

## **MÉTODOS PARA ESTUDAR OS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE DOENÇAS DE PLANTAS / Methods of studying effects of climate change on plant diseases**

Raquel Ghini\* & Emília Hamada

Embrapa Meio Ambiente, C.P. 69, 13820-000, Jaguariúna, SP. \*Bolsista do CNPq, e-mail: raquel@cpma.embrapa.br

### **Introdução**

As mudanças climáticas causarão modificações na ocorrência de doenças de plantas, as quais estão entre os principais fatores responsáveis por reduções da produtividade agrícola. Esses impactos podem colocar em risco a sustentabilidade do agronegócio, devido às consequências econômicas, sociais e ambientais. O estudo dessas alterações tem a finalidade de fornecer subsídios para a elaboração de estratégias de adaptação.

Muitos métodos estão descritos para avaliar os efeitos do ambiente sobre doenças de plantas, entretanto, o estudo das mudanças climáticas impõe algumas particularidades na utilização desses métodos. Garrett et al. (2006) apresentaram uma revisão sobre diferentes abordagens para o estudo do assunto, considerando diversas escalas de interação patógeno-hospedeiro, desde o microclima até o clima global. Posteriormente, Garrett et al. (2011) elaboraram um esquema para a análise da complexidade dos impactos das mudanças climáticas, baseado em um conjunto de perguntas para um determinado hospedeiro, patógeno, combinação patógeno-hospedeiro e região geográfica. Segundo os autores, na prática, pode ser necessário expandir os modelos com a inclusão de novos componentes, identificar os componentes mais importantes, ou sintetizar tais modelos até o nível ótimo de complexidade para o planejamento e priorização de pesquisa.

No presente texto serão discutidas três abordagens para o estudo dos efeitos das mudanças climáticas sobre doenças de plantas: uso de séries históricas, experimentação e modelagem.

### **Séries históricas**

Registros da ocorrência de doenças de plantas numa determinada localidade ou região, durante longos períodos, podem ser correlacionados com as alterações climáticas e utilizados para avaliação dos impactos. Uma vantagem é o uso de dados observados, sem aparatos de experimentação, obtidos em extensas áreas cultivadas. Porém, essa abordagem possui diversas limitações: há poucas séries históricas de registro de doenças disponíveis; é difícil estabelecer a duração do período necessário de registro, longo o suficiente para garantir um resultado de boa qualidade; a confiabilidade da correlação é prejudicada pelos efeitos de outros fatores sobre as doenças, como variedade de planta, data de plantio, adubação, manejo da cultura e outros; além disso, os efeitos do ambiente sobre as interações planta-patógeno são muito complexos para serem

sintetizados em uma simples equação de regressão envolvendo poucas variáveis (Pritchard & Amthor, 2005). Os resultados são difíceis de serem interpretados em termos de relação causa-efeito. Por esses motivos, há poucos casos comprovados de doenças de plantas que foram alteradas pelas mudanças climáticas.

Uma das evidências é a ocorrência de *Dothistroma septosporum*, causador de queima-das-acículas em *Pinus contorta* var. *latifolia*, nas florestas da British Columbia no Canadá. Segundo Woods et al. (2005), o primeiro relato da doença foi no início dos anos 1960 e, entre 1984 e 1986, foram observadas árvores com sintomas em apenas 10 ha. Os autores avaliaram uma área de 40.898 ha e observaram que 37.664 ha apresentavam plantas infectadas, com árvores mortas em 2.741 ha. Apesar da epidemia sem precedentes estar correlacionada com o aumento da precipitação no período do verão, os autores ainda questionam se as mudanças climáticas são realmente a causa (Woods, 2011).

## **Experimentação**

Os métodos para estudo dos efeitos do aumento de temperatura e alterações de precipitação foram muito explorados pela pesquisa na área de Fitopatologia, devido à importância desses fatores para a ocorrência de doenças. Porém, outras variáveis do ambiente receberam menor atenção. Além de atuar como gás de efeito estufa, causando alterações no clima do planeta, o dióxido de carbono da atmosfera também pode causar impactos diretos sobre os agroecossistemas. A avaliação dos efeitos do CO<sub>2</sub> sobre doenças de plantas pode ser realizada em ambientes controlados, nos quais a composição do gás e outras variáveis ambientais podem ser manipuladas. Esse método, porém, tem a desvantagem de utilizar um ambiente artificial, cujos resultados podem não corresponder aos obtidos em condições de campo. As variações dos fatores do ambiente observados em campo dificilmente são reproduzidas em ambiente controlados. Além disso, o custo das instalações restringe o número de repetições utilizadas.

O Ecotron, localizado em Montpellier, França, é uma instalação de ambiente controlado dedicada ao estudo dos impactos das mudanças climáticas sobre ecossistemas, em macro, meso e microcosmo. A estrutura foi construída por um grupo de instituições de pesquisa e fomento com a finalidade de estudar, simultaneamente, um grande número de variáveis, com medições de alta qualidade. As condições são mantidas da forma mais realista possível, trabalhando com luz natural, monólitos de solo intacto e grandes amostras de ecossistemas. O custo da instalação e dos equipamentos, entretanto, é muito alto (<http://www.ecotron.cnrs.fr/>).

A busca de condições mais realísticas tem levado à condução de experimentos de campo, como por exemplo, com o uso de estufas de topo aberto (“open-top chambers”, OTC). As OTCs, geralmente, são constituídas por estruturas circulares metálicas, com as laterais recobertas por um filme plástico transparente, que permitem a concentração do CO<sub>2</sub> (Pritchard & Amthor, 2005). Entretanto, podem ainda resultar em alterações indesejáveis do microclima, como mudanças na velocidade do vento, umidade, temperatura, qualidade e intensidade da luz (Lessin & Ghini, 2009). Apesar disso, esses ensaios permitem a obtenção das respostas das plantas ao aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, em todos os estádios de desenvolvimento de plantas em ambiente mais natural do que ambientes controlados.

Nos experimentos de campo do tipo FACE (“Free Air Carbon Dioxide Enrichment”), os problemas de interferência causada por artefatos da experimentação são eliminados, isto é, o FACE permite estudar os efeitos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em agroecossistemas intactos, sem alterar as condições do microclima. Esses

experimentos são conduzidos em campo com a liberação de consideráveis quantidades de CO<sub>2</sub> em áreas relativamente extensas. As parcelas experimentais são grandes, com até 30 m de diâmetro e até 20 m de altura (para florestas, por exemplo). A distância entre as parcelas, tratadas ou não, é grande para evitar a interferência entre os tratamentos. As dimensões do FACE permitem uma intensiva e extensiva amostragem, tornando possível o estudo, por exemplo, da biodiversidade e dos processos reguladores dos agroecossistemas. 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. Além do CO<sub>2</sub>, outras variáveis do ambiente e suas interações podem ser estudadas, como a concentração de ozônio, temperatura e precipitação, assim como diferentes cultivares e técnicas de manejo (Eastburn et al., 2010; Ghini et al., 2011a; Leakey et al., 2009; Melloy et al., 2010; Mikkelsen et al., 2008; Mollah et al., 2009). Porém, esse tipo de experimento é extremamente caro e difícil de ser conduzido, o que limita a realização em diversas regiões. O primeiro FACE da América Latina foi construído na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, e é o primeiro com a cultura do café no mundo (<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climapest/efeitos-do-co2/face>).

## **Modelagem**

Além da experimentação, a área de modelagem oferece grandes oportunidades para o estudo dos impactos das mudanças climáticas. Modelos de desenvolvimento de doenças, geralmente utilizados para sistemas de previsão, podem ser utilizados em estudos de simulação da distribuição espacial e temporal em cenários climáticos futuros.

As incertezas quanto aos cenários climáticos futuros constituem uma importante limitação dessa abordagem. Além disso, a resolução espacial e temporal dos modelos climáticos globais, geralmente, está em uma escala diferente da necessária para prever as etapas da relação patógeno-hospedeiro. Um dos grandes desafios é conciliar as exigências dos modelos de processos biológicos à disponibilidade dos modelos climáticos globais, com abordagens de longo prazo. Alguns processos biológicos, como por exemplo, a capacidade dos microrganismos fitopatogênicos se adaptar a novos ambientes, dificilmente são incorporados aos modelos.

Apesar das incertezas, o grande potencial dos modelos reside na capacidade de simular os cenários climáticos futuros, os diferentes níveis de severidade de doenças e de determinar a produção resultante, o que permite o desenvolvimento de táticas de controle e estratégias, facilitando a tomada de decisões (Ghini et al., 2011b). Maiores esforços devem ser dispensados nesse tipo de estudo, que poderá resultar em significativa economia de tempo e recursos.

## **Considerações finais**

Cada técnica possui vantagens e limitações, mas todas acrescentam informações para o avanço do conhecimento no assunto. A combinação de abordagens é a forma mais efetiva de determinar os impactos das mudanças climáticas. Estudos interdisciplinares e de longa duração são de grande importância para a obtenção de resultados confiáveis. Esses estudos são importantes para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, especialmente os localizados na região tropical, onde poucos trabalhos foram desenvolvidos (Ghini et al., 2011a).

## **Referências:**

- EASTBURN, D. M., DEGENNARO, M. M., DELUCIA, E. H., DERMODY, O. & MCELDRONE, A. J. Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter soybean diseases at SoyFACE. *Global Change Biology*, v. 16, n. 1, p. 320-330, 2010.
- 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.
- GARRETT, K.A.; FORBES, G.A.; SAVARY, S.; SKELSEY, P.; SPARKS, A.H.; VALDIVIA, C.; van BRUGGEN, A.H.C.; WILLOCQUET, L.; DJURLE, A.; DUVEILLER, E.; ECKERSTEN, H.; PANDE, S.; VERA CRUZ, C.; YUEN, J. Complexity in climate-change impacts: an analytical framework for effects mediated by plant disease. *Plant Pathology*, v. 60, n. 1, p. 15-30, 2011.
- GHINI, R.; BETTIOL, W.; HAMADA, E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. *Plant Pathology*, v. 60, n. 1, p. 122-132, 2011a.
- GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2011b, 356p. (<http://www.cnpma.embrapa.br/climapest/livros/livro3.html>)
- LEAKEY, A. D. B., AINSWORTH, E. A., BERNACCHI, C. J., ROGERS, A., LONG, S. P. & ORT, D. R. Elevated CO<sub>2</sub> effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *J. Exp. Bot.*, v. 60, n. 10, p. 2859-2876, 2009.
- LESSIN, R.C.; GHINI, R. Efeito do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. *Tropical Plant Pathology*, v. 34, n. 6, p. 385-392, 2009.
- MELLOY, P., HOLLAWAY, G., LUCK, J. O., NORTON, R. O. B., AITKEN, E. & CHAKRABORTY, S. Production and fitness of *Fusarium pseudograminearum* inoculum at elevated carbon dioxide in FACE. *Global Change Biology*, v. 16, n. 12, p. 3363-3373, 2010.
- MIKKELSEN, T. N., BEIER, C., JONASSON, S., HOLMSTRUP, M., SCHMIDT, I. K., AMBUS, P., PILEGAARD, K., MICHELSEN, A., ALBERT, K., ANDRESEN, L. C., ARNDAL, M. F., BRUUN, N., CHRISTENSEN, S., DANBAEK, S., GUNDERSEN, P., JORGENSEN, P., LINDEN, L. G., KONGSTAD, J., MARALDO, K., PRIEME, A., RIIS-NIELSEN, T., RO-POULSEN, H., STEVNBK, K., SELSTED, M. B., SORENSEN, P., LARSEN, K. S., CARTER, M. S., IBROM, A., MARTINUSSEN, T., MIGLIETTA, F. & SVERDRUP, H. Experimental design of multifactor climate change experiments with elevated CO<sub>2</sub>, warming and drought: the CLIMATE project. *Functional Ecology*, v. 22, n. 1, p. 185-195, 2008.
- MOLLAH, M.; NORTON, R.; HUZZEY, J. Australian grains free-air carbon dioxide enrichment (AGFACE) facility: design and performance. *Crop & Pasture Science*, v. 60, p. 697-707, 2009.
- PRITCHARD, S.G.; AMTHOR, J.S. *Crops and environmental change*. Binghamton: Food Products Press, 2005. 421p.

WOODS, A.; COATES, K.D.; HAMANN, A. Is an unprecedented *Dothistroma* needle blight epidemic related to climate change? *BioScience*, v. 55, n. 9, p. 761-769, 2005.

WOODS, A. Is the health of British Columbia's forests being influenced by climate change? If so, was this predictable? *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 33, n. 2, p. 117-126, 2011.

*Summa Phytopathologica*, v. 38 (supplement), February 2012. XXXV Congresso Paulista de Fitopatologia. Jaguariúna, 2012