

Capítulo 6

Condições climáticas e risco de desenvolvimento do cancro europeu no Sul do Brasil

Ana Beatriz Costa Czermainski
Silvio André Meirelles Alves

Introdução

O clima tem importante influência sobre as fases biológicas e sobre o desenvolvimento do patógeno *Neonectria ditissima*. As fases de produção e disseminação dos conídios são fortemente dependentes da chuva. A temperatura do ar e o regime de chuvas determinam períodos de molhamento foliar, que, por sua vez, favorecem a sobrevivência do fungo e influenciam o nível de esporulação em lesões já existentes nos hospedeiros. Os respingos de chuva e o vento são determinantes para a dispersão dos esporos e a disseminação do cancro europeu.

A macieira, principal hospedeiro de *N. ditissima*, também terá a sua fenologia afetada em razão do clima. A fase de queda de folhas assim como a colheita serão antecipadas ou retardadas em relação a outros anos, conforme o comportamento de elementos climáticos, em especial da temperatura do ar. Os ferimentos naturais resultantes da queda de folhas nos meses de outono são os principais pontos de início de infecção de cancro europeu em macieiras. No verão, os ferimentos induzidos pela colheita de frutos também são vias de entrada do fungo, e as condições climáticas específicas desta

fase podem determinar maior ou menor sucesso do fungo na infecção. A coincidência de fases fenológicas de maior vulnerabilidade da macieira com condições ambientais favoráveis devem ser motivo de atenção. Por observações experimentais efetuadas no Brasil, têm-se indicativos de que a infecção de frutos, pouco estudada em outros países, também seja influenciada pela interação entre temperatura e molhamento foliar.

Mesmo características que são intrínsecas a um pomar já estabelecido como a suscetibilidade de cultivares, tanto de copa como de porta-enxerto, sofrem a influência indireta dos elementos do clima. A concentração de inóculo no ambiente circundante e o nível de esporulação, ambos influenciados pela temperatura e pelo regime de chuvas, podem modificar o nível esperado de resistência para uma cultivar.

Nas diversas regiões produtoras de maçã ao redor do mundo, houve preocupação dos estudiosos do cancro europeu na análise do comportamento do clima e seu reflexo sobre a epidemia. No entanto, ainda persistem muitas incertezas.

Há diferenças entre regiões ou localidades situadas numa área geográfica contínua quanto à severidade da epidemia ou quanto ao órgão atingido. A análise retrospectiva dos dados climáticos explica por que, conforme a região, a presença da doença é raramente observada e não tem maior importância ou é muito preocupante, podendo levar a grandes perdas da produção. Essa variabilidade na distribuição regional da doença é observada em regiões produtoras dos Estados Unidos, da Europa e da Nova Zelândia.

Monitorar o clima é de extrema importância para as ações de manejo no curto prazo e para que seja aprimorado, no médio e longo prazos, o entendimento sobre a epidemia, ou seja, de como ela

se comporta no tempo e no espaço, de modo a gerar mais subsídios para o controle. Neste capítulo são apresentados resultados da análise do clima em anos recentes dos polos de produção de maçã no Sul do Brasil ou locais próximos, à luz de parâmetros e modelos já validados para outras regiões produtoras do mundo.

Os modelos e parâmetros já conhecidos

Pesquisas em diversas regiões produtoras de maçã do mundo indicam, com base em elementos climáticos, valores-limites ou parâmetros para o estabelecimento de níveis de risco de ocorrência de cancro europeu. Tais parâmetros referem-se à temperatura do ar e ao regime de chuvas, tanto em quantidade como em frequência. Outro fator a ser considerado, e é consequência dos anteriores, é o período mínimo de molhamento foliar para ocorrer infecção. Autores indicam como referência um período mínimo de 6 horas para favorecer a infecção.

A partir de ensaios in vitro realizados no Chile, Latorre et al. (2002) estabeleceram relações entre medidas ambientais e de desenvolvimento do fungo ou de infecção. As equações ajustadas levaram a taxas de germinação de conídios e de ascósporos conforme o tempo sob dada temperatura. Num conjunto de experimentos foi estudado, para diversos isolados de *Neonectria*, o efeito da temperatura sobre a germinação de conídios num período de 24 horas. A germinação ocorreu entre 6 °C e 32 °C, com taxa crescente a partir de 10 °C, atingindo o máximo de germinação na faixa de 20 °C a 25 °C. Ascósporos submetidos in vitro a 20 °C, ao final de 8 horas, estariam 60% germinados. Baseados nos modelos preditivos estimados, os autores implementaram um sistema de aviso de infecção, validado em 5 ensaios

conduzidos em 2 anos (1999–2000) em pomares comerciais altamente infectados por cancro europeu. Comparando o sistema convencional de aplicação de fungicidas e o programa de aplicações baseado no sistema de alerta, foi verificado que o sistema de aviso reduziu a incidência e a severidade no primeiro ano.

Em pesquisas efetuadas na Nova Zelândia, Beresford e Kim (2011) destacaram a importância da frequência de dias com chuva e do número de horas por dia em determinadas faixas de temperatura. Isso permitiu distinguir áreas de produção onde o cancro europeu é um problema grave, daquelas onde o cancro é raramente ou nunca considerado um problema. Foi constatado que o fungo sobrevive em campo na ampla faixa de temperatura de 5 °C a 25 °C, com o intervalo apontado como ideal entre 11 °C e 16 °C por pelo menos 8 horas por dia. Com base nos indicadores: número de dias com chuva no mês (D), quantidade de chuva no mês (P) e número médio de horas no dia com temperatura entre 11 °C e 16 °C (T), foram estabelecidos gráficos indicadores de condições favoráveis para diversos locais do mundo. Para isso, as estimativas mensais de D, P e T foram comparadas com os parâmetros estabelecidos em D=28,8 %, P=100 mm e T=7,7 horas.

Em continuidade, os mesmos autores (Kim e Beresford, 2012) chegaram a um método de cálculo de risco climático e estabeleceram modelos exponenciais com os mesmos parâmetros D, P e T, os quais são valores mínimos para indicar risco moderado ou alto para a infecção ou desenvolvimento da doença. Tais funções (Figura 1) assumem valores no intervalo 0 a 1, e quanto mais próximas de 1, maior a contribuição para o risco. Um indicador das condições favoráveis ou não ao cancro europeu em determinado mês m , R_m , é obtido multiplicando-se o maior valor entre μ_D e μ_P por μ_T , ou seja, $R_m =$

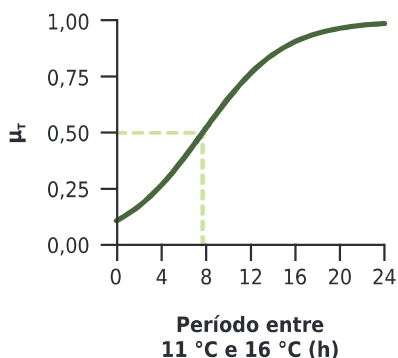
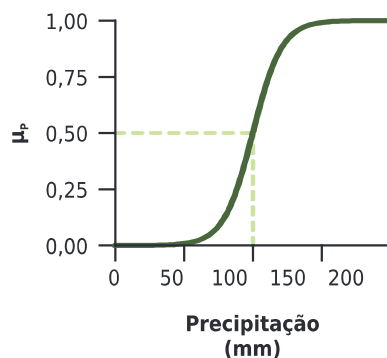
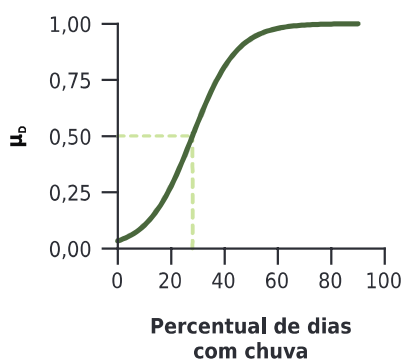


Figura 1. Funções exponenciais μ_D , μ_P e μ_T , relativas, respectivamente, à percentagem de dias com chuva no mês (D), à quantidade de chuva no mês em mm (P) e à média mensal de horas no dia com temperatura entre 11 °C e 16 °C (T).

Fonte: Kim e Beresford (2012).

$\max(\mu_D, \mu_P) \cdot \mu_T$, que pode ser interpretado como: as condições em um mês m serão favoráveis se ocorrerem chuvas frequentes ou chuvas fortes e horas com temperaturas amenas.

Para 2 meses consecutivos, m e n , o risco é dado pela expressão $R_{mn} = R_m + R_n - R_m R_n$. A classificação estabelecida pelos autores é de que, uma vez que o inóculo esteja presente, o risco de desenvolvimento de cancro europeu seja considerado baixo se R_{mn} for menor que 0,5; moderado se R_{mn} estiver entre 0,5 e 0,75 e alto se R_{mn} for maior que 0,75.

O clima nos principais polos de produção de maçã no Brasil

As séries meteorológicas de anos recentes para municípios da área de produção de maçãs dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram analisadas sob a ótica das condições ambientais favoráveis à ocorrência de esporos do fungo *N. ditissima*, conforme Kim e Beresford (2012). Em Santa Catarina, o município de São Joaquim é o maior produtor e também o maior nacionalmente, seguido por Fraiburgo. O terceiro município de Santa Catarina em área colhida e produção de maçãs é Bom Jardim da Serra, que fica próximo a São Joaquim. O município de Caçador, embora não tenha uma expressiva produção de maçãs, fica a cerca de 30 km de Fraiburgo e contém menor quantidade de falhas de registros meteorológicos após o ano de 2012. O Rio Grande do Sul está representado pelos três municípios de mais expressiva produção de maçã: Vacaria, segundo produtor em nível nacional, Bom Jesus e Caxias do Sul (Tabela 1).

Não há diferenças marcantes entre os municípios quanto aos elementos climáticos estudados. Dos cinco analisados, todos atingiram os 1.000 mm de chuva no ano, que é um valor de referência amplo, apontado por alguns autores, em estudos de cancro europeu (Tabela 2). No entanto, mais importante que a quantidade de chuva é a sua distribuição ao longo do ano, pois quanto maior o número de dias de chuva, maior será a disseminação dos conídios e a manutenção do inóculo no pomar.

Com base nos valores calculados de D, P e T, para os meses nos anos recentes desde o surgimento do cancro, com exceção do obtido para Caçador, observa-se alta frequência de meses favoráveis à doença. Nos últimos 4 anos (Figura 2), o período de final de outono e

Tabela 1. Dados relativos aos municípios que representam os polos de produção de maçã no Brasil.

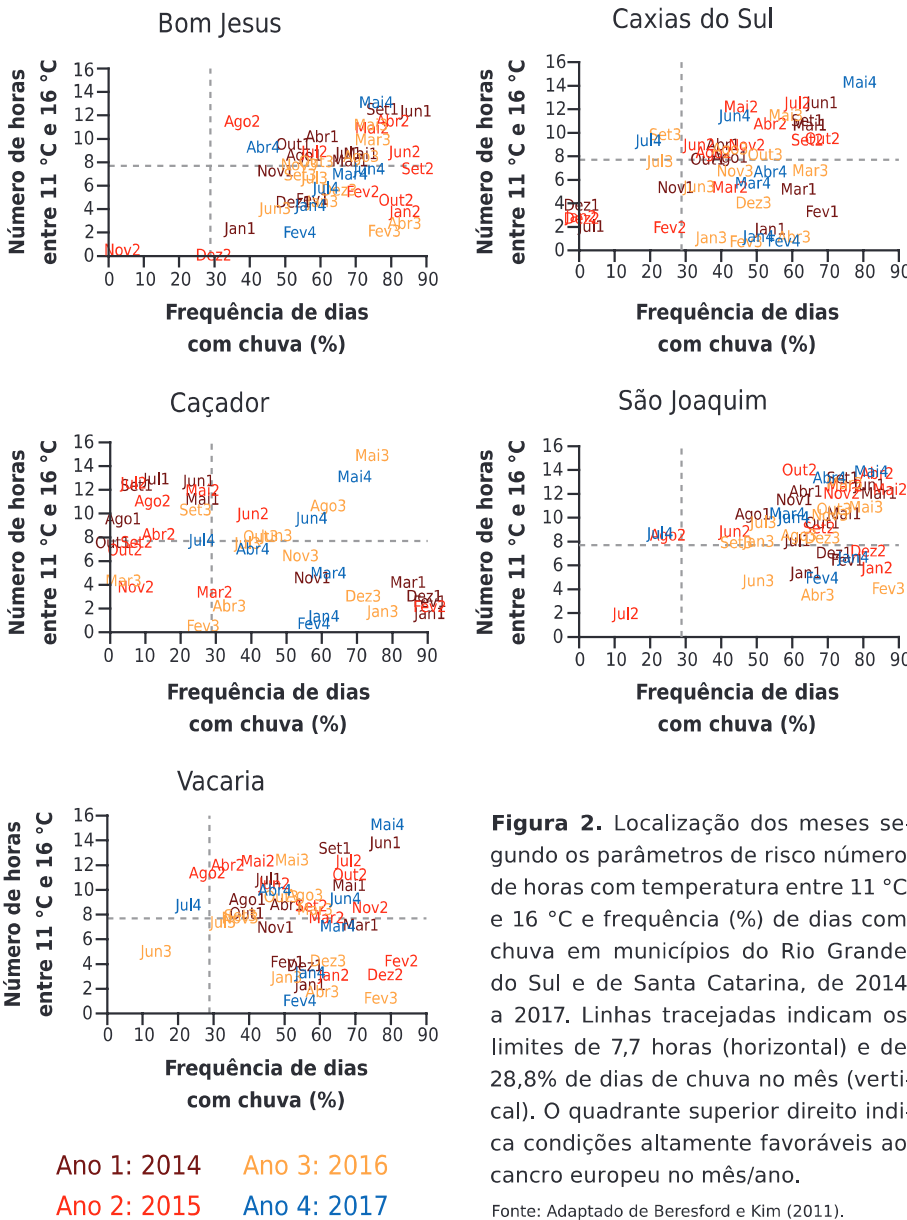
Município	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)	Produção (t) 2016
Bom Jesus, RS	28° 38' 11"	51° 09' 30"	1.068	54.678
Caxias do Sul, RS	29° 07' 46"	50° 23' 12"	830	60.000
Caçador, SC	26° 49' 09"	50° 59' 08"	944	-
Fraiburgo, SC	-	-	-	64.000
São Joaquim, SC	28° 16' 32"	49° 56' 05"	1.400	266.400
Vacaria, RS	28° 30' 49"	50° 52' 58"	986	232.369

Fonte: IBGE (2017).

Tabela 2. Temperatura do ar média anual no período 2012-2017, máximas e mínimas registradas no mesmo período e precipitação média dos totais anuais de 2014 a 2017 nos municípios analisados.

Município	Temperatura (°C)			Precipitação anual (mm)
	Média anual	Máxima observada ⁽¹⁾	Mínima observada ⁽²⁾	
Bom Jesus ⁽³⁾	15,5	34,2	-7,4	1.222
Caxias do Sul ⁽³⁾	16,8	34,4	-3,2	1.252
Caçador ⁽⁴⁾	16,7	34,4	-2,2	1.267 ⁽⁵⁾
São Joaquim ⁽⁴⁾	14,1	29,9	-5,6	1.874
Vacaria ⁽⁴⁾	15,7	34,5	-4,5	1.989

⁽¹⁾ No mês de fevereiro, em todos os municípios.⁽²⁾ No mês de junho, em todos os municípios.Fonte e período dos dados brutos: ⁽³⁾ Elaborada com dados não publicados da Epagri/Ciram, período de 2014 a 2017; ⁽⁴⁾ Elaborada com dados não publicados do Inmet, período de 2012 a 2017.⁽⁵⁾ Média dos anos 2014, 2016 e 2017.



início do inverno (maio-junho), que corresponde ao período de queda de folhas da macieira, caracterizou-se como propício à infecção de plantas em áreas onde esteja presente o fungo. A exceção foi o mês de junho de 2016, que não se situou no quadrante favorável à doença graças às baixas temperaturas médias que não ultrapassaram os 11°C em todos os municípios. Para São Joaquim, onde a queda de folhas é mais tardia, os mesmos indicadores obtidos para o período de maio a julho resultaram em mais de 50% de dias com chuva e média de 9 horas por dia com temperatura média do ar na faixa ótima para a doença. Em Vacaria, os meses de maio e junho apresentaram, respectivamente, média de 59% e 50% de dias com chuva e média de mais de 10 horas por dia com temperatura entre 11 °C e 16 °C.

O risco climático de cancro europeu acumulado para dois meses consecutivos (Figuras 3 e 4) foi classificado como baixo em 59% dos meses para o município de Caçador, enquanto os demais municípios ficaram com menos de 31% dos meses nessa classificação. Foi considerado moderado entre 25% e 40% dos meses para os cinco municípios. Para São Joaquim, em 71% dos meses o risco foi considerado alto, pois R_{mm} superou o limite de 0,75 (Tabela 3). Falhas observadas nas linhas de risco climático (Figuras 3 e 4) são devidas a falhas no registro de ocorrência de chuva em grande número de horas naqueles meses, o que pode prejudicar a estimativa dos índices. Quando houve poucas falhas de registro no mês, mesmo sem a informação completa de ocorrência ou quantidade de chuva no mês, foi feito o cálculo de R_m e de R_{mm} , de modo que pode haver alguma subestimação em alguns resultados desses índices. Vacaria é o único município para o qual se tem informações meteorológicas completas no período analisado.

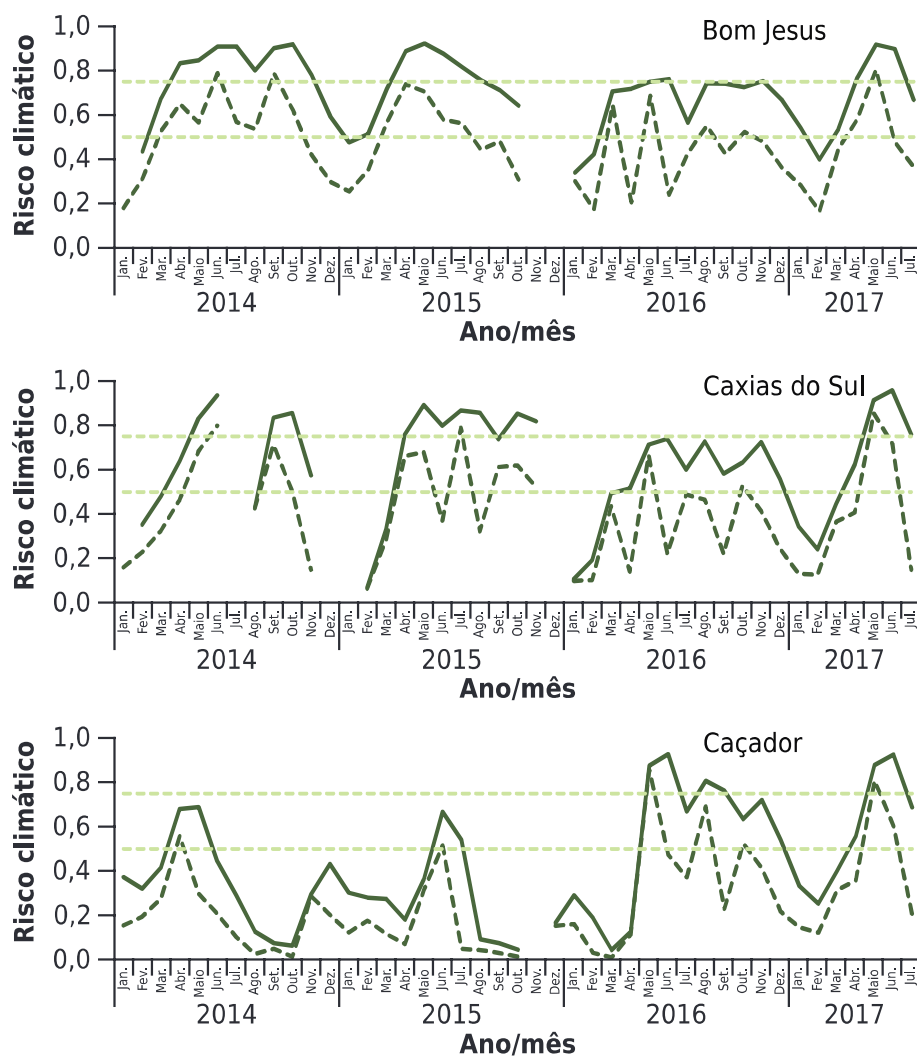


Figura 3. Risco climático de desenvolvimento do cancro europeu no mês m (R_m , linha tracejada) e em 2 meses consecutivos (R_{mn} , linha cheia), conforme método de Kim & Beresford (2012), no período de 2014 a 2017 para Bom Jesus, Caxias do Sul e Caçador. As linhas horizontais demarcam as faixas de risco baixo ($R_{mn} < 0,5$), moderado ($0,5 \leq R_{mn} \leq 0,75$) e alto ($R_{mn} > 0,75$).

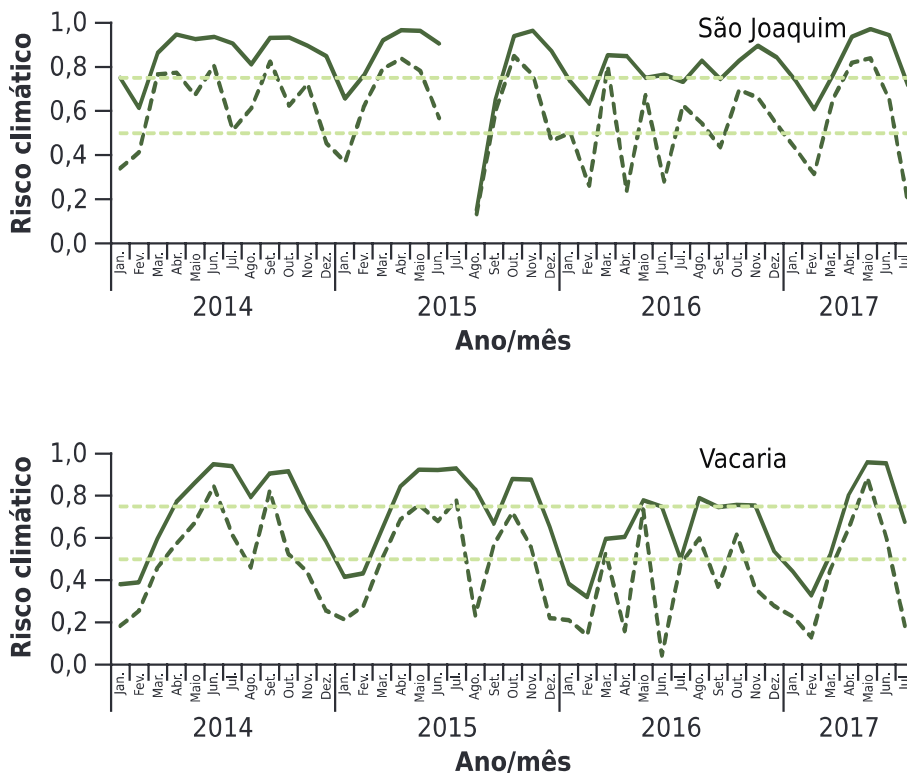


Figura 4. Risco climático de desenvolvimento do cancro europeu no mês m (R_m , linha tracejada) e em 2 meses consecutivos (R_{mn} , linha cheia), conforme método de Kim & Beresford (2012), no período de 2014 a 2017 para São Joaquim e Vacaria. As linhas horizontais demarcam as faixas de risco baixo ($R_{mn} < 0,5$), moderado ($0,5 \leq R_{mn} \leq 0,75$) e alto ($R_{mn} > 0,75$).

Destaca-se que, mesmo quando 2 meses consecutivos tiveram risco baixo, não necessariamente o risco R_{mn} obtido para o período inteiro será baixo, pois há um efeito cumulativo ao longo do tempo. Por exemplo, se o mês 1 teve $R_1 = 0,25$ e o mês 2 teve $R_2 = 0,45$, o índice de risco climático R_{12} será 0,58, considerado moderado. Se 2 meses

Tabela 3. Frequência estimada de meses (%) em anos recentes conforme o risco R_{mn} calculado para períodos de 2 meses consecutivos.

Município	Classificação do risco climático		
	Baixo	Moderado	Alto
Bom Jesus, RS	16,7%	40,5%	42,9%
Caxias do Sul, RS	31,0%	33,3%	35,7%
Caçador, SC	59,1%	25,8%	15,2%
São Joaquim, SC	1,5%	27,3%	71,2%
Vacaria, RS	22,7%	30,3%	47,0%

consecutivos apresentaram risco moderado de 0,6, o risco ao final desse período será classificado como alto, com $R_{mn}=0,84$.

Uma análise das horas diárias de molhamento foliar por mês e por faixa de temperatura, para os dois principais polos de produção de maçãs do País (Figura 5), indica para os meses de outono maior frequência de molhamento nas faixas de temperatura mais baixa em São Joaquim e na faixa de 16 °C a 20 °C em Vacaria. Para os meses de verão (janeiro a março), quando provavelmente se tem colheita, foi estimada uma frequência diária de mais de 6 horas de molhamento em São Joaquim na faixa de temperatura de 20 °C a 25 °C. Essa estimativa foi obtida conforme a ocorrência de chuva e a umidade relativa do ar e serve de referência, porém melhor seria se obtida por medição direta por meio de sensores de molhamento foliar instalado no dossel de macieiras.

Um sistema de alerta para o cancro europeu

Com base no conhecimento dos parâmetros da literatura e em resultados e experiência já adquiridos no Brasil, foi proposto um modelo específico para o cancro europeu para subsidiar um sistema

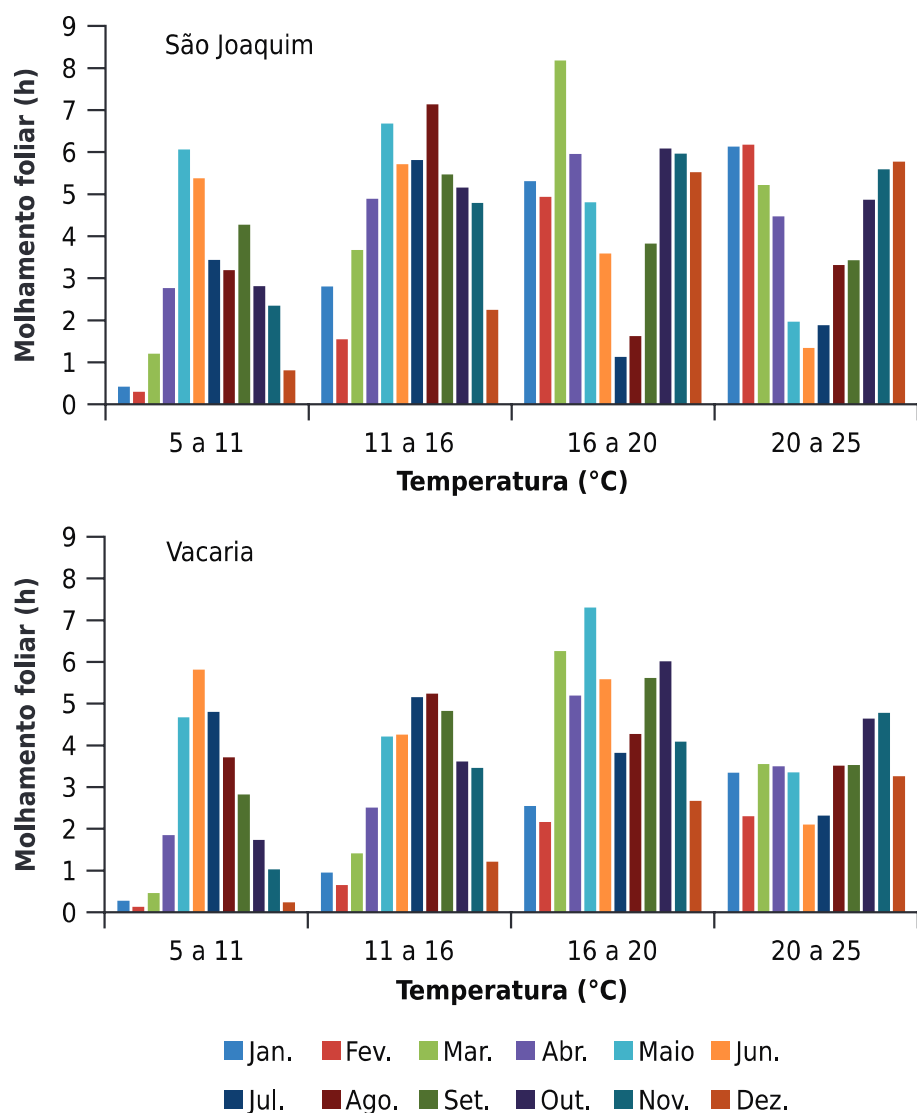


Figura 5. Estimativa do número de horas diárias de molhamento foliar em cada mês nas faixas de temperatura referidas por Kim e Beresford (2012). Médias de 2012 a 2017 em São Joaquim e em Vacaria, RS.

de alerta. De forma semelhante ao modelo utilizado para a sarna da macieira, o sistema acompanha a ocorrência do molhamento foliar a cada hora e o período de tempo com temperatura média favorável para o desenvolvimento do fungo. A partir das condições para a ocorrência desses dois indicadores, determina-se a classificação quanto ao risco de infecção de frutos. De maneira geral, considera-se necessário maior período de molhamento foliar quanto mais baixa for a temperatura. Este modelo foi implementado pelo Agroconnect do Ciram/Epagri. Os alertas-horários são emitidos na forma de “sem risco”, “infecção leve”, “infecção moderada” e “infecção severa” e são condicionados à presença de inóculo na área indicada por cancrios nos troncos ou ramos das plantas. Visam à fase inicial de desenvolvimento do fruto (até 4 a 6 semanas após o início da floração), para evitar a infecção que irá se manifestar na fase de pré-colheita e nas fases em que a planta apresenta ferimentos, ou seja, na queda de folhas e na colheita. Portanto, o alerta não deve ser considerado isoladamente, mas como um subsídio à tomada de decisão do controle químico. O produtor deve avaliá-lo mediante as condições fenológicas e de presença do inóculo em seu pomar ou quadra.

Considerações finais

A análise retrospectiva dos dados climáticos pode indicar regiões onde há maior probabilidade de ocorrência da doença e nas quais poderão ser intensificadas as ações de monitoramento e de controle dos pomares comerciais. Aspectos de planejamento de instalação de pomares e de manejo também podem ter o subsídio da análise climática. Ressalta-se a importância de se buscar uma estrutura

forte em monitoramento meteorológico, com estações modernas, bem distribuídas e pessoal especializado atuando na manutenção da rede e na organização de bancos de dados.

Constata-se que no Sul do Brasil, uma vez que esteja presente o inóculo, segundo parâmetros e modelos adotados mundialmente, o nível de risco dos pomares nos principais polos de produção de maçã pode ser considerado moderado a alto. Em condições de clima favoráveis, deve-se lançar mão de estratégias de manejo que envolvam outros fatores, especialmente a redução da concentração do inóculo para controlar a incidência e manter os pomares afetados em baixas severidades.

Outra ação importante a ser perseguida nas regiões de cultivo de macieira no Brasil é associar os indicadores climáticos com dados de incidência e de severidade de cada quadra ou unidade produtiva e, ainda, com as informações de manejo específico efetuado localmente. Integrar as informações, quantitativas ou não, sobre o que acontece em campo é necessário para conseguirmos avançar nas estratégias contra o cancro europeu.

Referências

BERESFORD, R. M.; KIM, K. S. Identification of regional climatic conditions favorable for development of European canker of apple. **Phytopathology**, v. 101, n. 1, p. 135-146, Jan. 2011. DOI: 10.1094/PHYTO-05-10-0137.

IBGE. **Produção agrícola municipal**: área destinada à colheita (hectares (1988 a 2017)). 2017. Disponível em: <<http://https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

KIM, K. S.; BERESFORD, R. M. Use of a climatic rule and fuzzy sets to model geographic distribution of climatic risk for European canker (*Neonectria galligena*) of apple. **Phytopathology**, v. 102, p. 147-57, 2012. DOI: 10.1094/PHYTO-01-11-0018.

LATORRE, B. A.; RIOJA, M. E.; LILLO, C.; MUÑOZ, M. The effect of temperature and wetness duration on infection and a warning system for European canker (*Nectria galligena*) of apple in Chile. **Crop Protection**, v. 21, n. 4, p. 285-291, May 2002. DOI:10.1016/S0261-2194(01)00099-0.

Literatura recomendada

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Effects of temperature, relative humidity, and dessication on germination of *Nectria galligena* conidia. **Mycologia**, v. 67, n. 1, p. 83-88, Feb. 1975. DOI: 10.2307/3758230.

DUBIN, H. J.; ENGLISH, H. Factors affecting apple Leaf scar infection by *Nectria galligena* conidia. **Phytopathology**, v. 64, p. 1201-1203, 1974. DOI: 10.1094/Phyto-64-1201.

GARKAVA-GUSTAVSSON, L.; ZBOROWSKA, A.; SEHIC, J.; RUR, M.; NYBOM, H.; ENGLUND, J. E.; LATEUR, M.; VAN DE WEG, E.; HOLEFORS, A. Screening of apple cultivars for resistance to European canker, *Neonectria ditissima*. **Acta Horticulture**, v. 976, p. 529-536, 2013. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.976.75.

SWINBURNE, T. R. The effect of store conditions on the rotting of apples, cv. Bramley's seedling, by *Nectria galligena*. **Annals of Applied Biology**, v. 78, n. 1, p. 39-48, 1974. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1974.tb01483.x.

WEBER, R. W. S. Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. **Erwerbs-Obstbau**, v. 56, n. 3, p. 95-107, Sept. 2014. DOI: 10.1007/s10341-014-0210-x.

XU, X. M.; BUTT, D. J.; RIDOUT, M. S. The effects of inoculum dose, duration of wet period, temperature and wound age on infection by *Nectria galligena* of pruning wounds on apple. **European Journal of Plant Pathology**, v. 104, n. 5, p. 511-519, 1998. DOI: 10.1023/A:1008689406350.

XU, X. M.; ROBINSON, J. D. Effects of fruit maturity and wetness on the infection of apple fruit by *Neonectria galligena*. **Plant Pathology**, v. 59, n. 3, p. 542-547, 2010. DOI:10.1111/j.1365-3059.2009.02232.x.

