
UMA ANÁLISE DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

An analysis of the impact of climate change on agricultural productivity of Northeast of Brazil

Paulo Henrique Cirino Araújo

Economista. Doutorado também em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Departamento de Economia Rural, Campus universitário. Centro, 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil. cirinopaulo@yahoo.com.br

Felipe de Figueiredo Silva

Economista. Doutorado também em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Departamento de Economia Rural, Campus universitário. Centro, 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil.

Marília Fernandes Maciel Gomes

Matemática. Doutora em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Departamento de Economia Rural. Campus Universitário, Centro, 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil. mfmgomes@ufv.br

José Gustavo Féres

Economista. Doutor em Economia. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Av. Pres. Antônio Carlos nº 51, 17º andar, Centro, 20.020-010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil: jose.feres@ipea.gov.br

Marcelo José Braga

Engenheiro Agrônomo. Pós-Doutor em Economia de Organizações Cooperativas. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Departamento de Economia Rural. Campus Universitário, Centro, 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil. mjbraga@ufv.br

Resumo: o objetivo deste estudo foi analisar o efeito das mudanças climáticas sobre os níveis de produtividade agrícola dos estados da região Nordeste do Brasil. Em específico, buscou-se avaliar o impacto dos níveis de temperatura e precipitação sobre a produtividade de culturas como o milho, a cana-de-açúcar e a mandioca. Para esse fim, foram utilizadas regressões para dados censurados, ou seja, modelos *tobit*, porém na estrutura de dados em painel. A medida das variações nas produtividades decorrentes das alterações no clima foi simulada a partir de dados baseados no terceiro relatório do IPCC, e os períodos analisados compreendem os anos de 2040 a 2070 e 2070 a 2100. Os resultados encontrados apontam que os níveis de produtividade das três culturas poderão ser bastante superiores àqueles que poderiam vigorar caso não houvesse mudanças no clima. Além disso, estados como o Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco poderão apresentar perdas de produtividade nas três culturas, tanto no médio quanto no longo prazo. Ainda, mesmo que numa perspectiva otimista, verificou-se que as mudanças climáticas impactarão negativamente os níveis de produtividade dos municípios do sul e do centro-sul da Bahia.

Palavras-chave: mudança climática, agricultura, produtividade.

1 Introdução

Atualmente, existe um número crescente de trabalhos científicos que buscam investigar a relação entre

Abstract: the objective of this paper is to analyze the impacts of climate change on the agricultural productivity of the Northeast region of Brazil. Specifically, we sought to evaluate the impact of levels of temperature and precipitation on the productivity of crops like corn, sugar cane and cassava. A model *Tobit* for panel data is estimated and changes in the corn, sugar cane and cassava productivity are projected to the periods 2040-2070 and 2070-2100. The results show that productivity levels of the three crops could be significantly affected by changes in climate. In addition, the states of Rio Grande do Norte, Paraíba and Pernambuco may suffer loss of productivity in all three cultures, both in the medium or long term. Still, even an optimistic perspective, the simulations show that climate change will impact negatively on productivity levels in the counties of southern and south-central Bahia.

Keywords: climate change, agriculture, productivity.

o clima e a economia. No entanto, devido ao alto grau de incerteza dos fenômenos climáticos, muito pouco é sabido sobre a dimensão na qual a economia é afetada pelas mudanças climáticas. Apesar disso, a literatura

aponta que, no longo prazo, os impactos do aquecimento global serão bastante significativos sobre os recursos hídricos, sobre setores como o de energia e, em particular, sobre a produção agrícola. Nesse sentido, inicialmente é necessário conceituar que:

Mudança climática refere-se a variações no clima que podem ser identificadas (usando testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por um longo período de tempo, tipicamente décadas ou mais. Ela refere-se a qualquer mudança do clima ou qualquer que seja sua decorrência, tanto por variações naturais ou pelas atividades humanas (IPCC, 2007, p. 8).

No caso da economia brasileira, em termos de seu desempenho, existem evidências de que as regiões mais afetadas seriam a Amazônica e a Nordeste (ECONOMIA DA MUDANÇA DO..., 2010). Contudo, Féres et al. (2009) constataram que, para a Região Nordeste, as mudanças climáticas impactarão negativamente os níveis de produtividade de culturas como a do milho, da cana-de-açúcar, da soja, do fumo e do feijão. Muito além de resultados específicos, na ausência de políticas de mitigação, existe consenso de que a produção agrícola brasileira sofrerá perdas bastante expressivas, com exceção da cultura da mandioca e da cana-de-açúcar (ASSAD; PINTO, 2008).

Dentre as diversas consequências para a economia brasileira, ressaltam-se essas que estão relacionadas diretamente com as perdas do agronegócio, haja vista seu importante papel para a produção nacional de alimentos. Além disso, esse segmento é reconhecido por ser responsável por cerca de 30% do PIB nacional, por empregar aproximadamente 16,4 milhões de pessoas e ainda por ter alcançado patamares de produtividade próximos às principais economias produtoras de gêneros agrícolas (IBGE, 2010). Embora o desempenho do agronegócio esteja muito ligado ao crescimento da economia brasileira, deve-se reconhecer que essa atividade se manifesta por meio da produção de diversos gêneros agrícolas nas distintas regiões brasileiras, e, por esse mesmo motivo, nota-se que seu desenvolvimento é díspar entre as unidades da federação. Nesse sentido, regiões como a Nordeste do País são bastante dependentes dos resultados advindos da atividade agrícola, fato esse muito potencializado pela produção agrícola familiar.

Ao assumir o contexto econômico influenciado pelas mudanças climáticas, acredita-se que, para os estados da região Nordeste, a produção dos principais gêneros agrícolas cultivados sofrerão impactos significativos, certamente, potencializados por eventos climáticos extremos, como longos períodos de seca. De acordo com dados publicados pelo IBGE, em 2006, a produção nordestina de cana-de-açúcar, milho e mandioca

representavam 15,4%, 13% e 40% da produção nacional, respectivamente. No entanto, essas culturas são atividades econômicas relevantes, principalmente, para estados como Alagoas e Bahia, que, em 2006, eram os seus principais produtores da região Nordeste. Em geral, a preocupação com a produção agrícola no Nordeste vai muito além dos níveis de volume produzido e dos níveis de produtividade. Elas recaem, diretamente, sobre o número de nordestinos que estão envolvidos com a atividade agrícola, que, em 2006, totalizava 46% de toda a população ocupada na agropecuária brasileira.

Ao levar em consideração as prováveis consequências das mudanças do clima para a agricultura nordestina, neste estudo buscou-se responder em que intensidade os níveis de produtividade das culturas de cana-de-açúcar, milho e algodão serão afetados pelas prováveis variações na temperatura e nos níveis de precipitação. Ainda, com o objetivo de mensurar os impactos das mudanças climáticas sobre o desempenho da agricultura nordestina, simulou-se níveis futuros de produtividades para essas culturas, de acordo com cenários estipulados pelo Painel Intergovernamental de Mudança Climática – IPCC. Em detrimento da literatura analisada, a principal contribuição deste estudo reside nos resultados desagregados em níveis estaduais e municipais, bem como pelo fato desses resultados terem sido gerados a partir de regressões em painel para variáveis dependentes censuradas. Sendo assim, este trabalho preocupou-se com um provável viés de variável dependente censurada que vigorava nas estimativas encontradas pela literatura.

O artigo está organizado da seguinte maneira. Além desta introdução, a segunda seção faz uma breve revisão da literatura sobre o impacto das mudanças climáticas na atividade agrícola. A terceira seção trata da metodologia de análise que, basicamente, resume todas as técnicas e variáveis utilizadas neste estudo. A quarta seção apresenta discussões acerca dos resultados obtidos. Finalmente, a quinta seção resume as conclusões.

2 Revisão de literatura

A literatura científica, sob a qual são desenvolvidas as análises deste trabalho, está relacionada a duas abordagens distintas, que, de acordo com suas peculiaridades, são conhecidas como abordagem agronômica e abordagem ricardiana. No que se referem as suas aplicações, muitos foram aqueles estudos que buscaram estudar a relação existente entre os fatores climáticos e a agricultura, seja para a economia brasileira ou para outras economias. Nessa perspectiva, ressaltam-se os trabalhos de Adams (1989) e Lang (1999) pelo uso do enfoque agronômico, e, da mesma forma, Féres et al.

(2009) pela aplicação do modelo agrônômico para a economia brasileira. Por outro lado, Mendelson et al. (1994), Sanghi et al. (1997), Evenson e Alves (1998), Deschênes et al. (2007) e Féres et al. (2007) utilizaram do modelo ricardiano.

No âmbito do modelo agrônômico, observa-se que, para determinadas culturas agrícolas, variáveis como produção, lucratividade e produtividade são condicionadas a outras variáveis de natureza climática, a saber, níveis pásrência, tanto por variações naturais ou pelas atividades humanas (IPCC, 2007, p. 8).

sados de temperatura e precipitação. A principal hipótese dessa abordagem reside, segundo Féres et al. (2009), na forma funcional da função de produção a ser estimada, a qual mantém fixos todos os demais fatores que influenciam a produtividade. Além disso, cabe enfatizar que essa abordagem exclui a possibilidade de adaptação por parte dos produtores, gerando, por esse motivo, viés negativo para as estimativas de produção, lucratividade e até mesmo produtividade (FÉRES et al., 2009).

Para aprimorar a função de produção, a literatura passou a considerar a possibilidade de adaptação indireta do produtor entre diferentes culturas. Dessa maneira, por meio do método ricardiano, os trabalhos começaram a investigar como variáveis climáticas de localidades diferentes interferem no preço da propriedade agrícola. Deschênes et al. (2007) apontam que o aspecto desvantajoso desse método consiste no problema da omissão de variáveis relevantes, haja vista os inúmeros determinantes do preço da propriedade agrícola e a impossibilidade, algumas das vezes, de mensurá-los.

Em linhas gerais, os principais resultados verificados pela literatura que utilizaram os dois enfoques mostram que os impactos das mudanças climáticas na economia, e em especial na agricultura, serão negativos em países de baixas latitudes. Também observaram que nesses países as temperaturas já se aproximam de níveis bem similares aos limites toleráveis de cultivo de muitos gêneros agrícolas. No entanto, no que se referem aos países de alta latitude, existem expectativas de aumentos nos níveis de precipitação, o que, de certo modo, parece favorecer o desempenho agrícola. Já em termos metodológicos, Mendelsohn, Nordhaus e Shaw (1999) relatam que, em geral, as perdas agrícolas estimadas pelo modelo ricardiano se mostraram, pelo menos para a economia norte-americana, menos severas que aquelas sugeridas pelo enfoque agrônômico.

No tocante à produção agrícola brasileira, Sanghi et al. (1997) fizeram uso do modelo ricardiano, enquanto Siqueira et al. (1994) empregaram o método agrônômico, mas, de modo geral, os resultados encontrados pelos dois estudos são convergentes. Ou seja, segundo os seus resultados, a atividade agrícola será

mais prejudicada pelas mudanças climáticas nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. Entretanto, salienta-se que esses trabalhos desconsideraram possíveis ações de mitigação por parte dos agentes econômicos, mas que, de forma aprimorada, foram tratadas por Evenson e Alves (1998). Para tratar essa questão, esse estudo levou em consideração variáveis tecnológicas que mitigassem parte dos efeitos provenientes do aquecimento global sobre a produtividade agrícola. No contexto do modelo ricardiano, os resultados encontrados por Evenson e Alves (1998) apontam uma relativa diminuição das florestas naturais e um aumento das áreas de pastagem.

Deschênes et al. (2007) salientaram, ao contrário dos demais estudos citados, que várias das estimativas realizadas poderiam incorrer de viés, indicando, como a principal causa, a omissão de variáveis relevantes ao explicar a influência das mudanças climáticas sobre o lucro e a produtividade agrícolas. Para corrigir esse problema, adotaram um modelo de efeitos fixos com dummies, controlando, assim, determinantes não observáveis tanto ao longo do tempo quanto por regiões. Essa abordagem é reconhecida por controlar os determinantes da produtividade agrícola que ainda não haviam sido considerados, como, por exemplo, o efeito não observado do progresso tecnológico.

As aplicações para a economia brasileira foram realizadas por Féres et al. (2007), que, de acordo com o proposto por Deschênes et al. (2007), buscaram analisar o impacto das mudanças climáticas na lucratividade do setor agrícola brasileiro através do uso de um modelo de efeitos fixos. Os resultados desse trabalho mostraram que os efeitos das mudanças no clima serão muito heterogêneos nas diferentes regiões do País e, no período de 2070-2099, a lucratividade agrícola nacional poderá se reduzir em aproximadamente 26%.

Outro estudo elaborado por Féres et al. (2009) buscou responder, por meio de um modelo agrônômico, qual o impacto do clima sobre a produtividade média de produtos agrícolas como o arroz, a cana-de-açúcar, o feijão, o milho, a soja e o trigo. Os resultados encontrados sugerem que as maiores perdas de produtividade poderão ser registradas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Por outro lado, as regiões Sudeste e, em especial, a Sul poderão ser bastante beneficiadas pelo processo de mudança climática no que diz respeito aos níveis de produtividade de todas as culturas analisadas.

Além desses estudos, ressaltam-se aqueles que, para avaliar os impactos das mudanças climáticas na economia, foram encomendados por alguns países. Esses trabalhos procuram mensurar os custos e os benefícios da mudança no clima, sendo, um exemplo clássico, o relatório *The Economics of Climate Change* (2005), que, em linhas gerais, estabeleceu um contrasenso com os relatórios do IPCC e seus resultados para

o Reino Unido. De acordo com esse estudo, existem algumas dúvidas sobre determinados exercícios dos cenários de emissões do IPCC, em particular, o cenário de alta emissão. Um dos seus principais resultados concentra-se no Protocolo de Kyoto, apontando que esse acordo não apresentou resultados significativos e, em termos de negociação, os principais governos ainda têm muito que avançar.

Com o mesmo propósito, para a economia brasileira, foram realizados dois estudos elaborados por Assad e Pinto (2008) e Economia da Mudança... (2010). O primeiro preocupou-se em estudar os impactos das mudanças climáticas na geografia da produção agrícola no Brasil e, suas principais conclusões foram que, o aumento nos níveis de temperatura decorrentes do processo de aquecimento global poderá provocar perdas nas safras de grãos, já em 2020, de aproximadamente R\$ 7,4 bilhões. No que se referem às culturas agrícolas, constatou-se que “a mandioca pode desaparecer do semiárido, e o café terá poucas condições de sobrevivência no Sudeste”. As consequências serão, caso não haja programas de mitigação, a migração de culturas agrícolas para a região Sul do País, pois essa deve, provavelmente, “experimentar uma redução de geadas” (ASSAD; PINTO, 2008). O segundo estudo, Economia da Mudança... (2010), constatou que sem a mudança do clima, o PIB brasileiro seria, em 2050, aproximadamente R\$ 16 trilhões, mas, caso sejam efetivas as mudanças projetadas para o clima, esse valor poderá ter reduções de 0.5% até 2.3%. Esse estudo também realizou prognósticos para os recursos hídricos, para a produção agrícola e o padrão do uso da terra, para a biodiversidade da floresta amazônica e para a zona costeira. A vantagem de estudos como esse, reside, exatamente, nas minuciosas informações que foram segregadas por setores e regiões.

3 Metodologia

O objetivo central deste estudo consiste em avaliar a influência exercida pelos fatores climáticos sobre a produtividade das culturas de mandioca, milho e cana-de-açúcar da região Nordeste. Dessa forma, torna-se necessário um método abrangente, tanto em termos estaduais como em termos temporais. Para esse fim, então, o adequado parece ser a metodologia econométrica para dados em painel, que, no geral, permite levar em consideração a heterogeneidade de distintos municípios ao longo do tempo.

3.1 Análise da produtividade das culturas de mandioca, milho e cana-de-açúcar em 1970-1995

A fim de construir uma análise distinta para mandioca, milho e cana-de-açúcar, os dados foram agrupados em três painéis com, respectivamente, 1001, 1044 e 793 municípios para cinco anos, em específico, referentes aos censos agropecuários de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995. Geralmente em modelos econométricos, uma vez que a variável dependente apresenta observações omitidas ou com valor igual a zero, o método mais recomendado é um modelo *Tobit*. A estimação por esse método, modelo de regressão para dados censurados, em painel, e em detrimento ao método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), permitiu a geração de estimadores não-viesados (GREENE, 2003). A formulação geral, segundo Greene (2003), pode ser representada pela seguinte equação:

$$\ln(P_{it}) = \max(0, \theta h_{it} + w_{it}), t = 1970 \dots 1995$$

$$w_{it} | f_{it} \sim N(0, \sigma_w^2)$$

de forma que:

$$\ln(P_{it}) = \begin{cases} \ln(P_{it})^* & \text{se } \ln(P_{it})^* > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}, (1)$$

Em que, $\ln(P_{it})$ representa a produtividade média do município i no período t , h_{it} denota o vetor de variáveis explicativas, enquanto θ trata do vetor de parâmetros e w_{it} do componente de erro aleatório. Assim, ao assumir uma distribuição normal, Almeida (2009) enfatiza que, para efeitos aleatórios, a função de densidade conjunta de dados observados, ou incondicional w_{it} , no i -ésimo painel, pode ser descrita pela equação 2 :

$$f(P_{1t}, \dots, P_{it}, \dots, P_{nt} | h_{1t}, \dots, h_{it}, \dots, h_{nt}) = L_{it} = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{-w_{it}^2/2\sigma_w^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma_w} \left\{ \prod_{t=1}^{n_t} F(P_{it}, \theta h_{it} + w_{it}) \right\} dw_{it}$$

Em que:

$$F(P_{it}, \Delta_{it}) = \begin{cases} (\sqrt{2\pi}\sigma_w)^{-1} e^{-0.5(P_{it} - \Delta_{it})^2 / (\sigma_w^2)} & \text{se } P_{it} \in N \\ \Phi\left(\frac{P_{it} - \Delta_{it}}{\sigma_w}\right) & \text{se } P_{it} \in E \end{cases}, \quad (2)$$

Nessa equação, N representa um conjunto de observações não censuradas, isto é, todos aqueles valores em que a produtividade média foi maior do que zero, enquanto E é um conjunto de observações censuradas e Φ simboliza a distribuição normal cumulativa.

O método de estimação do modelo *Tobit* é por Máxima Verossimilhança (MV), o qual não produz resultados imediatos em razão da condição de não-negatividade da variável dependente. Segundo Almeida (2009), esses resultados podem ser encontrados a partir do cômputo do efeito marginal, no entanto, pelo fato de este estudo buscar prever o impacto das mudanças climáticas na produtividade média, não se fez necessária a estimação dos efeitos marginais.

Haja vista que o modelo *Tobit* será estimado a partir de dados em painel, torna-se necessário identificar uma melhor especificação, para tanto se utilizou o teste de *Breusch-Pagan* que, em linhas gerais, torna possível a escolha entre o modelo de Efeitos Aleatórios e o modelo *Pooled*. A inserção de variáveis invariantes no tempo¹ impossibilita a utilização do modelo de *Efeitos Fixos* para o presente problema de pesquisa e, por isso, não se fez necessária a realização de testes comparativos entre esse e outros modelos. Embora muitas vezes seja desconsiderado, Greene (2003) destaca que, frequentemente, o modelo *Tobit* apresenta o problema da heterocedasticidade, o qual tem implicações sobre os erros-padrões das estimativas. Com o intuito de corrigir esse problema, neste trabalho, os erros-padrões foram estimados pelo método de re-amostragem de *bootstrap*.

3.2 Projeções da produtividade da mandioca, milho e cana-de-açúcar

Após a estimação, para fins de simulação, foram utilizadas as projeções climáticas do modelo PRECIS, as quais, a partir dos coeficientes estimados na equação 1, resultaram em estimativas futuras de produtividade de cada cultura para cada município brasileiro

$\hat{Y}_{i,t}^{fut}$ analisa $\hat{Y}_{i,t}^{fut}$ do. Essa fase da metodologia encarrega-se de fornecer estimativas para os períodos de 2040-2070 e 2070-2100. Essas estimativas serão consistentes se os cenários climáticos previstos pelo IPCC se concretizarem.

¹ Referem-se às variáveis agrônômicas, descritas a seguir.

3.3 Mudanças na produtividade média da mandioca, milho e cana-de-açúcar

Dessa forma, a partir da equação 3, torna-se possível inferir sobre a variação média de produtividade de num horizonte de tempo de até 2100, para dois cenários distintos previstos pelo IPCC, o A2 e o B2.

$$\Delta Prod_{m\u00e9dia} = \left[\frac{(\hat{Y}_{i,t}^{fut} - \hat{Y}_{i,t}^{est})}{\hat{Y}_{i,t}^{est}} \right] \times 100, \quad (3)$$

em que $\Delta Prod_{m\u00e9dia}$ corresponde à variação média da produtividade; $\hat{Y}_{i,t}^{fut}$ corresponde à produtividade média futura e $\hat{Y}_{i,t}^{est}$ à produtividade média referente ao período (censo agropecuário) de 1995/96.

3.4 Variáveis e fonte de dados

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes da reunião de diferentes levantamentos estatísticos sistemáticos em nível municipal. As informações de características agrícolas e econômicas foram obtidas no IPEADATA que, por sua vez, realizou a coleta desses dados através da EMBRAPA e dos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995/96. As informações climáticas sobre a temperatura e os níveis de precipitação de cada município brasileiro onde são produzidos mandioca, milho e cana-de-açúcar foram extraídas da base de dados CL 2.0 10' do Climate Research Unit (CRU – University of East Anglia), cedidas exclusivamente pelo IPEA. Além dessas, os dados climáticos referentes aos períodos de 2040-2070 e 2070-2100 são projeções de temperatura e precipitação provenientes do terceiro relatório de avaliação do IPCC, e, também foram cedidos com exclusividade pelo IPEA. As variáveis consideradas na análise encontram-se discriminadas a seguir.

² Essa variação considera as variáveis climáticas observadas no período de 1970-1995 e também aquelas previstas através do terceiro relatório de avaliação do IPCC, computando, portanto, a medida na qual a produtividade da mandioca, milho e cana-de-açúcar é afetada pelos fatores climáticos.

Produtividade média das culturas

A variável referente à produtividade média dos municípios brasileiros que produzem mandioca, milho e cana-de-açúcar é proveniente da razão entre a quantidade colhida (kg) e a área colhida (ha), portanto são expressas em kg/ha. A análise restringiu-se aos municípios que apresentaram produtividade média para pelo menos um ano dos cinco em estudo.

Variáveis climáticas³

As variáveis climáticas utilizadas para essa estimação econométrica foram temperatura (°C) e os níveis de precipitação. Assim como Féres et al. (2009), este estudo considerou os distintos efeitos das estações do ano sobre o padrão de produtividade da mandioca, milho e cana-de-açúcar, isto é, para incorporar a questão da sazonalidade dos efeitos climáticos, as variáveis climáticas foram expressas em médias trimestrais tanto de temperatura como de precipitação. Assim, foram extraídas as médias das variáveis de dezembro a fevereiro, de março a maio, de junho a agosto e de setembro a novembro, correspondentes ao verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

Os dados climáticos provenientes das projeções do modelo PRECIS para os períodos de 2040-2070 e 2070-2100 foram organizados, conforme o Painel Intergovernamental de Mudança Climática – IPCC, em dois cenários de emissões A2 (pessimista) e B2 (otimista).

Variáveis agrícolas

Com o objetivo de capturar o impacto agrícola na produtividade foram incluídas seis variáveis que correspondem a características de solo. Dentre essas se destacam as variáveis de erosão e de presença de água, fatores que certamente afetam a produtividade de algumas culturas. Além dessas foram incluídas mais três variáveis objetivando uma melhor compreensão do impacto de fatores agrícolas sobre a produtividade média das culturas.

Cenários de mudança climática

As análises das mudanças climáticas elaboradas nesse estudo consideraram dois cenários, o cenário A2 e o cenário B2, todos eles são projeções elaboradas pelo IPCC de aumento de temperatura. O cenário A2 é o mais pessimista e estima um aumento de temperatura entre 2°C e 5,4°C até 2100, enquanto o cenário B2, relativamente o mais otimista, prevê um aumento de temperatura entre 1,4°C e 3,8°C até 2100.

4 Resultados e discussão

Seja pelo valor bruto da produção, ou seja, pelo número de municípios produtores, a Região Nordeste brasileira é reconhecida pela sua importância na produção de gêneros agrícolas como a cana-de-açúcar, o milho e a mandioca. A partir desse fato, este estudo buscou avaliar em que medida as mudanças climáticas serão capazes de influenciar os níveis de produtividade dessas culturas.

Conforme os dados observados para os níveis de temperatura expostos na figura 1, no geral, até 2100, a Região Nordeste brasileira poderá apresentar aumentos de temperatura de até 3,4°C. Num cenário como esse, verifica-se que, ao se estabelecer um nível de 10% de confiança e uma margem de erro de aproximadamente 0,13°C, a temperatura média futura está compreendida no intervalo de 28,37 a 28,63°C. Com base nessas estimativas, nota-se que culturas como a mandioca, cujo plantio acontece em temperaturas médias entre 20°C e 27°C, estará muito suscetível ao clima, o que, diretamente, refletem em impactos econômicos para os estados produtores do Nordeste.

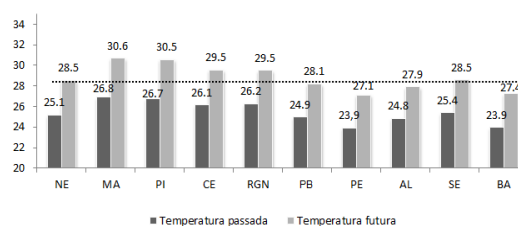


Figura 1 - Temperatura média (°C) dos estados da região Nordeste brasileira, PB

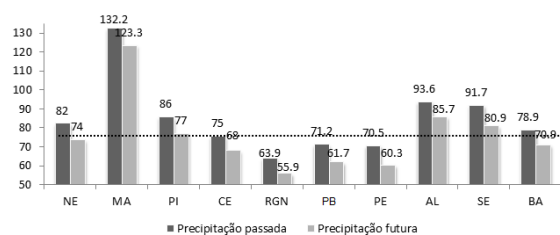
Fonte: dados da pesquisa.

Nota: as temperaturas passadas referem-se às médias dos anos de 1970-1994, enquanto as temperaturas futuras tratam da média das projeções para o período de 2070-2100, elaboradas de acordo com cenário A2 do IPCC.

³ Uma lista com a descrição de cada variável climática utilizada encontra-se em anexo.

A figura 2 mostra que, em média, o nível de precipitação da Região Nordeste poderá se reduzir em cerca de 10%, e, sem exceção, todos os estados dessa região também apresentarão o mesmo comportamento. Além disso, é necessário ressaltar que os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco estarão, no que se refere aos níveis de precipitação, muito aquém da média encontrada para a Região Nordeste.

Figura 2 - Precipitação média (mm) dos estados da região Nordeste brasileira.



Fonte: dados da pesquisa.

Nota: os níveis de precipitação passados referem-se às médias dos anos de 1970-1994, enquanto os níveis futuros tratam da média das projeções para o período de 2070-2100, elaboradas de acordo com cenário A2 do IPCC.

Os modelos estimados neste trabalho foram regressões em painel com efeitos aleatórios para dados censurados, a estrutura básica da estimação segue aquela desenvolvida por Féres et al. (2009) que, especificamente, estabelece a relação entre produtividade e os níveis de temperatura e precipitação. Ao nível de 1% de significância, pelo teste de Breusch-Pagan, atesta-se que em todos os modelos a especificação de efeitos aleatórios é preferível ao modelo *pooled*.

A seguir, os resultados expressos na tabela 1 referem-se às estimativas dos modelos estimados para as culturas de mandioca, milho e cana-de-açúcar. Para a geração destes resultados foram considerados mais de 750 municípios da região nordeste que apresentaram, nas últimas décadas, níveis de produtividade para as culturas do milho, da mandioca e da cana-de-açúcar.

Em geral, nos meses em que os níveis médios de temperatura foram favoráveis às produtividades das culturas analisadas, os coeficientes estimados foram estatisticamente significativos, bem como seus respectivos sinais foram coerentes. As características não-observáveis, medidas pelas *dummies* de tempo, revelaram significativo impacto sobre os níveis de produtividade, justificando, portanto, suas inclusões na especificação.

Tabela 1 - Estimativas econométricas dos impactos das variações climáticas sobre a produtividade da mandioca, do milho e da cana-de-açúcar nos municípios da região Nordeste

Variáveis climáticas		Culturas		Variáveis climáticas		Culturas	
Temperatura	Mandioca	Milho	Cana-de-açúcar	Temperatura	Mandioca	Milho	Cana-de-açúcar
<i>Precipitação</i>				<i>Precipitação</i>			
Termos ao quadrado				Termos ao quadrado			
dez-jan-fev	-0,51 [2,55]	0,266 [0,201]	-42,30*** [12,48]	dez-jan-fev	0,0000004 [0,0000]	0,0000002** [0,00000]	-0,00013** [0,00005]
mar-abr-mai	-5,78 [5,40]	-0,1978 [0,356]	99,44*** [21,49]	mar-abr-mai	-0,00001*** [0,0000]	-0,0000001*** [0,00000]	-0,00006*** [0,00001]
jun-jul-ago	7,04*** [1,95]	0,3168*** [0,1186]	-13,95* [7,43]	jun-jul-ago	-0,00001 [0,0000]	-0,0000001 [0,00000]	0,00021*** [0,00005]
set-out-nov	-14,47*** [1,97]	-0,851*** [0,271]	-6,87 [10,54]	set-out-nov	-0,0002*** [0,0000]	-0,0000003 [0,00000]	-0,000018 [0,00026]
Termos ao quadrado				Termos ao quadrado			
dez-jan-fev	-0,026 [0,05]	-0,0031 [0,0037]	0,795*** [0,240]	<i>dummy 1975</i>	0,3 [0,23]	-0,082*** [0,020]	-6,75*** [1,170]
mar-abr-mai	0,09 [0,1]	0,0012 [0,0069]	-1,94*** [0,42]	<i>dummy 1980</i>	-1,94*** [0,28]	-0,464*** [0,020]	0,659 [1,19]
jun-jul-ago	-0,14*** [0,04]	-0,0071*** [0,0024]	0,221 [0,158]	<i>dummy 1985</i>	-0,94*** [0,29]	-0,161*** [0,033]	-9,45*** [1,62]
set-out-nov	0,26*** [0,03]	0,017*** [0,0037]	0,1502 [0,202]	<i>dummy 1995</i>	0,38 [0,25]	-0,0127 [0,0257]	-10,59*** [1,41]
<i>Precipitação</i>				<i>Precipitação</i>			
dez-jan-fev	0,01*** [0,003]	0,0006* [0,0003]	-0,00042 [0,019]	Área H ₂ O	0,00001* [0,0000]	0,0000003*** [0,0000]	0,0000006 [0,000037]
mar-abr-mai	-0,006* [0,0033]	-0,00009 [0,0002]	0,109*** [0,013]	Erosão 1	-1,58 [1,00]	-0,209** [0,093]	-5,85 [6,34]
jun-jul-ago	0,009** [0,004]	0,0004 [0,0002]	-0,052*** [0,019]	Erosão 2	-1,58 [1,10]	-0,162* [0,090]	0,723 [6,38]
set-out-nov	0,04*** [0,006]	0,0028*** [0,0005]	0,098*** [0,036]	Índice de Potencial Agrícola 1	-1,81** [0,83]	0,0092 [0,037]	-7,44** [3,73]
				Índice de Potencial Agrícola 2	-0,84** [0,39]	0,0019 [0,0195]	0,846 [2,13]
				Índice de Potencial Agrícola 3	0,93*** [0,27]	-0,01 [0,019]	6,34*** [1,58]
				Constante	199,35*** [36,14]	7,27*** [2,26]	-406,57*** [133,06]

Fonte: dados da pesquisa.

cação da regressão. Além disso, destaca-se que, pelos critérios de Akaike, fez-se a opção por incluir as variáveis agrônomicas nos modelos estimados e, de um modo geral, essas variáveis foram significativas para explicar os níveis de produtividade das culturas analisadas.

Ainda, no que se refere à estimação das regressões, salienta-se que para corrigir possíveis problemas de heterocedasticidade, os erros-padrões foram gerados por re-amostragem de *bootstrap*. Os resultados encontrados para os respectivos níveis de produtividade estão segregados em culturas a seguir:

4.1 Mandioca

O nível de temperatura ideal para o cultivo da mandioca, segundo informações disponibilizadas pela Embrapa (2011), deve encontrar-se entre 20 e 27°C. No entanto, ao analisar os dados mostrados na Figura 1, espera-se para o período de 2070-2100, em média, que em nenhum dos estados nordestinos sejam registradas temperaturas inferiores a 27°C. Assim, conforme os resultados dispostos na Tabela 2, estados como a Bahia, responsável pela metade da produção nacional desse gênero agrícola, apresentará ganhos de produtividade menores que a média registrada para toda a região Nordeste.

Tabela 2 – Variação percentual média da produtividade da cultura da mandioca na região Nordeste brasileira

Fonte: dados da pesquisa.

Nordeste e Estados	Municípios	B2		A2	
		2040-70	2070-100	2040-70	2070-100
<i>Nordeste</i>	1001	4.13	6.84	4.79	13.07
Maranhão	104	12.45	20.92	15.42	37.02
Piauí	75	7.64	18.27	10.83	36.12
Ceará	109	2.63	10.38	4.95	20.58
Rio Grande do Norte	101	-0.67	5.19	1.5	14.97
Paraíba	93	-2.14	-1.84	-1.54	1.54
Pernambuco	134	-1.31	0.09	1.22	0.98
Alagoas	64	10.69	11.04	10.76	14.95
Sergipe	59	11.24	14.45	11.66	22.41
Bahia	262	2.76	0.95	1.09	0.81

Os resultados apontam para um relativo aumento dos níveis de produtividade na produção de mandioca no Maranhão, no Ceará, no Alagoas, no Sergipe e no Piauí. Salienta-se nesse contexto que, de acordo com o

IBGE (2011), os estados do Maranhão e do Ceará apresentaram-se, em 2006, dentre aqueles estados com os maiores volumes de produção de mandioca do país e, já neste estudo constatou-se que esses ganhos poderiam ainda ser mais elevados, caso não houvesse alterações no clima. Assad e Pinto (2008) ratificam que, dentre todas as regiões do País, serão os estados nordestinos aqueles mais prejudicados no cultivo da mandioca.

Para a confecção dos mapas da Figura 3 foram levantados dados para cerca de 1000 municípios nordestinos que apresentaram informações de produtividade nas últimas quatro décadas. As simulações realizadas sugerem que, no longo prazo, para cenários com níveis de temperatura mais elevados (A2), as perdas municipais de produtividade poderão se tornar maiores, principalmente, nos municípios do Sul e do Centro-Sul da Bahia. Desse modo, caso não haja medidas de mitigação e adaptação, a produção nordestina de mandioca poderá ser comprometida até 2100.

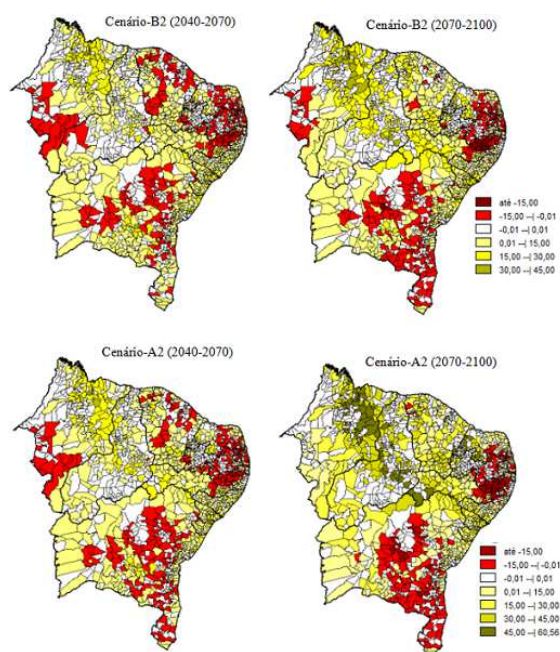


Figura 3 – Mapa do efeito municipal das mudanças climáticas sobre os níveis de produtividade da mandioca na região Nordeste.

Fonte: dados da pesquisa.

4.2 Milho

De acordo com as estimativas encontradas para os níveis de produtividade da produção de milho, observa-se nos coeficientes estimados e expostos na Tabela 1, que níveis mais elevados de produtividade estão

relacionados com temperaturas mais amenas. Entretanto, de acordo com a Embrapa (2011), onde a temperatura no verão é, em média, abaixo de 19,5°C e acima de 26°C, o cultivo do milho não tem condições de ser conduzido. Assim, torna-se claro que a temperatura é fator limitante para o cultivo desse gênero agrícola.

Tabela 3 – Variação percentual média da produtividade da cultura de milho na região Nordeste brasileira

Nordeste e Estados	Municípios	B2		A2	
		2040-70	2070-100	2040-70	2070-100
Nordeste	793	-26.37	-43.64	-32.13	-66
Maranhão	98	-46.79	-83.1	-62.96	-111.83
Piauí	65	-39.98	-68.11	-49.46	-95.46
Ceará	97	-26.85	-41.38	-30.74	-57.77
Rio Grande do Norte	56	-46.91	-68.46	-53.45	-95.75
Paraíba	87	-24.49	-37.18	-28.9	-56.29
Pernambuco	109	-16.6	-27.12	-19.39	-46.16
Alagoas	43	-5.71	-15.42	-7.27	-35.02
Sergipe	31	-27.32	-46.9	-32.41	-72.32
Bahia	207	-16.72	-28.4	-20.15	-50.87

Fonte: dados da pesquisa.

De modo geral, a região nordeste não apresentará ganhos de produtividade decorrentes da mudança no clima, e, provavelmente, nenhum de seus estados virá a ser um dos principais produtores de milho do país. Mas, no contexto da produção nordestina, a Bahia se destaca como o principal estado produtor desse grão e, em comparação a produtividade média simulada para o nordeste, em qualquer que seja o cenário, mesmo que em baixas magnitudes, esse estado apresentou ganhos de produtividade superiores a média da região. Porém, será no Ceará – o segundo maior produtor de milho da região nordeste – que a produtividade virá apresentar as maiores perdas e, já em estados como o Piauí, o Rio Grande do Norte, Pernambuco e Paraíba, as mudanças climáticas poderão conduzir ao desaparecimento dessa cultura.

Na confecção dos mapas apresentados na Figura 4 foram considerados quase 1050 municípios que produziam milho na Região Nordeste do País. Os resultados em vermelho traduzem perdas que poderão chegar até 20% nos atuais níveis de produtividade desse grão, e, nessas circunstâncias, os municípios do Ceará parecem ser bastante prejudicados quanto maior os níveis projetados de temperatura.

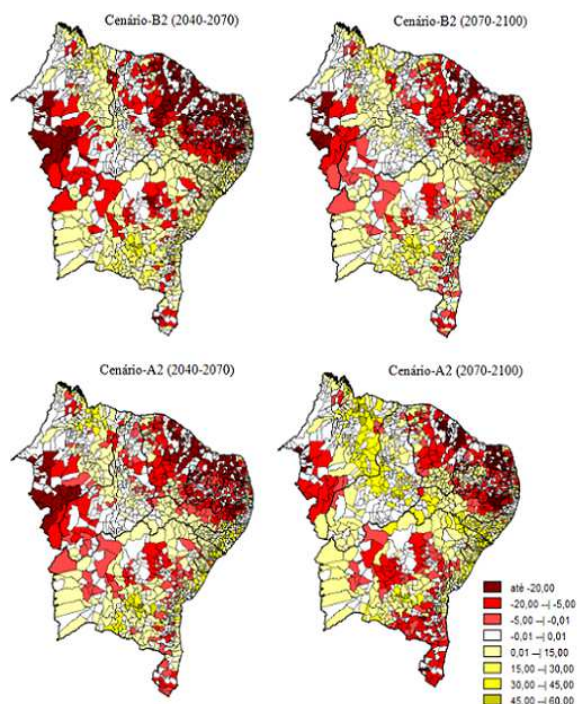


Figura 4 – Mapa do efeito municipal das mudanças climáticas sobre os níveis de produtividade do milho na região Nordeste.

Fonte: dados da pesquisa.

4.3 Cana-de-açúcar

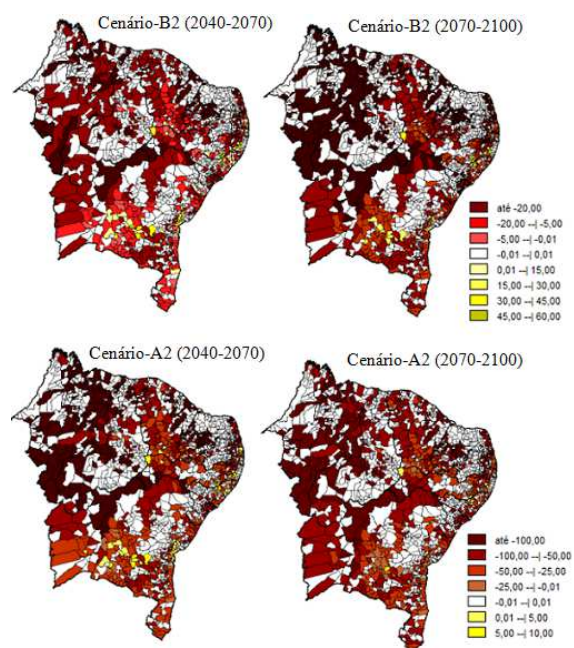
A cana-de-açúcar foi, dentre as culturas analisadas, aquela que apresentou maiores reduções médias de produtividade, principalmente, naqueles cenários em que os níveis de temperatura simulados eram mais elevados. É possível notar que, tanto no médio, quanto no longo-prazo, sem exceção, todos os Estados nordestinos terão seus níveis de produtividade reduzidos. Estados como Alagoas e Pernambuco serão altamente prejudicados, mas, ainda não se compara as perdas que sofrerão o Rio Grande do Norte e Sergipe. Nesses dois estados, juntamente com o Maranhão, o Piauí e o Ceará, espera-se que a produção de cana-de-açúcar seja tão comprometida que, certamente, haverá risco elevado de ela deixar de existir (TABELA 4).

Tabela 4 – Variação percentual média da produtividade da cultura da cana-de-açúcar na região Nordeste brasileira

Nordeste e Estados	Municípios	B2		A2	
		2040-70	2070-100	2040-70	2070-100
<i>Nordeste</i>	1044	0.05	-0.14	-0.63	0.9
Maranhão	104	4.5	5.79	1.95	12.07
Piauí	75	-1.1	3.27	-0.31	12.85
Ceará	111	-10.38	-8.48	-9.09	-4.77
Rio Grande do	113	-15.84	-16.16	-15.16	-3.83
Paraíba	126	-6.78	-7.5	-6.55	-5.83
Pernambuco	128	-1.64	-3.97	-2.15	-4.78
Alagoas	66	15.39	13.59	14.91	14.33
Sergipe	59	14.27	13.94	13.33	17.37
Bahia	262	6.92	5.72	4.6	0.37

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com a figura 5, praticamente todos os municípios nordestinos produtores de cana-de-açúcar terão seus níveis de produtividade reduzidos, e, até 2100, caso se concretize o cenário A2, essa redução poderá chegar a quase 100%. Sendo assim, em face dos resultados encontrados para a cultura do milho e da mandioca, na região nordeste, a cana-de-açúcar pode ser considerada como o gênero agrícola que mais será afetado pelo aquecimento global.

**Figura 5 – Mapa do efeito municipal das mudanças climáticas sobre os níveis de produtividade da cana-de-açúcar na região Nordeste**

Fonte: dados da pesquisa.

5 Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto das mudanças climáticas sobre os níveis de produtividade das culturas de milho, cana-de-açúcar e mandioca, para todos os municípios produtores da Região Nordeste do País. Nesta análise foram envolvidos dados de temperatura e precipitação para todos os municípios nordestinos no período de 1970 a 1995 e, baseado no terceiro relatório do IPCC, foram levantadas projeções dessas variáveis para os períodos de 2040 a 2070 e 2070 a 2100. Os dados de produtividade para cada cultura analisada são provenientes dos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995.

A medida do efeito das mudanças do clima sobre as variações médias das produtividades foram encontradas a partir de estimativas passadas e futuras que, em detrimento da literatura abordada neste estudo, foram geradas por modelos *tobit* em painel. A escolha desse método pareceu adequada, já que havia ausência de informações para os níveis de produtividade em certos anos de quase 40% de todos os municípios analisados. Nessas circunstâncias, foi possível obter estimativas mais consistentes, ou seja, ausentes de um possível viés de variável dependente censurada.

A partir da metodologia empregada, destacam-se como os principais resultados: *i*) os níveis de temperatura e precipitação foram fatores decisivos para explicar os níveis de produtividade das culturas em análise; *ii*) num contexto de mudanças climáticas, os níveis de produtividade das três culturas serão bastante inferiores àqueles que poderiam ser alcançados; *iii*) estados como Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco apresentarão perdas de produtividade nas três culturas; *iv*) os níveis de produtividade das três culturas serão significativamente afetados nos municípios do Sul e Centro-Sul da Bahia.

Em última instância, diante das perdas de produtividade que o agronegócio do milho, da mandioca e da cana-de-açúcar poderão apresentar, políticas de mitigação e até mesmo de adaptação climática se fazem necessárias à região nordeste do país. Por esse motivo, recomenda-se para trabalhos futuros que sejam feitas análises a níveis municipais, assim como as desenvolvidas neste trabalho, para outros gêneros agrícolas produzidos no Nordeste, especificamente, a fruticultura.

6 Referências

- ADAMS, R. Global climate change and agriculture: an economic perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, 71(5), pp. 1272-79, 1989.
- ALMEIDA, Fernanda Maria de. **Efeitos dos custos de transporte e das barreiras comerciais no comércio internacional de café verde**. 2009. 101f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Departamento de Economia Rural/Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ASSAD, E.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. Embrapa. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.embrapa.br/pt/blicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia Produtiva da Soja**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007.
- DÊSCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review*. Ed. 97, v. 1, p. 354-85, 2007.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.embrapa.br> Acesso em: maio de 2011.
- FÉRES, J., E. REIS e J. SPERANZA. **Assessing the Impact of Climate Change on the Brazilian Agricultural Sector**. In: Proceedings of the 16th Annual EAERE Annual Conference. Gothenburg: European Association of Environmental and Resource Economists, 2007.
- FÉRES, J., E. REIS e J. SPERANZA. **Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil**. In: XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009, Foz do Iguaçu. Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009. Disponível em: http://www.anpec.org.br/encontro_2009.ht
- GREENE, W. **Analysis Econometrics**. 3^a ed. Chicago: Prentice Hall, 2003, 1200p.
- GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 4^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 812p.
- IPCC. **Climate change 2007: Synthesis Report. Summary for Policy makers**. Approved in detail at IPCC Plenary XVIII (Wembley, United Kingdom, 24-29 September 2001). World Meteorological Organization and United Nations Environmental Programme, 2007.
- Economia da Mudança Climática no Brasil: Custos e Oportunidades**. Universidade de São Paulo. São Paulo: 2010.
- MENDELSON, R., W. NORDHAUS, e D. SHAW. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *American Economic Review*. 84(4): 753-71, 1999.
- NOBRE, C.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Cenários de Mudança Climática para a América do Sul para o final do século 21. **Parcerias Estratégicas**. Brasília: n.27, dez. 2008.
- SANGHI, A., D. ALVES, R. EVENSON, and R. MENDELSON. Global warming impacts on Brazilian agriculture: estimates of the Ricardian model. *Economia Aplicada*, v.1, n.1, 1997.
- The Economics of Climate Change**. House of Lords. Londres: jun. 2005. Disponível em: <http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200506/ldselect/ldeconaf/12/12i.pdf>

ANEXO

Variável	<i>Etapa 1: Estimação do modelo econométrico</i>	Variável	<i>Etapa 2: Simulação</i>
Temperatura	Descrição	Precipitação	Descrição (segundo 3º relatório do IPCC)
dez-jan-fev	Média dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.	djfs21p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário A2.
mar-abr-mai	Média dos meses de março, abril e maio.	djfs22p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário A2.
jun-jul-ago	Média dos meses de junho, julho e agosto.	djfs24p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário B2.
set-out-nov	Média dos meses de setembro, outubro e novembro.	djfs25p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário B2.
Precipitação		mams21p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de março, abril e maio para o cenário A2.
dez-jan-fev	Média dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.	mams22p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de março, abril e maio para o cenário A2.
mar-abr-mai	Média dos meses de março, abril e maio.	mams24p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de março, abril e maio para o cenário B2.
jun-jul-ago	Média dos meses de junho, julho e agosto.	mams25p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de março, abril e maio para o cenário B2.
set-out-nov	Média dos meses de setembro, outubro e novembro.	jjas21p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário A2.
Etapa 2: Simulação		jjas22p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário A2.
Temperatura	Descrição (segundo 3º relatório do IPCC)	jjas24p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário B2.
djfs21t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário A2.	jjas25p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário B2.
djfs22t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário A2.	sons21p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário A2.
djfs24t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário B2.	sons22p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário A2.
djfs25t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para o cenário B2.	sons23p	Precipitação projetada para 2040-2070 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário B2.
mams21t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de março, abril e maio para o cenário A2.	sons24p	Precipitação projetada para 2070-2100 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário B2.
mams22t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de março, abril e maio para o cenário A2.		
mams24t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de março, abril e maio para o cenário B2.		
mams25t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de março, abril e maio para o cenário B2.		
jjas21t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário A2.		
jjas22t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário A2.		
jjas24t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário B2.		
jjas25t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de junho, julho e agosto para o cenário B2.		
sons21t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário A2.		
sons22t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário A2.		
sons23t	Temperatura projetada para 2040-2070 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário B2.		
sons24t	Temperatura projetada para 2070-2100 dos meses de setembro, outubro e novembro para o cenário B2.		

Fonte: elaboração dos autores.