

Estimativa do futuro risco climático do oídio da soja no Brasil com diferentes modelos de circulação geral

WANDERSON B. MORAES¹, WALDIR C. DE JESUS JUNIOR², LEONARDO DE A. PEIXOTO³, LUCAS T. DO AMARAL⁴, WILLIAN B. MORAES⁵, 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. ²Engº Agrônomo, Prof. Doutor e Bolsista de Produtividade do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ³Acadêmico de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ⁴Acadêmico de Engenharia Madeireira, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Depto. de Produção Vegetal, CCA/UFES, Alegre – ES. ⁵Engº Agrônomo, Bolsista de Doutorado, Depto. de Proteção de Plantas, FCA/UNESP, Botucatu - SP. 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: As mudanças climáticas poderão alterar a distribuição geográfica de doenças de plantas. Portanto, este trabalho avaliou os impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica do oídio da soja no Brasil, através de diferentes MCG's e da média dos mesmos. Elaboraram-se mapas do risco climático de ocorrência do oídio da soja 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 e pela média dos mesmos. Haverá uma tendência de redução do risco de ocorrência do oídio da soja na região Norte, Centro-Oeste, Nordeste e em parte do Sudeste do Brasil. Tal redução será mais acentuada no cenário A2, quando comparada as previstas no cenário B2. Entretanto, em algumas regiões do Sudeste e no Sul do Brasil ocorrerá um aumento do risco de ocorrência do oídio da soja nas décadas futuras. Predições efetuadas com o uso da média dos dados estimados pelos modelos permitiram a redução da variabilidade da simulação. Portanto, este modelo é o mais indicado para a previsão dos impactos das mudanças climáticas sobre o oídio da soja no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, *Microsphaera diffusa*, aquecimento global.

ABSTRACT: Global climatic changes will potentially influence the geographical distribution of plant diseases. Therefore, this study evaluated the potential impacts of climate change on geographic distribution of powdery mildew of soybean in Brazil, through different GCM's and the average of the same. Were prepared maps with the favorability of the climate to the occurrence of powdery mildew 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). There will be a tendency to reduce the risk of powdery mildew of soybean in the North, Midwest, Northeast and in parts of southeastern Brazil. This reduction is more pronounced in the A2 scenario compared to the predicted scenario B2. However, in some areas of Southeastern and Southern Brazil there will be an increased risk of occurrence of powdery mildew of soybeans in the decades future. Predictions made using the averaged data obtained for the models allowed the reduction of the variability of the simulation. Therefore, this model is the most suitable for predicting the impacts of climate change on powdery mildew of soybean in Brazil.

KEYWORDS: *Glycine max*, *Microsphaera diffusa*, global warming.

INTRODUÇÃO: Nos últimos anos, o oídio da soja (*Microsphaera diffusa*) passou a causar danos significativos a esta cultura no Brasil. O primeiro ano de epidemia de oídio no país resultou em perdas médias entre 15 a 20% nas cultivares suscetíveis, com extremos variando de 50 a 60% (SARTORATO & YORINORI, 2001). A influência do clima e a suscetibilidade das cultivares favoreceram epidemias com altas taxas de progresso da doença, em anos sucessivos (ALVES et al., 2009).

O desenvolvimento de doenças de plantas é resultante da interação de um hospedeiro suscetível, um patógeno virulento e fatores ambientais favoráveis (JESUS JUNIOR et al., 2003). Portanto, as mudanças climáticas constituem uma séria ameaça ao cenário fitossanitário brasileiro, pois poderão promover significativas alterações na ocorrência e severidade das doenças de plantas. Desta forma, certamente em um futuro próximo, ocorrerão modificações na importância relativa de cada doença de planta (CHAKRABORTY, 2000). Entretanto, apesar das ameaças das mudanças climáticas sobre a proteção de plantas, ainda há poucos relatos sobre este assunto. Além disso, a variabilidade dos valores preditos pelos modelos de circulação geral (MCG's) não vem sendo considerado nas avaliações dos impactos das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas.

Portanto, considerando a importância da cultura da soja para o Brasil, foi avaliado neste trabalho os impactos das mudanças climáticas sobre o risco de ocorrência da *M. diffusa* nos cenários futuros (A2 e B2), utilizando diferentes modelos de circulação global e a média dos mesmos.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a elaboração do mapa atual do risco de ocorrência da *M. diffusa*, 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. 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.

Inexiste um consenso definitivo sobre qual modelo é o mais apropriado para o cálculo dos valores das variáveis climáticas dos cenários futuros. Portanto, os mapas da distribuição

espacial do oídio da soja no Brasil foram elaborados utilizando: i) temperatura do ar estimada por cada um dos seis modelos de mudanças climáticas e umidade relativa obtida pelo modelo HadCM3; ii) média aritmética dos dados de temperaturas estimado pelos os seis modelos individuais e umidade relativa obtida pelo modelo HadCM3 (“multimodel ensemble”).

O modelo de regressão não-linear proposto por Alves et al. (2009) foi empregado para a confecção dos mapas de risco de ocorrência da *M. diffusa* no Brasil. Este modelo é em função do efeito da temperatura e do período de molhamento foliar no progresso do oídio da soja. Para obtenção dos dados de molhamento foliar foi empregando o método proposto por Hamada et al. (2008). Este método utiliza equações matemáticas de ajuste em função da umidade relativa mensal, para estimar a duração do molhamento foliar. Posteriormente, com base nos dados de intensidade da doença estimados, foi estabelecido o índice de risco do oídio da soja no Brasil. Este índice foi definido dentro de uma escala que varia de 0 a 100%.

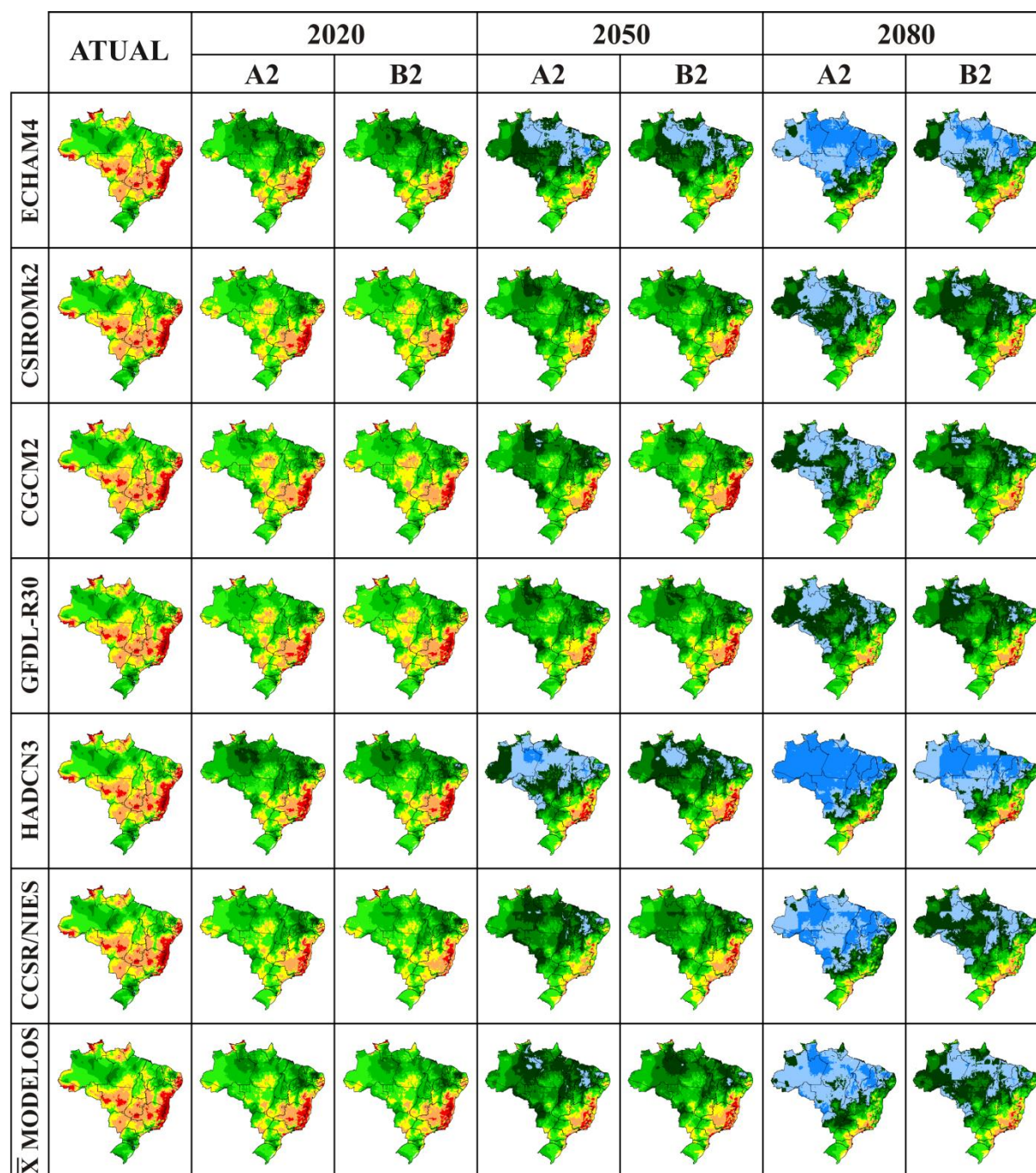
RESULTADOS E DISCUSSÃO: No cenário atual, na região Centro-Oeste e Sudeste do Brasil existem uma concentração de áreas de alto risco de ocorrência do oídio da soja (Figura 1). Nestas regiões estão localizados os Estados que atualmente são os maiores produtores de soja do Brasil. Contudo, no Sul do Brasil, região que desempenha papel fundamental na produção deste grão, o risco climático ao desenvolvimento da *M. diffusa* varia de baixo a médio.

Admitindo os cenários climáticos futuros traçado pelo IPCC, haverá uma redução do risco de ocorrência do oídio da soja na região Norte, Centro-Oeste, Nordeste e em parte do Sudeste do Brasil (Figura 1). Tal redução será mais acentuada no cenário A2, quando comparada as preditas no cenário B2. O progresso do oídio da soja é favorecido por temperatura entre 20 a 25°C e, desde ausência de molhamento foliar até 8 horas, evidenciando assim a necessidade de água para ocorrer à germinação e a infecção do fungo (ALVES et al., 2009). Portanto, a redução do risco de ocorrência do oídio nestas regiões deve-se ao aumento da temperatura para níveis desfavoráveis ao progresso da doença e a significativa redução da umidade relativa. Entretanto, surtos epidêmicos da doença poderão ocorrer em locais com temperaturas mais amenas, uma vez que com 50% de umidade relativa pode ocorrer a germinação de conídios de *M. diffusa*, mesmo na ausência de molhamento foliar (ALVES et al., 2009). Contrariamente, em algumas regiões do Sudeste e no Sul do Brasil haverá o aumento do risco de ocorrência do oídio da soja, em ambos cenários futuros (A2 e B2) (Figura 1).

O aumento da concentração de CO₂ atmosférico é outro fator que poderá intensificar a importância relativa do oídio da soja no Brasil, em função das mudanças climáticas. Lessin & Ghini (2009) relatam que a elevação da concentração de CO₂ aumenta a severidade do oídio da soja. Além disso, há diferenças nas respostas das cultivares de soja a *M. diffusa* com o aumento da concentração de CO₂ (LESSIN, GHINI; 2009).

Analisando a variabilidade das previsões realizadas com os MCG's individuais e a média dos mesmos, verificou-se uma ampla variação nas predições do risco de ocorrência da *M. diffusa* no Brasil nos cenários futuros (Figura 1). A porcentagem do território brasileiro ocupado pelo índice de risco 1 (0-10%) predita pelos modelos individuais, apresenta uma alta variabilidade dos valores estimados para as décadas futuras. Estes resultados são observados tanto no cenário A2 (150,1 a 920,1%) quanto no B2 (131,7 a 374,2%). Entretanto, considerando a previsão realizada com a média dos modelos, a variabilidade destas previsões foi reduzida para 148,2 e 127,6% nos cenários A2 e B2, respectivamente. Para o índice de risco 8 (70-80%), utilizando os MCG's individuais foi observada uma variação máxima 457,6 e 432,7% nos cenários A2 e B2, respectivamente. O uso dos valores médios estimado pelos modelos individuais reduziu estes valores para respectivamente, 374,2 e 351,4% nos cenário A2 e B2. Estes resultados tiveram a mesma tendência para os demais índices de risco. Portanto,

predições efetuadas com o uso da média dos dados estimados pelos modelos permitiram a redução da variabilidade da simulação. Esses resultados corroboram com os obtidos por Jesus Junior et al. (2008), os quais verificaram que o uso da média dos dados estimados pelos MCG's reduziram a variabilidade das simulações do efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição da sigatoka negra no mundo.



0-10% 10-20% 20-30% 30-40% 40-50% 50-60% 60-70% 70-80% 80-90% 90-100%

Figura 1. Efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das áreas de risco de ocorrência do oídio da soja no Brasil, predita por seis modelos de mudanças climáticas e pela média dos mesmos (“multimodel ensemble”).

É importante ressaltar que a variabilidade das predições do risco de ocorrência da *M. diffusa* observado usando os modelos individuais, foi em função da resposta do modelo de previsão desta doença a variação da temperatura. Portanto, devido às diferenças entre os modelos de

previsão de doenças, fica evidente a necessidade de se testar o ajuste dos MCG's e a média dos mesmos nas previsões dos impactos das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas, visando à redução da variabilidade das simulações.

CONCLUSÕES: Considerando os cenários de aquecimento global previsto pelo IPCC, haverá a redução do risco de ocorrência do oídio da soja na região Norte, Centro-Oeste e Nordeste e parte do Sudeste do Brasil. Admitindo o cenário mais pessimista traçado pelo IPCC (A2), a redução do risco de ocorrência dessa doença será mais acentuada quando comparada as preditas no cenário B2. No entanto, os cenários futuros predizem um aumento do risco de ocorrência do oídio da soja em algumas regiões do Sudeste e no Sul do Brasil. Análise realizada com os modelos de circulação geral individuais apresenta uma alta variabilidade nas previsões dos potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o oídio da soja no Brasil. Predições efetuadas com o uso da média dos dados estimados pelos modelos permitiram a redução da variabilidade da simulação, em comparação com a previsão gerada por cada modelo individualmente.

AGRADECIMENTO: Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor (projeto 508748/2010-0) e a de produtividade em pesquisa ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M.C.; POZZA, E.A.; COSTA, J.C.B.; FERREIRA, J.B.; ARAÚJO, D.V. Intensidade do oídio *Microspora diffusa* CKE. & PK. em cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1926-1930, 2009.
- CHAKRABORTY, S.; TIEDEMANN, A.V.; TENG, P.S. Climate change: potential impact on plant diseases. **Environmental Pollution**, v.108, p.317-326, 2000.
- 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.
- 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.
- JESUS JUNIOR, W.C.; VALADARES JUNIOR, R.; CECILIO, R.A.; MORAES, W.B.; VALE, F.X.R.; ALVES, F.R.; PAUL, P.A. Worldwide geographical distribution of Black Sigatoka for banana: predictions based on climate change models. **Scientia Agricola**, v.65, n.esp, p.40-53, 2008.
- JESUS JUNIOR, W.C.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; VALE, F.X.R.; HAU, B. Sistemas de auxílio à tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.11, p.133-193, 2003.
- LESSIN, R.C.; GHINI, R. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. **Tropical Plant Pathology**, v.34, n.6, p.385-392, 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.
- SARTORATO, A.; YORINORI, J.T. Oídio de leguminosas: feijoeiro e soja. In: STADNIK, M.J.; RIVERA, M.C. (Eds.) **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa do Meio Ambiente, 2001. p.262-284.