

Choques climáticos na produtividade agrícola e seus efeitos sobre a economia e as exportações brasileiras de soja

Climate shocks to agricultural productivity and their effects on the Brazilian economy and soybean exports

Dênis Antônio da Cunha

Departamento de Economia Rural - UFV. Viçosa, MG, Brasil

Tarik Marques do Prado Tanure

Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético - UNICAMP. Campinas, SP, Brasil

Fernanda Aparecida Silva

Departamento de Economia Rural - UFV. Viçosa, MG, Brasil

Rafael Faria de Abreu Campos

Departamento de Economia - UFV. Viçosa, MG, Brasil

Marcelo José Braga Nonnemberg

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

GT1 - Mercados agrícolas e comércio exterior

Resumo: Essa pesquisa avalia os efeitos de choques climáticos na produtividade da soja sobre o crescimento econômico brasileiro e a estrutura das exportações. Utilizam-se projeções climáticas de produtividade agrícola incorporadas a um modelo de Equilíbrio Geral Computável da economia brasileira. Os resultados indicam impactos negativos sobre PIB, consumo e bem-estar, além de reconfiguração dos fluxos internacionais de comércio de soja. Observam-se perda de participação em diversos mercados e ganhos concentrados em poucos destinos, com redução de dinamismo ao longo do tempo. Regionalmente, os efeitos são heterogêneos, com maior prejuízo relativo para o Sul e ganhos decrescentes no Centro-Oeste.

Palavras-chave: mudanças climáticas, soja, comércio internacional, Equilíbrio Geral Computável.

Abstract: This study assesses the effects of climate-induced shocks to soybean productivity on Brazilian economic growth and export structure. Climate-driven projections of agricultural productivity are incorporated into a Computable General Equilibrium model of the Brazilian economy. The results indicate negative impacts on GDP, consumption, and welfare, as well as a reconfiguration of international soybean trade flows. Brazil is projected to lose market share in several destinations, with gains concentrated in a limited number of markets and declining dynamism over time. Regionally, the impacts are heterogeneous, with greater relative losses in the South and diminishing gains in the Center-West.

Keywords: climate change, soybean, international trade, Computable General Equilibrium.

1. Introdução

O Brasil é um dos maiores exportadores globais de commodities agrícolas, sendo a soja o grande destaque. Entre 2000 e 2024, o complexo da soja respondeu por 36% do valor das exportações brasileiras, com crescimento de 10% ao ano (Cardoso *et al.*, 2025). A liderança no mercado internacional resulta da combinação de vantagens naturais, expansão territorial, crescimento expressivo da produtividade e inovações tecnológicas, especialmente o desenvolvimento de novas cultivares. Porém, essa trajetória tem sido cada vez mais condicionada pela mudança climática. Jägermeyr *et al.* (2022) estimam que o Brasil e outras importantes regiões produtoras enfrentarão perdas de produtividade da soja que tendem a se intensificar a partir da segunda metade do século XXI.

Mudanças de produtividade têm implicações diretas sobre o desempenho exportador e o padrão de crescimento da economia brasileira. Choques climáticos podem comprometer a competitividade internacional da soja brasileira por meio do encarecimento dos custos de produção, maior volatilidade dos preços de exportação, dificuldades no cumprimento de contratos e perda de participação no mercado. Além disso, os impactos dos choques climáticos sobre a produção e exportações de soja não são homogêneos no território nacional. Ao redefinir padrões de especialização produtiva e fluxos comerciais, esse processo pode levar a impactos distributivos, tanto no plano regional quanto no comércio internacional.

Esta pesquisa busca compreender como a mudança climática pode alterar a dinâmica das exportações brasileiras de soja e gerar efeitos de curto e médio prazo sobre o crescimento econômico do Brasil. Partimos de estimativas de mudanças na produtividade da soja em diversas regiões produtoras e, utilizando um modelo de equilíbrio geral computável, estimamos as variações nas exportações dessa commodity e impactos associados em variáveis macroeconômicas. Investigar esses impactos contribui para avaliar os riscos climáticos associados ao modelo de especialização exportadora brasileiro e para subsidiar políticas que fortaleçam a resiliência do comércio exterior diante de cenários climáticos mais adversos.

2. Metodologia

Foi utilizado o modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) “Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (PAEG)”, um modelo estático, multirregional e multisetorial calibrado à base de dados do GTAP11 (Teixeira; Pereira; Gurgel, 2013). Os choques foram introduzidos como variações exógenas na produtividade da terra no setor de soja (mudanças no rendimento por hectare). Essas variações foram aplicadas a todas as regiões do modelo, sendo os resultados obtidos pela comparação entre o equilíbrio inicial e o novo equilíbrio após o choque. Os valores de produtividade da soja usados foram baseados nas estimativas de Jägermeyr *et al.* (2022), que estimaram mudanças relativas na produtividade da soja combinando modelos de cultivo (*Global Gridded Crop Models*) e modelos climáticos do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*. Foram considerados os períodos de 2036 e 2056 para o cenário climático SSP5-8.5 (alto nível de emissões de gases de efeito estufa).

Tabela 1. Variações da produtividade para as principais regiões do PAEG

Período	Brasil (BRA)	Mercosul (RMS)*	Estados Unidos (USA)	China (CHN)
2036	6,53%	10,31%	1,98%	4,82%
2056	4,90%	13,97%	1,44%	7,52%

*Mercosul exclui Brasil.

Fonte: Jägermeyr *et al.* (2022).

4. Resultados

A simulação com o modelo PAEG indica que as mudanças na produtividade da soja esperadas para cenários futuros podem levar a impactos negativos na atividade econômica brasileira (Tabela 2). Observa-se que a mudança climática impõe perda líquida de dinamismo macroeconômico e bem-estar social. As variações percentuais no PIB estimadas representam cerca de US\$ 734 e US\$ 887 milhões em 2036 e 2056, respectivamente.

Tabela 2. Efeitos macroeconômicos em relação à situação inicial sem choques de produtividade (variação percentual), cenário SSP5-8.5 (2036 e 2056)

Variáveis	2036						2056					
	BRA	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	BRA	NOR	NDE	COE	SDE	SUL
Consumo	-0,03	-0,01	-0,03	-0,17	0,01	-0,09	-0,04	-0,01	-0,04	-0,20	0,00	-0,10
Gasto do Governo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Exportações	-0,02	0,02	-0,01	0,01	-0,04	-0,01	-0,02	0,03	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
Importações	-0,03	0,02	0,02	-0,02	-0,04	-0,04	-0,03	0,02	0,02	-0,03	-0,05	-0,04
PIB	-0,02	-0,01	-0,03	-0,12	0,01	-0,06	-0,03	-0,01	-0,04	-0,14	0,00	-0,06
Bem-estar	-0,03	-0,01	-0,03	-0,17	0,01	-0,09	-0,04	-0,01	-0,04	-0,20	0,00	-0,10

Fonte: resultados da pesquisa.

A análise comparativa entre os períodos demonstra que a economia brasileira apresentaria perda de eficiência marginal diante do cenário climático mais severo. Esse movimento indica que os choques climáticos exerceriam pressão crescente sobre a estrutura produtiva, reduzindo a capacidade do setor de soja de gerar os mesmos ganhos de produção e bem-estar observados na situação sem mudança de produtividade.

Os resultados indicam reorganização do comércio internacional de soja e dos destinos das exportações brasileiras (Tabela 3). Observa-se que o Brasil perderia participação em um conjunto amplo de destinos, incluindo Mercosul e União Europeia. Há um grupo restrito de destinos nos quais o Brasil apresentaria ganhos nas exportações, entre os quais a China. Entretanto, esse movimento positivo não seria mantido com a mesma intensidade ao longo do tempo. Comparando os resultados de 2036 com 2056, observa-se que os ganhos diminuiriam, evidenciando perda gradual de dinamismo. No caso da China, o aumento das exportações passaria de 0,698 em 2036 para 0,462 em 2056. Esse padrão sugere que, embora alguns destinos ainda representem oportunidades de expansão no curto prazo, há tendência de enfraquecimento dessa vantagem ao longo do tempo, reforçando o processo de reconfiguração do comércio internacional de soja. Todas as regiões ainda registram ganhos em um conjunto restrito de mercados. Ao mesmo tempo, a desagregação revela a ampliação das desigualdades regionais

no desempenho exportador de soja. O Centro-Oeste teria os maiores ganhos relativos nos mercados onde há expansão das exportações. A região Sul é a mais prejudicada, com quedas acentuadas nos mercados negativos e perda em 2056 nos mercados anteriormente favoráveis.

Tabela 3. Variação percentual das exportações de soja do Brasil e suas regiões por mercado de destino, cenário SSP5-8.5 (2036 e 2056)

Destino	BRA	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	BRA	NOR	NDE	COE	SDE	SUL
RMS	-2,83	-3,17	-2,78	-2,54	-2,82	-3,33	-3,66	-4,00	-3,54	-3,41	-3,54	-4,40
CAN	-0,71	-0,78	-0,79	-0,60	-0,51	-1,32	-0,97	-1,02	-1,00	-0,92	-0,63	-1,84
MEX	-1,08	-1,40	-1,04	-0,80	-1,05	-1,60	-1,11	-1,43	-1,00	-0,87	-0,97	-1,87
ROA	-1,60	-1,93	-1,55	-1,31	-1,59	-2,11	-1,37	-1,71	-1,26	-1,13	-1,25	-2,13
EUR	-1,64	-1,98	-1,59	-1,35	-1,63	-2,15	-1,21	-1,55	-1,10	-0,97	-1,09	-1,97
REU	-1,06	-1,40	-1,02	-0,77	-1,05	-1,58	-0,95	-1,29	-0,83	-0,70	-0,82	-1,71
JPN	0,09	-0,27	0,14	0,39	0,09	-0,43	-0,11	-0,47	0,02	0,15	0,01	-0,87
RUS	-1,89	-2,20	-1,85	-1,61	-1,86	-2,40	-1,86	-2,18	-1,76	-1,63	-1,72	-2,63
CHN	0,70	0,35	0,75	1,00	0,71	0,18	0,46	0,11	0,59	0,72	0,58	-0,31
ANZ	-2,40	-2,47	-2,48	-2,28	-2,20	-3,00	-2,92	-2,98	-2,95	-2,87	-2,59	-3,78
ASI	-2,82	-3,16	-2,77	-2,53	-2,81	-3,33	-4,98	-5,31	-4,86	-4,73	-4,86	-5,70
AFR	0,96	0,69	0,97	1,21	1,03	0,41	1,21	0,94	1,29	1,41	1,40	0,40
MES	0,67	0,32	0,72	0,97	0,68	0,15	0,70	0,35	0,83	0,96	0,83	-0,07
RAS	0,77	0,42	0,82	1,07	0,78	0,25	0,52	0,17	0,64	0,78	0,64	-0,25

* Para Estados Unidos e Índia não houve alterações das exportações de soja após o choque.

Fonte: Resultados da pesquisa.

5. Considerações finais

Os resultados indicam que choques climáticos na produtividade da soja podem reduzir o dinamismo econômico brasileiro e alterar o padrão de inserção internacional do país. Observa-se perda de participação em diversos mercados, parcialmente compensada por ganhos concentrados em poucos destinos e com tendência de enfraquecimento ao longo do tempo. Além disso, os impactos não são homogêneos no território nacional, sugerindo ampliação das desigualdades regionais no desempenho exportador. Esses resultados reforçam a necessidade de políticas de adaptação que fortaleçam a resiliência produtiva e comercial do país.

Referências

CARDOSO, V. M.; GILIO, L.; JANK, M. S.; PIOLI, Lirya. **Brasil torna-se o maior país exportador de commodities do agro no mundo**. São Paulo: Insper Agro Global, fev. 2025. (Working Paper n. 2/2025).

JÄGERMEYR, J. *et al.* *Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models*. **Nature Food**, v. 2, n. 11, p. 873-885, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>

TEIXEIRA, E.C.; PEREIRA, M.W.G.; GURGEL, A.C. (Org.). **A Estrutura do PAEG**. Campo Grande: Life, 2013.