






# Crédito rural e mitigação climática: evidências do Programa ABC no Brasil

## *Rural credit and climate mitigation: evidence from the ABC Program in Brazil*

Filomena Nádia Rodrigues Bezerra<sup>1</sup> , José de Jesus Sousa Lemos<sup>1</sup> , Vitor Hugo Miro Couto Silva<sup>1</sup> , Kilmer Coelho Campos<sup>1</sup> , Fernando Antônio Teixeira Mendes<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza (CE), Brasil.

E-mails: nadiabezerra@ufc.br; lemos@ufc.br; vitormiro@ufc.br; kilmer@ufc.br

<sup>2</sup>Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Belém (PA), Brasil. E-mail: ceplaccacau@gmail.com

**Como citar:** Bezerra, F. N. R., Lemos, J. J. S., Silva, V. H. M. C., Campos, K. C., & Mendes, F. A. T. (2026). Crédito rural e mitigação climática: evidências do programa abc no brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 64, e301905. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2026.301905>

**Resumo:** Os sistemas agrícolas tradicionais são desafiados a conciliar ganhos em produtividade com múltiplas dimensões da sustentabilidade, colocando em pauta os efeitos das mudanças climáticas. Ante essa conjuntura, este artigo objetiva mensurar o impacto do Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC) sobre o valor bruto da produção agrícola por emissão de gases do efeito estufa no Brasil. Ademais pretende-se averiguar o nível de distribuição de crédito disponibilizado por este instrumento nas diferentes regiões brasileiras. Recorreu-se ao método de controle sintético para tal propósito. Os resultados evidenciaram que o impacto do Programa ABC, mensurado pelo *gap* entre a unidade tratada (Brasil) e o seu controle sintético (Argentina, Austrália, Canadá, China, Estados Unidos, Índia, Indonésia, México e Tailândia), durante o período de intervenção (2010-2019), exibiu efeito positivo no indicador analisado. Evidencia-se que houve uma concentração na concessão de crédito rural para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, que receberam em torno de 31,37% e 29,65%, respectivamente. Em síntese, a formulação de políticas climáticas deve priorizar a capacitação técnica dos agricultores e a disseminação de práticas conservacionistas, mitigadoras e adaptativas às regiões mais vulneráveis aos efeitos climáticos.

**Palavras-chave:** agricultura de baixo carbono, crédito rural, políticas climáticas, método de controle sintético, Brasil.

**Abstract:** Traditional agricultural systems are challenged to reconcile productivity gains with multiple dimensions of sustainability, bringing to the forefront the effects of climate change. In this context, this article aims to measure the impact of the Low-Carbon Agriculture Program (Programa ABC) on the gross agricultural production value per greenhouse gas emission in Brazil. Additionally, it seeks to examine the level of credit distribution provided by this instrument across different Brazilian regions. The synthetic control method was employed for this purpose. The results showed that the impact of the ABC Program, measured by the gap between the treated unit (Brazil) and its synthetic control (Argentina, Australia, Canada, China, the United States, India, Indonesia, Mexico, and Thailand), during the intervention period (2010–2019), exhibited a positive effect on the analyzed indicator. It is evident that there was a concentration of rural credit allocation in the Center-West and Southeast regions, which received around 31.37% and 29.65%, respectively. In summary, climate policy design should prioritize farmers' technical training and the dissemination of conservation, mitigation, and adaptation practices in regions that are most vulnerable to climate impacts.

**Keywords:** low carbon agriculture, rural credit, climate policies, synthetic control method, Brazil.

## 1 Introdução

A agricultura engloba atividades desafiadoras, uma vez que esta lida com fatores de considerável complexidade, muitas vezes difíceis de gerenciar ou de serem previstos, o que, por



sua vez, influencia significativamente o panorama global. Nessa perspectiva, em decorrência do progresso tecnológico nos sistemas de produção agropecuária, houve avanço do cultivo de alimentos e incremento de terras agrícolas.

Essa conjuntura vem se intensificando desde a Revolução Verde, que partiu do cenário considerado rudimentar para um rural moderno e tecnológico, em decorrência da inserção de tecnologia e insumos agrícolas mais eficientes. O campo tornou-se palco para inúmeras transformações, não só em termos de eficiência técnica, bem como em dimensões social, econômica, ambiental, institucional, entre outras.

Dada essa condição vigente, o grande desafio permeia a incompatibilidade entre os sistemas agrícolas tradicionais e a sustentabilidade socioambiental. Ante esse fato, torna-se impreterível o desenvolvimento de modalidades alternativas de produção e consumo de bens agrícolas, sobretudo, de alimentos. Além disso, cabe mencionar, ainda, que há um agravante que provém das mudanças climáticas, as quais estão emergindo como uma grande ameaça à agricultura, à segurança alimentar e ao sustento de milhões de pessoas (Adams et al., 1998; Baldos & Hertel, 2014; Olesen & Bindi, 2002; Ortiz-Bobea, 2019).

Sob esse âmbito, estudos mostram que as mudanças climáticas serão ainda mais problemáticas para a produção agrícola, caso não haja adaptação, enquanto a vulnerabilidade poderá ser aliviada com medidas adaptativas (Deschênes & Greenstone, 2007; Field et al., 2014; Mendelsohn et al., 1994; United Nations Environment Programme, 2020). Na concepção de Lu et al. (2019), fatores como inovação em tecnologia agrícola, garantia de mecanismos de políticas, aumento da disponibilidade de água e investimentos em construções conservacionistas são capazes de mitigar efeitos negativos sobre os recursos hídricos agrícolas até certo limite.

Vale frisar que, condições climáticas extremas, como potentes tempestades, geadas, altas pressões de ventos e altas temperaturas, têm elevada influência na agricultura. Nisso, espera-se no longo prazo, que os padrões de temperatura e precipitação transformem as estações de produção, padrões de pragas e doenças, sejam capazes de modificar o conjunto de safras viáveis que afetarão a produção, os preços, as produtividades e, em última instância, os meios de subsistência (Brasil, 2010; Field et al., 2014; United Nations Environment Programme, 2020). Nesse sentido, para Donatti et al. (2019), à medida que os governos estão se conscientizando dos impactos das mudanças climáticas, muitos estão intensificando o desenvolvimento de políticas adaptativas voltadas aos pequenos agricultores.

Em virtude da tendência global, na 15ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP15) em 2009, sediada em Copenhague na Dinamarca, o Governo brasileiro estabeleceu o compromisso de reduzir entre 36,1% e 38,9% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) até 2020 (Brasil, 2012). No mesmo período foi sancionada a Lei nº 12.187, instituindo a Política Nacional de Mudança do Clima - PNMC (Brasil, 2009). Além disso, foi estabelecido o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), em 2010 (Brasil, 2010).

Com destaque para a linha de crédito destinada ao Programa ABC que completou sua primeira fase (2010-2020), tem-se a necessidade de avaliar o cenário rural durante a sua atuação. Compreender o contexto das práticas agrícolas mitigadoras e adaptativas às mudanças climáticas, que possibilite políticas públicas direcionadas às peculiaridades regionais, uma vez que se deve respeitar as heterogeneidades entre as regiões do Brasil. Nesse âmbito, esta pesquisa contempla a discussão acerca dos efeitos do Programa ABC no Brasil. Desse modo, ressaltam-se alguns questionamentos: I) O subsídio ao crédito para a adoção de práticas mitigadoras de GEE estabelecido pelo Programa ABC é uma estratégia adequada para a transição da agricultura de baixo carbono no Brasil?; e II) A maior concentração de crédito proveniente do Programa ABC está sendo destinada às áreas mais vulneráveis às mudanças climáticas?

Logo, as hipóteses que fundamentam esta pesquisa são:  $H_1$  - Apesar da iniciativa da primeira etapa do Programa ABC, o seu efeito na agricultura brasileira não foi positivo; e  $H_2$  - Os recursos do Programa ABC estão contemplando as regiões mais vulneráveis do Brasil. Nessa perspectiva, este trabalho objetiva avaliar o impacto do Programa ABC sobre o valor da produção agrícola por emissão de GEE no Brasil. Ademais, pretende-se analisar o nível de distribuição de crédito disponibilizado por este instrumento nas regiões brasileiras.

Impende frisar-se que o surgimento de novas agendas políticas relacionadas à adaptação às mudanças climáticas e ao desenvolvimento sustentável, auferem ênfase, paulatinamente, desde os anos de 1990. Nessa condição, a pesquisa ora sob relato justifica-se pela relevância da temática às discussões da literatura da área, bem como na formulação de políticas públicas ligadas aos aspectos climáticos, que visem reduzir os riscos na produção alimentar, sobretudo, na vida do produtor rural.

Além desta Introdução, este artigo se estrutura com outras cinco seções. Na segunda, está organizada a Fundamentação Teórica acerca do delineamento do Plano ABC no Brasil. O terceiro módulo seccional corresponde à descrição dos procedimentos utilizados na Metodologia para mensurar o objetivo proposto, ao passo que, na quarta, estão descritos os Resultados e Discussão. A quinta seção, reporta-se às Considerações Finais, finalizando com as referências bibliográficas às quais se recorreu para assentar teórica e empiricamente a investigação.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 O Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) no Brasil

Em decorrência do empenho internacional em demandar estratégias sustentáveis que viabilizassem menores impactos ambientais, econômicos e sociais, diversos países, assim como o Brasil, instauraram planos e programas conectados aos acordos internacionais. Desde a Rio 92, o país protagoniza o debate internacional acerca do desenvolvimento sustentável, ao assumir acordos de redução e de mitigação de suas emissões de GEE (Manzatto et al., 2020).

Nesse âmbito, em 2009, durante a COP15, o Brasil declarou o compromisso de reduzir as emissões de GEE em até 38,9%, até 2020, estimando o volume de redução em torno de um bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO<sub>2</sub>e) (Brasil, 2012). Na ocasião, o país lançou a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), aprovada pela Lei nº 12.187/2009, ela definiu a redução de emissões (mitigação) e da vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos (adaptação) como base para alcançar os compromissos nacionais (Brasil, 2009). As negociações da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) continuam com muitos desafios, bem como na última COP29 ocorrida em Baku, Azerbaijão. Apesar de somarem vinte e nove (29) edições, as metas continuam distantes de serem atingidas.

Nesse período, foi elaborado o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), sob o Decreto nº 7.390, que regulamentou os arts. 6, 11 e 12 da PNMC (Brasil, 2010, 2012). Em sua primeira fase, 2010 a 2020, baseou-se no mapeamento e na definição de tecnologias e práticas de manejo adotadas pelos produtores, as quais geram benefícios em termos de redução de emissões de GEE, aumento de produtividade e adaptação às mudanças climáticas (Brasil, 2012).

A Tabela 1 representa os compromissos definidos pelo Plano ABC, correspondentes a sua primeira fase. Nesse âmbito, o Plano ABC foi estruturado em sete Programas, além dos apresentados na Tabela 1 tem a adaptação às mudanças climáticas.

**Tabela 1.** Processo tecnológico, compromisso nacional e potencial de mitigação via redução de emissão de GEE (milhões de Megagramas - Mg de CO<sub>2</sub>e).

| Processo tecnológico                 | Compromisso (área/uso)     | Potencial de mitigação (Milhões de Mg CO <sub>2</sub> e) |
|--------------------------------------|----------------------------|--|
| Recuperação de pastagens degradadas  | 15,0 milhões ha            | 83 a 104   |
| Integração lavoura-pecuária-floresta | 4,0 milhões ha             | 18 a 22  |
| Sistema plantio direto               | 8,0 milhões ha             | 16 a 20  |
| Fixação biológica de nitrogênio      | 5,5 milhões ha             | 10   |
| Florestas plantadas                  | 3,0 milhões ha             | -  |
| Tratamento de dejetos animais        | 4,4 milhões m <sup>3</sup> | 6,9  |
| Total de redução prevista até 2020   | -                          | 133,9 a 162,9  |

Fonte: Brasil (2012).

Quanto ao Programa ABC, tem a finalidade de fornecer crédito rural e de propiciar melhor uso da terra e geração de renda no meio rural (Gianetti & Ferreira Filho, 2021). Reporta-se que o Programa ABC foi formatado para atender à agricultura empresarial, isto é, produtores rurais e suas cooperativas, uma vez que os agricultores familiares estão sendo financiados por outras linhas de crédito, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Pronaf Eco e o Pronaf Floresta (Mendes, 2014; Zu Ermgassen et al., 2018).

Para Manzatto et al. (2020), estes compromissos promovem a adoção de tecnologias e sistemas produtivos sustentáveis, compatíveis com os diferentes tipos de produtores rurais, adotando indicadores relativos ao crescimento da capacidade adaptativa e à mitigação das emissões de GEE, como forma de prestar contas à sociedade dos resultados das políticas públicas, relativas às mudanças climáticas com ênfase no setor agropecuário.

Nesse aspecto, Carauta et al. (2018) questionam a ausência de clareza nos documentos divulgados, no tocante aos sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Constatou-se que, em uma área florestal com 10 hectares (ha), a ideia é ter pelo menos um 1 ha de floresta integrada com a pecuária. Os autores acrescentam que, o crédito do Programa ABC, não tem se mostrado determinante para a adoção de sistemas integrados no Estado de Mato Grosso, em virtude de a decisão de concessão de crédito ser determinada pelos gerentes de bancos credenciados que, geralmente, não estão aptos a realizar esse diagnóstico adequadamente. Já Navarro & Neves (2020), em análise ao Estado da Bahia, apontaram que a execução do Plano ABC ocorre, majoritariamente, em territórios com elevado dinamismo econômico, restando uma maior parcela do Estado com baixo acesso a esses recursos, a minoria possuindo maior estímulo às técnicas de transição a uma agropecuária menos intensiva em carbono.

Gianetti & Ferreira Filho (2021) mencionam que a distribuição de recursos do Programa ABC tem concentração regional e nos sistemas de Recuperação de pastagens degradadas (RPD), Sistema plantio direto (SPD), Florestas plantadas (FP) e iLPF. Ou seja, há concentração de 65% para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Nos municípios com alta aptidão agrícola, foi apontada maior correlação do crédito com o desempenho econômico e agropecuário quando comparada às áreas de pastagens degradadas.

Nessa vertente, Silva & Vieira Filho (2020) apontaram que o impacto do Programa ABC sobre a produção por emissões de GEE no setor agropecuário brasileiro foi nulo no período pós-intervenção. Alertaram ainda para a necessidade de aperfeiçoamento, custos com aprendizado e de transição associados à adoção de novas práticas agrícolas, além das barreiras burocráticas.

Dada a literatura, entende-se que há lacunas que não foram resolvidas na primeira fase do Plano ABC (2010-2020), as quais terão a oportunidade de serem aprimoradas, sob distintos

aspectos, já que o Plano ABC+ (2020-2030) foi lançado em abril de 2021, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A nova fase tenciona, além de outras metas, promover a integração da paisagem como marco conceitual, estimulando a gestão integrada de propriedades rurais e a eficiência dos recursos naturais.

Embora, os resultados divulgados na literatura (Lima et al., 2020; Manzatto et al., 2020; Telles et al., 2021) no tocante às metas atingidas pelo Plano ABC sejam positivos, torna-se relevante frisar que há disparidades regionais quanto à aquisição de crédito, concentração para determinadas regiões, delimitação de áreas prioritárias, implementação de recursos, bem como capacitação técnica e transferência de tecnologia, sobretudo quando se trata de agricultores familiares.

De maneira concisa, a literatura que retrata a avaliação de impactos do Programa ABC na mitigação de GEE configura-se ainda como restrita. De modo geral, os estudos se destinam a analisar os aspectos qualitativos e descritivos dos dados, alusivos às metas mitigadoras das emissões de GEE. Nesse contexto, trabalhos como os de Gianetti & Ferreira Filho (2021), Larcher (2016), Leal (2016), Lima et al. (2020), Manzatto et al. (2020), Telles & Righetto (2019) e Telles et al. (2021), entretanto, não associam os indicadores designados a parâmetros de impacto do programa.

### 3 Metodologia

#### 3.1 Área de estudo, descrição das variáveis e fonte dos dados

Para aplicação do método de controle sintético (Abadie & Gardeazabal, 2003; Abadie, Diamond & Hainmueller, 2015), torna-se crucial à elaboração de um painel com informações *ex ante* e *ex post* ao período de tratamento do Programa ABC no Brasil. As estimações foram realizadas por intermédio do pacote estatístico “R” (The R Foundation, 2023).

Os critérios utilizados para escolha dos países do grupo de controle são: I) países que mais emitiram GEE, em 2019 (Global Carbon Atlas, 2022; Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database, 2022); II) países que compõem o *ranking* dos maiores exportadores agropecuários mundiais (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database, 2022); III) *ranking* dos países que detém alta eficiência técnica produtiva no setor agrícola; e IV) países que não possuem política ou legislação semelhante ao Programa ABC. Dadas essas condições, os países elegíveis foram: Austrália, Argentina, Canadá, China, Estados Unidos, Índia, Indonésia, México e Tailândia. Esses países foram comparados à unidade tratada, o Brasil.

O período de análise foi de 1991 a 2019, no qual  $1991 \leq T_0 < 2010$ , período de pré-tratamento. Segundo Xu (2017), quanto maior o período de pré-tratamento, mais adequado será o desempenho do modelo quanto ao ajuste entre a trajetória observada e o grupo de controle. O período de tratamento foi de 2010 a 2019. Nesse âmbito, se faz relevante mostrar as definições das variáveis analisadas, as quais integram o Quadro 1.

Em complemento à avaliação do impacto do Programa ABC, foi analisado o nível de distribuição de crédito nas diferentes regiões brasileiras. Os dados foram tomados junto ao Banco Central do Brasil (Banco Central do Brasil, 2022) por meio do Departamento de Regulação, Supervisão e Controle das Operações do Crédito Rural e do Proagro (DEROP) e do Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (SICOR) e do Observatório ABC, compreendendo o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2021, justifica-se devido a disponibilidade dos dados.

**Quadro 1.** Descrição das variáveis selecionadas para análise.

| Variável de resultado                        | Definição   | Fonte  |  |
|--|---|--|--|
| Produção por emissões de GEE da agropecuária | Valor bruto da produção agropecuária (em 1000 US\$*) para cada país a preços internacionais sobre as emissões de GEE da agropecuária (em gigatoneladas de carbono equivalente - Gt CO <sub>2</sub> e)   | Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2022)  |  |
| Covariáveis                                  | Definição   | Fonte  |  |
| Produção pecuária                            | Efetivo de rebanhos - total de cabeças de gado, galinhas, cabras/bodes, ovelhas e porcos (cab.)   | Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2022)  |  |
| Consumo de fertilizantes                     |   |  |  |
| Uso de agrotóxicos                           | Total de herbicidas, inseticidas, pesticidas, fungicidas e bactericidas destinado ao uso agrícola (t)   | Climatic Research Unit gridded Time Series version 4.05 - CRU TS v. 4.05 (University of East Anglia, 2022); National Oceanic and Atmospheric Administration (2022) |  |
| Terras agrícolas                             | Área agrícola total, cultivada com lavouras temporárias, permanentes e com pastagens (em 1000 hectares - Kha)   |  |  |
| Estoque de carbono florestal                 | Reserva de carbono na biomassa viva em áreas florestais (em milhões de toneladas - Mt)  |  |  |
| Precipitação pluviométrica                   | Precipitação pluviométrica anual (em milímetros - mm)   |  |  |
| Temperatura                                  | Temperatura média em graus Celsius (°C)   |  |  |
| Mão de obra                                  | Emprego na agropecuária, compreende o número de pessoas em idade economicamente ativa (em 1000 pessoas)   |  | Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2022); World Bank (2022) |
| Capital humano                               | Índice elaborado a partir da média de anos de escolaridade, interpolada linearmente entre as observações, segundo Caselli (2005), Barro e Lee (2013), ponderado pelo respectivo retorno à educação (ensino primário, secundário e superior) em cada ano |  | Feenstra, Inklaar & Timmer (2015); Penn World Table version 10.0 (Penn World Table, 2022)  |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

**Nota:** \*As variáveis expressas em dólares (US\$) foram deflacionadas com o *Consumer Price Index - CPI* (U.S. Department of Labor Bureau of Labor Statistic, 2021), deflator estadunidense para o ano-base 2019.

### 3.2 Estimação de impacto sob a perspectiva do método de controle sintético (MCS)

O método de controle sintético (MCS) foi desenvolvido por Abadie & Gardeazabal (2003) e Abadie et al. (2015), no qual estima o efeito de tratamento para abordar questões contrafactuais envolvendo apenas uma unidade tratada, como é o caso em análise. Este método consiste em adotar uma média ponderada das unidades de controle (países não tratados) e estimar

com os efeitos do tratamento para cada período de pós-tratamento. Para Athey & Imbens (2017), o MCS é apontado como a inovação substancial na literatura de avaliação de impacto nos últimos anos.

Consiste, em elaborar, para o Brasil - um “Brasil sintético”, composto pela média ponderada de países que não receberam a intervenção do programa, neste caso: Argentina, Austrália, Canadá, China, Estados Unidos, Índia, Indonésia, México e Tailândia.

Para tanto, considere  $Y_{j,t}^0$  como o resultado potencial que seria observado para a unidade  $j$  no período  $t$  se não houvesse tratamento para  $j \in \{1, \dots, J+1\}$  e  $t \in \{1, \dots, T\}$ . Desse modo, seja  $Y_{j,t}^1$  o potencial resultado com o tratamento. No caso do país tratado, têm-se o indicador de interesse ( $Y_{i,t}^1$ ), produção por emissões de GEE da agropecuária, do país  $j$  no período  $t$ . Já  $Y_{i,t}^0$  é o indicador de interesse caso não tenha ocorrido a intervenção do Programa ABC. Dada as considerações, estima-se o efeito de tratamento  $\alpha_{i,t}$ , conforme a Equação 1.

$$\alpha_{i,t} = Y_{i,t}^1 - Y_{i,t}^0 \tag{1}$$

A versão sintética do Brasil pode ser estimada supondo que  $Y_{i,t}^0$  (Equação 2) seja:

$$Y_{i,t}^0 = \beta_t X_i + \lambda_t \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

em que  $X_i$  é um vetor de variáveis que determinam a produção por emissões de GEE da agropecuária (considerando seus parâmetros  $\beta_t$  associados),  $\mu_i$  é um vetor de efeitos específicos dos países não tratados que compõem o *donor pool* (com seus parâmetros  $\lambda_t$  associados) e  $\varepsilon_{it}$  representa o termo de erro, contendo choques idiossincráticos.

Considere um vetor ( $J \times 1$ ) de pesos atribuídos para cada país do *donor pool*,  $W = [w_2, \dots, w_{J+1}]' \in \mathbb{R}^J$  com  $w_j \geq 0$  para  $j \in \{2, \dots, J+1\}$  e  $\sum_{j=2}^{J+1} w_j = 1$  (Abadie et al., 2015). Então, cada valor do vetor  $W$  representa uma provável combinação de pesos para o “Brasil sintético”, ou seja, a média ponderada dos países no *donor pool*, que se aproxima ao país tratado no período pré-intervenção ( $T_0$ ). Nesta pesquisa, o período de pré-intervenção foi de 1991 a 2009, enquanto a fase de tratamento contemplou de 2010 a 2019.

Para o período  $t$  (com  $t \geq T_0$ ), o efeito de tratamento do estimador de controle sintético ( $\hat{\alpha}_{it}$ ) é dado pela comparação entre o resultado da unidade tratada e o resultado para o controle sintético naquele período, como exibe a Equação 3:

$$\hat{\alpha}_{it} = Y_{it}^1 - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} \tag{3}$$

Nesta pesquisa, pode-se utilizar  $\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt}$  como estimador de  $Y_{it}^0$  (contrafactual). A intuição por trás disso consiste em averiguar, não necessariamente, a igualdade, mas sim que haja um vetor  $W$  como valores aproximados. Abadie & L’Hour (2021), Abadie & Gardeazabal (2003), Abadie et al. (2015) estabeleceram  $W^*$  como o valor de  $W$ , capaz de minimizar o erro quadrático médio de previsão (*Mean Squared Prediction Error – MSPE*) da diferença entre a produção por emissões de GEE da agropecuária do Brasil e de sua versão sintética no período de pré-intervenção.

No tocante à inferência, Abadie & Gardeazabal (2003), Abadie et al. (2010) propõem testes de placebo. Essa etapa, nesta pesquisa, consiste em realizar uma série de testes de placebo “no espaço” (aplicar o tratamento em unidades não tratadas) e “no tempo” (aplicar o tratamento em períodos diferentes do que, de fato, ocorreu), e teste de permutação (no qual inclui todos os países para confrontar com o efeito de tratamento para o Brasil).

O teste de permutação afere a razão do MSPE. O efeito do tratamento é considerado significativo quando sua proporção é extrema relativamente à distribuição da permutação. Nesse contexto, os autores propõem aferir a razão entre o MSPE pós-intervenção e o MSPE pré-intervenção, tanto para a unidade tratada quanto para as unidades de controle. Desse modo, espera-se que, quanto maior a razão do MSPE, maior o indício do impacto do programa em análise.

Assim,  $p$  é a probabilidade de se obter a razão do MSPE maior do que a unidade de intervenção. A intuição por trás do cálculo do  $p$  é rejeitar a hipótese nula de nenhum efeito se ele for menor que o nível de significância pré-especificado (Ferman et al., 2020). Em síntese, os testes aqui propostos são recomendados para tornar os resultados do MCS mais robustos e, assim, possibilitar uma inferência mais confiável que promova melhor interpretação das estimações.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Elaboração de uma versão sintética do Brasil

A versão sintética do Brasil foi elaborada a partir dos pesos estimados para os valores que melhor representam o valor bruto da produção por emissões de GEE na agropecuária. As covariáveis utilizadas estão listadas na Tabela 2, juntamente com seus valores médios para o Brasil, referentes aos países que compõem o controle sintético.

**Tabela 2.** Valores médios das covariáveis do período de pré-tratamento para o Brasil e para a sua versão sintética.

| Variáveis   | Brasil | Controle sintético | Média da amostra |
|---|--------|--------------------|------------------|
| Produção pecuária (cab.)  | 20,803 | 20,621             | 20,115           |
| Consumo de fertilizantes (t)  | 15,686 | 15,068             | 15,234           |
| Uso de agrotóxicos (t)  | 12,521 | 9,018              | 11,520           |
| Terras agrícolas (Kha)  | 12,343 | 11,011             | 11,804           |
| Estoque de carbono florestal (Mt)                                       | 10,930 | 9,337              | 8,618            |
| Precipitação pluviométrica (mm)   | 7,486  | 7,592              | 6,736            |
| Temperatura (F)   | 4,354  | 4,169              | 4,063            |
| Mão de obra (mil pessoas)   | 9,390  | 10,022             | 8,718            |
| Capital humano (índice)   | 0,718  | 0,854              | 0,955            |
| Produção por emissões de GEE da agropecuária (U\$/Gt CO <sub>2</sub> e) | 17,722 | 17,758             | 19,306           |

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

**Nota:** As variáveis foram transformadas em logaritmo. A temperatura em Fahrenheit (F), para evitar problemas na aplicação do logaritmo.

A Tabela 2 exprime que, de modo geral, as covariáveis dos dois grupos em análise indicaram comportamentos semelhantes. Há ressalvas à mão de obra e ao capital humano que mostraram as médias das covariáveis superiores às do Brasil real.

Essa contabilização dos fatores supera as expectativas se considerar as emissões em todo o processo produtivo: antes, dentro e fora da porteira. Isso devido aos inúmeros processos

interligados às cadeias produtivas do setor agropecuário, como: os insumos utilizados (agrotóxicos e fertilizantes); práticas agrícolas adotadas (preparo e correção do solo, plantio direto, cultivo mínimo, sistema de irrigação, entre outras); atividade pecuária, bem como a interferência do estoque de carbono na biomassa viva em áreas florestais, um indicador do poder de absorção do CO<sub>2</sub>e.

O Brasil revelou uma média superior de estoque de carbono comparada ao grupo de controle, equivale a maior área coberta por espécies florestais. Segundo os dados da Global Forest Watch (2022) de 2002 a 2021, entretanto, o Brasil perdeu 27,8Mha de floresta primária úmida, representando 46% de sua perda total de cobertura arbórea no mesmo período. Essa perda ocorreu em áreas onde os fatores dominantes resultaram em desmatamento, com intensificação de incêndios e mudanças do uso do solo.

De 2001 a 2021, o Brasil perdeu cerca de 62,8Mha da cobertura arbórea, equivalente a uma diminuição de 12%, o que corresponde a 14% do total global. O País ocupou a segunda posição do ranque global, ficando atrás apenas da Rússia (76,0Mha), em terceiro lugar o Canadá (46,6Mha), seguido dos Estados Unidos (44,3Mha) e Indonésia (28,6Mha) (Global Forest Watch, 2022).

Nesta análise, as variáveis terras agrícolas (ha) e estoque de carbono florestal (Mt) foram usadas como *proxy* do desmatamento. Desse modo, quanto maior a transformação de áreas para atividades agrícolas, menor será o estoque de carbono florestal. A Tabela 3 reporta-se aos pesos que cada país do grupo de controle recebeu para a elaboração do Brasil sintético.

**Tabela 3.** Pesos dos países que contribuíram para a versão sintética do Brasil.

| País           | Pesos do controle sintético (w) |
|----------------|---------------------------------|
| Argentina      | 0,000                           |
| Austrália      | 0,000                           |
| Canadá         | 0,127                           |
| China          | 0,055                           |
| Estados Unidos | 0,039                           |
| Índia          | 0,000                           |
| Indonésia      | 0,779                           |
| México         | 0,000                           |
| Tailândia      | 0,000                           |

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

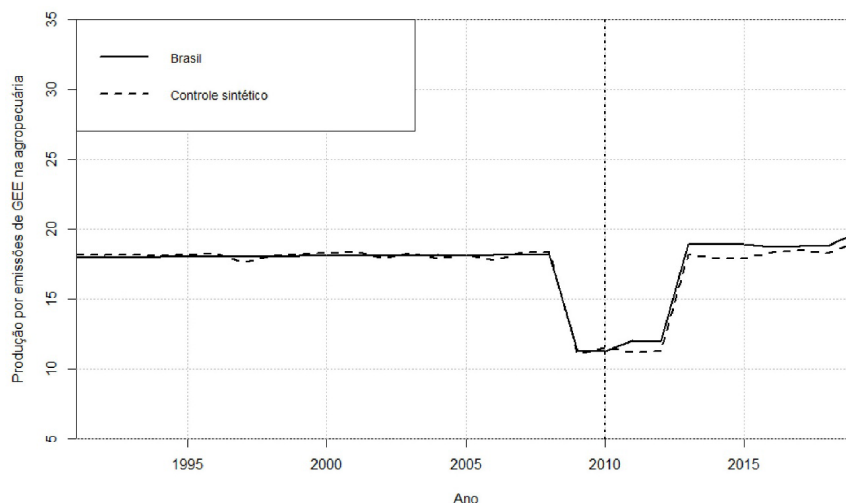
Dos países da Tabela 3, apenas quatro receberam peso (w) maior do que zero no período de pré-intervenção. Eles são: Canadá (0,1266), China (0,0547), Estados Unidos (0,0393) e Indonésia (0,7793). Esses valores correspondem aos países que mais contribuíram para o controle sintético em comparação ao Brasil. Os demais exibiram valores próximos a zero, considerando mais casas decimais. Conforme Tabela 3, o país que mostrou o maior peso foi a Indonésia, ou seja, o país que mais se aproxima ao Brasil, no contexto da construção do grupo sintético.

#### 4.1.1 O efeito do Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC) no Brasil

A Figura 1 mostra o itinerário da produção por emissões de GEE do setor agropecuário no Brasil e seu controle sintético, representado pelo valor bruto da produção por emissões de CO<sub>2</sub>e. Portanto, a equivalência leva em conta o potencial de aquecimento global (GWP) dos gases envolvidos e calcula quanto de CO<sub>2</sub> seria emitido se todos os GEE fossem emitidos como esse gás (United States Environmental Protection Agency, 2022).

Preliminarmente, nota-se que, no período pré-intervenção, os países do grupo sintético reproduziram satisfatoriamente o comportamento do Brasil real, com desvios muito pequenos. Dada a trajetória, sinaliza-se que os países do grupo de controle exibiram bons ajustamentos.

Sob a óptica do MCS, esse procedimento tem a finalidade de encontrar a trajetória aproximada do indicador de interesse, em que a unidade tratada supostamente teria seguido caso não tivesse passado pela intervenção do Programa ABC. Logo, a diferença (*gap*) entre as trajetórias compreende-se como o efeito do tratamento (Figura 1).



**Figura 1.** Evolução real e contrafactual da produção por emissões de GEE da agropecuária: Brasil *versus* controle sintético.

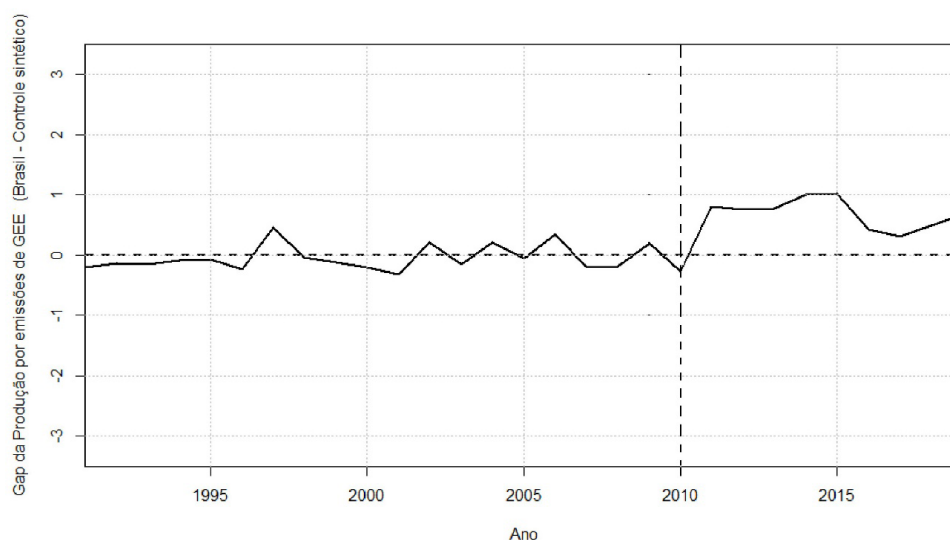
**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

No período pós-intervenção (2010-2019), observa-se o contrário: a trajetória do Brasil descola-se do comportamento dos países do controle sintético. Desde 2010, o deslocamento da curva referente ao Brasil se distanciou um pouco do grupo sintético. Ressalta-se que, no período 2009-2012, os países exibiram uma queda na variável de resultado. Isso implica afirmar que as emissões foram elevadas, ou seja, os países tiveram que emitir mais GEE para se atingir uma produção desejada, na contramão das metas.

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012), a elevação do valor da alimentação nos anos de 2007/2008 gerou conflitos em inúmeros países em desenvolvimento. Com isso, os preços recuaram na safra seguinte, em parte, por causa da crise financeira mundial, devido a quebra do banco Lehman Brothers em 2008. A queda retratada (Figura 2) é explicada pelo fato de grande parte dos mercados agrícolas apresentarem intensas elevações de preços por quebras de safra no mundo, provocadas por problemas climáticos. Com reduzidos estoques em muitas *commodities*, como açúcar, café e milho, os mercados ficaram ainda mais sujeitos a choques de oferta com a redução na área plantada e, consequentemente, redução no valor bruto da produção. A realidade foi se modificando em 2013, com o aumento expressivo desse indicador capaz de alterar bruscamente a trajetória (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012).

A Figura 2 representa o *gap* entre o Brasil e os países do controle sintético, ou seja, mostra o efeito médio do tratamento após a intervenção do Programa ABC. No ano de 2010 houve um efeito negativo ( $\widehat{\alpha}_{it} < 0$ ) na variável de resultado. Esse desempenho configura-se como dentro da normalidade, já que exprime baixa distribuição de crédito. Posteriormente, em

2011, ocorreu um comportamento ascendente no efeito de tratamento, sendo válido ressaltar que a produção por emissões de GEE no setor agropecuário do Brasil real teve uma elevação superior ao grupo de controle.



**Figura 2.** Diferença entre a produção por emissões de GEE na agropecuária (Brasil e o controle sintético).

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

Diante da Figura 2, constatou-se que o efeito da intervenção do Programa ABC, detém uma trajetória que oscila entre efeitos negativo (em 2010) e positivo (de 2011 a 2019). Os resultados implicam que, durante o período de intervenção analisado houve um efeito positivo no aumento do valor bruto da produção por emissões de GEE do setor agropecuário. Embora tenha expressado efeito positivo, estes resultados devem ser interpretados com parcimônia, uma vez que é possível haver outros fatores condicionantes ou mesmo outros países passíveis de comparação com o Brasil.

Na literatura, alguns trabalhos avaliaram os efeitos do Programa ABC, porém, eles apontaram efeitos tanto positivos quanto negativos. Esses resultados divergentes são explicados em razão da natureza da análise, pela limitação dos dados, pelo grupo de países comparados, ou mesmo por efetivar uma análise no plano estadual, não permitindo assim inferir sobre as demais Unidades Federativas brasileiras. O diferencial desta pesquisa está em aferir o efeito do Programa ABC adicionando variáveis relacionadas a mudança do uso da terra, bem como a explanação do perfil de distribuição do crédito entre regiões.

Faz sentido salientar que o Plano ABC, em si, não determinou com clareza, durante a sua primeira fase (2010-2020), os mecanismos e as tecnologias mais adequados para se atingirem as metas estabelecidas. Isso dificulta até mesmo para os agricultores, bem como às agências bancárias quanto a aprovação do crédito.

Ao avaliarem o Programa ABC no Mato Grosso, Carauta et al. (2018) apontaram que o crédito não tem sido determinante à adoção de sistemas integrados. Nessa perspectiva, Costa Júnior et al. (2019) concluíram que o investimento em práticas produtivas, como implantação, recuperação e manejo adequado das pastagens denota potencial mitigador de GEE em Santa Catarina. Estes resultados corroboram com esta pesquisa.

Diferentemente, Silva & Vieira Filho (2020) ao avaliarem o Programa ABC, comparando o Brasil com Argentina, Austrália, China, Índia e Estados Unidos (grupo de controle), no período

de 2000 a 2015, apontaram que o impacto do programa foi nulo no período pós-intervenção, sendo os custos com aprendizado e transição associados à adoção de novas práticas agrícolas, barreiras econômicas e questões burocráticas, foram alguns dos fatores que influenciaram os resultados aquém do esperado.

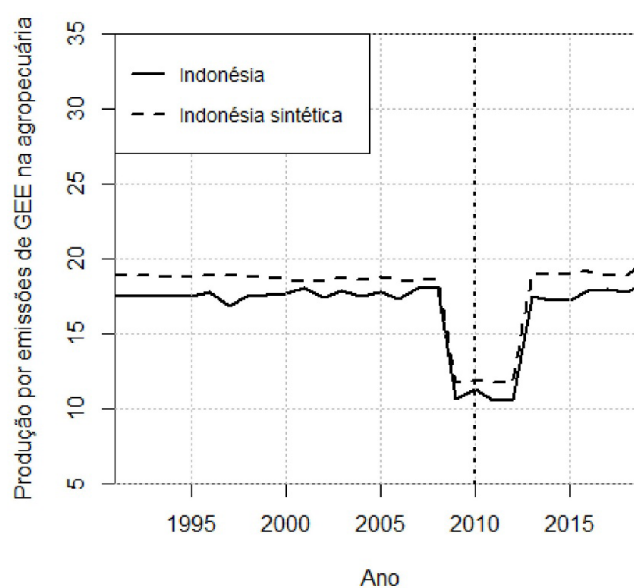
Outro ponto relevante nesta discussão é o fato de que apenas o acesso ao crédito não é o suficiente para a promoção de uma agricultura sustentável com potencial mitigador de GEE. É necessário investir em capacitação e assistência técnica, uma vez que o acesso à educação por parte dos agricultores beneficiados pelo Programa ABC possui um poder transformador no campo, desde que seja bem conduzido pelos órgãos responsáveis. Entender o ambiente no qual o agricultor vive é o primeiro ponto a ser levado em consideração, já que as tecnologias devem ser adaptadas a cada realidade, respeitando as peculiaridades regionais. Contudo, a resistência à adoção de novas tecnologias por parte dos agricultores mais tradicionais ainda se configura como um fator limitante, pois essa mudança de paradigma é um processo lento que depende de ações direcionadas que conduzam o entendimento para o cenário atual.

#### 4.1.2 Inferência: testes de placebo

Nesta seção, foi conduzida uma série de testes de placebo, com vistas a assegurar a significância estatística e a robustez dos resultados estimados. Para tanto, foram mostrados os testes de placebo no espaço, no tempo, teste de permutação e a razão do erro quadrático médio de previsão (MSPE).

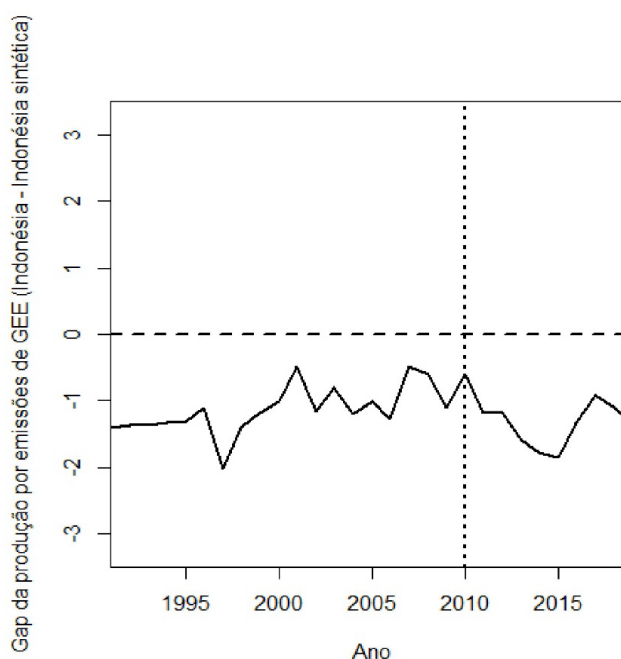
Preliminarmente, foi realizado o teste de placebo no espaço. Esse teste consiste em utilizar como unidade tratada um país que não foi objeto da intervenção do Programa ABC comparado aos não tratados, considerando-se o mesmo indicador de interesse e o mesmo ano do suposto tratamento.

Dada a perspectiva do MCS, a inferência estatística no tocante aos resultados alcançados, proposta por Abadie & Gardeazabal (2003) e Abadie et al. (2015), embasa-se pelos testes de placebo. Nessa conjuntura, a Figura 3 reproduz o teste de placebo no espaço, no qual considera como unidade tratada a Indonésia.



**Figura 3.** Teste de placebo: Indonésia *versus* Indonésia sintética.  
**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

Já a Figura 4 denota o *gap* entre a produção por emissões de GEE na agropecuária na Indonésia e o seu controle sintético.



**Figura 4.** *Gap* do efeito de tratamento entre a Indonésia real e sua versão sintética.  
**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

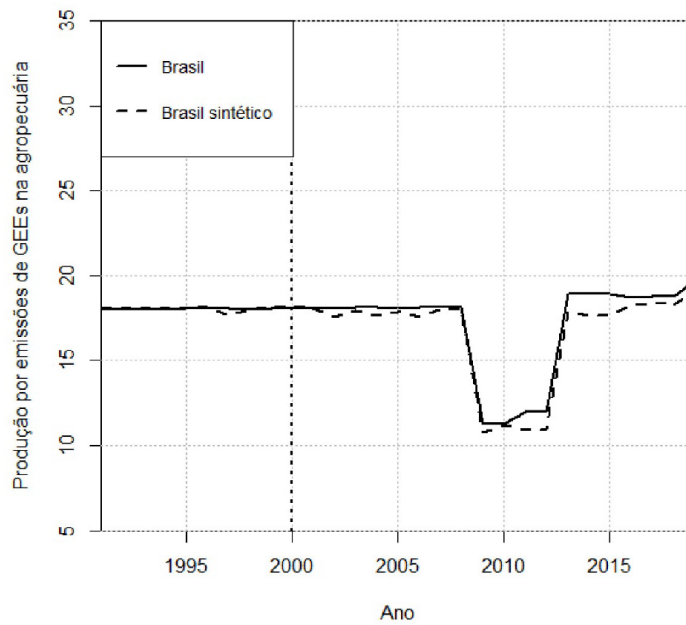
Observa-se que, apesar de a Indonésia se mostrar semelhante ao Brasil, em termos de parâmetros comparativos referentes ao controle sintético, esse país não teve efeito do Programa ABC, já que não houve a intervenção da política. A trajetória retratada na Figura 3 mostra que a Indonésia real está abaixo de sua versão sintética em ambos os períodos, implicando afirmar que não houve efeito do tratamento na variável de resultado. A Figura 4 confirma que o efeito de tratamento foi negativo no período de pós-tratamento na Indonésia, diferentemente do caso brasileiro. Nessa perspectiva, Silva & Vieira Filho (2020), ao aferirem o impacto do Programa ABC, apontaram a Índia no teste de placebo, em seus resultados não se observou efeito na variável de interesse, bem como na presente análise.

Já na Figura 5, o teste de placebo no tempo, consiste em realizar o mesmo procedimento convencional do MCS, porém com o deslocamento para o ano 2000, como o início da intervenção do Programa ABC.

O *gap* entre o Brasil real e o Brasil sintético é analisado com o teste de placebo temporal para o ano 2000 (Figura 6). Um grande efeito placebo lança dúvidas sobre a afirmação de que o resultado ilustrado nas Figuras 1 e 2 seja o efeito causal real do Programa ABC. A Figura 6 mostra que tal divergência não foi encontrada, implica dizer que não houve mudança na trajetória, mesmo mudando o período de início da intervenção.

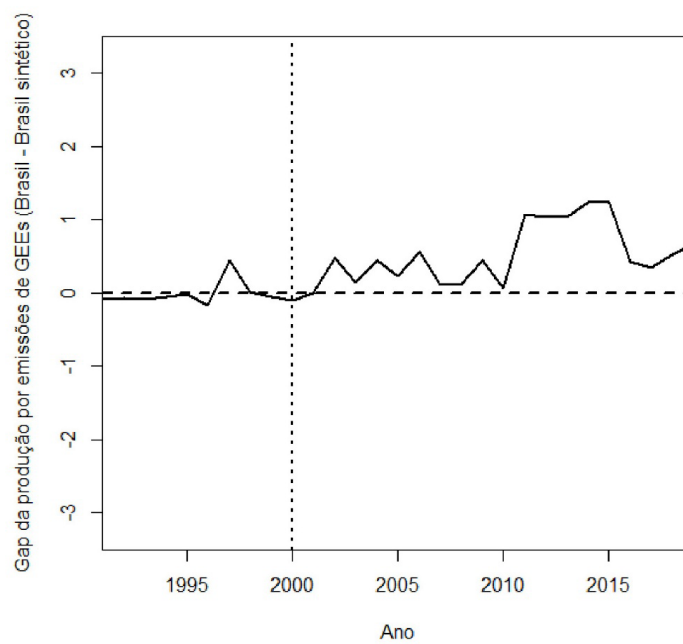
O impacto do Programa ABC no Brasil no período de pós-tratamento é negativo apenas para o ano de 2010, porquanto de 2011 a 2019 o programa obteve um efeito positivo (Figura 7). O teste visual da distribuição de placebo aponta que, para o período de pós-tratamento, o programa no Brasil exibiu um efeito significativo. As linhas cinzas representam a lacuna associada a cada uma das nove execuções do teste. Ou seja, as linhas cinzas mostram

a diferença na variável de resultado entre cada país do controle e sua respectiva versão sintética. A linha preta sobreposta denota a diferença estimada para o Brasil. De acordo com a Figura 7, o *gap* estimado para o Brasil é relativamente grande em relação à distribuição dos *gaps* para os países do controle, tendo apenas um país que obteve um nível acima do que realmente foi tratado com o programa.



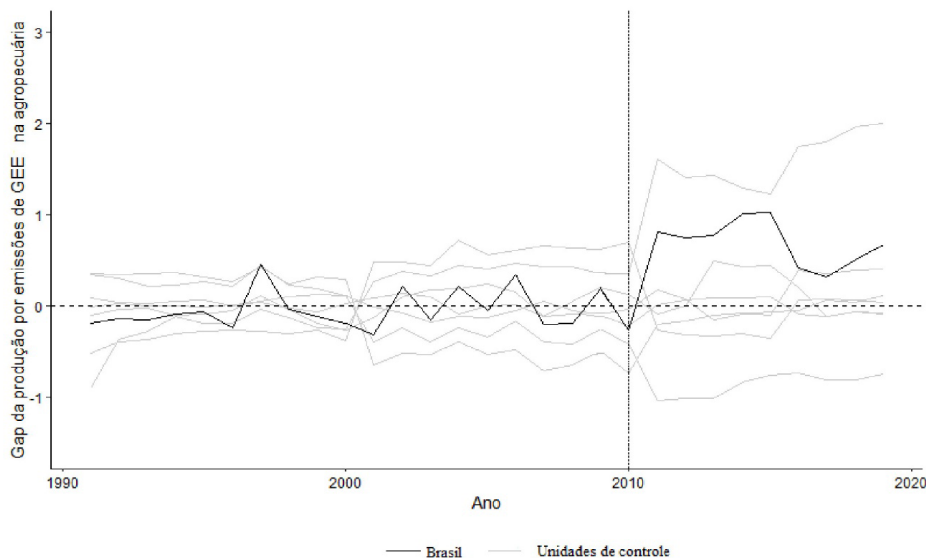
**Figura 5.** Teste de placebo temporal.

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.



**Figura 6.** *Gap* do efeito de tratamento entre o Brasil real e sua versão sintética (início em 2000).

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

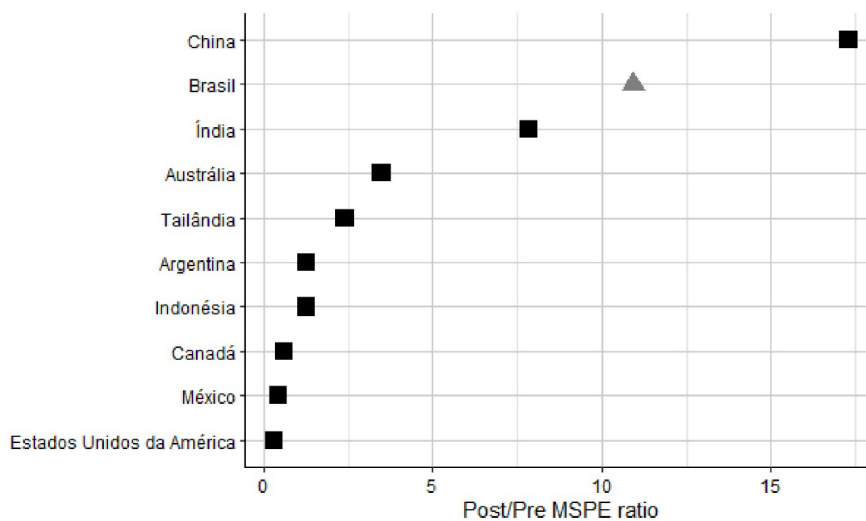


**Figura 7.** Teste de permutação: *Gap* da produção por emissões de GEE da agropecuária entre o Brasil e o *gap* do placebo do grupo de controle.

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

Desse modo, ranqueiam-se os resultados dos países e calcula-se o *p*-valor latente que é concedido, portanto, pelo número de países que mostraram um efeito superior ao do país tratado com o Programa ABC no período pós-intervenção. Nessa concepção, como a amostra da presente pesquisa é composta por dez países, o menor valor assumido por *p* foi de 0,1 (1/10). Esse resultado indigita uma rejeição marginal da hipótese nula de nenhum efeito, dado o pequeno tamanho da amostra.

Para mensurar a qualidade do pareamento, fez-se uso da razão entre o erro quadrático médio - MSPE pós e pré-intervenção para todos os países da amostra. Esse método é apontado como mais robusto, uma vez que considera a qualidade do ajuste pré-intervenção para todos os países (Figura 8).



**Figura 8.** Razão entre o erro quadrático médio (MSPE) pós e pré-tratamento: Brasil e o grupo de controle sintético.

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos resultados da pesquisa.

A razão do MSPE entre pós e pré-intervenção chega, por exemplo, a 11 no Brasil, enquanto o maior valor observado foi de 17 para a China. Além deste, a Índia também exibiu uma elevada razão MSPE (8), o valor médio da razão MSPE foi de 3,88 para as unidades de controle. Há ressalvas para a China, já que o país em questão não adotou o Programa ABC e, contrariamente às suas metas, este país ocupa posição de destaque no ranque como o maior emissor global de GEE no período de pós-intervenção, fator que põe em pauta a corrente contrária da pretensão de uma política que promova a agricultura de baixa emissão de carbono.

Abadie et al. (2015) mencionam que um método inferencial mais adequado é, justamente, a razão do MSPE pós-tratamento/pré-tratamento. Desse modo, com a execução do teste, não é necessário realizar o descarte de países e, portanto, esse teste é vantajoso quando se tem um número pequeno de unidades de controle, como é o caso desta pesquisa.

Já Ferman et al. (2020) apontam que a inexistência de uma regra clara adotada pela literatura para selecionar as variáveis utilizadas para o pareamento do controle sintético, sobretudo, no tocante à inclusão ou não de defasagens da variável dependente, torna o modelo propenso à procura de especificações que expressem resultados satisfatórios, por parte do pesquisador. Para tanto, na presente pesquisa, essa missão foi cumprida, ao realizar os testes necessários para se provar a robustez dos resultados.

Ao concluir os testes de placebo, assegura-se que o MCS sobra adequado para aferir o impacto do Programa ABC no Brasil, ou seja, demonstra robustez dos resultados estimados. Em suma, no período de pós-intervenção, o País exibiu impacto positivo no tocante à produção por emissões de GEE no setor agropecuário, isso implica afirmar que o Brasil após o tratamento conseguiu mitigar/reduzir as emissões na agropecuária a partir do estímulo às práticas mais sustentáveis, viabilizadas pelo Programa ABC.

## 4.2 Panorama do Programa ABC no Brasil

Esta subseção apresenta a trajetória nacional e regional do Programa ABC, quanto à disponibilidade e concessão de crédito. Criado na safra 2010/2011, o programa teve o equivalente a R\$ 2,0 bilhões em recursos, apenas 1,87% do Plano Safra (R\$ 107,2 bilhões). Além deste, outros dois programas receberam recursos, como: R\$ 1,0 bilhão para o Programa de Estímulo à Produção Agropecuária Sustentável (Produsa) e R\$ 150 milhões para o Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas (Propflora), que à época eram separados do Programa ABC, inclusos no Plano Safra 2011/2012 (Brasil, 2011).

O Plano Safra 2020-2021 destinou ao Programa ABC uma cota de R\$ 2,5 bilhões, gerou uma ampliação de R\$ 400 milhões comparado ao ano-safra anterior. De acordo com o Código Florestal, essa medida teve como finalidade promover a regularização ambiental dos imóveis rurais, admitida no âmbito do Programa ABC, a possibilidade de financiamento para aquisição de cotas de reserva ambiental, para fins de compensação de Reserva Legal (RL) - complementarmente aos financiamentos destinados à recomposição de RL e às Áreas de Proteção Permanente - APPs (ABC Ambiental) (Brasil, 2020).

Nessa categoria, foi atribuída a taxa de juros de 4,5% ao ano, perdendo apenas para o Pronaf (2,75% e 4%), e de 6% para os demais. O limite de crédito por beneficiário foi de R\$ 5,0 milhões, com prazo máximo de 12 anos e carência máxima de oito anos (Brasil, 2020). Embora tenha ampliado o volume de recursos, o Programa ABC recebeu apenas 4,4% do total do Plano Safra 2020-2021, que acumulou um total de R\$ 56,92 bilhões.

Na perspectiva do Plano Safra 2021-2022, do total destinado ao crédito rural (R\$ 251,2 bilhões), apenas 2% (R\$ 5,05 bilhões) foram direcionados ao Programa ABC. Ao longo dessa

trajetória de 15 anos, os recursos ainda se conservam aquém das grandiosas metas que o Governo Federal pretende para transformar a agropecuária mais sustentável.

Segundo os dados do DEROP/SICOR (Banco Central do Brasil, 2022), cabe mencionar que, em 2013 e 2014, os subprogramas beneficiados eram muito limitados, tornando o crédito direcionado apenas à recuperação de pastagens, integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais. Outro ponto a ser citado, é que a categoria sem subprograma contemplou a maior parte do crédito concedido de 2013 a 2015. Isso abre uma brecha para os produtores investirem em outras atividades, não necessariamente as que estão regulamentadas pelo Plano ABC. Isso é dificilmente detectado, pois seria necessário um maior rigor na fiscalização dos beneficiários.

Quanto ao crédito rural concedido, no período entre 2013 e 2021, apresentou uma queda mais significativa no ano de 2016, em torno de 61,5%, quando comparado ao ano anterior. Nos anos seguintes, houve uma recuperação no aporte do crédito concedido, bem como a inserção de outros subprogramas no *roll* dos contratos financiados.

Com base na Tabela 4 é exibida a expansão das tecnologias do Plano ABC, de 2010 a 2020. Observa-se que as metas previstas foram alcançadas. A meta inicial foi de expandir a área das tecnologias em torno de 35,5 milhões de hectares, porém os resultados atingidos na primeira fase do plano (2010-2020) correspondem a uma área de 54,03 milhões de hectares, o equivalente a 152% da meta estabelecida (Brasil, 2025).

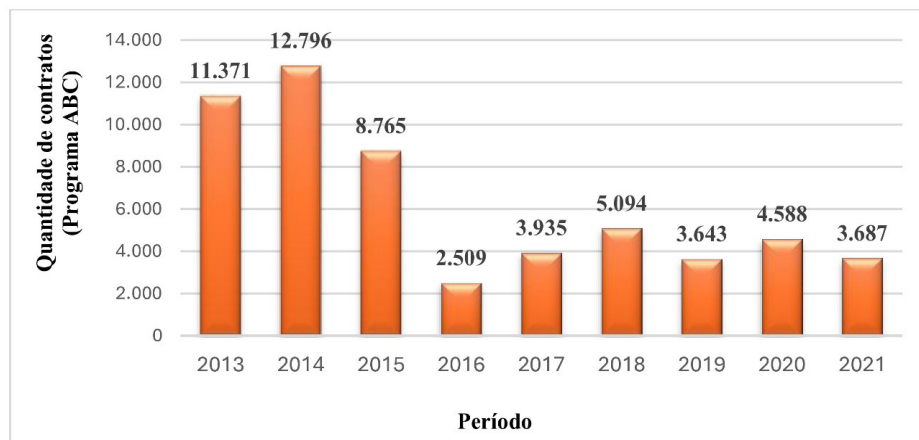
**Tabela 4.** Resultados do Plano ABC no Brasil (2010-2020): compromisso e expansão da área de tecnologias de baixa emissão de carbono no setor agropecuário.

| Tecnologias  | Em área milhões de hectares |                              |             | Mitigação milhões Mg CO <sub>2</sub> eq |   |             |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|---|---|-------------|
|              | Meta                        | Resultado                    | Alcance     | Meta                                    | Resultado                                     | Alcance     |
| RPD          | 15                          | 26,8                         | 179%        | 104                                     | 36,01   | 35%         |
| iLPF         | 4                           | 10,76                        | 269%        | 18 a 22                                 | 40,78   | 185%        |
| SPD          | 8                           | 14,59                        | 182%        | 16 a 20                                 | 26,7  | 133%        |
| FBN          | 5,5                         | 11,78                        | 214%        | 10                                      | 21,56   | 216%        |
| FP           | 3                           | 1,88                         | 63%         | -                                       | 8,82  | -           |
| TDA          | 4,4 milhões m <sup>3</sup>  | 38,34 milhões m <sup>3</sup> | 871%        | 6,9                                     | 59,81   | 867%        |
| <b>Total</b> | <b>35,5 milhões de ha</b>   | <b>54,03 milhões de ha</b>   | <b>152%</b> | <b>133 a 163</b>                        | <b>193,67 milhões de Mg CO<sub>2</sub> eq</b> | <b>119%</b> |

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos dados do MAPA (Brasil, 2025).

No que se refere ao número e valores dos contratos do Programa ABC no Brasil, 2014 foi o ano que obteve o maior aporte de recursos (R\$ 3,4 bilhões), seguido de 2021 com R\$ 2,6 bilhões. De 2013 a 2021, houve uma oscilação no comportamento dos recursos disponibilizados, tanto em quantidade quanto em valores do crédito rural concedido (Banco Central do Brasil, 2022).

Quanto ao número de contratos, 2016 atingiu a maior queda (71,37%) comparada ao ano anterior. Essa ocorreu tanto no valor total de crédito quanto nos subprogramas. De 2013 a 2015 compreendeu ao período com o maior número de contratos beneficiados pelo Programa ABC. A partir de 2016, houve uma queda brusca, redução com sequência até 2021. Embora o número de contratos tenha esse comportamento no período analisado, os valores dos contratos concedidos (Figura 9) exprimiram uma tendência de crescimento, de 2017 em diante.



**Figura 9.** Número de contratos do Programa ABC no Brasil (em R\$ bilhões).

**Fonte:** Elaborada pelos autores, com base nos dados do DEROP/SICOR (Banco Central do Brasil, 2022).

O balanço entre o crédito rural concedido e o disponibilizado pelo Programa ABC em todos os anos-safras analisados ficou com uma margem negativa, quanto aos recursos efetivamente concedidos quando comparados aos que as agências bancárias forneceram.

Nota-se que, além da aglutinação identificada nas linhas de financiamento, existe a centralização de recursos em alguns estados e regiões brasileiras. De acordo com os dados do SICOR (Banco Central do Brasil, 2022), no período de 2013 a 2020, houve uma concentração na concessão de crédito rural disponibilizado pelo Programa ABC para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, que receberam em torno de 31,37% e 29,65%, respectivamente. As regiões Norte e Nordeste receberam juntas cerca de 27,40% dos recursos e, em último lugar, ficou a região Sul, com 11,58%. Esses resultados fortalecem a rejeição da hipótese de que as regiões mais contempladas pelo Programa são as áreas mais vulneráveis, sendo na realidade o contrário e, adicionalmente as que mais emitem GEE, possuem melhores condições edafoclimáticas para a produção, bem como a capacidade financeira para investir em tecnologias, inclusive com capital próprio.

Nos casos do Norte e Nordeste, além das condições edafoclimáticas desfavoráveis, há aspectos econômicos considerados como entraves, e, além disso, há maior concentração de áreas degradadas e com baixa produtividade. No que se refere ao Nordeste, região de instabilidade climática, como solo de baixa aptidão agrícola e deficiência na assistência técnica no campo, por exemplo, teoricamente, seria uma das mais habilitadas a receber recursos do Programa ABC, assim como a região Norte, mas, na prática, essa realidade é totalmente diferente.

Esses resultados corroboram a literatura (Assad, 2015; Assad et al., 2019; Gianetti & Ferreira Filho, 2021, Telles et al., 2021), que apontam a ineficiência da alocação de recursos do Programa ABC entre as regiões brasileiras. Nota-se que, segundo os dados desta pesquisa, para a segunda fase do Plano ABC+ há a necessidade para revisão de alguns aspectos essenciais, como: metas; tecnologias sustentáveis; indicadores que serão utilizados para o acompanhamento dos beneficiários; melhoria nos critérios para distribuição do crédito; revisão das taxas de juros para os pequenos produtores e para regiões prioritárias; assistência técnica contínua e direcionada; entre outros fatores relevantes ao bom funcionamento e monitoramento do Plano ABC.

Vale frisar que durante a COP 28, em Dubai, houve lançamento do livro "*Plano ABC: Dez anos de sucesso e uma nova forma sustentável de produção agropecuária*". A publicação em questão sintetiza a trajetória da primeira década (2010-2020) do Plano ABC e os principais resultados alcançados. Além do livro, foi lançada, no portal do Mapa, em parceria com o Serviço Geral de

Processamento de Dados (Serpro) a Plataforma ABC - um sistema digital que integra o sistema de informação do plano (SINABC) (Brasil, 2023). Isso implica apontar que só após mais de uma década do seu lançamento foi instituída uma plataforma de monitoramento.

Em síntese, desenhar uma política homogênea não é a solução mais adequada para o Brasil, que detém ampla extensão territorial e peculiaridades regionais distintas. Acredita-se que, com esteio na discussão aqui retratada, vai-se ter consciência da situação de cada localidade e da realidade financeira dos agricultores, porquanto o crédito é liberado de maneira generalizada e não conforme a região. Para tanto, o apoio nas esferas municipal, distrital, estadual e federal tem papel fundamental para o sucesso do Programa ABC+.

## 5 Conclusões

Esta pesquisa transportou uma série de elementos que possibilitaram responder os questionamentos centrais deste manuscrito, proporcionando uma reflexão sobre o marco-teórico conceitual, delineando-se as políticas públicas direcionadas para os aspectos climáticos, com ênfase no Plano ABC, instrumentalizado pelo crédito concedido pelo Programa ABC no Brasil. Desse modo, este trabalho tem como objetivo central mensurar o impacto do Programa ABC sobre o valor bruto da produção agrícola por emissão de GEE no Brasil. Ademais foi averiguado o nível de distribuição de crédito disponibilizado por este instrumento nas diferentes regiões brasileiras.

Importante constatação da pesquisa revelou o efeito da intervenção do Programa ABC, mensurado pelo *gap* entre a unidade tratada (Brasil) e o seu controle sintético (Argentina, Austrália, Canadá, China, Estados Unidos, Índia, Indonésia, México e Tailândia). Os resultados indicam que o Programa ABC no Brasil, durante o período de intervenção (2010-2019), exibiu efeito positivo no aumento do valor bruto da produção por emissões de GEE do setor agropecuário.

Evidencia-se que houve uma concentração na concessão de crédito rural disponibilizado pelo Programa ABC para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, que receberam em torno de 31,37% e 29,65%, respectivamente. Esses valores referem-se ao crédito total do período de 2013 a 2020. As regiões Norte e Nordeste receberam, juntas, cerca de 27,40% dos recursos e, em último lugar, ficou a região Sul, com 11,58% de participação no rateio desses recursos. Logo, rejeita-se a hipótese de que as regiões mais vulneráveis são as mais contempladas pelo Programa.

Esta pesquisa reforça a necessidade para o acompanhamento do Programa ABC+, bem como o estabelecimento de práticas mitigadoras e adaptativas para cada região, considerando as condições edafoclimáticas, institucionais e financeiras. A formulação de políticas climáticas deve priorizar a capacitação técnica dos agricultores e a disseminação de melhores práticas que adotem os princípios da conservação, da mitigação, da adaptação e da resiliência da agricultura ao clima. Demais disso, há que se disponibilizar o crédito rural, sobretudo, para os agricultores mais vulneráveis que se localizam em regiões com maior risco de incidência de eventos climáticos extremos, como, por exemplo, a seca na região Nordeste.

Entretanto, durante o desenvolvimento desta pesquisa, identificaram-se entraves relacionados à disponibilidade e à padronização das séries históricas de dados, especialmente no tocante às informações desagregadas por região e tipologia de beneficiários, o que impôs limitações à amplitude das análises e à identificação de efeitos heterogêneos do Programa ABC. Sugere-se, para trabalhos futuros, a incorporação de bases de dados mais detalhadas, que permitam mensurar impactos diferenciados por perfil de produtor, porte da propriedade e práticas adotadas. Ademais, estudos comparativos com outros instrumentos de políticas climáticas agrícolas, tanto no Brasil quanto em países com condições similares, podem contribuir para robustecer a compreensão sobre a efetividade dessas políticas e oferecer subsídios para seu aprimoramento.

### **Contribuições dos autores:**

FNRB: Concepção e desenho do estudo, Coleta de dados, Análise e interpretação, Redação do manuscrito. JJSL: Análise e interpretação, e Revisão crítica. VHMCS: Revisão crítica. KCC: Revisão crítica. FATM: Revisão crítica.

### **Suporte financeiro:**

Filomena Nádia Rodrigues Bezerra declara ter recebido financiamento proveniente da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior para a realização desta pesquisa

### **Conflitos de interesses:**

Nada a declarar

### **Aprovação do conselho de ética:**

Não se aplica.

### **Disponibilidade de dados:**

Os dados da pesquisa estão disponíveis sob consulta.

### **\* Autor correspondente:**

Filomena Nádia Rodrigues Bezerra. nadiabezerra@ufc.br

## **6 Referências**

- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2015). Comparative politics and the synthetic control method. *American Journal of Political Science, Chicago*, 59(2), 495-510.
- Abadie, A., & Gardeazabal, J. (2003). The economic costs of conflict: a case study of the Basque country. *American Economic Review*, 93(1), 113-132.
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies: estimating the effect of california's tobacco control program. *Journal of the American Statistical Association, Alexandria*, 105(490), 493-505.
- Abadie, A., & L'Hour, J. (2021). A penalized synthetic control estimator for disaggregated data. *Journal of the American Statistical Association, Alexandria*, 116(536), 1817-1834.
- Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., & Leary, N. (1998). Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Climate Research, Oldendorf*, 11(1), 9-19.
- Assad, E. D. (2015). *Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma* (204 p.). São Paulo: Observatório ABC.
- Assad, E. D., Costa, L. C., Martins, S. C., Calmon, M., Feltran-Barbieri, R., Campanili, M., & Nobre, C. A. (2019). *Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas* (46 p.). São Paulo: WRI Brasil. Recuperado em 10 de outubro de 2023, de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1115525>

- Athey, S., & Imbens, G. W. (2017). The state of applied econometrics: causality and policy evaluation. *The Journal of Economic Perspectives*, 31(2), 3-32.
- Baldos, U. L. C., & Hertel, T. W. (2014). Global food security in 2050: the role of agricultural productivity and climate change. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 58(4), 554-570.
- Banco Central do Brasil – BCB. (2022). *Matriz de dados do crédito rural - crédito concedido*. Recuperado em 10 de janeiro de 2022, de <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>
- Barro, R. J., & Lee, J. W. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184-198.
- Brasil. (2009). Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 13 de setembro de 2023, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)
- Brasil. (2010). Decreto 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 22 de setembro de 2023, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Dnn/Dnn12867.htm#art1p](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Dnn/Dnn12867.htm#art1p)
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Política Agrícola – SPA. (2011). *Plano agrícola e pecuário 2011-2012* (92 p.). Brasília: Mapa/SPA.
- Brasil. (2012). Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 10 de setembro de 2022, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm)
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Política Agrícola – SPA. (2020). *Plano Safra 2020-2021: o florescer de uma nova colheita* (56 p.). Brasília: Mapa/SPA.
- Brasil. Plataforma ABC. (2023). *Plano ABC+: Plano Gerencial*. Recuperado em 15 de dezembro de 2023, de <https://dd.serpro.gov.br/publico/sense/app/1a98b6b3-82eb-467f-bcbb-b48a31161144/sheet/88d4a99a-af35-4556-a160-6807baaac57/state/analysis>
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. (2025). *Resultados do Plano*. Recuperado em 12 de novembro de 2025, de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/plano-abc/acoes-do-plano>
- U.S. Department of Labor Bureau of Labor Statistic – BLS. (2021). *Consumer price index data from 1913 to 2020*. Recuperado em 17 de setembro de 2023, de <https://www.usinflationcalculator.com/inflation/consumer-price-index-and-annual-percentchanges-from-1913-to-2008/>
- Caselli, F. (2005). Accounting for cross-country income differences. In P. Aghion & S. N. Durlauf (Eds.), *Handbook of economic growth* (pp. 679–741). Amsterdam: Elsevier.
- Carauta, M., Latynskiy, E., Mössinger, J., Gil, J., Libera, A., Hampf, A., Monteiro, L., Siebold, M., & Berger, T. (2018). Can preferential credit programs speed up the adoption of low-carbon agricultural systems in Mato Grosso, Brazil? Results from bioeconomic microsimulation. *Regional Environmental Change*, 18(1), 117-128.
- Costa Júnior, N. B., Baldissera, T. C., Pinto, C. E., Garagorry, F. C., Moraes, A., & Carvalho, P. C. F. (2019). Public policies for low carbon emission agriculture foster beef cattle production in southern Brazil. *Land Use Policy*, 80, 269-273.

- Deschênes, O., & Greenstone, M. (2007). The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review, Pittsburgh, 97*(1), 354-385.
- Donatti, C. I., Harvey, C. A., Rodriguez, R. M., Vignola, R., & Rodriguez, C. M. (2019). Vulnerability of smallholder farmers to climate change in Central America and Mexico: current knowledge and research gaps. *Climate and Development, 11*(3), 264-286.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2012). *Crop prospects and food situation* (No. 2, 40 p.). Recuperado em 11 de agosto de 2023, de <https://www.fao.org/3/al990e/al990e.pdf>
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database – FAOSTAT. (2022). *Food and agriculture data*. Recuperado em 10 de dezembro de 2022, de <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Timmer, M. P. (2015). The next generation of the penn world table. *American Economic Review, Pittsburgh, 105*(10), 3150-3182.
- Ferman, B., Pinto, C., & Possebom, V. (2020). Cherry picking with synthetic controls. *Journal of Policy Analysis and Management, 0*(0), 1-23.
- Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., White, L. L. (2014). IPCC Summary for policymakers. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects; Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Gianetti, G. W., & Ferreira Filho, J. B. S. (2021). O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural, 59*(1).
- Global Carbon Atlas. (2022). *Country emission*. Recuperado em 01 de dezembro de 2022, de <http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas>
- Global Forest Watch – GFW. (2022). *Forest change*. Recuperado em 09 de dezembro de 2022, de <https://www.globalforestwatch.org/>
- Larcher, T. P. A. O. (2016). *Construção de um modelo lógico do Plano ABC (agricultura de baixa emissão de carbono) como uma proposta de avaliação* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília.
- Leal, B. P. (2016). *Programa ABC: uma análise para o período de 2011 a 2014* (Dissertação de mestrado). Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.
- Lima, R. C. A., Harfuch, L., & Palauro, G. R. (2020). *Plano ABC: Evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030*. São Paulo: Agroicone.
- Lu, S., Bai, X., Li, W., & Wang, N. (2019). Impacts of climate change on water resources and grain production. *Technological Forecasting and Social Change, 143*, 76-84.
- Manzatto, C. V., Araujo, L. S., Assad, E. D., Sampaio, F. G., Sotta, E. D., Vicente, L. E., Pereira, S. E. M., Loebmann, D. G. S. W., & Vicente, A. K. (2020). *Mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais* (Documentos, No. 122, 35 p.). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

- Mendes, P. D. A. G. (2014). *Plano ABC – agricultura de baixo carbono: sua elaboração no âmbito do governo federal e sua implementação no município de Formosa – GO* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W., & Shaw, D. (1994). The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. *American Economic Review*, 84(4), 753-771.
- Navarro, R. B., & Neves, F. M. (2020). Contribuições do plano agricultura de baixa emissão de carbono para o desenvolvimento territorial mais sustentável no estado da Bahia – Brasil. *R. Gest. Sust. Ambient*, 9(2), 263-282.
- National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA. (2022). *National centers for environmental information (NCEI, EUA)*. Recuperado em 10 de dezembro de 2022, de <https://www.ncmi.noaa.gov/access/monitoring/products/>
- Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for european agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239-262.
- Ortiz-Bobea, A. (2019). The role of nonfarm influences in Ricardian estimates of climate change impacts on us agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 102(3), 934-959.
- Penn World Table – PWT. (2022). *Penn world table version 10.0*. Recuperado em 02 de dezembro de 2022, de <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>.
- Silva, F. P., & Vieira Filho, J. E. R. (2020). *Avaliação de Impacto do Programa de Agricultura de Baixo Carbono no Brasil* (Texto para Discussão, No. 2568). Brasília: Ipea.
- Telles, T. S., & Righetto, A. J. (2019). Crescimento da agropecuária e sustentabilidade ambiental. In J. E. R. Vieira Filho (Org.), *Diagnósticos e desafios da agricultura brasileira*. Brasília: Ipea.
- Telles, T. S., Vieira Filho, J. E. R., Righetto, A. J., & Ribeiro, M. R. (2021). *Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil* (Texto para Discussão, No. 2638). Brasília: Ipea.
- The R Foundation. (2023). *The R Project for Statistical Computing*. Recuperado em 15 de setembro de 2022, de <https://www.r-project.org/>.
- University of East Anglia – UEA. (2022). *Data set climatic research unit*. Recuperado em 08 de dezembro de 2022, de <https://www.uea.ac.uk/web/groups-and-centres/climatic-research-unit/data>.
- United States Environmental Protection Agency – EPA. (2022). *Greenhouse gas equivalencies calculator*. Recuperado em 07 de novembro de 2022, de <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- United Nations Environment Programme – UNEP. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. Recuperado em 07 de setembro de 2023, de <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>
- World Bank. (2022). Recuperado em 07 de setembro de 2023, de <https://data.worldbank.org/>
- Xu, Y. (2017). Generalized synthetic control method: causal inference with interactive fixed effects models. *Political Analysis*, 25, 57-76.
- Zu Ermgassen, E. K. H. J., Alcântara, M. P., Balmford, A., Barioni, L., Beduschi Neto, F., Bettarello, M. M. F., Brito, G. D., Carrero, G. C., Florence, E. D. A. S., Garcia, E., Gonçalves, E. T., Da Luz, C. T., Mallman, G. M., Strassburg, B. B. N., Valentim, J. F., & Latawiec, A. (2018). Results from on-the-ground efforts to promote sustainable cattle ranching in the Brazilian Amazon. *Sustainability*, 10(4), 1301.

**Data de submissão:** 17 de outubro de 2025.

**Data de aceite:** 20 de março de 2026.

**Classificação JEL:** Q14, Q18, Q54, Q56, C3.

**Editor associado:** Gustavo Inácio de Moraes