

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS PROJETADAS ATRAVÉS DOS MODELOS “GISS” E AVALIAÇÃO DOS REFLEXOS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA, VIA MODELOS DE SIMULAÇÃO<sup>1</sup>.

Otávio João Wachholz de SIQUEIRA<sup>2</sup>, Sílvio STEINMETZ<sup>3</sup>, Andréia Castro COSTA<sup>4</sup>,  
Marcos Antônio WOZNIAK<sup>5</sup>.

## RESUMO

Estudos prévios, voltados ao efeito estufa na agricultura brasileira, tem demonstrado a possibilidade de reflexos significativos na produção de grãos. Neste contexto, estudaram-se cenários climáticos gerados pelos modelos GISS, correspondentes às concentrações de 330-405-460-530-555 ppm CO<sub>2</sub>, representando cenários atuais e futuros. Os diferenciais de temperatura, radiação solar e precipitação, foram agregados aos dados climáticos diários atuais, gerando cenários climáticos modificados, resultantes do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Foram avaliados os impactos potenciais sobre o desenvolvimento das culturas de trigo, milho e soja, em treze locais, representando as principais regiões produtoras de grãos, utilizando-se os modelos de simulação CERES para milho e trigo e SOYGRO para a soja. O desempenho dos modelos GISS, em relação a cenários atuais foi altamente satisfatório para a temperatura do ar. Para a radiação solar os coeficientes de correlação foram também elevados ( $R > 0.9$ ) mas os valores gerados pelos modelos GISS foram superestimados. O desempenho dos modelos GISS foi menos satisfatório com relação a precipitação pluviométrica. Os cenários climáticos futuros, projetados pelos modelos GISS, resultaram em reduções significativas na produção de grãos do trigo, correspondendo, em média, a 31%, tendo sido mais elevadas na região Centro Sul (<43%). Para o milho os decréscimos corresponderam a 16%, tendo sido mais expressivos nas regiões Nordeste e Norte. Para a soja, foram constatados efeitos benéficos do aumento das concentrações de CO<sub>2</sub>, resultando num acréscimo médio na produção de grãos em torno de 27%. Considerando-se as áreas cultivadas, os maiores reflexos na produção nacional de grãos, negativos no caso do trigo e milho e, positivos, no caso da soja, são esperados para as regiões Centro Sul e Sul, sendo a região Centro Sul a mais sensível aos cenários futuros, especialmente a partir de 530 e 555 ppm CO<sub>2</sub> (2050-2060). Para as regiões Central, Nordeste e Norte os impactos são menos expressivos, face a menor área cultivada.

## INTRODUÇÃO

Pesquisas desenvolvidas no Brasil, voltadas ao efeito estufa, apontam reflexos significativos na agricultura nacional, resultando em reduções de cerca de 33% na produção nacional de trigo, 11% para milho, em contraste com aumentos na produção de soja de cerca de 26% (Siqueira et al. 1994), a partir de cenários climáticos gerados pelo modelo GISS. Neste trabalho foram reavaliados os resultados obtidos com o modelo GISS, incluindo avaliações decorrentes de cenários gerados pelo modelo GISS “transient” (GISSt).

## MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho utilizou-se o mesmo banco de dados (solo, planta e clima), bem como os modelos de simulação IBSNAT, voltados ao desenvolvimento das culturas de trigo (“CERES/Wheat”), milho (“CERES/maize”) e soja (“SOYGRO”), utilizados por Siqueira et al. (1994). Repetiram-se as simulações a partir de cenários climáticos gerados através do modelo de circulação atmosférica GISS, incluindo cenários climáticos gerados pelo modelo GISS “transient” (GISSt), que permite avaliação

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa com suporte parcial do CNPq (contrato 520379/95-0).

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D., pesquisador da EMBRAPA/CPACT, Caixa Postal 403, 96001-970, Pelotas,

RS. E-mail: otavio@cpact.embrapa.br. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D., pesquisador da EMBRAPA/CPACT. E-mail: silvio@cpact.embrapa.br.

<sup>4</sup> Analista de Sistemas, B.S. Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Ciência da Computação, B.S., Bolsista do CNPq.

progressiva do efeito estufa (330, 405, 460, 530 e 555 ppm), correspondendo, respectivamente, ao cenário atual e projeções para os anos 2010, 2030, 2050 e 2060, sendo o último cenário gerado pelo modelo GISS padrão (Hansen et al, 1993). São correlacionados os dados de temperatura média do ar, precipitação e radiação solar gerados pelos modelos GISS em relação aos valores médios atuais e avaliados os reflexos dos cenários climáticos futuros, potenciais, sobre as culturas de trigo, soja e milho. Os estudos foram realizados com base em treze locais, situados em diferentes regiões de produção agrícola brasileiras e as projeções são apresentadas globalizadas, por região produtora. Informações complementares, sobre a metodologia adotada no presente trabalho, encontram-se descritos por Siqueira et al. (1994).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compararam-se os valores médios mensais, obtidos a partir das séries históricas, relativos à temperatura, precipitação e radiação solar (variáveis climáticas incluídas nos modelos de simulação), com os cenários climáticos projetados pelos modelos GISS e GISSt, com base em 330 ppm CO<sub>2</sub> (concentração média atual). Constatou-se uma relação muito estreita entre os valores reais e os estimados pelos modelos GCMs, tanto para a radiação solar diária média, como para a temperatura média diária, embora os valores simulados para radiação solar tenham sido super estimados. Com relação a precipitação pluviométrica, os coeficientes de correlação foram inferiores a 0,4, tendo sido constatada uma super estimação nas médias mensais, especialmente para as regiões Nordeste e Norte, nos seis primeiros meses do ano.

Visando minimizar possíveis erros nas estimativas obtidas através dos modelos de simulação CERES e SOYGR0, considerou-se a base de dados climáticos reais, sobre a qual aplicaram-se as projeções dos modelos GISS. Foram projetados aumentos progressivos na temperatura média do ar, atingindo cerca de 6° C na região Centro Sul, em estreita relação com os aumentos do CO<sub>2</sub> na atmosfera, especialmente no início da primavera e verão, a partir de 530 e 555 ppm CO<sub>2</sub> (cerca de 2050 e 2060), possibilitando inferir sobre maiores probabilidades de ocorrência de estresse hídrico (> evaporação). As projeções relativas à precipitação pluviométrica são menos definidas, tendo sido constatada a possibilidade do aumento nos primeiros meses do ano (outono), com declínios nos meses de junho-julho, para o fim do inverno e início da primavera, o que pode representar maior risco na atividade agrícola, especialmente nas regiões Centro Sul, Central e Nordeste, face os baixos índices atuais. Com relação à radiação solar, os modelos GCMs projetam um declínio, à curto prazo, para o período 2010-2030 (405-460 ppm CO<sub>2</sub>), no outono-inverno, com posterior elevação.

A produtividade atual, potencial, de grãos do trigo, estimada pelo modelo CERES, foi correspondente a 2,3, 2,4 e 2,9 t/ha, respectivamente para as regiões Sul, Centro Sul e Central, com uma média em torno de 2,5 t/ha. A produção decresce com a elevação da concentração de CO<sub>2</sub>, atingindo 20-50-30%, respectivamente, nas regiões Sul, Centro Sul e Central, com uma redução média, máxima, em torno de 31%. A produção de biomassa e de grãos relacionou-se com reduções de comprimento do ciclo da cultura, sendo este efeito mais expressivo na região Central, sendo um reflexo direto dos aumentos de temperatura, decorrentes da maior concentração de CO<sub>2</sub>. Resultados semelhantes foram também constatados com o milho, sendo menos expressivas as quedas na produção de grãos, tendo se situado entre 8-10-22-24%, para as regiões Sul, Centro Sul, Nordeste e Norte, situando-se, em média, em 16%. Da mesma forma que para o trigo, reflexos correspondentes foram constatados na produção de biomassa aérea, relacionados com o encurtamento do ciclo da cultura, em decorrência da elevação da temperatura.. A cultura da soja respondeu de forma antagônica, com reflexos positivos na produção de biomassa e grãos, em decorrência dos aumentos na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, suplantando os efeitos negativos dos aumentos de temperatura. Foram constatados aumentos potenciais na produção da soja entre 30-32-9-38%, respectivamente para as regiões Sul, Centro Sul, Nordeste e Norte, situando-se o aumento médio em torno de 27%. Constataram-se efeitos pouco expressivos no comprimento do ciclo da cultura, a exceção da região Sul, onde se verificou um encurtamento do ciclo em torno de 7%. Com relação aos reflexos na produção nacional de grãos de trigo e milho, as maiores consequências, negativas, são esperadas para a região Centro Sul, sendo os efeitos mais drásticos projetados a partir do cenário correspondente ao ano 2030 (530 ppm CO<sub>2</sub>), em contrapartida aos efeitos benéficos potenciais, estimados para a cultura da soja no Sul e Centro Sul (Figura 1).

## CONCLUSÕES

1. Em termos regionais, os modelos "GISS" apresentaram desempenho satisfatório ao simular os cenários atuais com relação a temperatura diária. Embora os coeficientes de correlação também tenham sido superiores a 0,9, em relação à radiação solar, os valores simulados foram superestimados. O desempenho foi insatisfatório em relação à precipitação atmosférica.

2. Os modelos GISS projetam aumentos na temperatura do ar, numa relação estreita com aumentos da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, atingindo na região Centro Sul em torno de 6° C, especialmente a partir de 530 e 555 ppm (período 2050-2060). Com relação à radiação solar, embora as relações sejam menos definidas, constatou-se a possibilidade de haver redução à curto prazo (período 2010-2030), no período outono-inverno, com posterior elevação futura. Para precipitação pluviométrica, as projeções são menos definidas, com tendência de elevação no período do outono e declínio no inverno e início da primavera, o que pode representar agravamento de conflitos para as regiões Centro Sul, Central e Nordeste.

5. A produção de grãos do trigo reduziu-se em relação estreita com os aumentos de CO<sub>2</sub> na atmosfera, correspondendo a 20-50-30%, para as regiões Sul, Centro Sul e Central, com uma redução média em torno de 31%, e com efeitos mais pronunciados, em geral, a partir do cenário 530 ppm (período 2050).

6. Na produção de grãos do milho os reflexos foram menos expressivos, ressaltando-se os maiores impactos a partir do ano 2050 (530 ppm CO<sub>2</sub>). Os maiores decréscimos na produção de grãos corresponderam a 8-19-22-24%, para as regiões Sul, Centro Sul, Nordeste e Norte, com uma média de 16%.

7. Para a soja, registraram-se aumentos na produção de grãos, em decorrência dos cenários gerados a partir do aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, atingindo, em média, cerca de 27% (555 ppm CO<sub>2</sub>).

8. Os reflexos quanto à produção nacional de grãos, decorrentes dos cenários climáticos projetados através dos modelos GISS, são, potencialmente, mais expressivos nas regiões Centro Sul e Sul, sendo o Centro Sul mais susceptível, intensificando-se os efeitos a partir de 2050 (530 ppm CO<sub>2</sub>).

## BIBLIOGRAFIA CITADA

HANSEN, J., RUSSEL, G., RIND, D., et al. Efficient three-dimensional global models for climate studies: models I and II. **Monthly Weather Review**, v.3, n.4, p.609-662, 1993.

SIQUEIRA, O.J.F.de. FARIAS, J.R.B. de. SANS, L.M.A. Efeitos potenciais de mudanças climáticas globais

na agricultura brasileira e estudos de adaptação para trigo, milho e soja. **Rev. Bras. Agrometeorol.**, Santa Maria, v.2, p.115-129, 1994



Figura 1. Produções nacionais de trigo, milho e soja, por região produtora, projetadas para diferentes cenários climáticos, (ppm CO<sub>2</sub>), gerados pelos modelos de circulação atmosférica GISS e GISSt.