

Potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o risco de ocorrência da *Puccinia polysora* do milho no Brasil

WANDERSON B. MORAES¹, LEONARDO DE A. PEIXOTO², WALDIR C. DE JESUS JUNIOR³, WILLIAN B. MORAES⁴, LILIANNE G. DA SILVA⁵, ROBERTO A. CECÍLIO⁶

¹Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias, UFES, Alegre – ES, Fone: (0 xx 28) 3552 8943, wandersonbucker@yahoo.com.br. ²Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ³Engº Agrônomo, Prof. Doutor e Bolsista de Produtividade do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ⁴Engº Agrônomo, Bolsista de Doutorado, Depto. de Proteção de Plantas, FCA/UNESP, Botucatu - SP. ⁵Engº Florestal, Bolsista de Doutorado, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ⁶Engº Agrícola, Prof. Doutor e Bolsista de Produtividade do CNPq, Depto. de Engenharia Florestal, CCA/UFES, Alegre – ES.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: Um dos prováveis impactos das mudanças climáticas globais sobre a produção vegetal será a alteração da distribuição espaço-temporal das doenças de plantas. A ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) é considerada uma das principais doenças da cultura do milho no Brasil. Nesse sentido, este trabalho avaliou os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição espaço-temporal da *P. polysora* no Brasil. Elaboraram-se mapas do risco climático de ocorrência da *P. polysora* no período atual e futuro. Os cenários futuros empregados foram centrados nas décadas de 2020, 2050 e 2080 (cenários A2 e B2). Estes cenários foram obtidos a partir de seis modelos climáticos globais disponibilizados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Admitindo os cenários futuros preditos pelo IPCC, haverá a redução do risco de ocorrência da *P. polysora* no Brasil, em ambos cenários futuros (A2 e B2). Estima-se também uma tendência da redução do período de maior favorabilidade a doença no decorrer das décadas futuras. Tais previsões são preditas para os períodos (janeiro a março e abril a junho) considerados de maior suscetibilidade da cultura a *P. polysora*. Portanto, as mudanças climáticas poderão modificar a importância relativa da *P. polysora* na cultura do milho no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, ferrugem polissora, aquecimento global.

ABSTRACT: One of the likely impacts of global climate change on crop production is changing the spatial-temporal distribution of plant diseases. The southern corn (*Puccinia polysora*) is considered a major disease of maize in Brazil. In this sense, this study evaluated the potential impacts of climate change on spatial-temporal distribution of *P. polysora* in Brazil. Were prepared maps with the favorability of the climate to the occurrence of *P. polysora* in the current period and future. The future scenarios used were centered for the decades of 2020, 2050 and 2080 (scenarios A2 and B2). These scenarios were obtained from six global climate models (GCM's) provided by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Assuming future scenarios predicted by the IPCC, will reduce the risk of occurrence of *P. polysora* in Brazil, in both future scenarios (A2 and B2). It is estimated also a trend of reduction of the most favorable period of the disease during the future decades. Such predictions are predicted for the periods (January to March and April to June) considered of greater susceptibility to culture *P. polysora*. Therefore, climate change may alter the relative importance of *P. polysora* in corn in Brazil

KEYWORDS: *Zea mays*, southern corn, global warming.

INTRODUÇÃO: O clima da Terra sempre mudou em resposta as mudanças na criosfera, hidrosfera, biosfera e outros fatores atmosféricos. No entanto, está amplamente aceito que as atividades humanas estão influenciando cada vez mais as mudanças no clima global (PACHAURI; REISINGER, 2007). Estas alterações climáticas terão diversas influências na produção agrícola e práticas culturais em diferentes partes do mundo (ROOS et al., 2011). Estima-se que as doenças de plantas será um dos principais elos da cadeia produtiva mais afetada pelas mudanças climáticas, dada a importância dos fatores ambientais para sua ocorrência. Estas alterações terão efeitos diretos e indiretos, tanto sobre as doenças, bem como sobre o hospedeiro e a interação de ambos (CHAKRABORTY, 2005).

A ferrugem polissora, causada pelo fungo *Puccinia polysora*, é considerada uma das principais doenças da cultura do milho no Brasil. Os fatores ambientais para o desenvolvimento desta doença são temperaturas entre 23 e 28 °C e elevada umidade relativa do ar (CASELA; FERREIRA, 2002). Em condições ambientais favoráveis, essa doença é capaz de reduzir em mais de 50% a produtividade do milho (VON PINHO, 1998). Portanto, dada a importância dos fatores climáticos para o desenvolvimento da *P. polysora*, as mudanças climáticas provavelmente alterarão a importância relativa desta doença.

Nesse sentido, o conhecimento dos efeitos das mudanças climáticas sobre o risco de ocorrência da *P. polysora* no Brasil servirá como subsídios para enfrentar o futuro cenário fitossanitário desse patossistema. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre o potencial risco de ocorrência da *P. polysora* no Brasil nas décadas futuras, a partir dos cenários climáticos A2 e B2.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a elaboração dos mapas atuais do risco de ocorrência da *P. polysora*, empregaram-se dados mensais médios de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos do Climate Research Unit (CRU) (NEW et al., 2002). Os dados são referentes às médias históricas destas variáveis no período entre 1961 e 1990, disponíveis no formato matricial (grid) com células de 10' x 10' de latitude e longitude.

Os dados referentes às previsões futuras dos desvios das variáveis temperatura e umidade relativa do ar de cada mês foram obtidos na web site do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) (IPCC, 2007). Os dados futuros de temperatura foram calculados empregando os desvios previstos por seis diferentes modelos climáticos globais: HadCM3, CSIROmk2, CCSR/NIES, ECHAM4, CGCM2 e GFDL-R30 (IPCC, 2007). Apenas o modelo HadCM3 considerada futuros desvios da umidade relativa do ar. Portanto, os dados futuros de umidade relativa utilizados foram originados somente do modelo HadCM3.

Os cenários futuros selecionados foram o A2 e B2, com foco nas décadas de 2020's, 2050's e 2080's. O cenário A2 descreve um futuro mais heterogêneo, onde a regionalização é dominante. O cenário B2 descreve um futuro no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental (IPCC, 2001). Portanto, o cenário A2 pode ser considerado mais "pessimista", prevendo maior emissão de gases de efeito estufa. Contrariamente, o cenário B2 é "otimista" em relação às mudanças climáticas, pois levam em consideração adoções de medidas mitigadoras.

O SIG (Sistema de Informações Geográficas) Idrisi 32 foi utilizado para a elaboração dos mapas. Devido às diferentes resoluções espaciais dos modelos disponibilizados pelo IPCC, os desvios dos dados climáticos foram reamostrados utilizando o SIG Idrisi 32 para geração de mapas com resolução espacial de 10' x 10' de latitude e longitude. Visando à redução da variabilidade da simulação, foram calculados os valores médios dos dados estimados pelos seis modelos para a obtenção dos mapas mensais dos desvios da temperatura média do ar nas décadas futuras. Posteriormente, os mapas mensais dos desvios futuros da temperatura média do ar e umidade relativa foram somados com os mapas atuais, para obtenção das projeções

futuras. Esta operação foi realizada através da ferramenta de operação aritmética do SIG Idrisi 32.

Os dados atuais e futuros de umidade relativa do ar foram utilizados para estimar o período de molhamento foliar. Esta variável foi obtido empregando-se o método proposto por Hamada et al. (2008), a partir de equações matemáticas de ajuste em função da umidade relativa mensal. Com base nos dados de temperatura e molhamento foliar, elaboraram-se os mapas de distribuição espaço-temporal da *P. polysora* no período atual e futuro (2020, 2050 e 2080) em ambos cenários (A2 e B2). Os mapas de risco de ocorrência da ferrugem polissora foram obtidos aplicando-se o modelo proposto por Godoy et al. (1999). O modelo empregado foi resultante da multiplicação do modelo beta generalizado, que estima o efeito da temperatura, com o modelo logístico, que descreve o efeito da duração do período do molhamento foliar. A parti dos dados de severidade da doença estimado foi estabelecido o índice de risco da doença, definido dentro de uma escala de 0 a 100%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Este estudo é ilustrado originalmente por 84 mapas, dentre os quais 28 foram apresentados para a representação do risco climático a *P. polysora* do milho no Brasil, nas estações do ano do período atual e futuro (décadas de 2020, 2050 e 2080) em ambos cenários (A2 e B2) (Figuras 1).

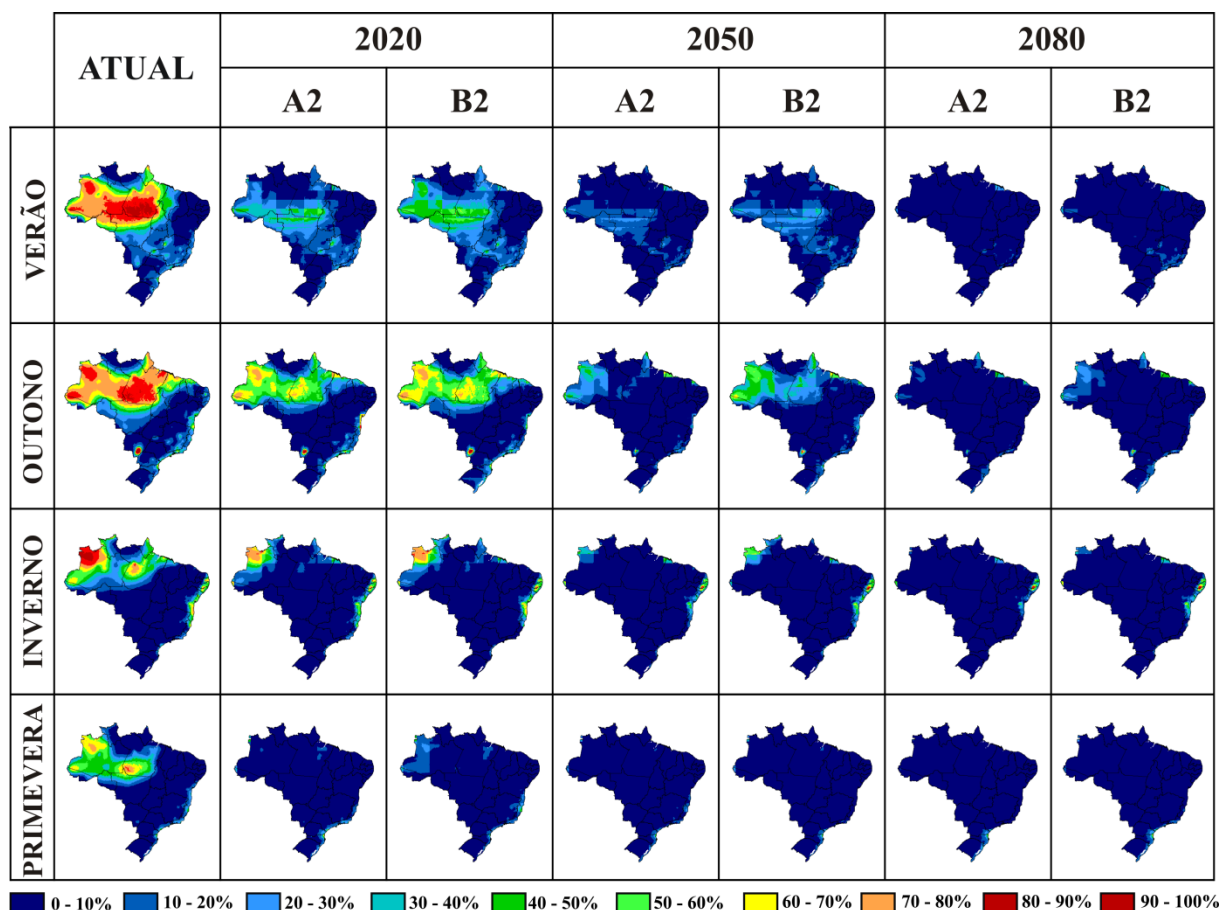


Figura 1. Efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição espaço-temporal das áreas de risco de ocorrência da ferrugem polissora do milho no Brasil, predita para as décadas futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B2.

No cenário atual, o período de maior favorabilidade a ocorrência da *P. polysora* está compreendida entre os meses de novembro a maio (Figura 1). Adicionalmente, este período está compreendido dentro do considerado o mais vulnerável da cultura do milho à ferrugem polissora, tanto na safra normal (janeiro a março) quanto na safrinha (abril a junho). Analisando o risco climático de ocorrência da doença nas principais regiões produtoras de milho, observa-se um alto risco no Norte e Centro-Oeste dos estados do Mato Grosso e Tocantins, Noroeste de Minas Gerais, Sul do Mato Grosso do Sul e em áreas litorâneas de São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Figura 1). Estes resultados corroboram com os obtidos por Hamada et al. (2009), que através da análise de mapas de favorabilidade climática, concluíram que estas regiões são as mais propícias para a ocorrência de epidemias severas da ferrugem polissora.

No decorrer das décadas futuras (2020, 2050 e 2080), haverá uma tendência de redução da favorabilidade climática a *P. polysora* do milho no Brasil, quando comparada as condições atuais (média de 1961 a 1990) (Figura 1). Nos cenários futuros, haverá o predomínio de baixo risco de ocorrência da doença na região Norte, Centro-Oeste, Nordeste e em parte da região Sudestes e Sul do Brasil (Figura 1). Nestes cenários futuros, regiões com risco médio ao desenvolvimento da doença estarão concentradas na região litorânea do Sul e somente em alguns locais do Sudeste do Brasil. A redução da favorabilidade climática ao desenvolvimento da *P. polysora* é predita em ambos cenários climáticos futuros (A2 e B2).

O principal motivo do baixo risco de ocorrência da *P. polysora* no Brasil nas décadas futuras deve-se a acentuada redução da umidade relativa predita (IPCC, 2007). Contudo, estas conclusões não impedem que possam ocorrer epidemias severas da doença em determinadas áreas com clima específico e diferente da média. Adicionalmente, em condições de campo, epidemias de *P. polysora* são mais influenciadas por diferenças nos regimes de temperaturas, uma vez que o período de molhamento para se estabelecer a infecção é mínimo (2 a 4 horas) (GODOY et al., 1999). A duração do período de molhamento foliar pode ser vista como fator para que se estabeleça o processo infeccioso, enquanto a temperatura determina a rapidez e a extensão da infecção (GODOY et al., 1999). Portanto, em regiões que neste estudo apresentam baixo risco de ocorrência da *P. polysora*, poderá haver surtos epidêmicos da doença, nos locais onde a temperatura média esteja dentro do intervalo considerado favorável a doença (20 a 25 °C) e que ocorra a formação de orvalho durante a noite.

É importante salientar que neste estudo foram consideradas apenas as condições de favorabilidade climática a ocorrência da doença. Entretanto, a alteração de um determinado fator climático pode ter efeitos positivos em uma das partes do triângulo da doença e negativos em outra (CHAKRABORTY, 2005). Além disso, os efeitos podem ser também contrários nas diversas fases do ciclo de vida do patógeno (COAKLEY, 1995). Em condições ambientais desfavoráveis, a *P. polysora* pode produzir estruturas de resistência denominadas “teliosporos”. Desta forma, com a produção destas estruturas reprodutivas provavelmente ocorrerá epidemias desta doença em algumas regiões do país. Aliado a este fator, a produção destas estruturas é realizada de forma sexuada. Assim, o aumento das condições ambientais adversas ao desenvolvimento desta doença em várias regiões do país, provavelmente intensificará a reprodução deste patógeno via reprodução sexuada. Portanto, com o aumento da reprodução sexuada, haverá uma maior variabilidade genética do patógeno e conseqüentemente o aumento da probabilidade da seleção de linhagens adaptadas as futuras condições ambientais, bem como da ocorrência de mutações genéticas. Adicionalmente, tanto o patógeno quanto o hospedeiro poderão sofrer alterações com as mudanças climáticas, modificando assim os resultados dessa discussão. Portanto, será necessária uma análise completa deste patossistema, para definir os reais impactos das mudanças climáticas sobre a ocorrência da *P. polysora* do milho no Brasil.

CONCLUSÕES: Considerando os cenários climáticos futuros traçados pelo IPCC, haverá uma tendência de redução do risco climático de ocorrência da *P. polysora* do milho no Brasil. Está redução ocorrerá ao longo das décadas futuras, sendo predita em ambos cenários futuros (A2 e B2). Apesar disso, algumas regiões ainda apresentaram potencial risco climático à ocorrência desta doença, principalmente em locais onde haja a formação de orvalho durante a noite.

REFERÊNCIAS

- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, p.414-416, 2002.
- CHAKRABORTY, S. Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions. **Australasian Plant Pathology**, v.34, n.4, p.443-448, 2005.
- COAKLEY, S.M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v.17, p.147-153, 1995.
- 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, p.160-165, 1999.
- HAMADA, E.; GHINI, R.; FERNANDES, J.L.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ROSSI, P. Spatial and temporal variability of leaf wetness duration in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v.65, n.spe, 2008.
- HAMADA, E.; GHINI, R.; LANA, J.T.O.; OLIVEIRA, E. Aplicação de sistemas de informações geográficas na análise espacial de doenças do milho no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.3883-3889.
- IPCC. **Climate Change 2001**: synthesis report. Cambridge: Cambridge University Press, 398p. 2001.
- IPCC. **IPCC SRES climate scenarios**: the IPCC data distribution centre. 2007. Disponível em: <http://www.ipcc-data.org/sres/gcm_data.html>. Acesso em: 10 Fev. 2009.
- NEW, M.; LISTER, D.; HULME, M.; MAKIN, I. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. **Climate Research**, v.21, n.1, p.1-25, 2002.
- PACHAURI, R.K.; REISINGER, A. **Climate Change 2007**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007. 104p.
- ROOS, J.; HOPKINS, R.; KVARNHEDEN, A.; DIXELIUS, C. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. **European Journal of Plant Pathology**, v.129, n.1, p.9-19, 2011.
- VON PINHO, R. G. **Metodologia de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência a *Puccinia polysora* Underw. e *Physopella zae* (Mains) Cummins e Ramachar na cultura do milho**. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.