

# **SIMPÓSIO I – Mudanças climáticas e doenças de plantas**

## **Cenários climáticos futuros e estudos em Fitopatologia (Scenarios of future climate and researches on Plant Pathology)**

Raquel Ghini & Emília Hamada

Embrapa Meio Ambiente, CP. 69, CEP 13820-000 Jaguariúna, SP. e-mail: raquel@cnpma.embrapa.br

As atividades antrópicas estão alterando as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Nos últimos 650 mil anos anteriores à Revolução Industrial, a concentração de dióxido de carbono não excedeu 300 ppm (9). Porém, a partir de 1750, a concentração desse gás aumentou exponencialmente, atingindo 379 ppm em 2005. Fenômeno semelhante ocorreu com outros gases de efeito estufa, como o metano e o óxido nítrico. Estudos indicam que tais mudanças estão acarretando significativas alterações no clima do planeta (7).

A temperatura média da superfície da Terra aumentou  $0,74^{\circ}\text{C} \pm 0,18^{\circ}\text{C}$  nos últimos 100 anos (1906 a 2005). Entretanto, a taxa de aquecimento dos últimos 50 anos é quase o dobro da observada nos últimos 100 anos ( $0,13^{\circ}\text{C} \pm 0,03^{\circ}\text{C}$  vs.  $0,07^{\circ}\text{C} \pm 0,02^{\circ}\text{C}$  por década, respectivamente). Além disso, observa-se que padrões de precipitação estão sofrendo alterações, especialmente com o aumento da frequência de chuvas intensas e secas, em algumas regiões (7).

Dessa forma, as mudanças climáticas globais podem representar uma das maiores ameaças para a humanidade nas próximas décadas. A agricultura é um setor particularmente vulnerável a essas mudanças. A avaliação de impactos sobre doenças

de plantas e estudos para o desenvolvimento de medidas de adaptação aos problemas fitossanitários em cenários climáticos futuros são estratégicos para a agricultura. Apesar disso, ainda é limitado o número de trabalhos de pesquisa nessa área. Recentemente, Garrett et al. (1) apresentaram uma revisão sobre diferentes abordagens do assunto, considerando diversas escalas de interação patógeno-hospedeiro, desde o microclima até o clima global. Duas dessas abordagens metodológicas serão apresentadas neste Simpósio, envolvendo estudos de modelagem (para as variáveis climáticas como temperatura, precipitação, radiação solar, umidade relativa e outras) e de experimentação (para estudar os efeitos do aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico).

### **Cenários climáticos futuros**

Os cenários climáticos são representações sobre o clima futuro, descrevendo como se modificará o clima do planeta em decorrência de uma determinada alteração da composição da atmosfera, resultante das atividades humanas (6). Essas representações do clima futuro são baseadas em um conjunto de suposições, que incluem: tendências futuras de demanda

energética, emissões de gases de efeito estufa, mudanças no uso do solo e aproximações nas leis que regem o comportamento do sistema climático sobre grandes períodos de tempo.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em 1988, com a finalidade de realizar análises sistemáticas sobre o conhecimento científico existente sobre as mudanças climáticas globais, seus impactos potenciais e as opções de mitigação e adaptação. Uma de suas mais importantes realizações foi a divulgação de um conjunto de cenários de emissão de gases de efeito estufa, que levam em consideração forças controladoras, como demografia, desenvolvimento sócio-econômico, mudança tecnológica, bem como suas interações. Assim, foram definidas quatro famílias de cenários: A1, A2, B1 e B2, que consideram diferentes projeções de emissões de gases de efeito estufa, relacionando aspectos de desenvolvimento social, econômico e tecnológico, crescimento populacional, preocupação com o meio ambiente e diferenças regionais (Tabela 1). Os modelos climáticos globais, baseados nesses cenários, constituem uma importante referência para estudos de impactos das mudanças climáticas, que ainda têm sido pouco utilizados em trabalhos de Fitopatologia.

Os modelos climáticos globais disponibilizados no terceiro relatório do IPCC (6) foram desenvolvidos pelo: "Hadley Centre for Climate Prediction and Research" da Inglaterra (HadCM3), "Max Planck Institute für Meteorologie" da Alemanha (ECHAM4), "Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis" do Canadá (CGCM2), "Geophysical Fluids Dynamics Laboratory" dos EUA (GFDL-R30), "Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization" da Austrália (CSIRO-Mk2), "National Institute for Environmental Studies" e "Centre for Climate System Research" do Japão (CCSR/NIES). Recentemente, no quarto relatório do IPCC (7), estão descritos 23 modelos, desenvolvidos por diversas instituições. Esses dados estão disponibilizados no sítio do IPCC Data Distribution Centre (<http://www.ipcc-data.org/>).

Por meio dessa base de dados climáticos é possível avaliar a tendência de aumento ou diminuição da incidência ou severidade de doenças, aplicando-se modelos de previsão que utilizam variáveis climáticas como temperatura média, máxima, mínima, precipitação, insolação, umidade relativa e outras. Na Embrapa Meio Ambiente, as médias dos dados climáticos dos seis modelos disponibilizados para o Brasil pelos seis modelos do terceiro relatório do IPCC estão sendo utilizadas para a confecção de mapas com uso do Sistema de Informações Geográficas (4). Os cenários futuros utilizados foram A2 e B2, centrados nas décadas de 2020 (período entre 2010 e 2039), 2050 (período entre 2040 e 2069) e 2080 (período entre 2070 e 2099). As informações referentes ao período da normal climatológica de 1961 a 1990 foram utilizadas como referência. Tais mapas foram encaminhados para fitopatologistas de diversas Instituições para a discussão dos impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas do Brasil (2).

Mapas de distribuição de doenças estão sendo obtidos para o cenário futuro, utilizando os modelos que contemplem as variáveis climáticas disponíveis para o clima futuro. Além dessas, também estão sendo usadas as variáveis período de molhamento foliar e número de dias por mês com mais que 10

horas de umidade relativa acima de 90% (5). Mapas de distribuição nos cenários futuros de pragas e doenças, como a Sigatoka negra da bananeira (3), bicho-mineiro-do-cafeeiro, nematóides e ferrugem do cafeeiro e mildio da videira, estão sendo comparados com os mapas referentes ao clima da normal climatológica de 1961 a 1990. Apesar da baixa resolução espacial e temporal dos mapas, é possível avaliar a tendência de evolução desses problemas fitossanitários no futuro. Atualmente, esforços têm sido conduzidos no sentido de trabalhar com dados regionalizados de clima futuro, com melhor resolução espacial e temporal.

#### **Aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico**

O aumento já verificado da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e as previsões de que esse aumento continue por décadas, apesar dos esforços internacionais para redução das emissões, torna necessário o estudo dos impactos sobre doenças de plantas. Trabalhos de experimentação podem fornecer informações quanto às alterações na planta, no patógeno e na doença e suas conseqüências.

De modo geral, esse tipo de experimento geralmente é dificultado pela inabilidade de se criar um ambiente livre de artefatos introduzidos pelas estruturas e equipamentos necessários para expor o patossistema alvo ao gás a ser testado. Tais alterações indesejáveis incluem mudanças na velocidade do vento, umidade, temperatura, qualidade e intensidade da luz, além de características do solo (8). Câmaras com ambientes controlados, nos quais a composição do gás atmosférico pode ser manipulada, de modo geral, apresentam baixa correlação com as condições de campo. Estufas de topo aberto ("open-top chambers", OTC) são mais adequadas para estudos com aumento do teor de CO<sub>2</sub>, devido à possibilidade de conduzir ensaios com menor interferência de artefatos, já que as plantas podem ser cultivadas diretamente no solo e ocorrem as flutuações diárias e sazonais das variáveis climáticas. Geralmente, tais estufas são constituídas por estruturas circulares de alumínio (2 m de diâmetro), com laterais cobertas com filme plástico transparente e controle automatizado da concentração de CO<sub>2</sub>. Parcelas testemunha são usadas para avaliar o efeito da estufa no desenvolvimento das plantas e da doença. Apesar de inúmeras vantagens, as estufas de topo aberto alteram o microclima no seu interior. Experimentos de campo, com liberação de CO<sub>2</sub>, denominados FACE ("Free Air Carbon Dioxide Enrichment") constituem um método mais adequado para esse tipo de estudo. A principal vantagem dos experimentos FACE é permitir estudar os efeitos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em ecossistemas, sem alterar as condições do microclima. As parcelas de grande porte permitem uma intensiva e extensiva amostragem, tornando possível o estudo, por exemplo, da biodiversidade e dos processos reguladores dos ecossistemas. Apesar disso, áreas intocadas são reservadas para estudos de longo prazo. O caráter interdisciplinar do trabalho é outra vantagem, pois os resultados das diversas áreas do conhecimento podem ser correlacionados. Porém, esse tipo de experimento é extremamente caro e difícil de ser conduzido, o que justifica a realização de estudos como esses ainda em poucas localidades no mundo.

**Tabela 1.** Principais características (linhas narrativas) das famílias de cenários de mudanças climáticas SRES (“Special Report on Emissions Scenarios”).

A1 - descreve um mundo com rápido crescimento econômico, uma taxa de crescimento populacional com um pico na metade do século e declina depois; rápida introdução de novas e mais eficientes tecnologias. As principais características incluem a convergência entre as regiões, o desenvolvimento das capacidades e o aumento das interações culturais e sociais, com importante redução nas diferenças regionais da renda per capita. A família A1 desenvolve três grupos que descrevem direções alternativas de mudança tecnológica no sistema de energia, nas quais são enfatizados o uso intensivo de combustível fóssil (A1FI), energia não fóssil (A1T) ou um balanço entre as fontes (A1B).

A2 - descreve um mundo futuro muito heterogêneo, com preservação das identidades locais e da tradição. Os padrões de fertilidade entre regiões convergem muito lentamente, o que resulta em alto crescimento populacional. O desenvolvimento econômico é principalmente orientado regionalmente e o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são mais fragmentadas e mais lentas, comparados às outras famílias de cenário.

B1 - descreve um mundo convergente com o mesmo crescimento populacional global, com um pico na metade do século e declínio posterior, porém com rápidas mudanças nas estruturas econômicas direcionadas a uma economia de serviços e de informação, com redução na utilização de material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes na utilização de recursos. A ênfase é nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo a melhoria na equidade, porém sem iniciativas climáticas adicionais.

B2 - descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo com contínuo crescimento populacional global, a uma taxa abaixo do A2, níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa, do que o B1 e o A1. É orientado para a proteção do meio ambiente e a equidade social, mas com foco nos níveis local e regional.

Fonte: Adaptado de IPCC (6).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garrett, K. A.; Dendy, S. P.; Frank, E.E.; Rouse, M.N.; Travers, S.E. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, v.44, p.489-509. 2006.
- Ghini, R.; Hamada, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa SCT. (no prelo)
- Ghini, R.; Hamada, E.; Gonçalves, R.R.V.; Gasparotto, L.; Pereira, J.C.R. Análise de risco das mudanças climáticas globais sobre a sigatoka-negra da bananeira no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, v.32, n.3, p.197-204, 2007.
- Hamada, E.; Ghini, R.; Gonçalves, R.R.V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologias de elaboração de mapas. *Engenharia ambiental*, v.3, n.2, p.73-85, 2006.
- Hamada, E.; Ghini, R.; Fernandes, J.L.; Pedro Júnior, M.P.; Rossi, P. Estimativa de duração do período de molhamento foliar no estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15., 2007, Aracajú. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.
- IPCC. **Climate change 2001: synthesis report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 397p. (IPCC Assessment Report, 3).
- IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996p. (IPCC Assessment Report, 4).
- Pritchard, S. G.; Amthor, J. S. **Crops and environmental change**. Binghamton: Food Products Press. 2005. 421 p.
- Siegenthaler, U.; Stocker, T.F.; Monnin, E.; Luthi, D.; Schwander, J.; Stauffer, B.; Raynaud, D.; Barnola, J.M.; Fischer, H.; Masson-Delmotte, V.; Jouzel, J. Stable carbon cycle-climate relationship during the late Pleistocene. *Science*, v. 310, p.1313-1317, 2005.