

Capítulo 1

**Proposta metodológica para discussão dos
impactos das mudanças climáticas globais
sobre doenças de plantas**

Raquel Ghini
Emília Hamada

Alterações no clima ocorridas nas últimas décadas têm despertado as atenções de diferentes segmentos da sociedade, especialmente com relação às suas causas e conseqüências. O clima descreve a média das condições atmosféricas de uma região, ou seja, é a “média do tempo”, em que tempo é a descrição instantânea dessas condições (PITTOCK et al., 1978). Dados obtidos a partir de amostras de bolhas de ar capturadas nas geleiras da Antártica e retiradas em diferentes profundidades demonstram uma alta correlação entre mudanças na temperatura do planeta e na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, durante os últimos 650 mil anos. A concentração de CO₂ não excedeu 300 ppm em volume durante esse período (SIEGENTHALER et al., 2005). A partir da Revolução Industrial (final do século XVIII), as atividades antrópicas, aliadas aos eventos naturais, estão alterando a composição de gases da atmosfera. De 1760 até 1960, os níveis de concentração de CO₂ atmosférico aumentaram de 280 ppm para 317 ppm, isto é, 40 ppm em 200 anos. Nos últimos 45 anos, de 1960 até 2005, as concentrações de CO₂ aumentaram de 317 ppm para 379 ppm, um acréscimo de 62 ppm (MARENGO; SOARES, 2003; IPCC, 2007). Esse aumento corresponde ao aumento no uso de combustível fóssil e mudança do uso da terra e agricultura durante o período. A concentração de CH₄ aumentou de 700 ppb na era pré-industrial (1000-1750) para 1745 ppb em 1998; o N₂O, de 270 para 314 ppb e os CFCs (clorofluorcarbonos), que não existiam na atmosfera, atingiram elevadas concentrações. As projeções são para que o CO₂ atinja 540 ppm a 970 ppm, por volta de 2100, representando um aumento de 75 % a 350 % em relação ao período anterior à Revolução Industrial (IPCC, 2001).

Como conseqüência, a temperatura da superfície do planeta aumentou, aproximadamente, 0,2 °C por década nas últimas três décadas, e 0,8 °C no século passado (HANSEN et al., 2006). O fenômeno tem se acelerado, com o registro das maiores temperaturas médias anuais do planeta nos anos de 1998 e 2005. Mudança climática, definida como o processo de mudança do clima devido às atividades antrópicas, difere da variabilidade climática, que é o processo de variação do clima condicionado por fatores naturais existentes no planeta e suas interações (TUCCI; BRAGA, 2003). As informações apresentadas no quarto relatório (AR4) do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) demonstram que há um grau de certeza muito alto (90 %) de que a atividade humana é a responsável pelas alterações (IPCC, 2007). As projeções do IPCC (2001) são de um aquecimento entre 1,4 °C a 5,8 °C até o final do século XXI. Além disso, observam-se indícios de aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, alteração no regime de chuvas, perturbações nas correntes marítimas, derretimento de geleiras e elevação do nível dos oceanos.

A importância do ambiente para a ocorrência de doenças de plantas é conhecida há séculos. O clássico triângulo de doença estabelece as condições para a ocorrência de doenças, isto é, há a necessidade de ocorrer interação entre o hospedeiro suscetível e o patógeno virulento em ambiente favorável (Fig. 1). O ambiente pode ter efeitos diretos e indiretos sobre a planta hospedeira, assim como sobre o patógeno e a interação entre eles. Além desses, o ambiente pode afetar outros componentes importantes para a ocorrência de doença, como agentes de controle biológico, vetores e outros.

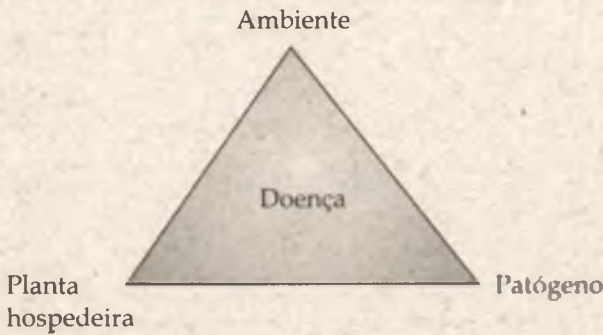


Fig. 1. Triângulo de doença: interação entre os elementos fundamentais que determinam a ocorrência de uma doença de planta.

A vulnerabilidade da agricultura brasileira com relação à ocorrência de doenças de plantas, entre outros aspectos, é um assunto estratégico para o País (BERGAMIN et al., 1995; NEVES, 2005). As mudanças climáticas certamente alterarão o atual cenário dos problemas fitossanitários da agricultura brasileira (MUDANÇA do clima, 2005a, 2005b). Uma revisão de literatura sobre tais relações foi apresentada por Ghini (2005). Modificações na importância relativa das doenças das culturas podem ocorrer em algumas décadas. Os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes podem ser positivos, negativos ou neutros, pois as mudanças climáticas podem diminuir, aumentar ou não ter efeito sobre os diferentes problemas fitossanitários, em cada região.

Em outros países, as discussões já foram iniciadas. Na Austrália, Chakraborty et al. (1998) realizaram um workshop para avaliar os efeitos das mudanças climáticas globais sobre doenças de plantas cultivadas. A alteração prevista para o país é de aumento de temperatura entre 1 °C a 3 °C até o ano de 2100. O documento gerado apresenta uma avaliação sobre os possíveis efeitos dessa alteração climática nas doenças de trigo e outros cereais, cana-de-açúcar, espécies frutíferas, uva, hortaliças e espécies florestais. Os impactos gerados incluem alteração da distribuição geográfica e perdas ocasionadas pelas doenças. Prevê-se que a resistência genética de algumas cultivares seja perdida mais rapidamente devido à acelerada

multiplicação e disseminação de determinados patógenos. O aumento da concentração de CO₂ atmosférico e da radiação UV-B favorece a multiplicação dos patógenos, o que cria condição para o desenvolvimento de sérias epidemias. Uma das principais metas alcançadas no evento foi a conscientização dos fitopatologistas australianos sobre a importância do problema. As incertezas sobre as mudanças climáticas que efetivamente ocorrerão e a escassez de conhecimentos detalhados sobre os efeitos do ambiente na ocorrência de doença foram alguns dos problemas encontrados, pois limitam a previsão dos impactos potenciais nas doenças de plantas.

Discussão semelhante foi realizada por Clifford et al. (1996), para as condições do Reino Unido. As principais mudanças climáticas previstas incluem o aumento da temperatura média, aumento da concentração de CO₂, alteração da distribuição espacial e temporal de chuvas, mudanças na evapotranspiração no verão e aumento da incidência de eventos climáticos extremos. Para a discussão, foram considerados os efeitos da elevação da temperatura média em 2 °C e do aumento ou redução de 10 % da precipitação média anual. Segundo os autores, os efeitos das mudanças climáticas sobre as doenças de culturas, como espécies forrageiras, batata, beterraba açucareira, cereais, uva e outras espécies frutíferas, devem ser avaliados, para evitar perdas.

Lonsdale e Gibbs (1996, 2002) analisaram os efeitos das mudanças climáticas sobre doenças de espécies florestais no Reino Unido. Para tanto, os efeitos foram divididos em efeitos diretos sobre o patógeno, incluindo sua distribuição geográfica, reprodução, dispersão e sobrevivência; efeitos diretos sobre a planta hospedeira, em que foram discutidos os estresses durante a estação de crescimento e alteração das temperaturas do inverno; e efeitos sobre a interação entre árvores ou patógenos e outros organismos, como insetos vetores e micorrizas.

Para a região de Ontário, no Canadá, Boland et al. (2004) discutiram os efeitos das mudanças climáticas sobre aspectos epidemiológicos de doenças de plantas cultivadas e florestas. Os autores concluíram que programas de melhoramento genético devem adaptar as prioridades às novas condições. Haverá oportunidades para a introdução de diferentes culturas e cultivares, mas deve ser instalado um mecanismo eficaz para evitar a entrada e detectar a presença de patógenos exóticos.

Após a realização de um simpósio, intitulado *Climate change: challenges and solutions for California agricultural landscapes*, Cavagnaro et al. (2006) publicaram um relatório com os principais impactos das mudanças climáticas e as recomendações para mitigação e adaptação dos cultivos afetados. O motivo dessa iniciativa foi a importância da agricultura para a região. O governo do

Estado despendeu cerca de U\$ 65 milhões, de 1998 até 2002, para o controle do mal-de-pierce-das-videiras, causado por *Xylella fastidiosa*, por exemplo. Garrett et al. (2006) apresentam um esquema sobre os efeitos potenciais das mudanças climáticas e como esses podem ser estudados (Fig. 2). Tal esquema é interessante para organizar e definir iniciativas de pesquisa no tema.

No Brasil, poucas iniciativas foram realizadas a esse respeito. O projeto intitulado *Avaliação da distribuição espacial de doenças de plantas com base nas condições climáticas atuais e estimativas de mudanças climáticas globais* vem sendo conduzido na Embrapa Meio Ambiente e, para cumprir seus objetivos, foram confeccionados mapas de variáveis climáticas do Brasil para o clima atual e futuro. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) Idrisi 32, software desenvolvido pela Universidade de Clark, EUA, foi utilizado para a elaboração dos mapas. As informações de entrada do banco de dados do SIG foram de temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação, umidade relativa e radiação solar médias mensais das condições climáticas presentes e futuras para o Brasil, na resolução espacial de 0,5° x 0,5° de latitude e longitude. As atuais normais climatológicas (médias do período de 1961 a 1990) e as projeções futuras foram obtidas do IPCC-DDC (<http://www.ipcc-data.org/>). Consideraram-se dois cenários futuros, A2 e B2, projetados para as décadas de 2020 (entre 2010 e 2039), 2050 (entre 2040 e 2069) e 2080 (entre 2070 e 2099). Os mapas finais foram constituídos pela média aritmética dos seis modelos disponíveis (CCSR/NIES, CGCM2, CSIRO-Mk2, ECHAM4, GFDL-R30 e HadCM3). Dessa forma os resultados refletem as tendências previstas pelos diferentes grupos que desenvolveram tais modelos. Detalhes da metodologia de obtenção desses mapas e a interpretação dos seus resultados serão apresentados no Capítulo 2.

Nos estudos dos efeitos das alterações climáticas sobre as doenças de plantas, os modelos climáticos globais disponibilizados pelo IPCC são pouco utilizados. Na maior parte dos trabalhos, os autores simplificam a metodologia de análise assumindo um valor constante de temperatura ou precipitação a ser somado aos valores médios atuais, independentemente da época do ano e da região geográfica estudada, como Boag et al. (1991) para o estudo do efeito das mudanças climáticas em nematóides fitopatogênicos, *Xiphinema* e *Longidorus*, na Europa; Luo et al. (1995) para simulações com brusone do arroz em países asiáticos; Brasier e Scott (1994) e Brasier (1996) para a ocorrência de *Phytophthora cinnamomi* em carvalho (*Quercus* spp.) no continente europeu; fitopatógenos na Finlândia por Carter et al. (1996) e no Reino Unido, por Clifford et al. (1996). Os modelos climáticos globais mostram que tal premissa não é verdadeira, pois estão previstas alterações sazonais e espaciais. Hamada et al. (2006) compararam mapas do clima futuro obtidos pelos dois métodos: com um aumento na temperatura

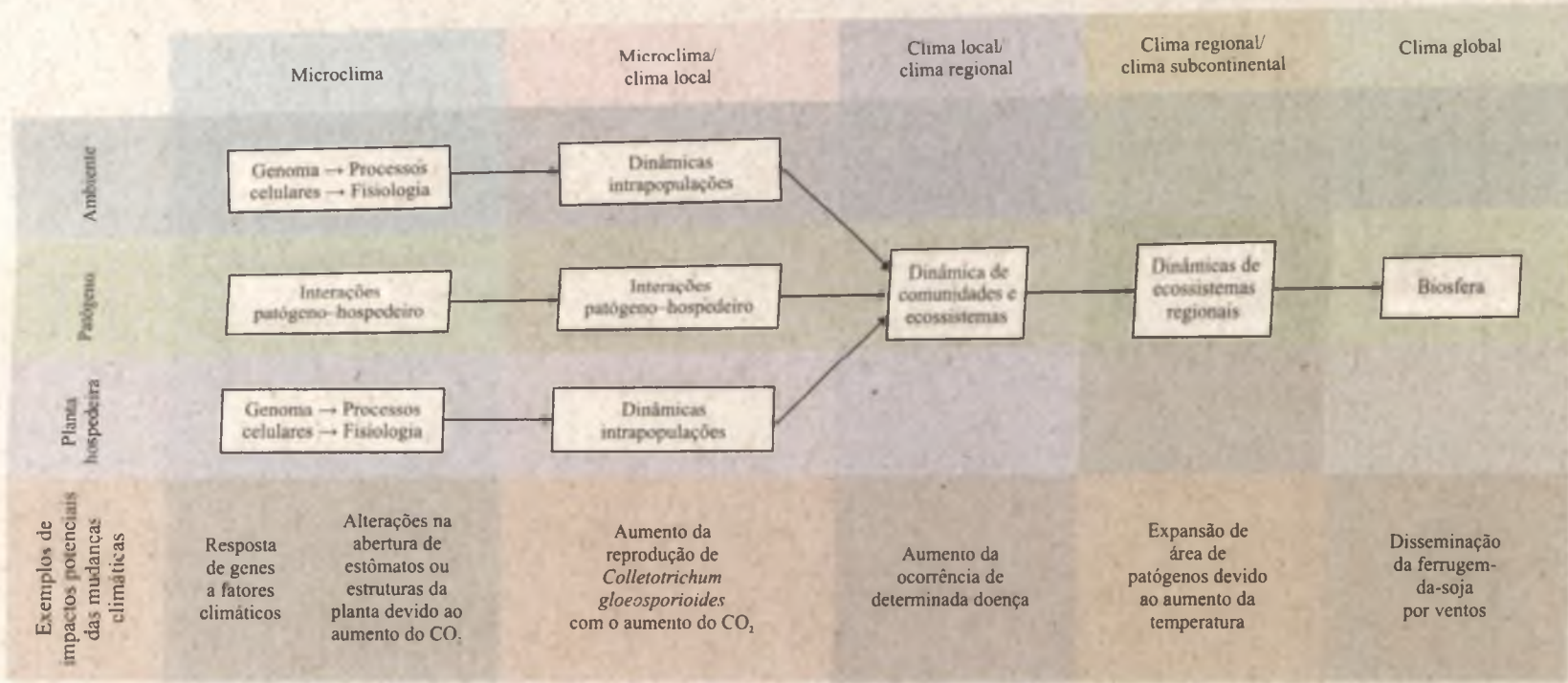


Fig. 2. Exemplos de impactos potenciais das mudanças climáticas e necessidade de pesquisa com escalas biológicas (adaptado de GARRETT et al., 2006).

média utilizando um valor constante para todo o Brasil e o outro método que considera aumentos na temperatura variando espacialmente, na forma de grade. A distribuição espacial do número provável de gerações do bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) foi obtida utilizando o modelo proposto por Parra (1985). Os mapas obtidos pelos dois métodos foram diferentes, apresentando melhor precisão nos resultados quando foi adotado o aumento na temperatura média global que varia espacialmente, obtido nos modelos disponibilizados pelo IPCC.

Os modelos, entretanto, apresentam diversas limitações. A baixa resolução temporal e espacial dos modelos climáticos globais, nos quais as avaliações são baseadas, torna difícil conciliar os cenários previstos com os modelos de respostas biológicas, como o crescimento de plantas ou epidemias de doenças, que requerem informações diárias ou até mesmo horárias. Um dos grandes desafios é adaptar as exigências dos modelos de processos biológicos às disponibilidades dos modelos climáticos globais, com abordagens de longo prazo (SCHERM; BRUGGEN, 1994; SCHERM, 2004).

O presente livro apresenta discussões sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas globais sobre doenças de importantes culturas do Brasil. Para tanto, aos autores foram enviados mapas do Brasil com médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm/dia) das condições climáticas atuais e futuras (cenários A2 e B2, projetados para as décadas de 2020, 2050 e 2080), obtidos durante a fase inicial de desenvolvimento do projeto. Também foram disponibilizados mapas das médias mensais das seguintes variáveis: temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativa (%) e radiação solar (W/m²). Os capítulos foram redigidos com a finalidade de relacionar os mapas com as informações disponíveis na literatura para cada patossistema e a partir da experiência dos autores com os problemas fitossanitários da planta. As culturas selecionadas compreendem as mais importantes do agronegócio brasileiro. As doenças abióticas, associadas à ocorrência de valores extremos de variáveis ambientais, de modo geral, não foram discutidas, apesar da expectativa de aumento de incidência (BOLAND et al., 2004).

Este livro não esgota o assunto, pelo contrário, abre novas discussões estratégicas para a mitigação ou adaptação dos sistemas de cultivo frente aos impactos das mudanças climáticas globais sobre as doenças de importantes culturas para o País.

Referências

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, 919 p.

BOAG, B.; CRAWFORD, J. W.; NEILSON, R. The effect of potential climatic changes on the geographical distribution of the plant-parasitic nematodes *Xiphinema* and *Longidorus* in Europe. *Nematologica*, Leiden, v. 37, p. 312-323, 1991.

BOLAND, G. J.; MELZER, M. S.; HOPKIN, V.; NASSUTH, A. climate change and plant diseases in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Ottawa, v. 26, p. 335-350, 2004.

BRASIER, C. M. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Annales des Sciences Forestières*, Paris, v. 53, p. 347-358, 1996.

BRASIER, C. M.; SCOTT, J. K. European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of *Phytophthora cinnamomi*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, Paris, v. 24, p. 221-232, 1994.

CARTER, T. R.; SAARIKKO, R. A.; NIEMI, K. J. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland*, Jokioinen, v. 5, n. 3, p. 329-350, 1996.

CAVAGNARO, T.; JACKSON, L.; SCOW, K. **Climate change: challenges and solutions for California agriculture landscapes**. California Climate Change Center. (CEC-500-2005-189-SF) Disponível em: <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-500-2005-189/CEC-500-2005-189-SF.PDF>. Acesso em: 25 abr. 2006.

CHAKRABORTY, S.; MURRAY, G. M.; MAGAREY, P. A.; YONOW, T.; O'BRIEN, R. G.; CROFT, B. J.; BARBETTI, M. J.; SIVASITHAMPARAM, K.; OLD, K. M.; DUDZINSKI, M. J.; SUTHERST, R. W.; PENROSE, L. J.; ARCHER, C.; EMMETT, R. W. Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia. *Australian Plant Pathology*, Collingwood, v. 27, p. 15-35, 1998.

CLIFFORD, B. C.; DAVIES, A.; GRIFFITH, G. UK climate change models to predict crop disease and pest threats. *Aspects of Applied Biology*, Wellesbourne, v. 45, p. 269-276, 1996.

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*, Palo Alto, v. 4, p. 489-509, 2006.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104 p.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologias de elaboração de mapas. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n. 2, p. 73-85, 2006.

HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R.; LO, K.; LEA, D.W.; MEDINA-ELIZADE, M. Global temperature change. *PNAS*, Washington, v. 103, p. 14288-14293, 2006.

IPCC. **Climate Change 2001: the scientific basis** IPCC WG I, TAR. New York: Cambridge University Press, 2001. 881 p.

IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis - Summary for policymakers**. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. 18p. (IPCC Assessment Report, 4). Disponível em: <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2007.

LONSDALE, D.; GIBBS, J. N. Effects of climate change on fungal diseases of trees. In: FRANKLAND, J. C.; MAGAN, N.; GADD, G. M. (Ed.). **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 1-19.

LONSDALE, D.; GIBBS, J. N. Effects of climate change on fungal diseases of trees. In: BROADMEADOW, M. (Ed.) **Climate change: impacts on UK forests**. Edinburgh: Forestry Commission, 2002. p. 83-97. (Bulletin, 125).

LUO, Y.; TEBEEST, D. O.; TENG, P. S.; FABELLAR, N. G. Simulation studies on risk analysis of rice leaf blast epidemics associated with global climate change in several Asian countries. *Journal of Biogeography*, Oxford, v. 22, p. 673-678, 1995.

MARENGO, J.; SOARES, W. **Impacto das modificações da mudança climática - Síntese do Terceiro Relatório do IPCC** : condições climáticas e recursos hídricos no Norte do Brasil. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA, 2003. p. 209-233. (Clima e Recursos Hídricos, 9).

MUDANÇA DO CLIMA: volume I: Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005a. 250 p. (Cadernos NAE, 3).

MUDANÇA DO CLIMA: volume II: Mercado de carbono. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005b. 500 p. (Cadernos NAE, 4).

NEVES, E. M. Suscetibilidade da economia brasileira: o papel da fitopatologia. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 31, p. 116-118, 2005. Suplemento.

PARRA, J. R. P. Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 45-76, 1985.

PITTOCK, A. B.; FRAKES, L. A.; JESSEN, D.; PETERSON, J. A.; ZILLMAN, J. W. **Climate change and variability**: a southern perspective. Cambridge: University Press, 1978. 455 p.

SCHERM, H. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? *Canadian Journal of Plant Pathology*, Ottawa, v. 26, n. 3, p. 367-273, 2004.

SCHERM, H.; BRUGGEN, A. H. C. van. Global warming and nonlinear growth: how important are changes in average temperature? *Phytopathology*, St. Paul, v. 84, n. 12, p. 1380-1384, 1994.

SIEGENTHALER, U.; STOCKER, T. F.; MONNIN, E.; LÜTHI, 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*, Washington, v. 310, p. 1313-1317, 2005.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. 348 p.