

Impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das ferrugens do milho

Emília Hamada, Elizabeth de Oliveira, Elena Charlotte Landau, Sulimar Munira Caparoci Nogueira e Raquel Ghini

Introdução

O milho é cultivado em todo o território nacional, principalmente nos Estados do Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Bahia (Figura 1).

Atualmente, essa cultura expande-se para novas áreas do Estado do Mato Grosso e do sul do Pará. Dependendo da região geográfica, o milho é cultivado em épocas distintas, essencialmente em safra de verão e em safra de outono (safrinha). Em algumas dessas regiões, é cultivado nessas duas épocas havendo duas safras anuais. Em geral, ocorre grande variação na época de semeadura do milho, seja na safra de verão ou na safra de outono. Nas regiões quentes do País, há cultivo de milho irrigado, o que contribui para maior variação na data de semeadura. O cultivo em safra de verão e em safrinha, e as variações na época de semeadura contribuem para proporcionar a sobreposição de cultivos, e a permanência de plantas de milho no campo durante todo o ano, o que favorece a proliferação e a disseminação de doenças e de insetos-praga.

Área Plantada com Milho no Brasil de 2010 a 2014

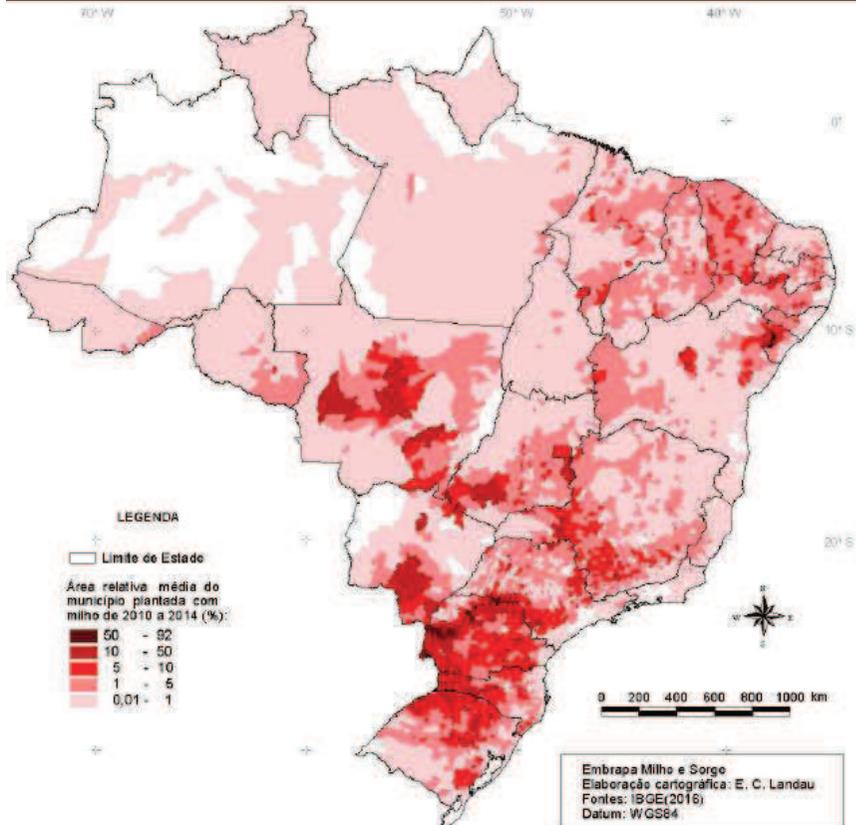


Figura 1. Concentração geográfica de plantios de milho no Brasil de 2010 a 2014
Fonte: IBGE (2016).

A totalidade da área cultivada com milho, atualmente, no Brasil, abrange cerca de 17 milhões de hectares, com produção total de cerca de 87 milhões de toneladas, sendo a produtividade variável nos diferentes Estados e regiões (CONAB, 2017). Encontram-se atualmente disponíveis no mercado sementes de mais de 200 cultivares de milho.

Os níveis de incidência ou de severidade das doenças do milho variam em função do grau de suscetibilidade da cultivar, da agressividade do patógeno, e das condições favoráveis do ambiente, especialmente do clima, determinando a importância relativa da doença para a cultura. O clima pode ser fator decisivo no desenvolvimento e na severidade de muitas doenças vegetais, incluindo as da cultura do milho. A determinação dos valores das variáveis climáticas que causam essa influência contribui para o desenvolvimento de modelos matemáticos para previsão da curva de progresso da doença na área. Ademais, o conhecimento dos valores dessas variáveis climáticas, associado à disponibilidade de programas computacionais de geoespacialização, permite, atualmente, a elaboração de mapas de risco climático para doenças, por meio da espacialização dessas condições climáticas na área geográfica de interesse, identificando regiões com clima favorável e com clima desfavorável para a doença em cada época do ano.

Neste capítulo, são analisados possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das ferrugens do milho no Brasil.

Danos por doenças foliares na cultura do milho

Várias espécies de fungos, bactérias, vírus e nematoides podem infectar a planta de milho, causando doença especificamente nas folhas, nas espigas, no colmo, nas raízes ou, de forma sistêmica, na planta inteira (OLIVEIRA et al., 2004, 2008; REIS et al., 2004; SHURTLEFF, 1992). Essas doenças prejudicam de forma diferenciada o desenvolvimento e a produção da planta de milho, e causam danos variáveis em função da intensidade de ocorrência.

Caracteristicamente, as doenças foliares reduzem a área fotossintética da planta por causa da formação de lesões ou de pústulas, em decorrência do crescimento e multiplicação do patógeno agente causal da doença. Comumente, os sintomas das doenças foliares do milho aparecem na fase de florescimento e de produção das plantas, primeiro nas folhas baixas, e progredem, podendo atingir todas as folhas. Quando ocorrem em alta severidade, as doenças foliares podem prejudicar o enchimento dos grãos e, conseqüentemente, a produção.

Os danos causados pelas ferrugens na produção do milho são elevados quando ocorrem em alta severidade (DUDIENAS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2005). O milho pode ser atacado pela ferrugem comum, causada por *Puccinia sorghi*, pela ferrugem polissora, causada pelo fungo *Puccinia polysora* e pela ferrugem tropical ou branca, causada pelo fungo *Physopella zae*. Em geral, as ferrugens são mais severas no milho a partir do florescimento das plantas, embora a ferrugem comum possa ser observada nas plântulas de milho desde os estádios iniciais de desenvolvimento. Os fungos *Puccinia polysora* e *Physopella zae* infectam apenas o milho e *Puccinia sorghi* infecta, além do milho, espécies de trevo (*Oxalis* spp.) (OLIVEIRA et al., 2004; SHURTLEFF, 1992).

Entre os fatores que podem influenciar a ocorrência e a severidade das ferrugens destacam-se, além do nível de suscetibilidade do genótipo de milho, a predominância de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dos fungos agentes causais dessas doenças (PINTO et al., 2007; SHURTLEFF, 1992). Uma alternativa para evitar, ou, pelo menos, reduzir a severidade das ferrugens na cultura do milho e minimizar possíveis danos, é evitar semeaduras em épocas que possam expor a cultura em sua fase de maior suscetibilidade (a partir da fase de florescimento) a condições climáticas que sejam favoráveis ao desenvolvimento desses fungos fitopatogênicos (PINTO et al., 2007).

Dessa forma, a possibilidade de realizar previsões para as épocas e regiões do território nacional, em que as condições climáticas poderão favorecer o desenvolvimento dessas doenças em alta severidade, ainda que sujeitas às eventuais ocorrências de alterações imprevisíveis do clima, pode contribuir para minimizar possíveis prejuízos na cultura do milho. Além disso, o conhecimento do efeito potencial das mudanças climáticas sobre a geografia das áreas de risco, áreas que são atualmente favoráveis à alta severidade dessas doenças, poderá contribuir para o direcionamento futuro de pesquisas visando adaptação aos possíveis efeitos prejudiciais dessas mudanças no clima para a cultura do milho.

Como as doenças foliares atingem, praticamente, todas as plantas na área em que ocorrem, sendo variável apenas a severidade dessa ocorrência, o nível de dano na produção de grãos é diretamente proporcional à severidade da doença, e ao nível de suscetibilidade da cultivar de milho atacada.

Condições do clima, especialmente a temperatura, a umidade relativa, a formação de orvalho, a presença de cerração e a ocorrência de chuvas, influenciam na fisiologia da planta e na germinação, crescimento e reprodução dos agentes patogênicos e de seus vetores, quando existentes.

A expressão da resistência da planta a uma determinada doença pode ser influenciada pela temperatura ambiente. Existem genótipos que se comportam como resistentes ou suscetíveis a determinada doença, dependendo da temperatura ambiente (STAKMAN; HARRAR, 1957).

A determinação precisa dos efeitos do clima, principalmente da temperatura, da umidade relativa, da formação de orvalho - que proporciona água livre na superfície da folha, essencial à germinação dos esporos de algumas espécies de fungos -, associada ao conhecimento da forma de dispersão dos agentes causais de

doenças, pode permitir o desenvolvimento de modelos matemáticos para a previsão de epidemias. Esses modelos podem prever a expansão da doença na área. Face à disponibilidade atual de programas computacionais para geoespacialização de dados, é possível elaborar mapas indicativos das regiões que apresentam condições climáticas que favorecem a incidência e severidade de doenças do milho, em níveis que podem causar danos, representando essencialmente o risco climático de danos por doença para essa cultura. Esses mapas de risco climático podem ser elaborados considerando duas situações: clima favorável e clima não favorável ao desenvolvimento da doença em alta severidade.

Mapa de risco climático de dano como ferramenta para manejo de doença na cultura do milho

Na análise de um mapa indicativo das regiões geográficas com clima favorável à alta severidade de determinada doença na cultura do milho, vários aspectos devem ser considerados:

1) Como é possível elaborar mapas do risco climático para cada mês do ano, é necessário considerar para a análise o(s) mapa(s) correspondente(s) ao mês(es) em que as plantas de milho, na área em que se pretende realizar a semeadura, se encontrarão em fase de maior suscetibilidade à doença em questão. Para várias doenças foliares, esse período corresponde às fases de florescimento e de produção, e a semeadura poderia ser planejada de forma a evitar a exposição das plantas, nessas fases, ao risco do clima favorável à doença da qual se pretende escapar. Dependendo do risco e da magnitude dos possíveis danos, pode-se também optar pela semeadura de cultivares com resistência genética.

2) É importante conhecer: a) a forma e a extensão dos danos que a doença pode causar; b) as formas de dispersão do agente causal e se sobrevive nos restos da cultura de milho, com acúmulo de inóculo, se não houver rotação; c) se existem outros hospedeiros e vetores para o agente causal; d) quais os fatores que podem favorecer ou restringir o desenvolvimento da doença; e) se pode ser significativo o efeito do microclima na severidade dessa doença; e f) se existem disponíveis no mercado sementes de cultivares de milho resistentes e/ou se existem alternativas para o controle químico.

Sendo conhecidos esses aspectos, o mapa de risco climático pode ser analisado e contribuir para a identificação da época mais adequada para a semeadura, visando escapar da doença, evitando-se as condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. Essa análise pode alertar também para a conveniência de se utilizar cultivares resistentes à doença que pode oferecer risco de danos, e para a necessidade de adotar outras medidas de controle, como a rotação de culturas, ou mesmo a possível intervenção por meio de controle químico.

Ressalta-se que apenas a prevalência das condições climáticas que favorecem a alta severidade da doença não significa que a doença ocorrerá. Se não houver a presença de inóculo do patógeno, se a cultivar de milho for resistente, ou se não ocorrer(em) outra(s) condição(ões) necessária(s), como determinado nível de intensidade luminosa, ausência de microrganismos antagônicos, a doença pode até ocorrer, mas em níveis de baixa severidade, e não causará danos econômicos.

É muito importante observar os intervalos de temperatura e de umidade relativa que foram utilizados para a elaboração do mapa que se encontra em análise. Em geral, intervalos muito amplos podem indicar a ocorrência da doença em níveis de severidade muito variáveis, incluindo a simples presença, o que não necessariamente causa danos significativos.

Quando intervalos de temperatura e umidade relativa muito abrangentes são espacializados podem resultar em mapas com extensas áreas de risco climático para uma determinada doença que, conhecidamente, não se encontra ocorrendo em surtos epidêmicos nem causando danos. Nesse caso, é possível que a maioria das cultivares de milho, atualmente disponíveis no mercado de sementes, possua resistência genética a essa doença. Quando o mapa de risco climático é elaborado com base em intervalos de variáveis climáticas restritos indica, com maior probabilidade (embora não determinada), a possibilidade de ocorrência da doença em nível de dano, se presentes as outras condições necessárias ao seu desenvolvimento. Portanto, é importante analisar o mapa de risco climático observando o intervalo das variáveis climáticas utilizado para a sua elaboração.

O mapa de risco climático abrange todas as regiões geográficas, independentemente da presença da cultura do milho, pois indica apenas, potencialmente, a ocorrência de clima favorável à doença, em contraposição às áreas não favoráveis à doença. Opcionalmente, pode-se sobrepor o mapa do risco climático ao mapa da área cultivada com milho.

A influência do clima na severidade da doença necessita ser previamente determinada experimentalmente por fitopatologistas. Quanto mais precisa a determinação das condições climáticas que favorecem a doença em alta severidade, e não apenas sua ocorrência, maior precisão terá o mapa de risco climático. Essas determinações necessitam ser feitas considerando-se a escala de notas para avaliação da severidade para as doenças foliares do milho, efetuando-se o corte para determinação do intervalo de clima favorável na nota da escala a partir da qual a doença causará dano expressivo na produção. Com base nesse intervalo pode ser elaborado o mapa de risco climático.

Atualmente, embora se encontrem disponíveis na literatura informações sobre a influência do clima para diversas doenças do milho, em geral, essas informações abrangem intervalos amplos de temperatura em que a doença pode ocorrer, sem referência a determinações do nível de severidade da doença em cada condição de temperatura em particular. Outras vezes, a informação disponível refere-se a uma única condição, por exemplo: “a ferrugem comum do milho é favorecida por temperatura em torno de 16°C a 23°C e umidade relativa acima de 90%” (SHURTLEFF, 1992). Muitas vezes, os relatos da influência do clima sobre a doença são extraídos de monitoramentos feitos em campo. Há carência de relatos de experimentos conduzidos especificamente para essas determinações.

O mapa de risco climático pode ser validado com base na experiência de fitopatologistas da cultura do milho. Contudo, considerando-se a grande extensão territorial em que o milho é cultivado, essa validação também é limitada.

Porém, apesar dessas limitações, o mapa de risco climático elaborado com base nas informações atualmente disponíveis pode ser útil ao técnico que conhece bem a cultura. Pode também despertar o interesse para o direcionamento de pesquisas para determinar com maior precisão os efeitos do clima sobre as doenças do milho e, para desenvolver mapas precisos, restritos para determinadas microrregiões, e validar esses mapas com base em dados de monitoramento da incidência e severidade de doenças da cultura para tais microrregiões.

Os mapas de risco climático podem ser também elaborados considerando-se as médias de variáveis climáticas dentro de períodos de tempo inferiores a um mês inteiro, de acordo com a conveniência para cada microrregião em questão, o que também poderia aumentar a precisão da previsão a ser extraída do mapa.

Da mesma forma que é possível espacializar no território nacional as médias de variáveis climáticas dos últimos 30 anos para obter mapas mensais do risco climático de danos por doenças na cultura do milho, é também possível espacializar as médias de variáveis climáticas prognosticadas para os anos futuros, para a obtenção dos mapas de risco climático futuro de danos por doenças nessa cultura. Esses mapas indicam as macrorregiões que, no futuro, potencialmente apresentarão condições de clima favorável ou desfavorável à ocorrência de danos pela doença em questão, independentemente da presença atual da cultura do milho nessas regiões.

A comparação dos mapas de risco climático futuro para uma determinada doença, com o mapa de risco climático atual para essa mesma doença, permite identificar as modificações que ocorrerão na geografia do clima favorável. Regiões com clima atualmente favorável à doença, dentro das épocas em que atualmente se semeia o milho, poderão tornar-se desfavoráveis no futuro. Entretanto, em certos casos, poderão tornar-se regiões com clima tão desfavorável para a doença quanto para o milho.

A comparação entre mapas de risco climático atual e futuro de danos por doenças na cultura do milho constitui análise do impacto potencial que as mudanças climáticas poderão causar para as doenças nessa cultura, e pode contribuir para orientar o desenvolvimento de pesquisas no sentido de mitigar possíveis efeitos maléficos.

Variação geográfica da favorabilidade climática atual e futura para as ferrugens do milho

Para avaliar o impacto potencial das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica da favorabilidade do clima para o desenvolvimento da ferrugem comum, da ferrugem polissora e da ferrugem

tropical do milho foram utilizadas a base de dados e a metodologia descritas no Capítulo 2.

Na elaboração dos mapas de distribuição da favorabilidade climática para a ocorrência da ferrugem tropical e da ferrugem comum foram utilizados intervalos de temperatura e de umidade relativa favoráveis ao desenvolvimento e à disseminação da doença, sendo favoráveis à ferrugem tropical as temperaturas médias entre 22°C e 34°C e umidade relativa acima de 80% (CASELA et al., 2006), e à ferrugem comum, as temperaturas médias entre 16°C e 23°C e umidade relativa superior a 80% (SCHURTLEFF, 1992). Para os mapas de ferrugem polissora foi adotado o modelo de severidade proposto por Godoy et al. (1999), que quantificaram a influência da temperatura e da duração do período de molhamento foliar em ambiente controlado. Posteriormente, para a distinção do risco à ferrugem polissora, considerou-se como favorável à doença a severidade superior a 25%. Os mapas foram confeccionados inicialmente para o período de referência (1961-1990) e, após verificação e validação dos resultados conforme relatos na literatura, a metodologia foi aplicada considerando as projeções de clima do futuro, obtendo-se os mapas de favorabilidade climática para os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.

Os mapas de favorabilidade climática da ferrugem comum, ferrugem polissora e ferrugem tropical para os cenários futuros (Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7) indicam que, de um modo geral, haverá redução da área geográfica favorável ao desenvolvimento dessas doenças no País, em relação ao clima de referência (Tabela 1). Tal redução é mais evidente para as ferrugens polissora e tropical.

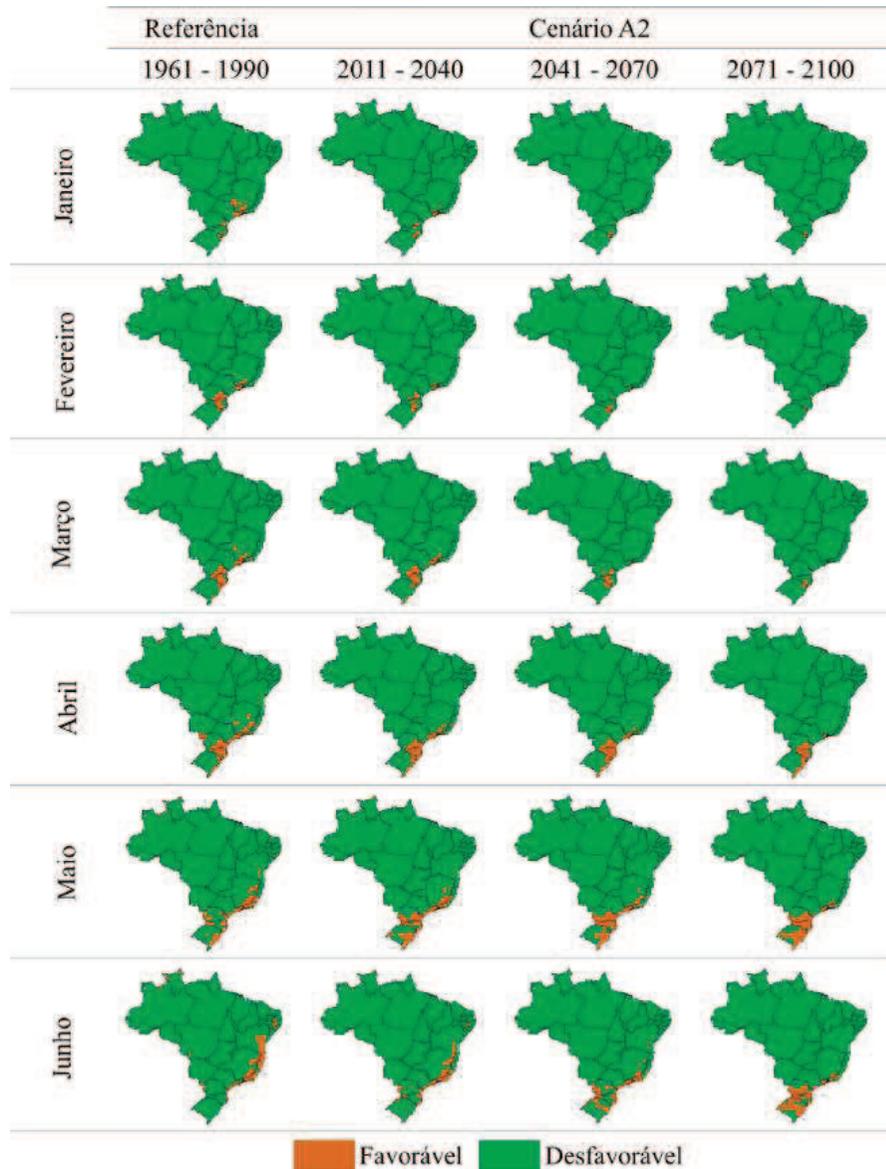


Figura 2. Áreas com clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi*), nos meses de janeiro a junho, para o clima de referência (1961-1990) e climas futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2070-2100), no cenário A2.

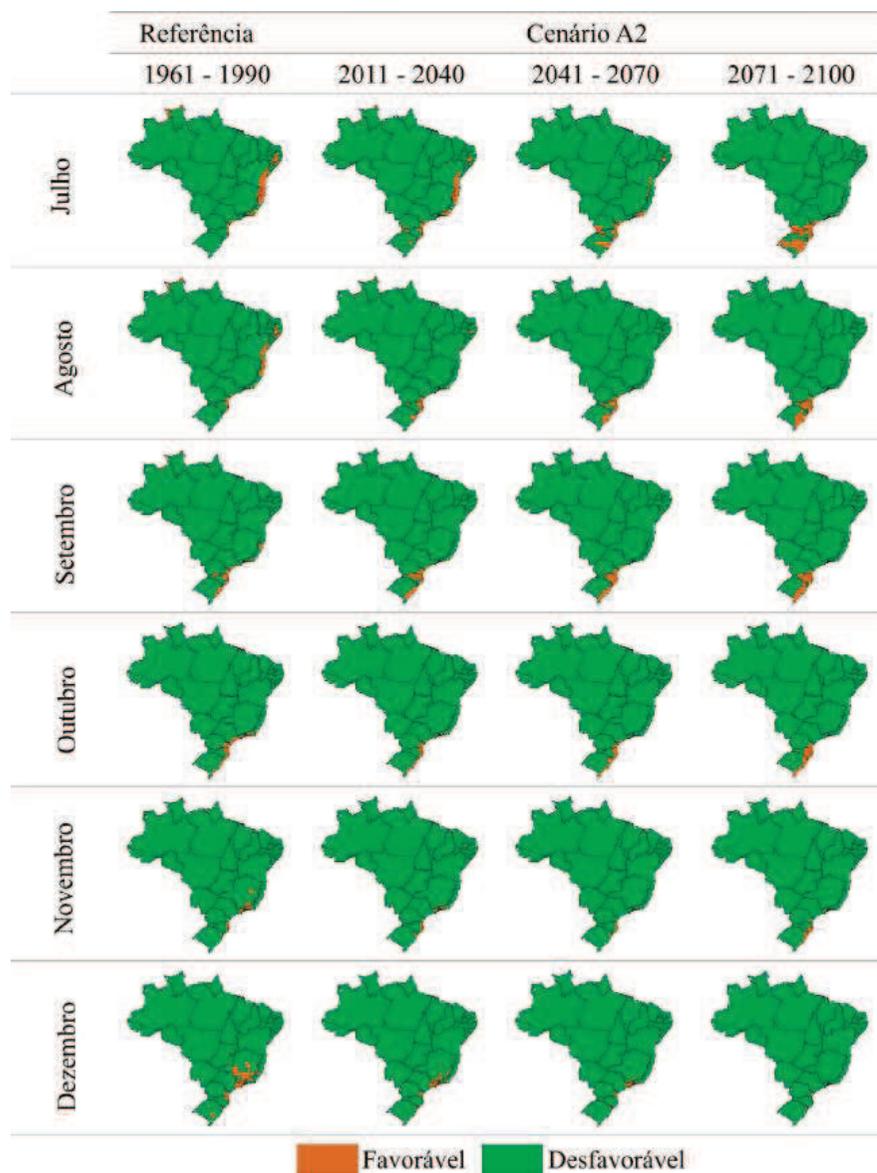


Figura 3. Áreas com clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi*), nos meses de julho a dezembro, para o clima de referência (1961-1990) e climas futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2070-2100), no cenário A2.

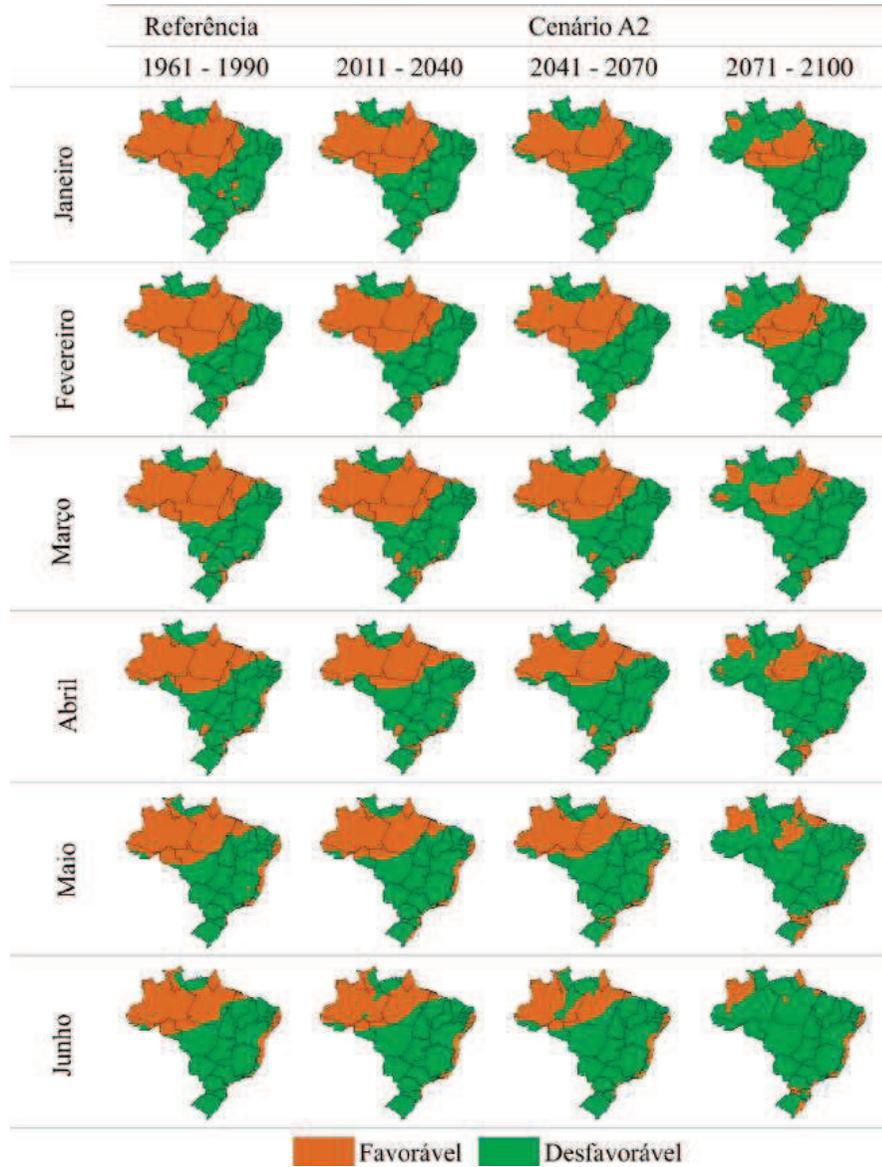


Figura 4. Áreas com clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem polissora do milho (*Puccinia polysora*), nos meses de janeiro a junho, para o clima de referência (1961-1990) e climas futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2070-2100), no cenário A2.

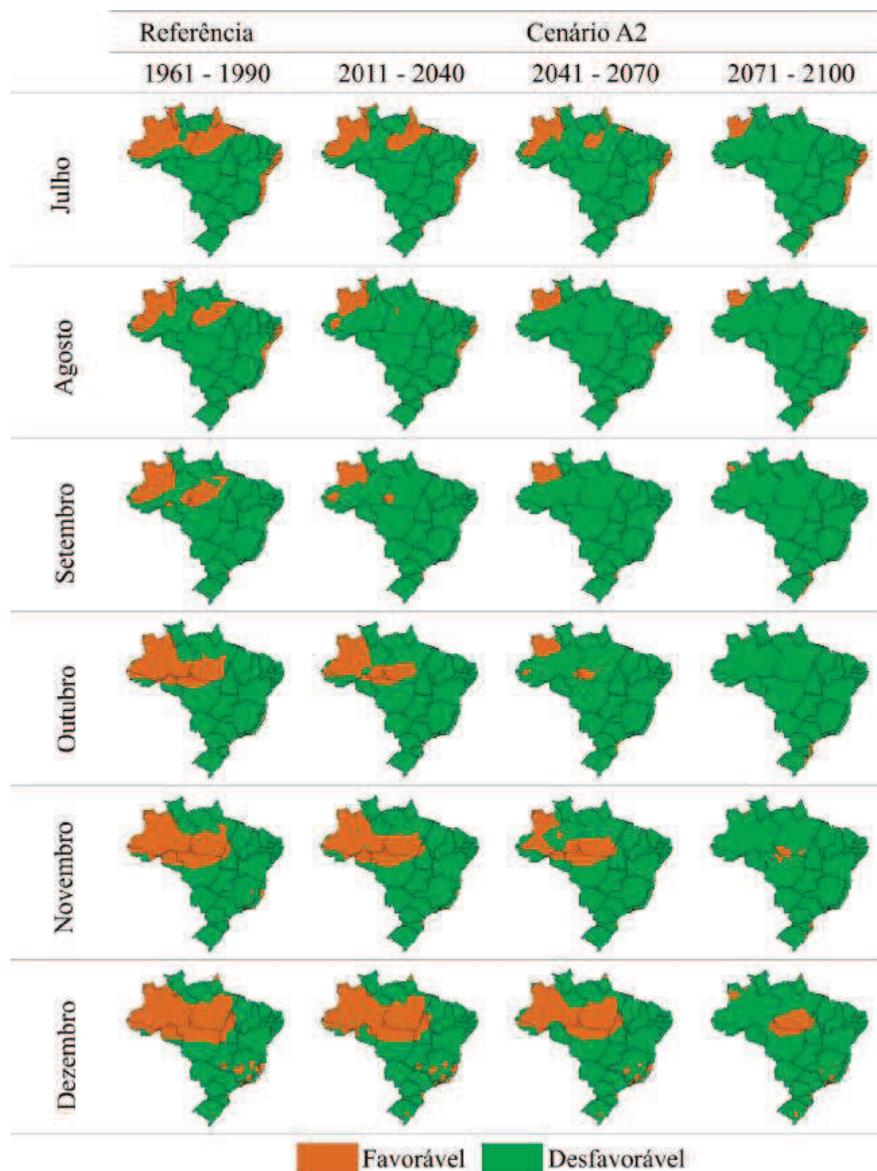


Figura 5. Áreas com clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem polissora do milho (*Puccinia polysora*), nos meses de julho a dezembro, para o clima de referência (1961-1990) e climas futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2070-2100), no cenário A2.

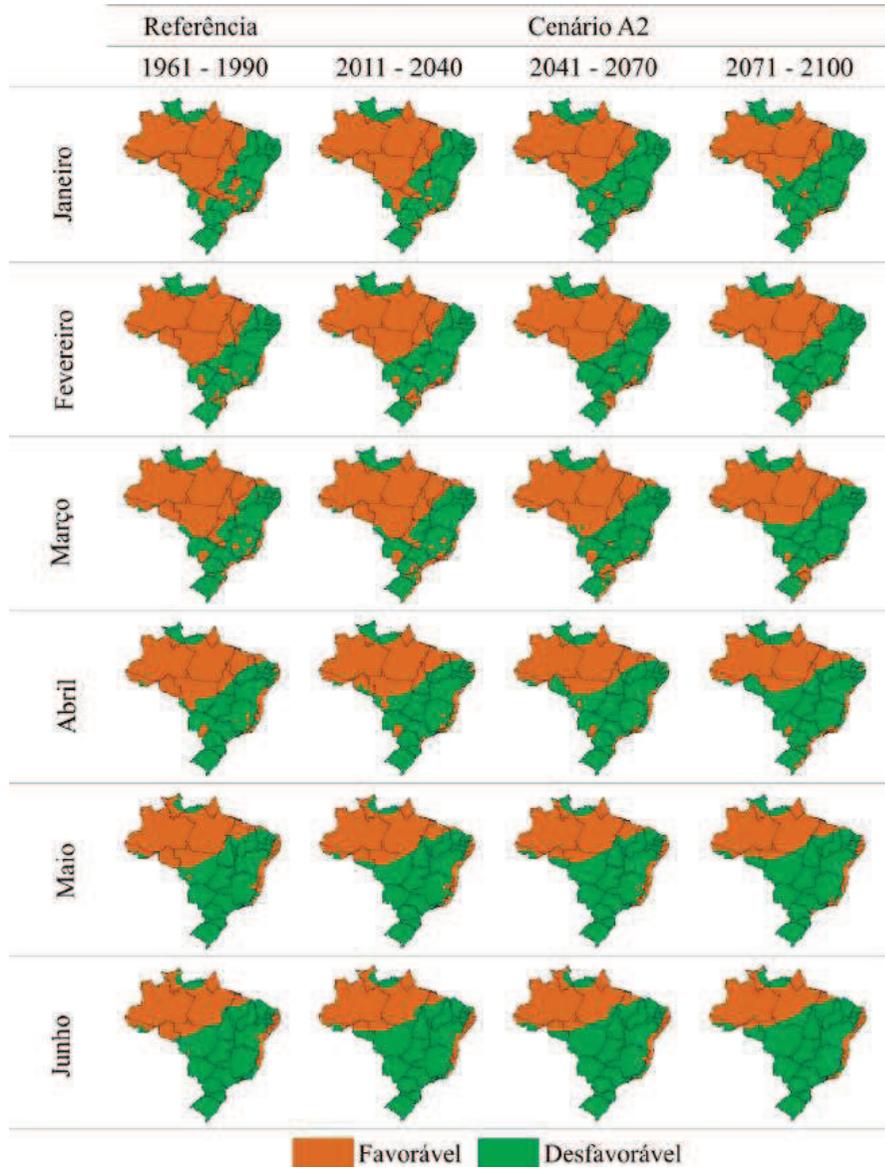


Figura 6. Áreas com clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem tropical do milho (*Physopella zae*), nos meses de janeiro a junho, para o clima de referência (1961-1990) e climas futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2070-2100), no cenário A2.

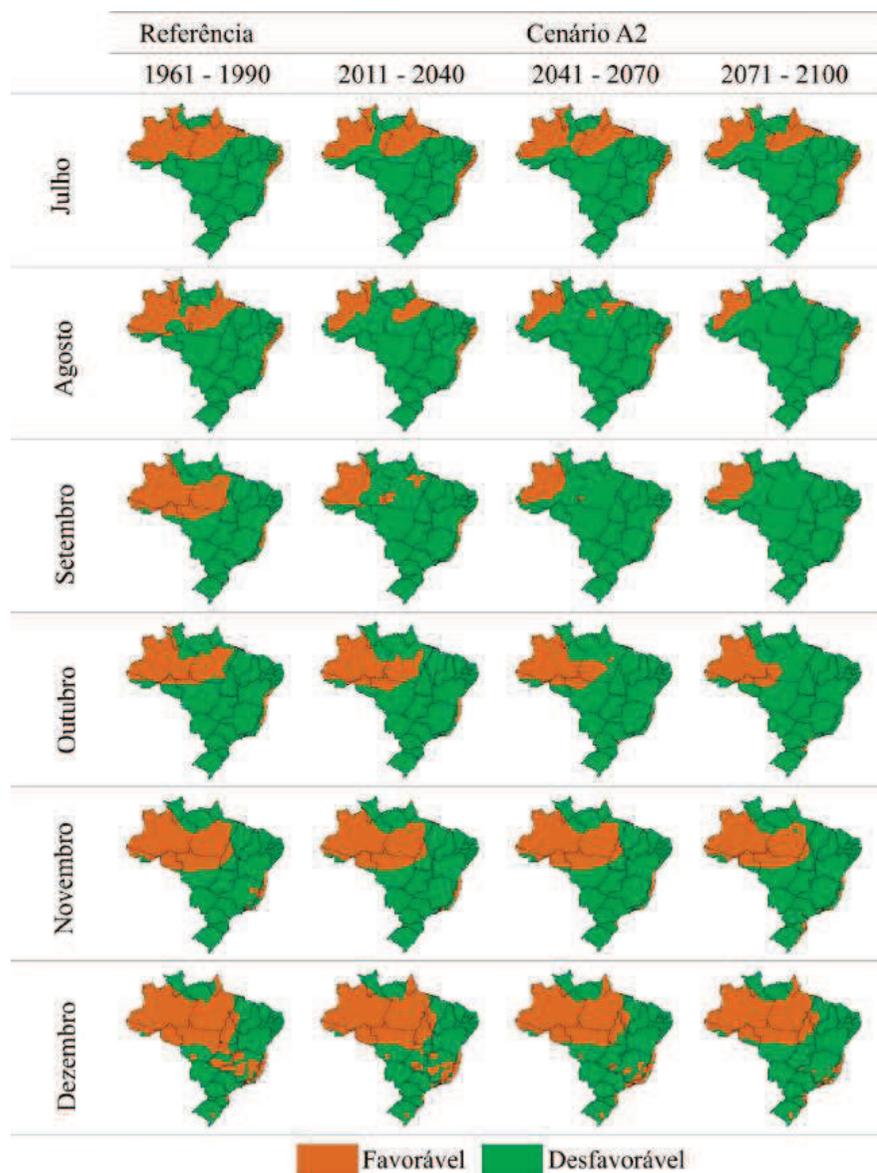


Figura 7. Áreas com clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem tropical do milho (*Physopella zeae*), nos meses de julho a dezembro, para o clima de referência (1961-1990) e climas futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2070-2100), no cenário A2.

Tabela 1. Área (1000 km²) de ocorrência favorável ao desenvolvimento das ferrugens do milho no Brasil, para o período de referência (média de 1961-1990) e futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, cenário A2).

| Mês | Referência | Cenário A2 | | |
|---------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | 1961-1990 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 |
| Ferrugem comum | | | | |
| Janeiro | 154,8 | 63,4 | 27,3 | 10,7 |
| Fevereiro | 179,5 | 96,0 | 38,0 | 10,8 |
| Março | 250,9 | 186,3 | 87,1 | 32,4 |
| Abril | 391,0 | 276,6 | 258,8 | 192,0 |
| Maio | 413,5 | 447,9 | 412,5 | 427,9 |
| Junho | 406,5 | 329,5 | 331,7 | 432,0 |
| Julho | 311,4 | 252,6 | 204,9 | 294,0 |
| Agosto | 196,8 | 98,2 | 116,4 | 168,6 |
| Setembro | 156,1 | 143,3 | 136,9 | 179,5 |
| Outubro | 123,4 | 78,4 | 83,2 | 123,1 |
| Novembro | 85,0 | 52,4 | 32,7 | 56,4 |
| Dezembro | 243,5 | 89,5 | 50,0 | 13,6 |
| Ferrugem polissora | | | | |
| Janeiro | 4.197,3 | 3.955,8 | 3.513,2 | 1.837,6 |
| Fevereiro | 4.452,9 | 4.295,9 | 3.965,9 | 2.334,1 |
| Março | 4.500,6 | 4.333,4 | 3.914,8 | 2.258,0 |
| Abril | 4.121,2 | 3.842,1 | 3.441,9 | 1.912,0 |
| Maio | 3.965,2 | 3.634,5 | 3.357,1 | 1.505,8 |
| Junho | 3.533,1 | 3.193,3 | 2.734,4 | 930,1 |
| Julho | 2.372,5 | 1.704,7 | 1.236,4 | 529,2 |
| Agosto | 1.567,3 | 763,1 | 525,7 | 310,5 |
| Setembro | 1.564,1 | 645,8 | 390,9 | 91,5 |
| Outubro | 2.292,1 | 1.718,7 | 571,5 | 63,7 |
| Novembro | 2.796,3 | 2.447,0 | 1.766,3 | 195,8 |
| Dezembro | 3.476,6 | 3.215,8 | 2.679,9 | 841,9 |
| Ferrugem tropical | | | | |
| Janeiro | 5.389,1 | 5.197,5 | 4.715,4 | 4.573,4 |
| Fevereiro | 5.161,7 | 5.070,5 | 4.920,3 | 4.807,3 |
| Março | 5.304,0 | 5.295,7 | 5.098,6 | 4.676,8 |
| Abril | 4.909,4 | 4.604,1 | 4.227,2 | 4.065,9 |
| Maio | 4.389,4 | 4.154,7 | 3.961,6 | 3.717,8 |
| Junho | 3.879,9 | 3.687,1 | 3.589,6 | 3.303,3 |
| Julho | 2.870,1 | 2.349,9 | 2.397,1 | 1.948,1 |
| Agosto | 2.462,0 | 1.501,4 | 1.112,5 | 793,7 |
| Setembro | 2.552,8 | 1.411,9 | 1.052,8 | 983,0 |
| Outubro | 2.968,2 | 2.458,8 | 2.133,2 | 1.791,1 |
| Novembro | 3.430,1 | 3.212,9 | 3.231,1 | 3.055,3 |
| Dezembro | 4.522,4 | 4.442,1 | 4.080,4 | 3.850,4 |

Em várias regiões, incluindo os Estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o milho tem sido cultivado principalmente em plantios de segunda época (safrinha). Nessas regiões, é cultivado em duas safras, sendo a semeadura feita nos meses de outubro/novembro (safra normal) e nos meses de janeiro/fevereiro (safrinha), e a colheita é realizada nos períodos de janeiro a março (safra normal) e de abril a junho (safrinha).

É importante observar que, à exceção da ferrugem comum, as outras ferrugens prejudicam essa cultura, essencialmente, a partir do florescimento, que ocorre em torno de 60 dias após a semeadura. Portanto, deve-se considerar a favorabilidade do clima para o desenvolvimento dessas doenças, observando-se a época de semeadura e o período de susceptibilidade das plantas.

A área favorável ao desenvolvimento da ferrugem polissora e da ferrugem tropical será reduzida tanto no período da safra normal como no período da safrinha. A principal alteração do clima responsável por esse resultado é a redução da umidade relativa média para níveis desfavoráveis à ocorrência da doença, ou seja, valores inferiores a 70%. Para a ferrugem comum, por outro lado, essa tendência tende a ser variável ao longo dos meses do ano considerando-se as previsões futuras.

A ferrugem comum apresenta área favorável restrita entre as regiões Sudeste, Sul e litoral do País. No futuro, verifica-se a tendência da doença incidir mais em direção à região sul do País (Figuras 2 e 3).

Como a ferrugem polissora (Figuras 4 e 5) e a ferrugem tropical (Figuras 6 e 7) são favorecidas por alta umidade relativa, associada a temperaturas mais elevadas que aquelas que favorecem a ferrugem comum, observa-se tendência de concentração das áreas favoráveis a essas doenças na região Norte, de janeiro a junho e em dezembro, para o clima de referência e clima futuro projetado

para 2071-2100. De janeiro a março, nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, as áreas favoráveis a essas doenças são restritas e menores nos meses seguintes. Algumas áreas das regiões Nordeste e Sul também são atualmente favoráveis, mas tendem a se tornar desfavoráveis climaticamente no futuro. As áreas mais propícias à doença localizam-se, atualmente, no norte e centro de Mato Grosso e de Tocantins, de janeiro a março, diminuindo de abril a junho, na safrinha. O noroeste de Minas Gerais é mais propício à doença em janeiro; e o sul de Mato Grosso do Sul e as faixas próximas ao litoral de São Paulo, Paraná e Santa Catarina em março e abril. Os resultados são concordantes com Casela et al. (2006) que observaram que, atualmente, nas regiões produtoras de milho, a ferrugem polissora encontra-se distribuída no Centro-Oeste, noroeste de Minas Gerais, São Paulo e parte do Paraná. No futuro, a tendência é de redução da favorabilidade climática à doença, em todas as áreas do País.

Os resultados obtidos mostram para as previsões de clima futuro áreas favoráveis à ferrugem polissora e à ferrugem tropical, concentradas principalmente na Região Norte, onde, hoje, praticamente não é cultivado milho. Contudo, algumas áreas nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, onde há intenso cultivo desse cereal, permanecerão favoráveis ao desenvolvimento dessas doenças. Dentro desse cenário prognosticado, é importante considerar também as regiões e os meses que serão ainda favoráveis ao cultivo futuro do milho, para estimar a real importância que poderão ter essas doenças no futuro.

Os mapas mensais indicativos das áreas atualmente com clima favorável ao desenvolvimento das ferrugens podem ser úteis para o planejamento do cultivo desse cereal. A semeadura em épocas que possam resultar na exposição das plantas em fase de susceptibilidade (a partir do florescimento) às condições de clima favorável ao desenvolvimento da ferrugem polissora ou da ferrugem tropical

deve ser evitada. O uso de cultivares de milho com resistência genética a essas doenças é recomendável para essas áreas e épocas.

Para o clima futuro, projetado para os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, cenário A2, prevê-se uma redução da favorabilidade do ambiente à ocorrência das ferrugens do milho no Brasil.

Considerações finais

Os mapas elaborados para análise do impacto potencial das mudanças climáticas sobre as ferrugens do milho apontam, de forma geral, para uma possível redução das áreas favoráveis. Contudo, para interpretar esses resultados e avaliar a magnitude desse efeito, seria importante verificar também, se as novas áreas desfavoráveis a essas doenças poderiam ser também desfavoráveis ao desenvolvimento da própria cultura do milho.

Alternativas para controle de doenças, como o desenvolvimento de genótipos de milho resistentes e adaptados às condições climáticas prognosticadas para o futuro, assim como outras soluções, continuam sendo de fundamental importância para a adaptação da cultura às mudanças climáticas.

Referências

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. **Doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14 p. (Circular técnica, 83). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19627/1/Circ_83.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2008.

CONAB (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: safra 2017/2017, v. 4, n. 5 2017. Brasília, DF, 2017. 162 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_13_12_03_45_boletim_graos_fevereiro_2017.pdf>. Acesso em: 14 de fev. 2017.

DUDIENAS, C.; FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; TICELLI, M.; BÁRBARO, I. M.; FREITAS, R. S.; LEÃO, P. C. L.; CAZENTINI FILHO, G.; BOLONHEZI, D.; PÂNTANO, A. P. Severity of southern rust in maize cultivars and its effect on yield. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 16-23, 2013.

GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Influência da duração do molhamento foliar e da temperatura no desenvolvimento da ferrugem do milho, causada por *Puccinia polysora*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n. 2, p.160-165, 1999.

OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F. T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. de A.; FERREIRA, A. da S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 227-267.

OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F. T.; PINTO, N. F. J. de A. **Doenças do milho: identificação e controle**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 84 p.

OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F. T.; PINTO, N. F. J. A. **Identificação e controle de doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 157p.

PINTO, N. F. J. de A.; OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F. T. **Manejo das principais doenças do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 92).

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Lages: Graphel, 2004. 144 p.

SHURTLEFF, M. C. **Compendium of corn diseases**. 2nd ed. St. Paul: APS, 1992. 105 p.

STAKMAN, E. C.; HARRAR, J. G. **Principles of plant pathology**. New York: Ronald Press, 1957. 581 p.