

CIRCULAR TÉCNICA

163

Bento Gonçalves, RS  
Agosto 2021

# Algoritmo (MAHM) para alerta georreferenciado de doença em redes de sensoriamento IoT de microclima: calibração e teste de um método para míldio, em dois vinhedos

Fábio Rossi Cavalcanti



## Algoritmo (MAHM) de alerta georreferenciado de doença baseado em sensoriamento IoT de microclima: calibração e teste de um método para míldio em dois vinhedos

Doenças de plantas possuem características epidemiológicas intrínsecas relacionadas à dispersão de propágulos (inóculo) de um dado patógeno, no espaço (através da área produtiva) e no tempo. Tais características estão intimamente associadas à biologia de parasitismo do microrganismo patogênico e sua capacidade de produzir lesões e mais propágulos após a colonização dos tecidos vegetais susceptíveis de seu hospedeiro no campo (Maanen; Xu, 2003).

No entanto, outro aspecto fundamental, também de natureza não controlada, pode determinar o aparecimento de doenças e epidemias no campo: o ambiente. Fatores agroclimáticos e microclimáticos existentes em uma área de produção são determinantes na dinâmica de doenças que possam incidir em uma determinada cultura a ser explorada comercialmente ali. Fatores meteorológicos como umidade relativa do ar (%UR), temperatura, pluviosidade, índices de molhamento foliar etc podem ser extremamente “favoráveis” ao processo biológico de ocorrência de doenças, como também podem ser restritivos ao mesmo processo, impedindo eventos de parasitismo (Agrios, 2005).

Todos os fatores supracitados, relacionados à epidemia em cultivos, podem ser abordados por modelagem matemática para compreensão da dinâmica de doença (Campbell; Madden, 1990). Tradicionalmente, a Epidemiologia de doenças de planta depende da instrumentação digital, pois, para equacionar as dinâmicas dos diferentes fatores que compõem um sistema de doença (patógeno, hospedeiro e ambiente) e utilizar esse conhecimento, é quase sempre necessária a adoção de dispositivos eletrônicos ou eletromecânicos para o monitoramento dos fatores e produção de informação útil a partir dos modelos gerados pela pesquisa (Cavalcanti, 2004; Maanen; Xu, 2003; Pertot et al., 2017).

Em termos teóricos, abordagens mais sofisticadas para controle de doenças da parte aérea das plantas na Agricultura geralmente adotam sistemas de previsão (*forecasting*) e alerta (*warning*) de doença para subsidiar esquemas de pulverização racionalização do controle químico. Esses sistemas se baseiam essencialmente no monitoramento de fatores agroclimáticos (ambientais) para produzir alertas de determinada doença na área produtiva. As vantagens potenciais se projetam em termos de ganhos econômicos e ecológicos, com a aplicação racional de fungicidas e aumento de eficiência do controle concomitante à redução no volume de calda/ha utilizado.

Há várias propostas clássicas de sistemas de alerta para diferentes doenças relatadas na literatura, com destaque ao patossistema míldio da videira, causado pelo oomiceto *Plasmopara viticola*. Alguns exemplos abaixo:

1. Um sistema de alerta para a requeima da batateira (*Phytophthora infestans*) e da macieira (*Erwinia amylovora*) foi experimentado, a partir da determinação de níveis de potencial climático e potencial de inóculo, a partir do fornecimento de parâmetros agroclimáticos (Jacquart-Romon e Paulin, 1991);
2. Um sistema eletrônico rodando com modelos de incidência (Lalancette et al., 1988) para míldio da videira em *Vitis labrusca*, baseado em leituras de umidade relativa do ar (%UR), molhamento foliar estimada e temperatura, foi capaz de garantir redução de aplicações de fungicida, sem perda dos níveis seguros de proteção (Madden et al., 2000);
3. Um sistema de alerta para *Phomopsis* em cana-de-açúcar foi testado durante três anos, a partir do monitoramento de fatores microclimáticos. Três diferentes critérios para risco foram adotados, baixo, moderado e alto. Foram relatadas proteções entre 36-60% com 2 a 3 vezes menos aplicações pelo sistema de alerta (Nita et al., 2007);
4. Equações de favorabilidade foram definidas para uso em tabelas de períodos críticos para sistemas de alerta para brusone do trigo, envolvendo duração de molhamento foliar e temperatura (Cardoso et al., 2008);
5. Um sistema de alerta para controle do míldio da videira para o norte da Itália, baseado em modelagem do funcionamento de oósporos (estrutura de dispersão) do patógeno e preditores associados ao ambiente (umidade,

temperatura) com saída de informação em celular, por mensagens de alerta (Caffi et al., 2010);

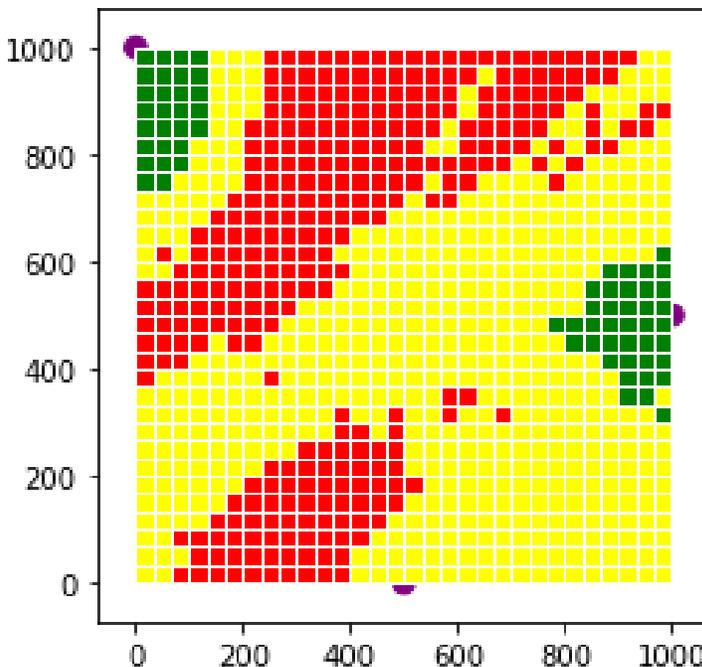
6. Sistema de alerta validado para subsidiar pulverizações no controle do míldio da videira: utilizando as equações de favorabilidade de Lalancette et al. (1988) a partir do monitoramento de período de molhamento foliar e temperatura do ar, e desenvolvido na Embrapa Uva e Vinho, pôde garantir reduções de 37,5% na frequência de pulverizações, sem aumento significativo de incidência de doenças (Reis et al., 2013).

Outros sistemas de previsão e alerta de doenças da videira estão distribuídos pelo mundo (Fouassier et al., 1997; Wachtel; Magarey, 1997; Huber et al., 1998) e outros abordam patossistemas em várias culturas importantes (Fernandes et al., 2011). Entretanto, tais sistemas apresentam-se caso a caso desconectados uns dos outros, acadêmicos, dispersos e heterogêneos em seu modo de aproveitar dos dados obtidos de modelagem e sensoria-mento agroclimático. Isso produz uma falta de concisão no aproveitamento desses estudos epidemiológicos, em uma aplicação prática unificada.

Por conceito, o “módulo computacional para alerta de doença por mapa de calor (*heat map*) em área de produção vegetal”, nomeado como “Embrapa/MAHM” (Registro INPI: BR512019002684-5, 2019), é um algoritmo construído para usar dados fornecidos por sensores, em pelo menos três microestações de IoT (*Internet of Things*) ou qualquer outra que forneça dados de microclima, dispostos em triangulação em distâncias que não ultrapassem um raio de 5 km (na atual versão). De posse de um conjunto de dados microclimáticos por estação, o MAHM utiliza equações de favorabilidade/eficiência de uma determinada doença para processar, estimar e distribuir espacialmente – pelo melhor método de interpolação possível – alertas de doença sobre uma determinada área de produção vegetal subdividida em quadrantes (píxels).

Em cada quadrante, um método associado ao MAHM pode usar modelos de favorabilidade de doença para gerar informação útil que é entregue ao usuário em diferentes níveis de alerta. Como a soma dos quadrantes representa toda a área produtiva (demarcada por um quadrilátero principal que engloba os quadrantes) em uma determinada resolução, o MAHM consegue gerar mapas temáticos de alerta de doença para toda a área produtiva. Com

o aumento da resolução, a área dos quadrantes é reduzida ao ponto de as estimativas distribuídas sobre a área de plantio permitirem gerar um mapa gráfico de calor (*heat map*) interno ao quadrilátero principal que, por sua vez, informa com clareza os diferentes alertas (por quadrante) da doença investigada sobre a área inteira por uma escala de cores que indicam ao usuário níveis discretos de alerta pontual de doença – e a necessidade de pulverização para o controle da doença (Figura 1). Ao mesmo tempo, o mapa temático pode ser completamente georreferenciado e os alertas de doença podem se associar a coordenadas geográficas.



**Figura 1.** Captura da tela de um simulador MAHM, indicando locais com diferentes alertas de doenças, em função UR (%) e temperatura do ar coletadas por micro-estações (MS1, MS2 e MS3, representados pelos círculos púrpuros). As MSs estão dispostas em triangulação oblíqua nas arestas do quadrilátero maior (principal), que representa os limites da área produtiva. Os quadrantes internos (píxels), configurados na resolução 30 x 30, informam as cores referentes às estimativas de alerta para o míldio da videira. Interpretação das cores: vermelha, representa “pulverização obrigatória”; amarela, “pulverização no dobro do intervalo de aplicação” (para a presente versão do MAHM); verde, “não é necessária aplicação de fungicida”.

O MAHM é indicado para processamento central de dados epidemiológicos e geração de informação para subsidiar ferramentas de alertas pontuais de doença, por monitoramento do microclima interno a uma propriedade rural. Essas aplicações poderão ser executadas em plataformas eletrônicas, a partir de dispositivos diversos como celulares, *tablets*, *notebooks*, etc., inseridos em qualquer tipo de arquitetura de comunicação e conectividade. O uso de aplicações advindas do algoritmo é facilitado por sua interface visual naturalmente amigável para técnicos e produtores rurais, pois se baseia em uma área quadrangular colorida pelo mapa de calor gerado pelas estimativas do método de alerta conectado ao MAHM (Figura 1).

Como a pesquisa sobre a presente proposta de racionalização no controle de doenças é recente, atualmente ainda não é possível garantir todo o alcance tecnológico do Embrapa/MAHM. No entanto, em futuro próximo, vislumbra-se o seu uso como algoritmo de orientação e construção de mapas de vôos para VANTs e/ou drones de pulverização de fungicidas. Ferramentas não tripuladas para pulverização agrícola vêm se tornando com muita rapidez uma realidade cotidiana, trazendo para a tecnologia de aplicação de fungicidas um nível de precisão e economia jamais visto. Sistemas que propõem o georreferenciamento de alertas de doença têm o potencial de entregar um agente de controle químico ou biológico em calda ou mistura somente onde a intervenção se faz necessária, no instante mais adequado para isso (Mogili; Deepak, 2018). Este aspecto abre a possibilidade do desenvolvimento de sistemas completamente mecanizados, automatizados e autônomos para o controle de doenças na agricultura.

Sobre uma plataforma MAHM, é possível a construção e conexão (como interface de programação ou "*Application Programming Interface*" - API) de, virtualmente, qualquer método de alerta para qualquer tipo de doença de natureza policíclica, que são as doenças cujo mecanismo se baseia fundamentalmente na dispersão de inóculo secundário em ambiente favorável (Agrios, 2005). Esse método de alerta (uma API) pode ser qualquer abordagem numérica que tenha a pretensão de tentar utilizar um histórico de dados coletados de estações meteorológicas em triangulação - se o método optar pelo conceito *default* do MAHM (Figura 1) - e utilizar o conceito MAHM (microestações de IoT em triangulação + o algoritmo per se) para lançar

alertas de pulverização em qualquer plataforma computacional que queira usar o MAHM como *core* de inteligência para uma função ou aplicação.

A presente Circular Técnica apresenta os trabalhos de calibração de um método de alerta de míldio e um experimento de pulverização racionalizada com este mesmo método para o Embrapa/MAHM. O ensaio para calibração foi realizado na safra 2019/2020. O método desenvolvido como API, apelidado de “Ozzy1” ou sinteticamente, O-1, serviu de referência para o estabelecimento de um calendário de controle do míldio em dois vinhedos experimentais da Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves/RS, na safra 2020/2021, e os resultados de desempenho do método no controle de míldio estão aqui apresentados e discutidos.

## Material e Métodos

### Vinhedos experimentais e avaliações

Os trabalhos de campo foram conduzidos em dois vinhedos: ‘Isabel’ (*Vitis labrusca* x *Vitis vinifera*) e ‘Niágara Rosada’ (*Vitis labrusca*) da Embrapa Uva e Vinho, localizados no município de Bento Gonçalves – RS, nas safras 2019/2020 e 2020/2021 (setembro a dezembro). A disposição das linhas em ambos os vinhedos foi no sentido oeste-leste, com inclinação entre 20-30° norte (GPS: -29,161956°, -51,528818°, ‘Isabel’, e -29,16374°, -51,52828°, ‘Niágara’). Linhas centrais sem bordadura foram selecionadas para o monitoramento de míldio, causado pelo oomiceto *Plasmopara viticola*. Para as avaliações do monitoramento e levantamento de dados, foram adotadas parcelas com cinco plantas em linha por repetição (com cinco repetições) englobando todo o vinhedo. Os vinhedos ‘Isabel’ e ‘Niágara’ foram considerados separadamente. As parcelas foram situadas em espaçamento de 1 m entre plantas e 1,5 m entre fileiras, nos dois vinhedos.

Por inspeção visual, foram anotadas a incidência e severidade de sintomas e sinais de míldio apresentados em folhas e cachos, a partir de inoculação natural no vinhedo. Avaliações da doença foram feitas em todas as folhas de dois ramos marcados nas plantas. Avaliações de sintomas/sinais foram realizadas por meio de avaliador humano, validado pelo software Rocket v 1.0

(Ampese et al., 2017), tendo uma escala gráfica (Azevedo, 1998) dividida em cinco (5) classes de doença como referência para cobrir 0-100% de severidade. Leituras foram submetidas à transformação angular  $Y_{(i)} = \arcsen[ID_{(i)}^{1/2}]$  para realização de testes de normalidade e inferências estatísticas a 5% de probabilidade. Valores de Índice de Doença (ID %) foram considerados para a quantificação de severidade de doença (Czermainski, 1999) e demais variáveis para o monitoramento de doença seguiram Cavalcanti et al., 2020.

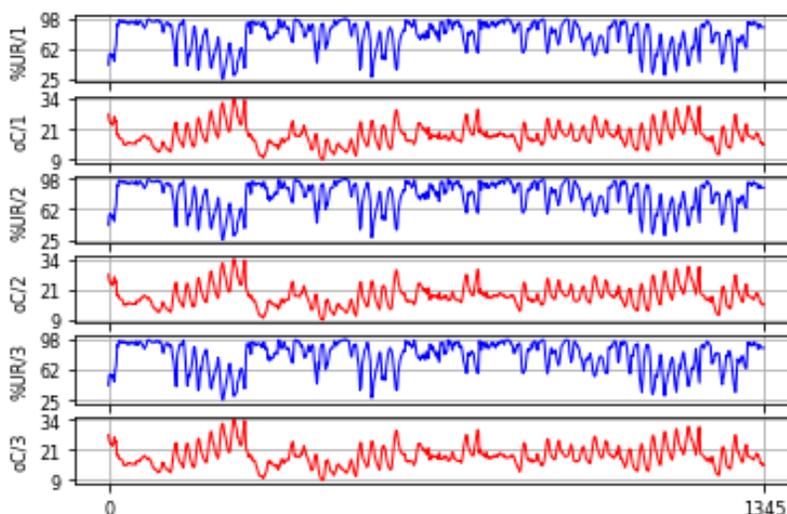
## **Ensaio de referência para calibração do método O-1 (safra 2019/20)**

O ensaio para calibração matemática do método O-1 para o MAHM foi realizado após levantamento de dados de incidência de míldio no vinhedo 'Isabel', durante a safra 2019/2020, conforme descrito no item *Vinhedos experimentais e avaliações*, sem que o vinhedo tenha recebido qualquer tratamento de controle de doenças. Sem esquema de proteção do vinhedo, o *P. viticola* pôde se dispersar e infectar livremente as plantas do vinhedo monitorado, a partir da rebrota que foi marcada no dia 02/10/2019. A partir da data de rebrota as parcelas internas ao vinhedo foram avaliadas conforme o item *Vinhedos experimentais e avaliações*.

No ato dos ensaios, como não havia disponibilidade de redes de micro-estações (MS) de IoT interligadas em redes de transmissão de ambiente rural na Serra Gaúcha, o trabalho foi feito com dados climáticos de umidade relativa do ar (%UR) e temperatura média do ar (°C), fornecidos pela estação meteorológica mais próxima possível do vinhedo 'Isabel': a estação "Vaisala" do INMET (-29,16458°, -51,534190°), localizada na Embrapa Uva e Vinho. Os dados climáticos estão resumidos na Tabela 1, e apresentados de forma detalhada (perfis de umidade e temperatura do ar) nas Figuras 2 e 4. Para a calibração do O-1, o vinhedo inteiro foi avaliado semanalmente, e a incidência e severidade foram quantificadas no espaço, considerando-se cada parcela de monitoramento definida no item *Vinhedos experimentais e avaliações*. Os percentuais de ID% foram calculados conforme esse item para cada parcela e dois parâmetros foram estipulados: 1) variação de severidade entre duas avaliações subseqüentes ( $\Delta ID\% = ID\%_{(t+1)} - ID\%_{(t)}$ ) e; 2) taxa linear de

**Tabela 1.** Dados climáticos e de precipitação pluviométrica da área experimental. Estação Meteorológica Automática Vaisala - Embrapa Uva e Vinho - Bento Gonçalves-RS, para a safra de 2019/2020

Parâmetro	Mês/Ano							
	Set/19	Out/19	Nov/19	Dez/19	Jan/20	Fev/20	Mar/20	Abr/20
Temperatura máxima do ar (média do mês / normal) (°C)	21,0	20,4	23,5	22,8	25,5	24,8	29,1	26,7
Temperatura mínima do ar (média do mês / normal) (°C)	10,9	10,6	14,3	12,3	15,3	14,2	16,9	16,0
Temperatura média do ar (média do mês / normal) (°C)	15,4	14,9	18,5	17,0	19,9	18,9	22,4	20,7
Precipitação (total do mês / normal) (mm)	72,8	185,0	258,6	156,0	158,6	140,0	37,4	144,0
Umidade relativa do ar (média do mês / normal) (%)	75,1	76,0	77,6	74,0	75,1	73,0	61,8	72,0



**Figura 2.** Perfis de temperatura (°C) e umidade relativa (%UR) carregados em três micro-estações em triangulação, seguindo o conceito *default* do MAHM durante oito semanas de monitoramento do vinhedo 'Isabel' desprotegido. Os dados foram adquiridos por apenas uma estação meteorológica ("Vaisala"), por isso os valores são os mesmos em cada canal 1, 2, 3. No eixo das abscissas, a escala de tempo foi definida em horas (h).

variação de severidade entre duas avaliações subsequentes ( $fID\% = [(ID\%_{(t+1)} - ID\%_{(t)})/\Delta t]$ ), considerando a semana  $t$  avaliada.

## Calibração do método O-1

Este método se sustenta em premissas associadas à influência que o ambiente causaria ao monociclo do patógeno. Uma seção da API está apresentada na Figura 3.

Estruturalmente, o método O-1 possui cinco partes que sumarizam uma única equação de fator de alerta para cada quadrante  $c2$  estudado, na resolução ( $a \times a$ ) desejada. Essas partes devem refletir características do monociclo do patógeno sob influência dos perfis de temperatura e umidade ao longo do tempo: i) parte de ponderação (interpolação) de dados para o conceito *default* do MAHM com três fontes de parâmetros microclimáticos – estações meteorológicas (MS), ou micro-estações de IoT (quando as mesmas existirem); ii) *ccaf* e *caf*, contador e coeficiente de acúmulo de alta favorabilidade (ajustado para uma equação dose-resposta) por quadrante  $c2$ , a partir de uma data de rebrota, por exemplo, 02/10/2019 no ensaio de calibração de O-1 (ver item *Ensaio de referência para calibração do método*

```
##
## Método Ozzy1 (API para módulo MAHM) - Agosto/2020 - Fabio Rossi Cavalcanti
##
for(p in (2+(pc*(est-1))):(pc+1+(pc*(est-1)))){
  fauq[c2, p] <- ((sd[c2] - d[c2, 1]) / (2 * sd[c2])) * fau[1, p] + ((sd[c2] - d[c2, 2]) / (2 * sd[c2])) *
  fau[2, p] + ((sd[c2] - d[c2, 3]) / (2 * sd[c2])) * fau[3, p]
  fatq[c2, p] <- ((sd[c2] - d[c2, 1]) / (2 * sd[c2])) * fat[1, p] + ((sd[c2] - d[c2, 2]) / (2 * sd[c2])) *
  fat[2, p] + ((sd[c2] - d[c2, 3]) / (2 * sd[c2])) * fat[3, p]
  umq[c2, p] <- ((sd[c2] - d[c2, 1]) / (2 * sd[c2])) * msu[1, p] + ((sd[c2] - d[c2, 2]) / (2 * sd[c2])) *
  msu[2, p] + ((sd[c2] - d[c2, 3]) / (2 * sd[c2])) * msu[3, p]
  if(p > (pro + 1))
  {
    if(((abs(umq[c2, p] - umq[c2, (p - pro)]) <= 22) & (umq[c2, p] >= 80))
    {
      ccaf[c2] <-ccaf[c2] + 1
      caf[c2] <- .11282 + (1.88276 - .11282) / (1 + 10 ^ ((168.623 - ccaf[c2]) * .0192))
      if(caf[c2] > 1.00) {caf[c2] = 1.00}
    }
    else
    {
      cfos[c2] <-cfos[c2] + 1
      fos[c2] <-cfos[c2] / t.fos
    }
  }
  aafa[c2] <-aafa[c2] + (((fauq[c2, (p - 1)] * fatq[c2, (p - 1)]) + (fauq[c2, p] * fatq[c2, p])) / 2) * (p
  - (p - 1)))
}
fa[c2] <-caf[c2] * aafa[c2] * fos[c2]
```

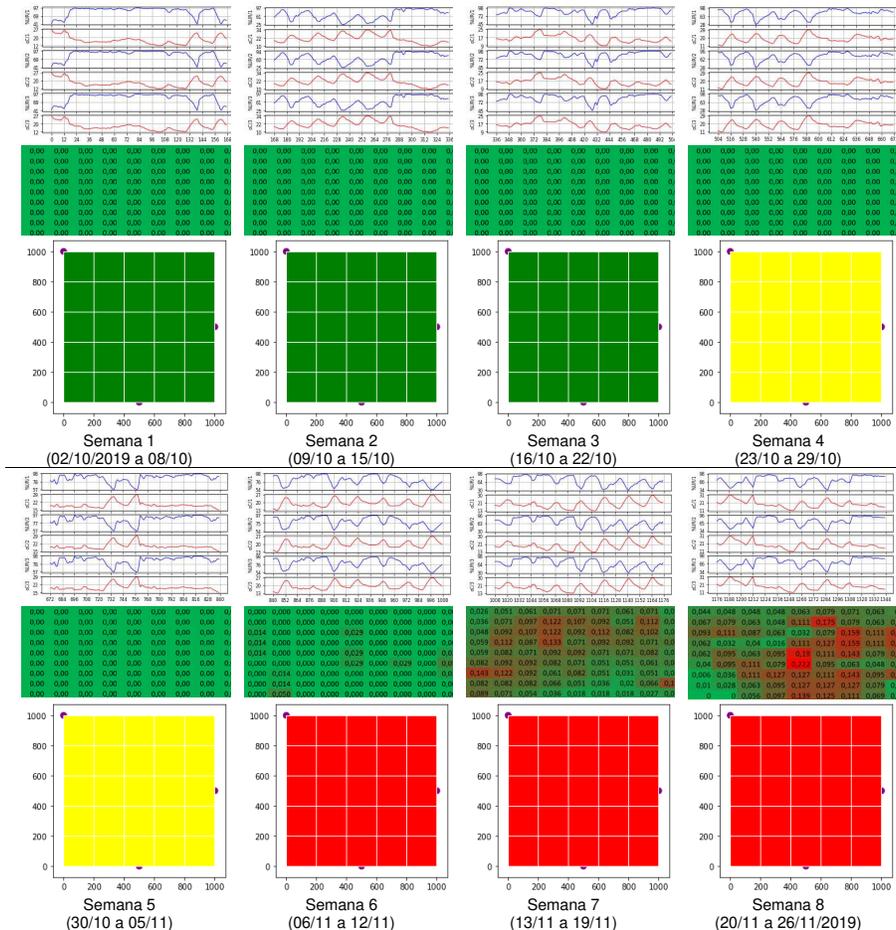
**Figura 3.** Segmento do *script* em R da API “Ozzy1” (O-1), que fundamenta uma primeira versão de uma função de alerta de míldio para o conceito *default* do Embrapa/MAHM, com três estações meteorológicas em triangulação.

O-1 (safra 2019/20)); iii) *cfos* e *fos*, contador e critério de oscilação dentro do período crítico (*pc*), sendo o período crítico para os alertas do O-1 definido em *p* como uma (1) semana em base horária, portanto 168 horas; iv) *aafa*, uma área abaixo do produto (para o O-1) das favorabilidades de alerta (umidade e temperatura) por quadrante *c2* da *p*-ésima hora ou situação ambiental da hora referente aos dados de temperatura e umidade da *p*-ésima hora fornecidos pelas estações meteorológicas que compõem a rede (no caso do O-1, três); v) um fator de alerta (*fa*) por quadrante *c2* definido para esta versão da API como o produto entre (ii), (iii) e (iv).

Após o estabelecimento do método como API do MAHM em um simulador codificado em R, a equação para *caf* e valores limites para *cfos* e *fa* foram ajustados e atribuídos após um estudo comparativo entre as oito semanas observadas no vinhedo Isabel da safra 2019/20, cujos perfis agroclimáticos e calibrações estão detalhados nas Figuras 2 e 4, respectivamente.

Para a calibração do método O-1, mapeamentos semanais das taxas lineares de variação de severidade de míldio entre duas avaliações subseqüentes (*tID%*) foram realizados. As avaliações foram realizadas por parcela de monitoramento para produzir um mapa de *tID%* em todo o vinhedo (Figura 4, 2ª linha). A calibração do O-1, mediante ajustes de equação para *caf* e valores para *cfos* e *fa*, foi realizada após a imposição de sincronia do simulador O-1 com o perfil de mapeamentos semanais de *tID%*. Os alertas foram emitidos considerando-se: i) o início da pressão de incidência sobre o vinhedo experimental 'Isabel' completamente desprotegido, e ii) as taxas de variação de severidade (*tID%*) das parcelas monitoradas. Para a calibração de O-1 foi adotada uma resolução de 5 x 5 quadrantes para o MAHM gerar o mapa temático (*heat map*) (Figura 4, 3ª linha). Para a presente calibração do método não foram realizados estudos da flexibilidade do MAHM devido à restrição de fontes de dados agroclimáticos a uma única estação ("Vaisala"), cujos valores foram inseridos, os mesmos ocupando os três canais *default* (três MSs) do conceito MAHM original.

Para o método de alerta (O-1) avaliado, foi definida uma escala de cores que compreende o vermelho, "pulverização imediata na semana do alerta"; amarelo, "aguardar o próximo alerta – se for novo alerta amarelo, pulverizar na semana do 2º amarelo em sequência"; verde, "não é necessária pulverização na semana corrente". Inicialmente, as substâncias a serem adotadas para o



**Figura 4.** Detalhamento dos perfis climáticos ( $^{\circ}\text{C}$ , em vermelho, e %UR, em azul na 1ª linha) e sincronia (A) e (B) entre: A) as taxas lineares de variação de severidade de mildio, entre duas avaliações semanais subsequentes (fID%) por parcela de monitoramento (2ª linha, 81 parcelas), e B) os alertas a serem dados pelo simulador O-1 (3ª linha).

alerta de aplicação são aquelas adequadas para uma rotação de moléculas que evite o surgimento de linhagens resistentes a fungicidas (Brent; Hollomon, 2007), bem como a adequação aos estádios fenológicos da videira, conforme um controle químico convencional típico (Reis et al., 2013).

## **Controle do míldio da videira na safra 2020/21 com alertas gerados pelo método O-1, em dois vinhedos experimentais**

Os mesmos vinhedos, 'Isabel' e 'Niágara Rosada' da Embrapa Uva e Vinho (mencionados no item *Vinhedos experimentais e avaliações*), foram protegidos com pulverizações indicadas por alertas gerados pelo método O-1, na safra 2020/2021. As avaliações foram realizadas entre os meses de setembro a dezembro de 2020. As rebrotas das plantas foram fixadas nas datas 24/08/2020 e 21/09/2020, respectivamente, para as variedades 'Niágara Rosada' e 'Isabel'. Em cada vinhedo, as parcelas de monitoramento foram avaliadas semanalmente, conforme descrito no item mencionado, a partir das respectivas datas de rebrota, durante 17 e 13 semanas (2856 e 2184 horas), respectivamente, a 'Niágara Rosada' e 'Isabel' (Figuras 5 e 6). Os calendários de pulverizações para os dois vinhedos seguiram de modo independente um do outro.

Em vista de ainda não se dispor de redes de micro-estações (MS) de IoT interligadas em redes de transmissão rural, o trabalho usou dados de umidade relativa (%UR) e temperatura média do ar (°C) obtidas por uma composição de três estações meteorológicas representativas da macrorregião onde a Embrapa Uva e Vinho está inserida: o Vale dos Vinhedos. As seguintes estações meteorológicas (METOS) foram utilizadas: Dom Candido (-29,17768°, -51,55531°) cujos dados foram alocados no canal "1" do MAHM, sendo nomeada como MS1; Miolo (-29,18597°, -51,58266°) cujos dados foram alocados no canal "2" do MAHM, sendo nomeada como MS2; Fantin (-29,09837°, -51,66788°) cujos dados foram alocados no canal "3" do MAHM, sendo nomeada como MS3. Os perfis agroclimáticos para a estação 2020/21 estão resumidos na Tabela 2, e apresentados de forma detalhada nos perfis de umidade e temperatura do ar nas Figuras 5 e 6.

Para o controle de míldio a campo, cada canal de entrada de dados do MAHM recebeu um histórico de leituras de microclima por diferentes fontes (MSs),

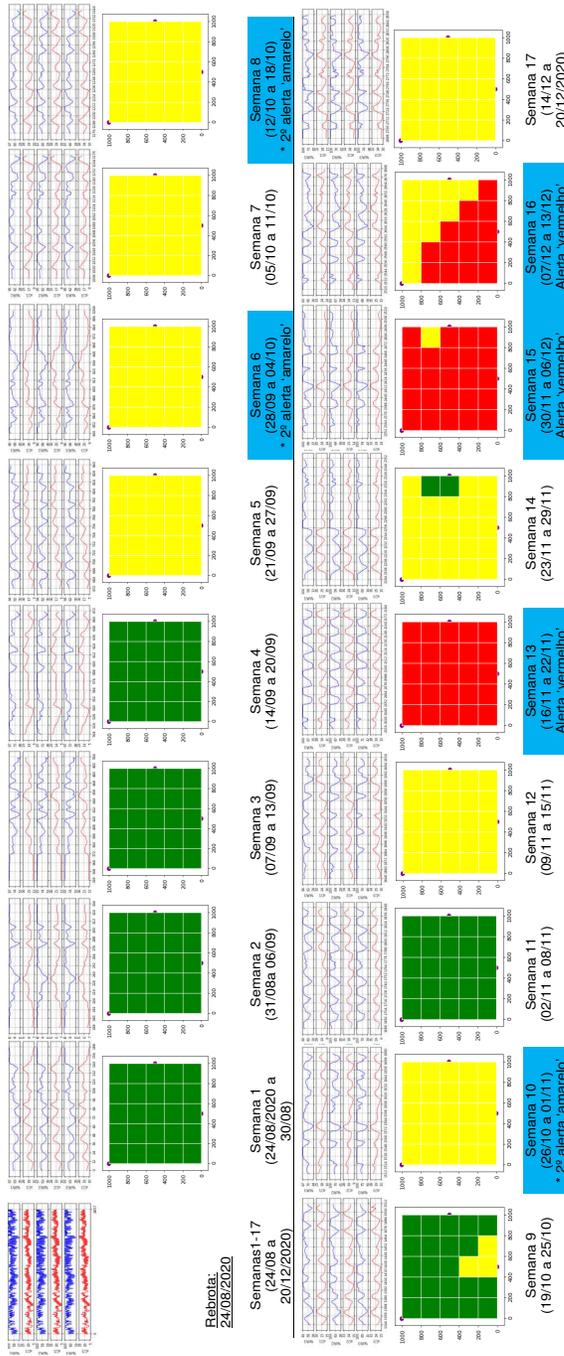
**Tabela 2.** Dados climáticos e de precipitação pluviométrica da área experimental. Estação Meteorológica Automática Vaisala - Embrapa Uva e Vinho - Bento Gonçalves-RS, para a safra de 2020/2021.

Parâmetro	Mês/Ano							
	Set/20		Out/20		Nov/20		Dez/20	
Temperatura máxima do ar (média do mês / normal) (°C)	22,0	20,4	24,3	22,8	25,5	24,8	29,4	26,7
Temperatura mínima do ar (média do mês / normal) (°C)	11,5	10,6	13,2	12,3	14,4	14,2	16,7	16,0
Temperatura média do ar (média do mês / normal) (°C)	16,2	14,9	18,1	17,0	19,2	18,9	21,4	20,7
Precipitação (total do mês / normal) (mm)	137,8	185,0	46,4	156,0	40,0	140,0	129,0	144,0
Umidade relativa do ar (média do mês / normal) (%)	77,9	76,0	71,7	74,0	67,2	73,0	75,5	72,0

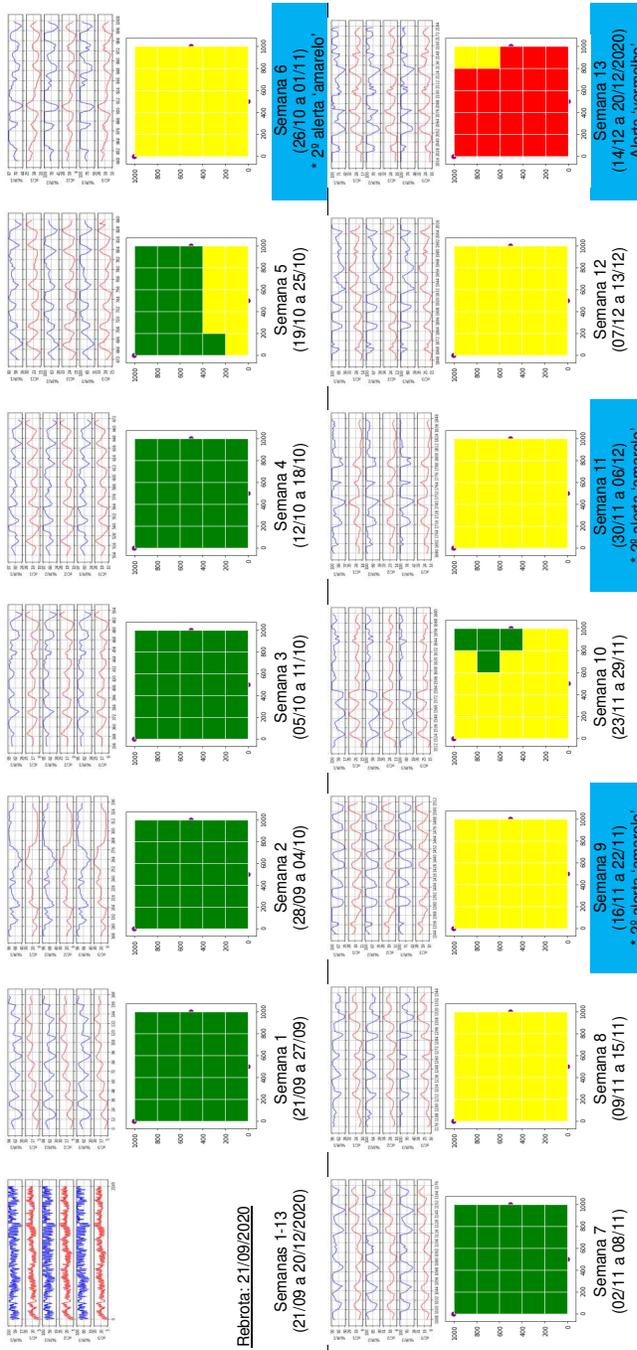
fazendo, por isso, flexionar as saídas dos alertas associadas ao método O-1 submetido aos dados. No entanto, para efeito de segurança fitossanitária adotou-se o critério de considerar o alerta mais grave referente à situação de maior ameaça de doença, a ser aplicado em toda a área de vinhedo. No presente trabalho, não foram realizados estudos sobre a capacidade de georreferenciamento ou desdobramento da posição do alerta produzido por O-1 como API para o MAHM, na versão 2020. Portanto, nenhuma pulverização foi realizada em setores específicos. Como acima comentado, o alerta mais pessimista foi levando em consideração para todo o vinhedo e as pulverizações foram feitas em toda a área produtiva sem desdobramentos de alerta no espaço.

## **Análise estatística para as observações da safra 2019/20**

Para as análises estatísticas, um *script* R (R version 3.5.0 - Copyright (C) 2018 -The R Foundation) foi utilizado para estudar as médias de ID% encontradas de cada parcela de monitoramento (Figura 7). Dentro de cada tempo de avaliação foram realizados testes de média com níveis de significância fixados a 5%.



**Figura 5.** Primeira linha: Perfis climáticos (°C, em vermelho, e %UR, em azul) e respectivos mapas temáticos (2ª linha), gerados pelo método MAHM/O-1, para o controle de mildio no vinhedo 'Niágara Rosada' da Embrapa Uva e Vinho, na safra 2020/21. O vinhedo foi pulverizado nas semanas marcadas em azul. A data de rebrota e do início do monitoramento foi fixada em 24/08/2020. Esquema de cores (O-1): vermelho, 'pulverização imediata na semana do alerta'; amarelo, 'aguardar o próximo alerta: havendo novo alerta amarelo, pulverizar'; verde, 'não é necessária pulverização na semana corrente'.



**Figura 6.** Primeira linha: Perfis climáticos (°C, em vermelho, e %UR, em azul) e respectivos mapas temáticos (2ª linha) gerados pelo método MAHM/O-1 para o controle de mídio no vinhedo 'Isabel' da Embrapa Uva e Vinho, na safra 2020/21. O vinhedo foi pulverizado nas semanas marcadas em azul. A data de rebrota e do início do monitoramento foi fixada em 21/09/2020. Esquema de cores (O-1): vermelho, 'pulverização imediata na semana do alerta'; amarelo, 'aguardar o próximo alerta: havendo novo alerta amarelo, pulverizar'; verde, 'não é necessária pulverização na semana corrente'.

```
## LIPP - 2020 (Fabio R Cavalcanti); Comparação em parcelas de monitoramento ensaio calibração MAHM/O1.
a0 <- aov(variavel~id, data=variavel)
anova(a0)
par(mfrow=c(2,2))
plot(a0)
layout(1)
shapiro.test(residuals(a0))
bartlett.test(residuals(a0)~variavel$id)
df.residual(a0)
deviance(a0)
deviance(a0)/df.residual(a0)
Stud <- with(variavel, LSD.test(variavel, id,
                               group=FALSE,
                               DError=df.residual(a0),
                               MSError=deviance(a0)/df.residual(a0))); Stud
Bon <- with(variavel, LSD.test(variavel, id,
                               p.adj)= "bon",
                               DError=df.residual(a0),
                               MSError=deviance(a0)/df.residual(a0))); Bon
Tu<- with(variavel, HSD.test(variavel, id,
                              DError=df.residual(a0),
                              MSError=deviance(a0)/df.residual(a0))); Tu
Du <- with(variavel, duncan.test(variavel, id,
                                 DError=df.residual(a0),
                                 MSError=deviance(a0)/df.residual(a0))); Du
LScottKnott(a0, which="id")
## Fim de sessão.
```

Figura 7. Script em R para análise estatística sobre as observações da safra 2019/20.

Per centual comparativo de redução de pulverizações entre dois vinhedos (v1 e v2) foi aferido pela equação  $R\% = [(v1 - v2)/v1] \times 100$ , quando  $v1 > v2$ , sendo v2 um dos dois vinhedos ('Isabel' ou 'Niágara') protegidos pelo alerta O-1.

## Resultados e Discussão

Comparativamente, o presente 'módulo computacional para alerta de doença por mapa de calor (*heat map*) em área de produção vegetal' (Embrapa/MAHM), acoplado a um método de alerta de doença (por exemplo, o "Ozzy1", que é objeto de estudo deste trabalho), propõe cinco ganhos incrementais principais, alguns provavelmente inéditos, e um potencial: i) padronizar um método unificado para visualizar informação de alerta, por uma representação quadrangular simples e intuitiva da área de produção, dividida em quadrantes coloridos (mapa de calor), cada qual informando um nível de alerta de doença em uma posição específica interna à área total monitorada; ii) uma interface visual inovadora, que pode ser facilmente adaptada em aplicações para plataformas portáteis, como celular e *tablets*, acessíveis, podendo levar ferramentas de precisão onde não há nada; iii) uma plataforma unificada versátil para o uso de virtualmente qualquer modelo de favorabilidade para doenças de planta sensíveis a fatores agroclimáticos (geralmente causadas por fungos fitopatogênicos), mediante aquisição de dados associados a fa-

tores ambientais de qualquer tipo, de acordo com o modelo a ser adaptado; iv) servir como base de estimaco de alerta de doena para áreas inteiras de plantio, a partir de dados captados por poucos microsensores *wireless* de novos sistemas de IoT (*endpoints*), de baixo custo, instalados em triangulação, em plataformas de conectividade total; v) racionalizar o uso da calda nas copas, promovendo redução de custos e de impactos aos ecossistemas sem perda de eficincia no controle de doenas.

A aplicação potencial de um sistema de alerta baseado no MAHM  que, aliado a um sistema de posicionamento (ex. GPS), o algoritmo sirva como base de referncia para orientação automática de veículos com tecnologia de aplicação precisa de fungicidas, como por exemplo, VANTs ou drones nos locais e instantes certos para essa pulverização.

Para a proteção dos vinhedos ‘Isabel’ e ‘Niágara Rosada’ da safra 2020/2021 pelo mtodo de alerta O-1 como API ao MAHM, foi necessária uma calibração parcial prvia do mtodo a partir de observações e monitoramento semanal do livre aparecimento e dispersão de míldio no vinhedo ‘Isabel’ completamente desprotegido (sem aplicação de qualquer tipo de fungicida), na safra anterior 2019/20 (Figura 4). Por associação entre os perfis agroclimáticos e as observações do aparecimento da doena por sintomatologia (conforme descrito no item *Vinhedos experimentais e avaliações*, foram ajustadas equações de favorabilidade para o míldio inseridas na versão-2 do MAHM, por fator ambiental. Para umidade:  $FU[i,f] = 2,5 + (1,012 \times ms[a,i,f]) + (-0,0313 \times (ms[a,i,f])^2) + (0,00031 \times (ms[a,i,f])^3)$ ; e para temperatura:  $FT[i,f] = 0,6011 + (2552,56 / (21,45 \times (\pi/2)^{1/2})) \times e^{(-2 \times ((ms[a,i,f] - 22,94) / 21,45) \times (ms[a,i,f] - 22,94) / 21,45))}$ , considerando o dado de temperatura ou umidade fornecido pela MS “a” (ou canal de entrada de dados “a”), na situação ambiental “r” em um intervalo de tempo (*default* = 1 hora) e o nmero “r” de quadrantes associados a uma definição de resolução para uma simulação MAHM, ou o tamanho dos quadrantes a cobrirem toda a área monitorada.

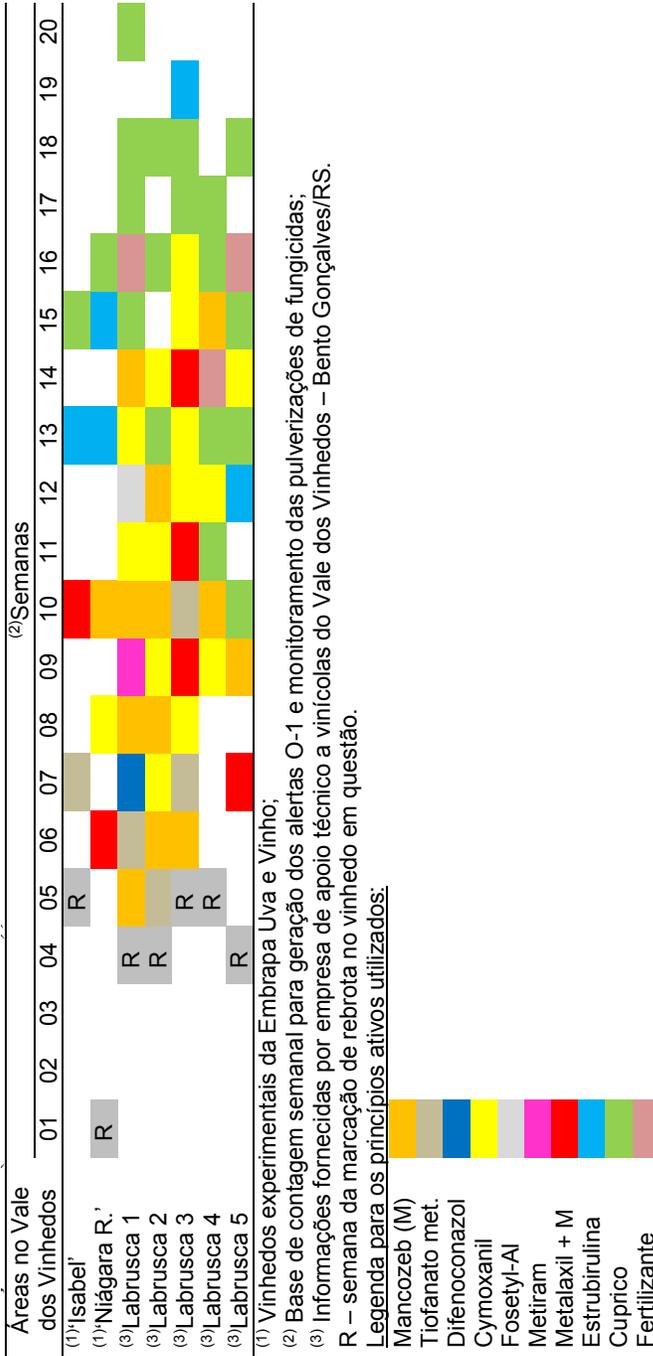
Como descrita na metodologia, a calibração do O-1 foi feita mediante ajustes de equação para *caf* e valores para *cfos* e *fa*. Tambm foi necessária a imposição de sincronia do simulador O-1 com o perfil de mapeamentos semanais de *fID%* surgidos no vinhedo ‘Isabel’ desprotegido na safra 2019/20. Seguindo a inoculação espontânea do vinhedo e a dispersão da doena, foi ajustada uma equação dose-resposta para o parâmetro  $caf[f] = 0,11282 + (1,88276 -$

$0,11282) / (1 + 10^{((168,623 - ccaff) \times .0192)})$ , sendo ' $f$ ' o tamanho do quadrante. Foram definidos também valores constantes para os parâmetros corpo do método de alerta ( $cfo$ s e  $fa$ ).

Com um simulador MAHM/O-1 calibrado, os dois vinhedos experimentais 'Isabel' e 'Niágara Rosada' foram submetidos a um esquema de pulverização governado pelos alertas gerados pelo método na safra 2020/21. Comparativamente a outros vinhedos *V. labrusca* da região do Vale dos Vinhedos, o MAHM/O-1 produziu um esquema de controle que pôde produzir reduções entre 40 a pouco acima de 60% na quantidade de aplicações de fungicidas, sem perda de proteção de ambos os vinhedos em todos os estádios fenológicos do ciclo da cultura observados (Figuras 5, 6 e 8).

Como ilustração, pela Figura 8, dois vinhedos representativos (comerciais) da região do Vale dos Vinhedos, '*Labrusca* 1' e '*Labrusca* 2' receberam respectivamente 15 e 12 pulverizações na safra 2020/2021, praticamente uma aplicação por semana. Em comparação, os vinhedos experimentais cujos calendários obedeceram (de modo independente) ao método de alerta (O-1) receberam apenas 5 ('Isabel') e 6 ('Niágara') pulverizações. Ou seja, o O-1 produziu alertas que promoveram reduções acima de 60% nas aplicações dentro da mesma safra, com manutenção da proteção em videiras com a mesma base de resistência ao míldio.

Epidemias são processos biológicos complexos usualmente considerados como resultado de eventos chamados "ciclos de infecção". Assim, as doenças de juro compostos ou policíclicas são o resultado de uma série de ciclos de infecções que ocorrem num intervalo de tempo correspondente ao ciclo de determinada cultura. A maioria dos estudos em Epidemiologia examina os fenômenos que ocorrem dentro de um intervalo de um ciclo de infecção, sendo esses ciclos chamados essencialmente de "monocíclicos". Um monociclo típico de fungo fitopatogênico compreende etapas de deposição do conídio sobre o tecido susceptível (esporo sexual ou assexuado), germinação, apressório, colonização, desenvolvimento da lesão, conidióforo, conídio, maturação, liberação, dispersão e novo evento deposição, em uma continuidade que gera uma cadeia de eventos de monociclo: o "policiclo" (Cavalcanti, 2004; Agrios, 2005). Além desses eventos, doença também envolve processos; estes, por sua vez, envolvem taxas de mudanças; taxas de mudança envolvem tempo. A inclusão do fator tempo no ciclo de infecção permite a conceituação de



**Figura 8.** Comparativo entre esquemas de controle de míldio utilizados em vinhedos de *Vitis labrusca* em Bento Gonçalves/RS (Vale dos Vinhedos), na safra 2020/21.

diversos períodos de interesse epidemiológico, sendo os principais: período de incubação (PN), período latente (PL) e período infeccioso (PI) (Bergamin Filho et al., 2016).

Período latente (PL) é o intervalo de tempo entre a inoculação e a produção de esporos. Normalmente está correlacionada com o período de incubação, que é o intervalo entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas. Diferenças entre os dois parâmetros têm sido observadas assumindo-se que sejam reflexo de diferentes taxas de crescimento do patógeno no hospedeiro. O PI é definido como o tempo durante o qual a lesão mantém-se esporulando (Campbell; Madden, 1990).

Na gênese de um critério por antecipação, o método de alerta MAHM/O-1 produz uma simulação de o quanto o ambiente pode favorecer principalmente a latência da chegada do inóculo primário (primeira contaminação do tecido sadio pós-rebrota), o PN e o PL antes do disparo do PI no monociclo de *P. viticola*. Essa antecipação permite que fungicidas de contato sejam adotados nos esquemas de pulverização mediante alerta, permitindo redução de custos e mantendo a epidemia sob controle com o mesmo plantel de produtos ofertados no mercado. No entanto, o MAHM/O-1 considera, para emissão dos alertas, que *todo* o tecido esteja contaminado após um período de tempo. Ou seja, a versão 2020 trabalha com uma abordagem “pessimista”, sobre a qual versões futuras do método pretenderão dirimir, nem mesmo descartando a adição de outros sensores nas MSs que compõem sistema de monitoramento de IoT por triangulação.

Modelos preditivos e de alerta de doença de plantas têm sido desenvolvidos paralelamente aos avanços dos estudos em Epidemiologia, a partir de um histórico clássico. Alguns sistemas para milho (EPICORN, para mancha foliar), tomateiro e batateiro (versões atuais de EPIDEM, TOMCAST, BLITECAST) e macieira (*Maryblyt*, EPIVEN, para sarna), dentre outros (Reddy, 2018). Modelos envolvendo míldio da videira também foram desenvolvidos, tais como DMCAST (Park et al., 1997) e ITMEt (Denzer, 1998) sendo aplicado em vinhedos de seus países. No entanto, todos esses modelos parecem depender de captação de dados agroclimáticos muito amplos ou descontextualizados da situação específica de um pomar ou área de produção, produzindo deformações em seus modelos que geram incertezas na confiabilidade.

As interfaces visuais da maioria dos sistemas são pouco atraentes em termos de interpretação de tabelas de períodos críticos. Além disso, há pouca ou nenhuma informação sobre o posicionamento específico do alerta dentro da propriedade do agricultor.

Talvez, atualmente, a abordagem que mais se aproxima do sistema de alerta em estudo seja o sistema espanhol para tomada de decisão, *VineSens* (Pérez-Expósito et al., 2017). Essa plataforma está montada sobre uma estrutura análoga à pressuposta para o uso do presente MAHM: visualização da informação por meio de dispositivos pessoais (como o telefone celular), a partir dos dados ambientais coletados de microsensores *wireless* distribuídos internamente à área de produção.

## Considerações Finais

1. Um método de alerta MAHM/Ozzy-1 (O-1, versão 2020) produziu recomendação de pulverização capaz de proteger dois vinhedos experimentais de *Vitis labrusca*, 'Isabel' e 'Niágara Rosada', à infecção por míldio na safra 2020/2021;
2. Essas reduções na frequência de pulverizações oscilaram entre 40 a 60%, quando comparados com esquemas comerciais utilizados na mesma safra para o controle de míldio em outras áreas de produção no Vale dos Vinhedos, Rio Grande do Sul;
3. Próximos ensaios do sistema, na safra 2021/22, serão conduzidos por micro-estações de IoT em rede de triangulação, para que o desdobramento dos alertas (georreferenciamento dos alertas) no espaço seja testado. As redes de IoT buscarão completar o conceito MAHM de Agricultura de Precisão que o algoritmo, orientado por um método de alerta (como API), tem o potencial de trazer.

## Referências

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. ed. [S.l.]: Elsevier, 2005. 948 p.

AMPESE, L. C.; LOBATO, A.; CAVALCANTI, F. R. ROCKET: ferramenta para validar a detecção visual de um avaliador. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2017; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 11., 2017, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2017. p. 56. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 103). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162552/1/Anais-15IC-2017-56.pdf> >. Acesso em: 11 jan. 2021.

AZEVEDO, L. A. S. de. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. São Paulo: Novartis Biociências, 1998.

BERGAMIN FILHO, A.; INOUE-NAGATA, A. K.; BASSANEZI, R. B.; BELASQUE JR, J.; AMORIM, L.; MACEDO, M. A.; BARBOSA, J. C.; WILLOCQUET, L.; SAVARY, S. The importance of primary inoculum and área-wide disease management to crop health and food security. **Food Security**, v. 8, n. 1, p. 221-238, 2016. DOI 10.1007/s12571-015-0544-8.

BRENT, K. J.; HOLLOMON, D.W. **Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed?** FRAC Monograph No. 1 (second, revised edition), 2007. 60p. ISBN 90-72398-07-6.

CAFFI, T.; ROSSI, V.; BUGIANI, R. Evaluation of a warning system for controlling primary infections of grapevine downy mildew. **Plant Disease**, v. 94, n. 6, p. 709-716, 2010. DOI 10.1094/PDIS-94-6-0709.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: Wiley& Sons, 1990. 532 p. ISBN : 0471832367.

CARDOSO, C. A. de A.; REIS, E. M.; MOREIRA, E. N. Desenvolvimento de sistema de previsão de brusone causada por *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 3, p. 216-221, 2008. DOI 10.1590/S0100-54052008000300002.

CAVALCANTI, F. R. **Modelagem e simulação de doença em Fitopatologia: generalidades e utilização de tecnologia para visualização de epidemia**. Monografia (Especialização em Matemática e Estatística) – Universidade Federal de Lavras, 2004.

CAVALCANTI, F. R.; CASSUBA, K. F.; FIORAVANÇO, J. C. **Avaliação de produtos biológicos e um indutor de resistência no controle do míldio da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2020 (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 149). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124483> . Acesso em: 11 jan. 2021.

CZERMAINSKI, A. B. C. Generalização de um índice de intensidade de infecção em experimentos de avaliação de doenças em plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1545-1555, set. 1999. DOI 10.1590/S0100-204X1999000900004.

DENZER, H.W. "Itimet" a new grape vine disease risk analyzing program. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GRAPEVINE DOWNY AND POWDERY MILDEW, 3., 1998, Loxton, South Australia. **Proceedings...** Adelaide: SARDI Research Report Series, 12. n. 50.

FERNANDES, J. M. C.; PAVAN, W.; SANHUEZA, R. M. SISALERT – A generic web-based plant disease forecasting system. In: **Agriculture, Food and Environment**, v. 5, 2011. (International Conference on Information and Communication Technologies, 2011, Skiathos.

FOUASSIER, S.; MAGNIEN, C.; JACQUIN, D. MILVIT: A model for the asexual phase of grapevine downy mildew-Results of 4 years of validation. **Viticulture and Enological Sciences**, v. 52, p. 169-171, 1997.

HUBER, B.; BLEYER, G.; KASSEMAYER, H. H. Verification of the Freiburg model against *Plasmopara viticola* by field trials from 1993-1997. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GRAPEVINE DOWNY AND POWDERY MILDEW , 3., 1998, Loxton, South Australia. **Proceedings...**Adelaide: SARDI Research Report Series, 18-19.

JACQUART-ROMON, C.; PAULIN, J. P. A computerized warning system for fire blight control. **Agronomie, EDP Sciences**, v. 11, n. 6, p. 511-519, 1991.

LALANCETTE, N.; MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. A quantitative model for describing the sporulation of *Plasmopara viticola* on grape leaves. **Phytopathology**, v. 78, n. 10, p. 1316-1321, 1988.

MAANEN, A. V.; XU, X.-M. Modelling plant disease epidemics. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 669-682, 2003. DOI 10.1023/A:1026018005613.

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**, v. 84, n. 5, p. 549-554, 2000. DOI 10.1094/PDIS.2000.84.5.549.

MOGILI, U. R.; DEEPAK, B. B. V. L. Review on application of drone systems in precision agriculture. **Procedia Computer Science**, v. 133, p. 502-509, 2018. DOI 10.1016/j.procs.2018.07.063.

NITA, M.; ELLIS, M. A.; WILSON, L. L.; MADDEN, L. V. Evaluation of a disease warning system for Phomopsis cane and leaf spot of grape: a field study. **Plant Disease**, v. 90, p. 1239-1246, 2007. DOI 10.1094/PD-90-1239.

PERTOT, I.; CAFFI, T.; ROSSI, V.; MUGNAI, L.; HOFFMANN, C.; GRANDO, M. S.; GARY, C.; LAFOND, D.; DUSO, C.; THIERY, D.; MAZZONI, V.; ANFORA, G. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. **Crop Protection**, v. 97, p. 70-84, 2017. DOI /10.1016/j.cropro.2016.11.025.

PARK, E. W.; SEEM, R. C.; GADOURY, D. M.; PEARSON, R. C. DMCast: a prediction model for grape downy mildew development. **Viticulture and Enological Sciences**, v. 52, n. 3, p. 182-189, 1997.

PÉREZ-EXPÓSITO, J. P.; FERNÁNDEZ-CARAMÉS, T. M.; FRAGA-LAMAS, P.; CASTEDO, L. VineSens: an Eco-Smart Decision-Support Viticulture System. **Sensors**, v. 17, n. 3, p. 1-26, 2017. DOI 10.3390/s17030465.

REDDY, P. P. **Crop protection strategies**: under climate change scenarios. Scientific Publishers, 420p. 2018.

REIS, E. M.; SÔNEGO, O. R.; MENDES, C. S. Aplicação e validação de um sistema de aviso para o controle do míldio da videira, com fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 10-15, 2013.

WACHTEL, M. F.; MAGAREY, P. A. The field use of a simulator for *Plasmopara viticola* to improve disease management for Australian grapegrowers. **Wein-Wissenschaft.**, v. 52, n. 3-4, p. 193-194, 1997.

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 (2021)



Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*João Caetano Fioravanço*

Secretário-Executivo

*Edgardo Aquiles Prado Perez*

Membros

*João Henrique Ribeiro Figueredo, Jorge*

*Tonietto, Klecius Ellera Gomes, Luciana*

*Mendonça Prado, Nubia Poliana Vargas*

*Gerhardt, Rochelle Martins Alvorcem, Viviane*

*Maria Zanella Bello Fialho*

Supervisão editorial

*Klecius Ellera Gomes*

Revisão de texto

*Edgardo Aquiles Prado Perez*

Normalização bibliográfica

*Rochelle Martins Alvorcem CRB10/1810*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Fellice Barbeiro*

Editoração Eletrônica

*Cristiane Turchet*

Foto da capa

*Márcio Diniz Trindade Busanello*