER, G.; KEIL, S.; KASSEMAYER, H. H.; GESSLER, C. Evidence for sporangial dispersal leading to a single infection event and a sudden high incidence of grapevine downy mildew. **Plant Pathology**, Hoboken, n. 56, p. 843-847, 2007.

KAST, W. K. A step by step risk analysis (SRA) used for planning sprays against powdery mildew (OiDiag-System). **Viticulture Enology Science**, [Houston], v. 52, p. 230-321, 1997.

KAST, W. K. **Experience about the OiDiag-System Against Powdery Mildew (*Uncinula necator*) in 1994 to 1997**. Stuttgart: Infodienst der Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg, [1997]. Disponível em: <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1043198_11_pcontent/index.html?druckansicht=ja>. Acesso em: 28 de maio de 2012.

KAST, W. K. **OiDiag-2.2: a tool for the calculation of the date of the first spray and the time-lag for subsequent sprays**. Stuttgart: Infodienst der Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg, 2009. Disponível em: <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1250746_11_pcontent/?druckansicht=ja>. Acesso em: 5 jun. 2012.

KAST, W. K. A step by step risk analysis (SRA), used for planning sprays against powdery mildew, OiDiag-System. In: HILL, G. K.; KASSEMAYER, H. H. (Ed.). **Grapevine downy and powdery mildew modelling**: staatliches weinbauinstitut: Freiburg: Staatliches Weinbauinstitut, 1994. p. 87-106.

LAFON, R.; CLERJEAU, M. Downy mildew. In: COMPENDIUM of grape diseases. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1988. p. 11-13.

LALANCETTE, N.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Development of an infection efficiency model for *Plasmopara viticola* on American grape based on temperature and duration of leaf wetness. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, p. 794-800, 1988a.

LALANCETTE, N.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. A quantitative model for describing the sporulation of *Plasmopara viticola* on grape leaves. **Phytopathology**, [Norwich], v. 78. p. 1316-1321, 1988b.

LIMA, M. F.; LOPES, D. B.; TAVARES, S. C. C. de H.; TESSMANN, D. J.; MELO, N. F. de Doenças e alternativas de controle. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. cap. 13, p. 543-596.

MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A.; LALANCETTE, N.; HUGHES, G.; WILSON, L. L. Evaluation of a disease warning system for downy mildew of grapes. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, p. 549-554, 2000.

- ORLANDINI, S.; MARTA, A. D.; D'ANGELO, I.; GENESIO, R. Application of fuzzy logic for the simulation of *Plasmopara viticola* using agrometeorological variables. **EPPO Bulletin**, Malden, v. 33, n. 3, p. 415-420, 2003
- ORLANDINI, S.; ROSA, M. A model for the simulation of grapevine downy mildew. **Petria**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 47-54, 1997. Supplement.
- ORLANDINI, S.; ROSSI, F. **PLASMO online**: control of grapevine downy mildew. 2004. Disponível em: <<http://agromet-cost.bo.ibimet.cnr.it/fileadmin/cost718/repository/wg3lub09.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- PARK, E. W.; SEEM, R. C.; GADOURY, D. M.; PEARSON, R.C. DMCAST: a prediction model for grape downy mildew development. **Viticulture and Enology Science**, Davis, v. 52, n. 3, p.182-189, 1997.
- PAVAN, W. **Técnicas de engenharia de software aplicadas à modelagem e simulação de doenças de plantas**. 2007. 182 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- PEARSON, R. C.; GADOURY, D. M. Cleistotecia, the source of primary inoculum for grape powdery mildew in New York. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, n. 11, 1.509-1.514, 1987.
- PEARSON, R. C.; GOHEEN, A. C. Powdery mildew. In: PEARSON, R. C.; GOHEEN, A. C. (Ed.). **Compendium of grape diseases**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1988. p. 9-11.
- ROSA, M.; GENESIO, R.; GOZZINI, B.; MARACCHI, G. ; ORLANDINI, S. PLASMO: a computer program for grapevine downy mildew development forecasting. **Computers and Electronics in Agriculture**, [Amsterdam], v. 53, p. 273-281, 1993.
- ROSSI, V.; CAFFI, T.; GIOSUÉ, S.; BUGIANI, R. A mechanistic model simulating primary infections of downy mildew in grapevine. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 212, n. 3-4, p. 480-491, 2008.
- ROSSI, V.; GIOSUÉ, S.; CAFFI, T. Modelling plant diseases. In: OERKE, E. C.; GERHARDS, R.; MENZ, G.; SIKORA, R. A. (Ed.). **Precision crop protection: the challenge and use of heterogeneity**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 241-258.
- ROSSI, V.; CAFFI, T.; LEGLER, S. E. Dynamics of ascospore maturation and discharge in *Erysiphe necator*, the causal agent of grape powdery mildew. **Phytopathology**, St Paul, n. 12, v. 100, p. 1321-1329, 2010.
- SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura: videira**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p. il.
- SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; GAVA, R. **Ferrugem da videira no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 4 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 62).
- STARK-URNAU, M.; KAST, W. K. Development of ontogenic resistance of powdery mildew in fruit of differently susceptible grapevines cvs. Trollinger and Lemberger: mitteilungen Klosterneuburg, rebe und Wein. **Obstbau und Fruchteverwertung**, [Wein], v. 49, n. 5, p. 186-189, 1999.

TAVARES, S. C. C. de H.; LIMA, M. F.; MOREIRA, W. A.; COSTA, V. S. de O.; LOPES, D. B. **Monitoramento de doenças na cultura da videira**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 25 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 163).

THOMAS, C. S.; GUBLER, W. D.; LEAVITT, G. Field testing of a powdery mildew disease forecast model on grapes in California. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 84, p. 1.070, 1994.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 10293