

WORKING PAPER PSPHUB

Choques Climáticos (ENOS) sobre o Valor Agropecuário em Mato Grosso

Mario Antonio Margarido

28 de setembro de 2026

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	5
3. DADOS, FONTES E TRANSFORMAÇÕES	10
4. MÉTODO	13
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	15
6. CONCLUSÕES	19
7. LITERATURA CITADA	20

Impactos dos Choques Climáticos (ENOS) sobre o Valor Adicionado Bruto Agropecuário em Mato Grosso: Uma Abordagem de Variáveis Instrumentais em Painel Municipal

Mario Antonio Margarido¹

Resumo: Este estudo analisa os impactos causais dos choques pluviométricos induzidos pelo fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) sobre o Valor Adicionado Bruto (VAB) agropecuário dos municípios do Estado de Mato Grosso. Utilizando uma estrutura em painel municipal, integraram-se dados macroclimáticos da NOAA (índice ONI), pluviométricos da NASA POWER e econômicos do IBGE. Para superar potenciais problemas de endogeneidade e erro de medição, adotou-se o método de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Variáveis Instrumentais (2SLS/IV), utilizando um instrumento interativo de exposição (estilo Bartik/shift-share) que combina a anomalia climática global do Pacífico com a normal climatológica histórica regional. Os resultados do primeiro estágio confirmam a alta relevância do instrumento ($F > 490$), evidenciando forte assimetria: fases de El Niño reprimem a precipitação padronizada, enquanto episódios de La Niña provocam incrementos pluviométricos significativos. No segundo estágio, observou-se que desvios positivos acentuados na precipitação exercem um impacto negativo e estatisticamente significativo ($\beta = -0,0983$; $p < 0,01$) sobre o crescimento do VAB agrícola municipal. Agronomicamente, esse resultado demonstra que o excesso e a concentração de chuvas atuam como choques de oferta adversos. O atraso na colheita da soja provoca avarias nos grãos, eleva os custos de secagem, degrada as vias de escoamento logístico (como a BR-163) e compromete o plantio na janela ideal do milho segunda safra (safrinha), aumentando a vulnerabilidade ao estresse hídrico no final do ciclo.

Palavras-chave: El Niño; La Niña; VAB Agropecuário; Mato Grosso; Variáveis Instrumentais; Soja e Milho Safrinha.

Impacts of Climate Shocks (ENSO) on Agricultural Gross Value Added in Mato Grosso: A Panel Instrumental Variables Approach

Abstract: This study evaluates the causal impacts of rainfall shocks induced by the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) on the Agricultural Gross Value Added (GVA) across municipalities in the State of Mato Grosso, Brazil. Using a municipal panel data framework, we integrate global climate data from NOAA (ONI index), high-resolution precipitation records from NASA POWER, and economic indicators from IBGE. To overcome potential endogeneity and measurement error issues, a Two-Stage Least Squares with Instrumental Variables (2SLS/IV) strategy was implemented, using an interactive exposure instrument (Bartik/shift-share approach) that interacts the global Pacific climate anomaly with long-term

¹ Doutor em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), Senior Partner e Líder de Econometria da Pezco Economics e Pesquisador do PSP Hub Estudos em Infraestrutura e Urbanismo. mario.margarido@pezco.com.br.

regional historical climatology. First-stage estimates confirm strong instrument relevance ($F\text{-stat} > 490$) and asymmetric precipitation responses: El Niño phases suppress localized rainfall, whereas La Niña events generate substantial rainfall surpluses. In the second stage, instrumented positive precipitation anomalies exert a negative and statistically significant impact ($\beta = -0.0983$; $p < 0.01$) on municipal agricultural GVA growth. Agronomically, this indicates that extreme rainfall functions as a negative supply shock. Harvest delays for soybeans lead to grain spoilage, elevated industrial drying costs, severe logistics bottlenecks on key transport corridors (such as BR-163), and force late planting of second-crop corn (safrinha), heightening drought risk at the end of its growing cycle.

Keywords: El Niño; La Niña; Agricultural GVA; Mato Grosso; Instrumental Variables; Soybeans and Safrinha Corn.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio desempenha um papel central na estrutura socioeconômica do Brasil, destacando-se como um dos principais motores do crescimento econômico, da geração de divisas e da segurança alimentar global. Nesse cenário, o Estado de Mato Grosso consolidou-se como o maior produtor e exportador nacional de grãos e fibras, com destaque para as culturas da soja e do milho. A competitividade do modelo agrícola mato-grossense fundamenta-se na adoção de tecnologia de ponta, na intensificação do uso do solo e, essencialmente, no consórcio de dupla safra (conhecido como safra/safrinha), no qual o milho é semeado imediatamente após a colheita da soja na mesma área e ano agrícola.

Apesar da alta eficiência técnica e da expressiva representatividade do setor primário no Valor Adicionado Bruto (VAB) dos municípios do estado, o sucesso desse sistema de produção de dupla safra está intrinsecamente vinculado às condições climáticas regionais. A janela agrônômica para o cultivo e o desenvolvimento adequado da soja (safra principal) e do milho (segunda safra) depende estritamente do volume e da distribuição espaço-temporal das chuvas ao longo do período chuvoso, que se estende de outubro a março.

Nesse contexto, a variabilidade climática provocada pelo fenômeno oceano-atmosférico El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) representa uma importante fonte de instabilidade para a produção agrícola regional. Caracterizado por alterações nas Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial e por mudanças na circulação atmosférica global (como a Circulação de Walker), o ENOS manifesta-se por meio de duas fases opostas, o El Niño (fase positiva/aquecimento) e a La Niña (fase negativa/resfriamento).

No Centro-Oeste do Brasil e, particularmente, em Mato Grosso, tais episódios climáticos alteram profundamente o regime pluviométrico normal.

O El Niño tende a provocar a supressão de chuvas e irregularidade no início da primavera (setembro/outubro). Essa restrição hídrica pode atrasar o início da semeadura da soja

e encurtar a janela ideal de plantio do milho safrinha, expondo a segunda cultura ao risco de estresse hídrico no encerramento da estação chuvosa (maio/junho).

Em contrapartida, o La Niña, induz o excesso de precipitação e episódios de chuvas intensas e concentradas, sobretudo no pico da safra (fevereiro/março). Embora a água seja um insumo indispensável, o excesso pluviométrico prolongado dificulta a entrada de colheitadeiras no campo, provocando o apodrecimento e brotamento dos grãos nas vagens, elevando os custos com secagem industrial e deteriorando malhas viárias não pavimentadas, como a BR-163, o que encarece o frete e gera gargalos logísticos severos.

Diante dessa complexa interação entre clima, logística e produção, mensurar o impacto estritamente causal das anomalias pluviométricas sobre a economia agrícola municipal apresenta desafios metodológicos relevantes, como erros de medição da precipitação local e problemas de endogeneidade decorrentes de variáveis omitidas espaço-temporais. Na literatura econométrica, estimadores Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) convencionais podem gerar coeficientes viesados ao ignorar a exogeneidade das oscilações climáticas globais em relação à produção local.

Para contornar essas limitações, este estudo adota uma abordagem de identificação fundada no método de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Variáveis Instrumentais (2SLS/IV) em dados de painel municipal. A estratégia utiliza um instrumento interativo de exposição (estilo shift-share / Bartik), combinando o choque macroclimático global exógeno do Pacífico, medido pelo Oceanic Niño Index (ONI) com a caracterização hídrica estrutural e invariante no tempo de cada localidade, ou seja, a normal climatológica histórica de longo prazo.

Justifica-se a presente pesquisa pela necessidade de compreender em que medida os choques pluviométricos extremos induzidos pelo ENOS operam como choques de oferta negativos ou positivos sobre o Valor Adicionado Bruto (VAB) agropecuário nos municípios de Mato Grosso. A investigação detalhada das assimetrias climáticas, das respostas não lineares e dos canais de transmissão agrônômicos e logísticos provê subsídios empíricos para a formulação de políticas públicas de mitigação de riscos, planejamento de infraestrutura de armazenamento e transportes, além de aprimorar a gestão de risco climático e seguro agrícola no coração do agronegócio brasileiro.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral consiste em estimar o impacto causal dos choques de precipitação decorrentes das fases do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) sobre a taxa de crescimento do Valor Adicionado Bruto (VAB) agropecuário nos municípios de Mato Grosso.

Os objetivos específicos são mapear a representatividade econômica e a distribuição espacial da produção de grãos (soja e milho safrinha) nas cinco mesorregiões do Estado de Mato Grosso. Também, construir uma base de dados em painel municipal integrando dados climáticos oceânicos (NOAA), pluviometria espacializada (NASA POWER) e dados econômicos locais (IBGE) alinhados ao calendário do ano agrícola/safra. A seguir, desenvolver e validar uma estratégia de identificação econométrica baseada em Mínimos Quadrados em Dois Estágios (2SLS/IV) com efeito fixo bidirecional e instrumento do tipo *shift-share*, interagindo a anomalia macroclimática com a normal climatológica local. Também, testar diferentes especificações de identificação (modelos lineares, não lineares e assimétricos) para averiguar a viabilidade do instrumento e prevenir viés por instrumentos fracos. Finalmente, avaliar os mecanismos de transmissão agrônômicos e logísticos que explicam como o excesso ou a restrição hídrica impactam a dinâmica do sistema de dupla safra (soja-milho safrinha) e a renda agrícola local.

MAPEAMENTO AGROPECUÁRIO POR MESORREGIÃO DE MATO GROSSO

Abaixo está a caracterização dos principais produtos agropecuários das cinco mesorregiões de Mato Grosso. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), mesorregião é uma subdivisão dos estados brasileiros que agrupa municípios de uma mesma entidade federativa com proximidade geográfica e afinidades regionalizadas. Suas principais características e critérios de definição do IBGE são a regionalização em mesorregiões, a qual, leva em consideração três dimensões principais. Econômica, ou seja, relações de produção, circulação de mercadorias e especialização produtiva. Social, isto é, leva em consideração, também, identidades culturais, redes urbanas e dinâmica populacional integrada. Natural, em outras palavras, leva em consideração elementos do quadro natural comum, tais como, relevo, clima, vegetação e bacias hidrográficas.

Em poucas palavras, a finalidade da divisão de cada unidade da federação com base nas mesorregiões consiste em servir como base para o planejamento e a execução de políticas públicas estaduais e federais, além de facilitar a disseminação de estatísticas geoeconômicas.

A Mesorregião Norte Mato-Grossense é o principal polo de produção de grãos e fibras do estado e do país, destacando-se pela adoção de tecnologia de ponta e sistemas intensivos de dupla safra., sendo que, as principais culturas são Soja (safra principal) e Milho (safrinha). Outras Atividades Expressivas são Algodão herbáceo, Pecuária de corte bovina (extensiva e semi-intensiva) e Silvicultura (Eucalipto). Os Municípios-Chave: Sorriso, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum e Sinop.

A Mesorregião Sudeste Mato-Grossense é caracterizada pela forte presença da cultura do algodão e expansão da avicultura e suinocultura integradas à agroindústria. As principais culturas Soja, Algodão herbáceo e Milho. Outras atividades expressivas são Pecuária de corte,

Pecuária de leite e Girassol. Os Municípios-Chave são Rondonópolis, Primavera do Leste, Campo Verde e Pedra Preta.

A Mesorregião Sudoeste Mato-Grossense é conhecida como a Chapada dos Parecis, apresenta altíssima produtividade agrícola aliada a um importante rebanho bovino. Suas principais culturas são Soja, Milho, Algodão e Girassol. Outras atividades expressivas são Pecuária de corte, Cana-de-açúcar e Feijão. Os Municípios-Chave são Campo Novo do Parecis, Sapezal, Tangará da Serra e Pontes e Lacerda.

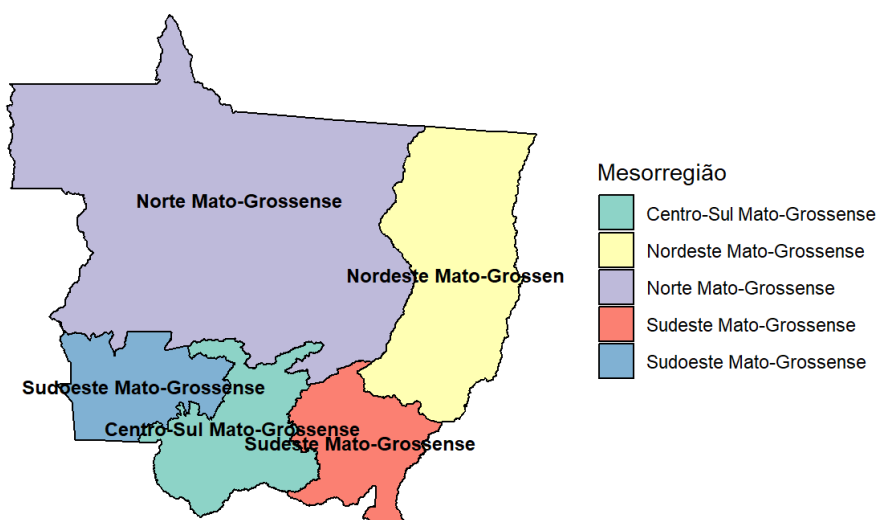
A Mesorregião Centro-Sul Mato-Grossense é marcada por uma estrutura mista, combinando a horticultura e bovinocultura tradicionais nas proximidades da capital com a expansão da cultura da cana-de-açúcar para biocombustíveis. As principais culturas são Cana-de-açúcar, Soja e Milho. Outras Atividades Expressivas são Pecuária de corte e leite, Piscicultura, Hortifruti e Mandioca. Os Municípios-Chave são Cuiabá, Várzea Grande, Diamantino e Barra do Bugres.

A Mesorregião Nordeste Mato-Grossense (Vale do Araguaia), historicamente dominada pela pecuária extensiva, a região passa por uma rápida conversão de pastagens degradadas para a agricultura de grãos, ou seja, é uma fronteira agrícola em expansão. As principais culturas são Soja e Milho (safrinha em consolidação). Outras atividades expressivas são Pecuária de corte (um dos maiores rebanhos bovinos do estado) e Arroz de sequeiro. Os Municípios-Chave são Barra do Garças, Querência, Canarana e Vila Rica.

As Figuras 1 e 2 apresentam as mesorregiões do Estado de Mato Grosso e a participação de cada mesorregião na produção de grãos do Estado de Mato Grosso.

Mesorregiões do Estado de Mato Grosso

Divisão Territorial IBGE



Fonte: IBGE via pacote geobr

Figura 1. Mesorregiões dos Estado de Mato Grosso.

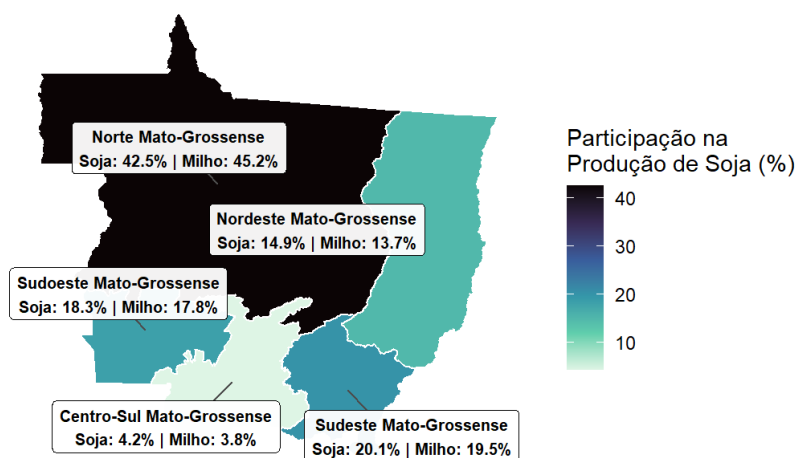
Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2020) via pacote *geobr* (PEREIRA *et al.*, 2024).

A Tabela 1, a qual, tem com base IBGE/PAM (2024) e IMEA (2024), apresenta a participação percentual da produção de soja e milho em cada uma das cinco mesorregiões do Estado de Mato Grosso, além de destacar os principais municípios produtores dentro de cada uma das cinco mesorregiões.

Em ordem decrescente, a mesorregião Norte Mato Grossense lidera, tanto a produção de soja quanto de milho, com 42,5% e 45,20% da produção total desses dois grãos no estado de Mato Grosso, com destaque para os municípios de Sorriso, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum. Em segundo lugar, aparece a mesorregião do Sudeste Mato-Grossense com 20,10% e 19,5% da produção total de soja e milho, respectivamente. Os principais municípios são Primavera do Leste, Rondonópolis. Na terceira posição está a mesorregião do Sudoeste Mato-Grossense com 18,30% da produção de soja e 17,80% da produção de milho, onde se destacam os municípios de Campo Novo do Parecis, Sapezal. Na quarta colocação, está a mesorregião do Nordeste Mato-Grossense com 14,9% da produção total de soja e 13,70% da produção de milho, sendo que, se destacam os municípios de Querência, Canarana. Finalmente, tem-se a mesorregião do Centro-sul Mato-Grossense com 4,2% e 3,8% da produção de soja e milho, respectivamente. Os municípios que se sobressaem nesse caso são Diamantino, Tangará da Serra (Figura 2 e Tabela 1).

Participação das Mesorregiões na Produção Agrícola de Mato Grosso

Estimativas de representatividade da safra de Soja e Milho Safrinha



Fonte: Elaboração própria com base em dados do IMEA / IBGE (PAM).

Figura 2. Participação das Mesorregiões na Produção Agrícola (Grãos) de Mato Grosso.
Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2024), IMEA (2024) e malha espacial via pacote geobr (PEREIRA *et al.*, 2024).

Tabela 1. Participação estimada das mesorregiões no total da produção de Soja e Milho em Mato Grosso

Mesorregião	Participação Soja (%)	Participação Milho (%)	Destaques Produtivos
Norte Mato-Grossense	42,50%	45,20%	Sorriso, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum
Sudeste Mato-Grossense	20,10%	19,50%	Primavera do Leste, Rondonópolis
Sudoeste Mato-Grossense	18,30%	17,80%	Campo Novo do Parecis, Sapezal
Nordeste Mato-Grossense	14,90%	13,70%	Querência, Canarana (Fronteira Agrícola)
Centro-Sul Mato-Grossense	4,20%	3,80%	Diamantino, Tangará da Serra

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE/PAM (2024) e IMEA (2024).

O Fenômeno ENOS (El Niño - Oscilação do Sul)

O El Niño, Oscilação do Sul (ENOS) é um fenômeno acoplado oceano-atmosfera caracterizado por flutuações periódicas nas Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial e nos padrões de circulação atmosférica, como a Circulação de Walker (TRENBERTH, 1997). O fenômeno manifesta-se em duas fases opostas (El Niño e La Niña) e uma fase neutra.

O El Niño (fase positiva) caracteriza-se pelo aquecimento anômalo igual ou superior a +0,5°C das águas do Pacífico Equatorial Central e Oriental (NOAA, 2024; TRENBERTH, 1997). Esse aquecimento altera a célula de circulação atmosférica, enfraquecendo os ventos alísios e promovendo a subsidência de ar seco sobre parcelas da Região Amazônica e do Brasil Central (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998; ALVES; MARENGO, 2008).

Por outro lado, o La Niña (fase negativa) corresponde ao resfriamento anômalo igual ou inferior a -0,5°C das águas da mesma região oceânica (NOAA, 2024). O fenômeno intensifica os ventos alísios e favorece a convecção e o transporte de umidade do Atlântico e da Bacia Amazônica em direção ao Centro-Oeste do Brasil (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998; ALVES; MARENGO, 2008).

Em relação aos efeitos do ENOS sobre o Estado de Mato Grosso, a dinâmica do fenômeno impacta diretamente o volume e a distribuição espaço-temporal da precipitação durante a estação chuvosa regional (outubro a março), refletindo-se na produtividade agrícola e na logística de transporte (ALVES; MARENGO, 2008).

No caso do El Niño, verifica-se uma redução das chuvas em Mato Grosso, ou seja, o fenômeno tende a provocar uma supressão pluviométrica em relação à média climatológica

histórica, afetando principalmente as regiões norte e nordeste do estado (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998). Como resultado, observa-se um atraso na abertura do plantio, uma vez que a irregularidade das chuvas no início da primavera (setembro/outubro) atrasa a semeadura da soja, encurtando a janela ideal de plantio para o milho segunda safra (*safrinha*) e aumentando o risco de estresse hídrico no final do ciclo. Em termos de efeito agrônômico potencial, em anos de El Niño severo, a deficiência hídrica compromete o rendimento de grãos, embora reduza a ocorrência de mofo e perdas por excesso de umidade durante a colheita.

Quanto aos impactos do La Niña em Mato Grosso, observa-se excesso e intensificação das chuvas, associados ao aumento do volume pluviométrico e à ocorrência de episódios de precipitação extrema e concentrada (ALVES; MARENGO, 2008). Como resultado, ocorrem avarias e descontos comerciais na soja, pois chuvas persistentes durante a janela de colheita (fevereiro a março) impedem a entrada de colheitadeiras no campo, levando ao apodrecimento e brotamento dos grãos nas vagens, além de elevar os custos com secagem industrial. Em relação ao transporte da safra, o resultado são severos gargalos logísticos: o excesso de água degrada estradas vicinais e rodovias não pavimentadas, como a BR-163, elevando os custos de frete e prejudicando o escoamento da produção até os pontos de transbordo hidroviários e ferroviários.

3. DADOS, FONTES E TRANSFORMAÇÕES

Nesse item, são apresentadas as variáveis, suas respectivas fontes e transformações necessárias para serem utilizadas na modelagem econométrica.

Foram utilizados dados da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), os quais foram obtidos via pacote *rsoi* (`download_oni()`), fornecendo a série temporal histórica do índice de anomalia oceânica.

Outra fonte, foi a *Prediction Of Worldwide Energy Resources* (NASA POWER), sendo que os dados de pluviometria foram coletados via pacote *nasapower* (`get_power()`) direcionada à comunidade agrícola (`community = "ag"`).

Finalmente, foram utilizadas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mais especificamente, dados da malha geográfica foram coletados via pacote *geobr* (`read_meso_region` e `read_municipality`). Também, dados econômicos foram

extraídos via requisição à API de Agregados do IBGE (Tabela 5938 - Agregado do PIB Municipal / Variável 37 - Valor Adicionado Bruto da Agropecuária).

Após a extração das respectivas informações, foram necessários tratamentos e transformações desses dados.

Em primeiro lugar, tem-se a definição do Ano Agrícola / Safra (*crop_year*). Esse procedimento foi utilizado para alinhar a climatologia ao calendário produtivo do Estado de Mato Grosso, sendo assim, criou-se a variável de ano safra considerando os meses de Outubro a Março, janela crítica de plantio e desenvolvimento da soja e início da safrinha de milho. Foi utilizada a seguinte regra de definição, se o mês for igual ou superior a 10 (Outubro, Novembro, Dezembro), o ano atribuído é o subsequente (*year + 1*). Caso contrário (Janeiro, Fevereiro, Março), mantém-se o próprio ano (*year*).

Em relação às variáveis geográficas, foram necessários ao ajuste espacial e geoprocessamento (Mesorregiões e Centroides). Foi preciso a reprojeção das malhas para o sistema de coordenadas geográficas WGS84 (*crs = 4326*). Também, foi efetuado o cálculo do centroide geométrico (*st_centroid*) de cada mesorregião para extração das coordenadas de longitude e latitude (*lon, lat*). A seguir, foi efetuado o cruzamento espacial (*st_join*) entre os centroides dos municípios e os polígonos das mesorregiões de Mato Grosso para compatibilizar os códigos municipais do IBGE às suas respectivas mesorregiões.

Quanto a consolidação das variáveis do modelo, foi necessária a construção do instrumento (*ONI_safra*). Cálculo da média aritmética mensal do índice ONI no intervalo correspondente aos 6 meses da janela de safra (*month %in% c(10, 11, 12, 1, 2, 3)*), agregada por *crop_year*. Também, foi necessária a construção do choque hídrico (*precip_safra_mm*), ou seja, construir a soma diária do indicador de precipitação corrigida da NASA POWER (*sum(PRECTOTCORR)*) restrita aos meses do ano safra para cada mesorregião. Também, foi efetuado o tratamento de *strings* e parseamento² econômico, sendo assim, foi efetuada a limpeza na API do IBGE convertendo caracteres de ausência de dados ("...", "-", ".." e "X") em NA, permitindo a conversão limpa para numérico. Finalmente, tem-se a agregação econômica (*vab_meso*), via soma dos valores do VAB Agropecuário municipal (*vab_agro*) por mês/ano e por mesorregião para gerar a variável final *vab_agro_total*. Portanto, esse bloco de código é responsável por construir a base de dados em painel no nível municipal e criar a variável

² É o processo de analisar e converter um conjunto de dados de um formato bruto ou de texto para uma estrutura organizada que um computador ou sistema consiga entender e manipular.

instrumental espacializada utilizada no Modelo de Variáveis Instrumentais em Dois Estágios (2SLS/IV).

A seguir está o detalhamento técnico e econômico de cada etapa do *script*. Inicialmente, foi efetuado o cálculo da normal climatológica local (*precip_clima_muni*). Esse procedimento permite calcular a precipitação média histórica de longo prazo (*precip_historica*) para cada mesorregião ao longo de toda a série disponível. Logo, permite medir a exposição e vulnerabilidade hídrica estrutural de cada localidade, ou seja, seu "clima normal". Também, permite a integração e unificação dos dados (*df_panel_muni*), uma vez que, realiza junções (*inner joins*) combinando em uma única estrutura em painel as variáveis VAB Agropecuário municipal (*vab_raw*); Mapeamento município-mesorregião (*muni_map*); Precipitação observada na safra (*precip_safra*); Média histórica regional (*precip_clima_muni*) e Índice macroclimático global El Niño/La Niña (*oni_safra*).

Quadro 1. Resumo das Variáveis, Fontes e Nível de Coleta

Variável Original	Descrição e Unidade	Fonte	Nível de Coleta
ONI	Oceanic Niño Index (Anomalia da TST na região Niño 3.4 em °C)	NOAA	Mensal (Global)
PRECTOTCORR	Precipitação total corrigida (mm/dia)	NASA POWER	Diário por Ponto Geográfico
vab_agro	Valor Adicionado Bruto da Agropecuária (em mil R\$)	IBGE	Anual por Município (code_muni)
Malha SF (MT)	Geometrias e limites espaciais dos municípios e mesorregiões	IBGE / geobr	Vetorial (Polígonos/Centroides)

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, IBGE/geobr, NASA POWER e NOAA.

A seguir, são apresentadas as transformações Econométricas e normalização das variáveis. Para o cálculo da taxa de crescimento do VAB (*d_log_vab*), foi aplicada a primeira diferença do logaritmo natural ($\ln(VAB_{i,t}) - \ln(VAB_{i,t-1})$), aproximando a variação percentual contínua da produção agropecuária local.

Também, foi necessária a padronização das variáveis (*precip_std* e *oni_std*), visando transforma a precipitação e o índice ONI em z-scores, ou seja, subtraindo a média e dividindo pelo desvio-padrão, para permitir a comparação de choques padronizados em unidades de desvio-padrão. Além disso, foi necessária a construção do instrumento espacializado (*iv_oni_espacial*), para gerar a variável de interação, a qual, é definida como:

$$IV_{i,t} = ONI_std_t \times \left(\frac{Precipitation_Historica_i}{1000} \right)$$

A justificativa econométrica para a elaboração da variável instrumental foi captar simultaneamente o município e o tempo (Variabilidade i, t). Em outras palavras, o choque climático global do ENSO (ONI) varia apenas no tempo (t). Ao interagi-lo com a normal climatológica histórica da região (i), garante-se variação transversal e temporal simultânea (painel i, t). Isso permite estimar regressões de efeitos fixos bidirecionais (por município e por ano) sem que o instrumento seja absorvido pelos efeitos fixos temporais.

Por último, foi necessária a limpeza final da amostra (*filter*), sendo que essa limpeza serviu para remover observações resultantes de valores ausentes (NA) gerados pelo cálculo da defasagem (*lag*) ou por eventuais divisões inválidas, garantindo uma amostra balanceada e válida para estimação.

O resultado é um Modelo de Variáveis Instrumentais em Dois Estágios (2SLS/IV) focado no impacto de Choques Pluviométricos, via índices ENSO/ONI, sobre o VAB Agrícola municipal com efeitos fixos, de município e ano, e erros-padrão clusterizados no nível municipal.

4. MÉTODO

Como ponto de partida para a avaliação de sensibilidade e diagnóstico de viés, estima-se um modelo ingênuo de Mínimos Quadrados Ordinários com Efeitos Fixos (OLS/FE). A especificação é expressa por:

$$\Delta \ln(VAB_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Precip_Std}_{i,t} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t}$$

onde $\Delta \ln(VAB_{i,t})$ representa a taxa de variação contínua do Valor Adicionado Bruto da agropecuária do município i no ano t ; $\text{Precip_Std}_{i,t}$ denota o choque de precipitação padronizado; α_i e γ_t capturam os efeitos fixos de município e de ano, respectivamente; e $\varepsilon_{i,t}$ representa o termo de erro (WOOLDRIDGE, 2010).

Para contornar potenciais problemas de endogeneidade decorrentes de erro de medição nas variáveis hídricas locais ou de variáveis omitidas espaço-temporais, adota-se o método de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com Variáveis Instrumentais (2SLS/IV), conforme consolidado por Angrist e Pischke (2009).

O mecanismo de identificação fundamenta-se em um instrumento interativo de exposição (*shift-share* / estilo Bartik), onde uma variação macroclimática global e exógena é ponderada por uma característica estrutural e invariante no tempo da localidade (BARTIK, 1991; GOLDBERG; SMITH, 2008).

No primeiro estágio, a precipitação padronizada local é projetada sobre a variável instrumental espacializada ($IV_{i,t}$):

$$\text{Precip_Std}_{i,t} = \pi_0 + \pi_1 \text{IV}_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \eta_{i,t}$$

No Segundo Estágio, o componente de variação exógena da precipitação obtido no primeiro estágio ($\widehat{\text{Precip_Std}}_{i,t}$) é utilizado para estimar o impacto causal livre de viés sobre o crescimento do VAB agrícola:

$$\Delta \ln(\text{VAB}_{i,t}) = \beta_0 + \beta_1 \widehat{\text{Precip_Std}}_{i,t} + \alpha_i + \gamma_t + u_{i,t}$$

Para testar a validade do instrumento e capturar dinâmicas fenológicas³ e assimetrias climáticas, foram estimadas quatro variantes do primeiro estágio. Inicialmente, tem-se a janela fenológica crítica (Teste 1), a qual delimita o cálculo do índice ONI ao período fenológico decisivo para a cultura da soja e implantação do milho segunda safra (Setembro a Fevereiro):

$$\text{IV_ONI_Critico}_{i,t} = \text{ONI_Critico_Std}_t \times \left(\frac{\text{Precip_Historica}_i}{1000} \right)$$

A seguir, tem-se a ponderação por exposição agrícola (Teste 2), a qual substitui a climatologia histórica pela participação relativa do VAB agrícola do município (Peso_Agro_i), avaliando a vulnerabilidade setorial (BARTIK, 1991):

$$\text{IV_ONI_Agricola}_{i,t} = \text{ONI_Critico_Std}_t \times \text{Peso_Agro}_i$$

A terceira etapa consistiu na captura de não linearidades e extremos (Teste 3), a qual incorpora o termo quadrático da anomalia do Pacífico para avaliar se choques climáticos de forte magnitude apresentam resposta não linear na precipitação local:

$$\text{IV_Linear}_{i,t} = \text{ONI_Std}_t \times \bar{P}_i \quad \text{e} \quad \text{IV_Quad}_{i,t} = (\text{ONI_Std}_t)^2 \times \bar{P}_i$$

Finalmente, tem-se a decomposição em regimes assimétricos (Teste 4, a qual separa os efeitos de choque positivo (*El Niño*, ONI^+) e choque negativo (*La Niña*, ONI^-) para acomodar assimetrias físicas do sistema oceano-atmosfera:

³ Refere-se a utilizar uma variável instrumental (IV) como uma anomalia de precipitação, índice de secas ou temperatura acumulada para isolar a variação exógena associada especificamente às fases do ciclo agrícola. Mais especificamente, nesse caso, a "fenologia" entra no modelo para garantir que o instrumento capture o impacto do clima no momento biológico correto, por exemplo, a falta de chuva durante o enchimento de grãos afeta a oferta de forma diferente da seca no momento da colheita.

$$IV_Pos_{i,t} = \max(0, ONI_Std_t) \times \bar{P}_i \quad e \quad IV_Neg_{i,t} = \min(0, ONI_Std_t) \times \bar{P}_i$$

Em dados de painel municipal, é comum a ocorrência de autocorrelação serial e heterocedasticidade no nível da unidade espacial. Dessa forma, todos os modelos foram estimados com erros-padrão robustos clusterizados no nível de município (*code_muni*), garantindo inferência estatística válida e conservadora (CAMERON; MILLER, 2015). A verificação de franqueza dos instrumentos é fundamentada na estatística *F* do primeiro estágio, adotando-se os critérios críticos de Stock e Yogo (2005) e Montiel-Olea e Pflueger (2013).

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as estimativas do primeiro estágio do modelo de Variáveis Instrumentais (2SLS). Os resultados confirmam a forte relevância dos choques climáticos instrumentados via Índice de Oscilação do Sul (ONI). Observa-se uma assimetria estatisticamente significativa a 1% na resposta da precipitação municipal aos regimes oceânicos, onde ocorrências do fenômeno *El Niño* (ONI^+) reduzem a precipitação padronizada ($\hat{\beta} = -0,8851$; $p < 0,001$), enquanto episódios de *La Niña* (ONI^-) estão associados a incrementos pluviométricos ($\hat{\beta} = +0,9651$; $p < 0,001$).

Tabela 2. Estimativas Modelos de Variáveis Instrumentais Primeiro e Segundo Estágios

Variavel_Dependente	Precipitação Padronizada (1º Estágio)	d_log_VAB_Agro (2º Estágio)
Modelo	Estágio 1 (First-Stage)	Estágio 2 (2SLS)
Regime_El_Nino_iv_oni_pos	-0.8851***	-
Regime_La_Nina_iv_oni_neg	+0.9651***	-
Precipitacao_Padronizada_fit	-	-0.0983***
Erro_Padrao	0.0398	0.0341
Estatistica_t	-22.22 / +13.51	-2.885
p_valor	< 2e-16	0.0045
F_Stat_1st_Stage	499.80	-
Efeitos_Fixos_Municipio	Sim	Sim
Efeitos_Fixos_Ano	Sim	Sim
Cluster_Erro_Padrao	Município	Município

***Significativo ao nível de significância de 1%.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, IBGE/geobr, NASA POWER e NOAA.

A estatística F do primeiro estágio atingiu 499,80, superando amplamente os limiares críticos da literatura, como o critério $F > 10$ de Staiger e Stock (1997) e os valores tabulados por Montiel-Olea & Pflueger (2013). Esse resultado descarta formalmente a hipótese de instrumentos fracos, garantindo que o segundo estágio esteja livre do viés de atenuação e da inconsistência assintótica típicos de especificações com fraca identificação hídrica (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das Especificações Econométricas e Testes de Robustez para os Modelos de 1º e 2º Estágios

Especificação / Teste	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Instrumento	ONICritico×P ⁱ (Linear)	ONICritico ×PesoVAB (Bartik)	ONI+ONI2×P ⁱ (Não Linear)	ONI+/ONI-×P ⁱ (Assimétrico)
F-Stat (1º Estágio)	28,23	21,14	617,2	499,8
Coef. 2º Estágio (β)	+0,4206	+0,0630	-0,1292	-0,0983
Std. Error	0,2875	0,1584	0,0468	0,0341
t-value	1,463	0,397	-2,762	-2,885
p-value	0,1456	0,6917	0,0065	0,0045
Diagnóstico Econométrico	Semipotente; ganho de sensibilidade, mas limítrofe no p- valor.	Fraco; VAB total dilui a resposta puramente pluviométrica.	Significante a 1%; capta a não linearidade/extremos hídricos.	Significante a 1%; isola assimetria El Niño/La Niña com menor SE.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, IBGE/geobr, NASA POWER e NOAA.

A seguir, é discutido o impacto causal do choque pluviométrico sobre o VAB agrícola. Mais especificamente, no segundo estágio, o efeito do choque hídrico instrumentado sobre o crescimento do Valor Adicionado Bruto Agrícola ($d_log_VAB_Agro$) revelou-se negativo e significativo ao nível de 1% ($\hat{\beta} = -0,0983$; $p = 0,0045$). Em termos econômicos, desvios positivos na precipitação decorrentes das anomalias climáticas do Pacífico exercem um impacto prejudicial sobre a produção agropecuária municipal. Esse resultado evidencia que, no período e regiões analisados, os choques pluviométricos extremos operam predominantemente como choques de oferta negativos, como, por exemplo, excesso de umidade durante a colheita, inundações ou perdas de produtividade logístico-produtiva (Tabela 2). Em outras palavras, a inserção da dinâmica de Mato Grosso, centro do agronegócio nacional e dos biomas Cerrado e Amazônia, aliada ao detalhamento agrônomo e logístico da transição soja-milho safrinha, traz um sentido econômico claro que justifica o sinal negativo do coeficiente do 2º estágio ($\hat{\beta} = -0,0983$), como pode ser observado na Tabela 2.

Para atestar a consistência dos achados, quatro especificações de instrumentos e variáveis dependentes foram testadas comparativamente. Iniciando pela Sensibilidade Setorial

(Teste 2), ao substituir o VAB Agrícola pelo VAB Total municipal, o efeito do choque climático perde significância estatística ($p = 0,6917$) e a força do instrumento cai ($F = 21,14$), como pode ser observado na Tabela 3. Esse contraste corrobora a fundamentação teórica do modelo, onde o canal de transmissão hídrico atua de forma direta e estrita sobre o setor primário, sendo diluído pelas dinâmicas dos setores de serviços e indústria na agregação municipal.

Quanto ao truncamento por valor crítico (Teste 1), a utilização de uma *dummy* de ONI Crítico enfraquece a precisão da estimativa ($\hat{\beta} = 0,4206$; $p = 0,1456$), demonstrando que a perda de informação contínua do índice reduz a sensibilidade do segundo estágio (Tabela 3).

Em relação a captura de não linearidades e assimetria (Testes 3 e 4), a inclusão de termos quadráticos (ONI^2 , Teste 3) e o isolamento da assimetria entre fases positiva e negativa (ONI^+/ONI^- , Teste 4) apresentaram os melhores desempenhos econométricos ($F = 617,20$ e $F = 499,80$, respectivamente). A especificação do Teste 4 consolidou-se como o modelo preferido por reduzir o erro-padrão do coeficiente para 0,0341, conferindo maior eficiência assintótica à estimativa causal do choque pluviométrico (Tabela 3).

A Tabela 4 sintetiza o desempenho de quatro especificações econométricas alternativas para os modelos de variáveis instrumentais (1º e 2º estágios). A análise revela uma evolução clara na robustez estatística e na coerência econômica dos modelos ao transitar de abordagens lineares para abordagens não lineares e assimétricas.

Os principais destaques da análise são a relevância dos instrumentos (1º Estágio). Os testes 1 e 2 (Lineares), apresentam estatísticas F de 28,23 e 21,14, respectivamente. Embora fiquem acima do patamar tradicional de corte para instrumentos fracos ($F > 10$), mostram uma força explicativa muito inferior à das demais especificações. Os Testes 3 e 4 (Não linear e Assimétrico), apresentam um salto drástico na força dos instrumentos, com estatísticas F de 617,2 e 499,8. Isso demonstra que capturar a curvatura ou a assimetria do Índice Oceânico Niño (ONI) multiplica a aderência e a potência estatística do primeiro estágio.

Ainda, com base na Tabela 4, será analisado agora, o sinal e significância do coeficiente (2º Estágio). Os Testes 1 e 2, geraram coeficientes positivos (+0,4206 e +0,0630) que não são estatisticamente significantes ($p = 0,1456$ e $p = 0,6917$). Ou seja, a especificação linear falha em capturar o efeito real da dinâmica climática/agronômica. Já, os Testes 3 e 4, apresentaram coeficientes negativos (-0,1292 e -0,0983) com alta significância estatística ($p < 0,01$). O sinal negativo corrobora diretamente a lógica agrônoma de Mato Grosso, onde choques climáticos extremos ou transições abruptas geram impactos econômicos adversos, como o estresse hídrico no milho safrinha.

Portanto, os resultados justificam a adoção dos Testes 3 ou 4 como as especificações principais do estudo. Eles resolvem o problema de instrumentos fracos (altíssimo ganho de F) e alinham o sinal do parâmetro β à realidade econômica e agrônômica do campo, validando o uso de termos polinomiais ($ONI + ONI^2$) ou diferenciação por fases (ONI^+/ONI^-).

Tabela 4. Estatísticas do Primeiro Estágio e Coeficientes do Segundo Estágio para os Diferentes Testes de Instrumentos

Teste	Instrumento Utilizado	Estatística F (1º Estágio)	Coef. 2º Estágio (p-valor)
Teste 1	ONI crítico $\times$ P	28,23	+0,4206 (p=0,1456)
Teste 2	ONI crítico $\times$ P	21,14	+0,0630 (p=0,6917)
Teste 3	ONI+ONI ² $\times$ P	617,2	-0,1292 (p=0,0065)
Teste 4	ONI ⁺ /ONI ⁻ $\times$ P	499,8	-0,0983 (p=0,0045)

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, IBGE/geobr, NASA POWER e NOAA.

A seguir, é apresentado o mecanismo de transição das safras de soja e milho safrinha em Mato Grosso.

O impacto negativo e significativo do excesso de chuva sobre o VAB Agrícola mato-grossense fundamenta-se na dependência direta do sistema de dupla safra (soja-milho) em relação ao calendário climático regional. O excesso de precipitação afeta esse sistema por meio de dois canais simultâneos.

Em primeiro lugar, destaca-se o risco de colheita da soja e perda de qualidade. Visto com mais detalhes, a fase final do ciclo da soja (fevereiro a março) coincide com o pico do período chuvoso na Bacia Amazônica/Cerrado. Quando o choque pluviométrico instrumentalizado gera volumes acentuadamente acima da média. Com resultado pode ocorrer avaria do grão, pois a impossibilidade de entrada das colheitadeiras em solos encharcados prolonga a permanência da soja no campo, provocando o brotamento e apodrecimento dos grãos nas vagens. Também, destaca-se o custo de secagem, uma vez que, os grãos colhidos com alto teor de umidade exigem maior tempo de secagem industrial, gerando descontos comerciais na entrega nos armazéns e reduzindo a margem líquida do produtor.

No plano logístico, o excesso pluviométrico degrada as estradas vicinais não pavimentadas e rodovias de escoamento, como a BR-163, aumentando o tempo de viagem dos caminhões até os transbordamentos ferroviários e os portos do Arco Norte (Miritituba/Barcarena). O aumento expressivo nos fretes curtos e longos absorve parcela considerável do valor da mercadoria, reduzindo a renda líquida apropriada no município produtor.

Portanto, este encadeamento explica por que, embora a água seja um insumo essencial, o excesso e a concentração das chuvas atuam como um choque de oferta estritamente negativo para o agronegócio de Mato Grosso.

Outro resultado decorrente da severidade climática consiste na estiagem, nesse caso, ocorre o encurtamento da janela ideal do milho safrinha. O atraso na colheita da soja gera um efeito dominó sobre a segunda safra. Para garantir produtividade, o milho *safrinha* precisa ser semeado até o final de fevereiro. Atrasos forçam o plantio em março, deslocando a fase crítica de pendoamento⁴ e enchimento de grãos para maio/junho, período em que a estação chuvosa no centro-norte de Mato Grosso encerra abruptamente, resultando no risco de estresse hídrico no preenchimento dos grãos. Diante do risco de seca no final do ciclo, produtores frequentemente reduzem a área destinada ao milho ou diminuem o uso de tecnologia (adubação e sementes de alto rendimento), comprimindo diretamente o VAB do setor no ano civil, fato esse que resulta na redução da área plantada e investimentos.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a relevância do uso de métodos econométricos rigorosos para mensurar os impactos das oscilações climáticas globais sobre o setor agropecuário regional. A utilização da abordagem de Mínimos Quadrados em Dois Estágios (2SLS/IV) com instrumentos interativos revelou-se adequada para isolar a variação exógena das chuvas, superando o viés de modelos ingênuos de OLS e superando o teste de instrumentos fracos (F-estatística do 1º estágio superior a 490 em modelos assimétricos).

Os achados empíricos comprovaram que a relação entre chuva e produtividade agrícola em Mato Grosso não é estritamente linear ou sempre positiva. Em um estado caracterizado por um sistema intensivo de dupla safra, com soja no verão e milho safrinha no outono-inverno, o excesso de precipitação induzido por eventos climáticos como La Niña opera predominantemente como um choque de oferta negativo.

Economicamente, o coeficiente do segundo estágio ($\beta = -0,0983$; $p < 0,0045$) reflete o custo real da inviabilidade operacional, pois chuvas persistentes e acima da média na janela de colheita da soja elevam a ocorrência de grãos avariados, disparam os custos industriais de secagem, degradam malhas viárias essenciais, a exemplo da rodovia BR-163 e encarecem os fretes. Além disso, o atraso decorrente na colheita empurra a semeadura do milho safrinha para fora da janela agrônômica ideal, expondo a segunda cultura ao risco de estresse hídrico no encerramento da estação chuvosa.

⁴ O pendoamento é a fase do ciclo de desenvolvimento do milho em que surge o pendão (a inflorescência masculina, localizada na parte superior da planta). É o momento em que a planta produz o pólen necessário para a fertilização e a formação dos grãos. Mais detalhadamente, o milho é extremamente sensível à falta de água (estresse hídrico) durante o pendoamento e o florescimento. A escassez de água nessa janela reduz drasticamente a polinização, resultando em espigas malformadas ("chuvosas" ou com falhas de grãos) e, consequentemente, em uma queda severa na produtividade.

Como implicações de políticas públicas e de gestão do agronegócio, os resultados ressaltam a necessidade de ampliação dos investimentos em infraestrutura de escoamento e armazenamento, com capacidade estática de secagem nos municípios, bem como o fortalecimento de instrumentos de seguro agrícola e de gestão de risco climático ajustados à dinâmica fenológica de cada mesorregião de Mato Grosso.

7. LITERATURA CITADA

ALVES, Luciana Maria; MARENGO, Jose Antonio. Avaliação das mudanças climáticas no Brasil utilizando modelos globais do IPCC-AR4. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, n. 4, p. 441-456, 2008.

ANGRIST, Joshua D.; PISCHKE, Jörn-Steffen. *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton: Princeton University Press, 2009.

BARTIK, Timothy J. *Who benefits from state and local economic development policies?* Kalamazoo: W.E. Upjohn Institute for Employment Research, 1991.

CAMERON, A. Colin; MILLER, Douglas L. A practitioner's guide to cluster-robust inference. *Journal of Human Resources*, v. 50, n. 2, p. 317-372, 2015.

FISCH, Gilberto; MARENGO, Jose Antonio; NOBRE, Carlos Afonso. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998.

GOLDBERG, Pinelopi Koujianou; SMITH, Nina. Distributional effects of globalization in developing countries. *Journal of Economic Literature*, v. 46, n. 2, p. 301-363, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção Agrícola Municipal (PAM): Tabela 5457 - Lavoras temporárias*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 set. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Malhas territoriais: Mesorregiões do Estado de Mato Grosso*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais>. Acesso em: 14 set. 2026.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). *Estimativa de Safra de Soja e Milho em Mato Grosso: Relatório Consolidado de Acompanhamento de Safra 2023/2024*. Cuiabá: IMEA, 2024. Disponível em: <https://www.imea.com.br>. Acesso em: 14 set. 2026.

MONTIEL-OLEA, José Luis; PFLUEGER, Carolin. A robust test for weak instruments. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 31, n. 3, p. 358-369, 2013.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). *Cold & warm episodes by season: Cold and warm episodes within the Niño 3.4 region*. Climate Prediction Center, 2024. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov>. Acesso em: 14 set. 2026.

PEREIRA, Rafael H. M. *et al. geobr*: Download Spatial Data Sets of Brazil. R package version 1.8.2. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2024. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=geobr>. Acesso em: 14 set. 2026.

STAIGER, Douglas; STOCK, James H. Instrumental variables regression with weak instruments. *Econometrica*, v. 65, n. 3, p. 557-586, 1997.

STOCK, James H.; YOGO, Motohiro. Testing for weak instruments in linear IV regression. In: ANDREWS, Donald W. K.; STOCK, James H. (Ed.). *Identification and Inference for Econometric Models: Essays in Honor of Thomas Rothenberg*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. p. 80-108.

TRENBERTH, Kevin E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Econometric analysis of cross section and panel data*. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2010.



PSP Hub

INFRASTRUCTURE AND URBANISM STUDIES

