



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM ECONOMIA RURAL**

**FRANCISCO CÉLIO VIANA SILVA**

**EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS FINANCIAMENTOS DO PROGRAMA ABC E  
PRONAF PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA NO BRASIL**

**FORTALEZA**

**2024**

FRANCISCO CÉLIO VIANA SILVA

EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS FINANCIAMENTOS DO PROGRAMA ABC E PRONAF  
PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA NO BRASIL

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Economia da Produção Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S58e Silva, Francisco Célio Viana.  
Eficiência técnica dos financiamentos do Programa ABC e Pronaf para a sustentabilidade da agricultura no Brasil / Francisco Célio Viana Silva. – 2024.  
93 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo.
1. Programa ABC. 2. Pronaf. 3. DEA-SBM. 4. Malmquist-Luenberger. I. Título.
- CDD 338.1
-

FRANCISCO CÉLIO VIANA SILVA

EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS FINANCIAMENTOS DO PROGRAMA ABC E PRONAF  
PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA NO BRASIL

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Economia da Produção Agrícola.

Aprovada em 28/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Vitor Hugo Miro Couto Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Pedro Herlleyson Gonçalves Cardoso  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Paracuru*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pela força, sabedoria e inspiração que me sustentaram no decurso desta jornada. Sem Sua orientação e presença constante, este trabalho não teria sido possível. Sou grato por todas as bênçãos recebidas, pelo entendimento nas horas difíceis e a serenidade necessária para concluir mais esta etapa da vida acadêmica.

A realização deste trabalho de qualificação não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de várias pessoas e instituições, às quais expresso sincero agradecimento.

Sou reconhecido ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo, pela paciência e as valiosas contribuições durante toda a orientação da pesquisa. Seu conhecimento e sua dedicação foram fundamentais para a conclusão deste estudo.

Sou grato, também, aos dois outros componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Vitor Hugo Miro Couto Silva e Prof. Dr. Pedro Herlleyson Gonçalves Cardoso, por aceitarem avaliar este trabalho e oferecerem sugestões que, decerto, enriqueceram a pesquisa.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, por proporcionar um ambiente acadêmico estimulante e por todo o suporte oferecido.

Exprimo gratidão aos colegas e amigos, que sempre estiveram presentes, oferecendo apoio e incentivo nos momentos de desafio. Suas palavras de encorajamento foram essenciais para que eu prosseguisse.

Sou penhorado à minha família, em especial, à minha mulher, Silvana, e aos meus filhos, Isabela e Arthur, pelo amor incondicional e apoio constante em todas as etapas da minha vida acadêmica. Sem vocês, nada disso seria possível.

A todos, meu muito obrigado.

## RESUMO

A agropecuária contribui para a mudança climática por meio das emissões de gases de efeito estufa (GEE), assim como recebe os impactos da mudança climática, tais como o aumento da temperatura da atmosfera, a ocorrência de eventos climáticos extremos e a alteração das vocações agrícolas nas distintas regiões. As convenções internacionais estabeleceram metas para reduzir as emissões de GEE, visando a mitigar os efeitos da mudança climática e promover a adaptação da sociedade e da economia. Em expressas circunstâncias, o Brasil criou o Programa da Agricultura de Baixo Carbono (Programa ABC) e, no seu âmbito, o Plano ABC, que define práticas agropecuárias promotoras da redução das emissões de GEE por intermédio de fundos para financiar o investimento e custeio da produção agropecuária. No mesmo contexto, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) também inclui linhas de financiamento com escopo de aumentar a resiliência da agricultura familiar às mudanças climáticas e promover o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais. Assim, neste experimento, foram avaliados quais fatores condicionantes do financiamento da agropecuária afetam a eficiência e a mudança na produtividade dos investimentos em termos de seus efeitos na produção agropecuária, silvícola e sobre as emissões de GEE. Para mensurar a eficiência técnica, utiliza-se o método de Análise de Envoltória de Dados baseado em Folgas (DEA-SBM) para mensurar o nível de eficiência técnica (produto desejável – valor da produção agropecuária e silvícola) e ecológica (produto indesejável – emissões de GEE). A fim de explicar a variabilidade dos índices de ecoeficiência dos investimentos do Programa ABC e Pronaf e mensurar a mudança de produtividade e seus componentes (mudanças técnica, tecnológica e global), utiliza-se o Índice de Malmquist-Luenberger, o que considera os produtos desejáveis e indesejáveis e avalia a mudança da produtividade dos fundos financeiros do Programa ABC e das linhas de crédito do Pronaf ABC+ (Agroecologia e Bioeconomia). Os resultados indicaram que o Programa ABC se mostrou o mais eficiente dentre as linhas de crédito analisadas no período de 2013 a 2018, com os níveis de eficiência técnica dos estabelecimentos beneficiados oscilando durante o período, porém com tendência de aumento no último ano. Apesar disso, o número de folgas nos financiamentos e nas produções dos estabelecimentos apontou que ainda é possível diminuir a produção de GEE sem afetar negativamente a produção dos estabelecimentos beneficiados. Já o Índice de Malmquist-Luenberger denotou, com relação à DMUs (Unidades de Tomada de Decisão), melhorias de eficiência e pequeno decréscimo nos índices de tecnologia.

**Palavras-chave:** programa ABC; Pronaf; DEA-SBM; Malmquist-Luenberger.

## ABSTRACT

Agriculture contributes to climate change through greenhouse gas (GHG) emissions, while also experiencing the impacts of climate change, such as rising atmospheric temperatures, extreme weather events, and shifts in agricultural practices across different regions. International conventions have established goals for reducing GHG emissions, aiming to mitigate the effects of climate change and promote societal and economic adaptation. In this context, Brazil created the Low Carbon Agriculture Program (ABC Program), which includes the ABC Plan. The ABC Plan outlines agricultural practices that reduce GHG emissions by providing funding for investments and agricultural production costs. Additionally, the National Program for Strengthening Family Farming (Pronaf) offers financing options to enhance family farming resilience to climate change and support sustainable rural development. This study investigates the factors influencing agricultural financing efficiency and productivity changes, specifically their impact on agricultural and forestry production and GHG emissions. To assess technical efficiency, the Gap-based Data Envelopment Analysis method (DEA-SBM) measures both desirable outcomes (agricultural and forestry production value) and undesirable outcomes (GHG emissions). The Malmquist-Luenberger index is then used to analyze eco-efficiency variations in ABC Program and Pronaf ABC+ (Agroecology and Bioeconomic) investments, considering technical, technological, and global changes. Results indicate that the ABC Program was the most efficient among the analyzed credit lines from 2013 to 2018. While sustainability levels fluctuated over time, they remained higher in the last year. Despite this, opportunities exist to reduce GHG production without adversely affecting overall production. The Malmquist-Luenberger index also shows efficiency improvements in Decision Making Units (DMUs) with a slight decrease in technology indices.

**Keywords:** ABC program; Pronaf; DEA-SBM; Malmquist-Luenberger.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 – Valor médio dos financiamentos nos anos 2013-2018.....                              | 49 |
| Quadro 1 – Tecnologias que compõem o Plano ABC.....                                             | 21 |
| Quadro 2 – Linhas de crédito do Pronaf ABC+ e suas características.....                         | 28 |
| Quadro 3 – Variáveis a serem utilizadas no modelo DEA-SBM e Índice de Malmquist-Luenberger..... | 46 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Número de contratos, valor desembolsado, valor disponibilizado e taxa de juros do Programa ABC, por ano/safra, acompanhados da média da taxa Selic e da Relação entre juros ABC e média da Selic. .... | 22 |
| Tabela 2 – Condições de financiamento do Programa ABC, por ano/safra, no período 2010-2011/2018-2019 .....                                                                                                        | 24 |
| Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis descritoras das DMUs (UFs) .....                                                                                                                                  | 47 |
| Tabela 4 – Matriz de correlação entre as variáveis – 2013-2018.....                                                                                                                                               | 51 |
| Tabela 5 – Número de DMUs eficientes, ineficientes e distribuição de eficiência – 2013 a 2018.....                                                                                                                | 52 |
| Tabela 6 – Estatística descritiva da eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono das DMUs, no período 2013-2018. ....                                                     | 54 |
| Tabela 7 – Municípios que mais apareceram como benchmarks e frequência de ocorrências na fronteira de eficiência, no período 2013-2018.....                                                                       | 55 |
| Tabela 8 – Média da eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono, por UF, no período 2013-2018. ....                                                                       | 56 |
| Tabela 9 – Média da eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono, conforme a região, no período 2013-2018.....                                                             | 58 |
| Tabela 10 – Número de folgas para os inputs e outputs do modelo – 2013 a 2018.....                                                                                                                                | 59 |
| Tabela 11 – Estatísticas descritivas para IML – mudança de produtividade – 2013 a 2018 ..                                                                                                                         | 61 |
| Tabela 12 – Estatísticas descritivas do índice de mudança de eficiência no período 2013-2018.....                                                                                                                 | 62 |
| Tabela 13 – Estatísticas descritivas do índice de mudança tecnológica, no período 2013-2018.....                                                                                                                  | 62 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                 |                                                                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| ABC             | Agricultura de Baixa emissão de Carbono                               |
| AE              | Alteração na Eficiência                                               |
| AMC             | Adaptação às Mudanças Climáticas                                      |
| APPs            | Áreas de Preservação Permanente                                       |
| AT              | Alteração Tecnológica                                                 |
| B/C             | Relação Benefício/Custo                                               |
| BCB             | Banco Central do Brasil                                               |
| BNDES           | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social                  |
| CH <sub>4</sub> | Metano                                                                |
| CNUMAD          | Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento |
| CO <sub>2</sub> | Dióxido de Carbono                                                    |
| COP             | Conferência das Partes                                                |
| DAP             | Declaração de Aptidão ao Pronaf                                       |
| DEA             | Análise Envoltória de Dados                                           |
| DMUs            | Unidades de Tomada de Decisão                                         |
| EMBRAPA         | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                           |
| ET              | Eficiência Técnica                                                    |
| FBN             | Fixação Biológica de Nitrogênio                                       |
| FP              | Florestas Plantadas                                                   |
| GAMLSS          | Modelo Aditivo Generalizado para Localização, Escala e Forma          |
| GEEs            | Gases de Efeito Estufa                                                |
| IGP-DI          | Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna                      |
| ILPF            | Integração Lavoura/Pecuária/Floresta                                  |
| IML             | Índice de Malmquist-Luenberger                                        |
| IPEA            | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                              |
| MAPA            | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento                   |
| MDA             | Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar          |
| PAM             | Produção Agrícola Municipal                                           |
| PEVS            | Produção da Extração Vegetal e Silvicultura                           |
| PIB             | Produto Interno Bruto                                                 |
| PNMC            | Plano Nacional de Mudança do Clima                                    |

|        |                                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------|
| PPM    | Pesquisa da Pecuária Municipal                               |
| PRONAF | Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar  |
| PROVAP | Programa de Valorização da Pequena Produção Rural            |
| RL     | Reserva Legal                                                |
| RPD    | Recuperação das Pastagens Degradadas                         |
| SAFs   | Sistemas Agroflorestais                                      |
| SBM    | Slack Based Measure                                          |
| SEEG   | Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa |
| SELIC  | Taxa Básica de Juros da Economia                             |
| SIRENE | Sistema de Registro Nacional de Emissões                     |
| SPD    | Sistema de Plantio Direto                                    |
| SPS    | Sistemas de Produção Sustentáveis                            |
| TDA    | Tratamento de Dejetos Animais                                |
| TIR    | Taxa Interna de Retorno                                      |
| UDs    | Unidades de Decisão                                          |
| UF     | Unidade Federativa                                           |
| VPL    | Valor Presente Líquido                                       |

## SUMÁRIO

|          |                                                                     |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                              | <b>13</b> |
| 1.1      | Objetivo geral.....                                                 | 15        |
| 1.2      | Objetivos específicos .....                                         | 16        |
| 1.3      | Hipóteses.....                                                      | 16        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                    | <b>17</b> |
| 2.1      | Mudança climática e agropecuária brasileira.....                    | 17        |
| 2.2      | O Plano e Programa ABC .....                                        | 19        |
| 2.2.1    | <i>Antecedentes da política de mudança do clima no Brasil .....</i> | <i>20</i> |
| 2.2.2    | <i>Descrição do Plano e Programa ABC.....</i>                       | <i>20</i> |
| 2.2.3    | <i>Linhas de crédito do Programa ABC .....</i>                      | <i>22</i> |
| 2.2.4    | <i>Estudos sobre o Plano e o Programa ABC .....</i>                 | <i>25</i> |
| 2.3      | Pronaf ABC+ .....                                                   | 27        |
| 2.3.1    | <i>Pronaf.....</i>                                                  | <i>27</i> |
| 2.3.2    | <i>Linhas de crédito do Pronaf ABC+ .....</i>                       | <i>28</i> |
| 2.3.3    | <i>Estudos sobre o Pronaf e sustentabilidade .....</i>              | <i>31</i> |
| 2.4      | Análise de produtividade e eficiência técnica.....                  | 32        |
| 2.4.1    | <i>Aspectos teóricos .....</i>                                      | <i>32</i> |
| 2.4.2    | <i>Análise de Envoltório de Dados .....</i>                         | <i>34</i> |
| 2.4.3    | <i>Estudos sobre análise de eficiência técnica .....</i>            | <i>35</i> |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                             | <b>38</b> |
| 3.1      | Área de estudo.....                                                 | 38        |
| 3.2      | DEA baseado em Folgas (DEA-SBM).....                                | 39        |
| 3.3      | Índice de Malmquist-Luenberger (IML).....                           | 43        |
| 3.4      | Fonte de dados e variáveis.....                                     | 45        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                  | <b>47</b> |
| 4.1      | Estatística descritiva.....                                         | 47        |
| 4.2      | Eficiência das DMUs e resultados do DEA-SBM.....                    | 51        |
| 4.2.1    | <i>Análise dos índices de eficiência .....</i>                      | <i>52</i> |
| 4.2.2    | <i>Análise das folgas .....</i>                                     | <i>58</i> |

|     |                                                                                                                                                       |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3 | Índice Malmquist-Luenberger (IML).....                                                                                                                | 61 |
| 5   | CONCLUSÃO .....                                                                                                                                       | 64 |
|     | REFERÊNCIAS.....                                                                                                                                      | 65 |
|     | APÊNDICE A – VARIÁVEIS, PROGRAMAS E SUBPROGRAMAS .....                                                                                                | 73 |
|     | APÊNDICE B – NÚMERO DE DMUS EFICIENTES E INEFICIENTES E<br>DISTRIBUIÇÃO DO SCORE DE INEFICIÊNCIA DA PARCELA<br>INEFICIENTE DAS DMUS–2013 A 2018 ..... | 77 |
|     | APÊNDICE D – SUPERÁVIT DE FOLGAS PARA OS <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i><br>– 2013 A 2018.....                                                         | 91 |
|     | APÊNDICE E – GRAFICOS MALMQUIST-LUENBERGER: MUDANÇA<br>DE PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA E TECNOLÓGICA DAS DMUS.....                                       | 93 |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil cumpre tarefa de relevância máxima na produção e exportação de produtos agropecuários, como evidenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2020a). Expressa importância é atribuída às terras disponíveis e ao conhecimento acumulado em instituições de pesquisa, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o que resulta no desenvolvimento de tecnologias modernas de produção agrícola (Conceição; Conceição, 2014).

Malgrado os avanços na produtividade agrícola nacional, com uma projeção de aumento na produção de grãos de 250,9 milhões de toneladas na safra 2019/20 para 318,3 milhões de toneladas na safra 2029/30, representando um acréscimo de 67,4 milhões de toneladas em relação ao nível atual de produção (Brasil, 2020a), há uma crescente preocupação com a sustentabilidade, o aquecimento global e a mudança climática. Dados do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) revelam que, no período de 1990 a 2010, cerca de 80% das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), responsáveis pela mudança climática, no País, estavam associadas a atividades agrícolas e modificações no uso da terra (Gianetti; Ferreira Filho, 2020).

Haja vista tais circunstâncias, durante a 15ª Conferência das Partes (*Conference of the Parties* – COP 15), realizada em 2009, na cidade de Copenhague, o Governo brasileiro assumiu o compromisso de reduzir de 36,1% a 38,9% as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) até o ano de 2020. Paralelamente, no mesmo ano, a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, foi promulgada, estabelecendo a Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC).

A PNMC tem como objetivo compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático, a redução das emissões de gases de efeito estufa, a promoção da adaptação à mudança do clima nas quatro esferas do Estado (União, estados Distrito Federal e municípios), em conjunto com os agentes econômicos e sociais, visando, não apenas, à consolidação e à expansão das áreas legalmente protegidas, mas também à criação de incentivos ao reflorestamento e à recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas (Brasil, 2009).

Em 2010, em conformidade com o artigo 3º do Decreto nº 7.390, 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) (EMBRAPA, 2023). As estratégias delineadas no Plano ABC têm como objetivo promover uma produção agropecuária com baixa emissão de carbono, compreendendo diversas ações: i) recuperação de

pastagens degradadas (RPD); ii) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (SA); iii) sistema de plantio direto (SPD); iv) fixação biológica de nitrogênio (FBN); v) florestas plantadas (FP); vi) tratamento de dejetos animais (TDA); e vii) adaptação às mudanças climáticas (AMC).

Vinculado ao Plano ABC e instituído pelo MAPA, o Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) tem como objetivo financiar práticas de produção sustentável. Inicialmente, o MAPA disponibilizou R\$ 2 bilhões, no Plano Agrícola e Pecuário 2010-2011, ampliando posteriormente para R\$ 3,15 bilhões em 2011-2012, totalizando, no período de 2014-2015, cerca de R\$ 3,6 bilhões, mais de oito mil contratos firmados. No curso do período de 2010 a 2019, os projetos representaram empréstimos superiores a R\$ 17 bilhões (IPEA, 2020).

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) também oferece linhas de financiamento dirigidas para a sustentabilidade da produção agrícola familiar. Ademais de abranger os aspectos econômicos, ambientais e sociais da produção familiar, o Programa possui linha de crédito para a conservação ambiental, denominada Pronaf ABC+ Agroecologia – cujo objetivo é financiar agricultores familiares para a implantação de sistemas de produção agroecológicos ou orgânicos, incluindo os custos de implantação e manutenção dos empreendimentos.

O Pronaf, também, dispõe da linha de crédito Pronaf ABC+ Bioeconomia, que oferece aos agricultores familiares financiamentos tendidos para a adoção de tecnologias de energia renovável, tecnologias ambientais, armazenamento hídrico, pequenos aproveitamentos hidroenergéticos, silvicultura e práticas conservacionistas, além da correção da acidez e fertilidade do solo, visando a sua recuperação e à melhoria da capacidade produtiva (Brasil, 2017).

Esses programas conformam uma preocupação do Governo pelo fato de serem subutilizados, portanto existindo certo grau de ineficiência na aplicação dos seus recursos orçados. Por exemplo, as regiões Centro-Oeste e Sudeste utilizaram apenas 36,4% e 34,4% dos recursos do Programa ABC, respectivamente (Da Paixão; Bacha, 2015). Em adição, Monteiro *et al.* (2019) observaram que a distribuição dos recursos do Pronaf se exprime desigual, revelando concentração na alocação dos recursos e desfavorecimento de regiões economicamente desfavorecidas do País.

Nesta contextura, o experimento acadêmico *stricto sensu* neste passo relatado tem como foco a análise dos recursos públicos destinados ao financiamento das linhas de crédito rural orientados à promoção da produção agropecuária sustentável, com foco particular nos

programas ABC e Pronaf ABC+ (Agroecologia e Bioeconomia). Esta experimentação, em específico, propôs-se avaliar a eficiência técnica da aplicação dos recursos públicos destinados ao financiamento desses programas, tratados como insumos, para a obtenção dos resultados mensurados em termos do aumento da produção agropecuária e da mitigação dos gases de efeito estufa (GEEs) no Brasil.

Com esse intento, recorreu-se à Análise de Envoltória de Dados (DEA) para estabelecer uma fronteira de eficiência técnica dos financiamentos do Programa ABC e do Pronaf ABC+ (Agroecologia e Bioeconomia). Esta baliza de eficácia, então, é usada para calcular os índices de eficiência técnica dos municípios, considerados aqui como unidades de tomada de decisão. Em complemento, o Índice Malmquist-Luenberger é aplicado para mensurar a mudança na produtividade total dos fatores concorrentes para gerar os produtos dos financiamentos desses programas.

O ensaio sob relação assume relevância por conceder oportunidade a informações e conhecimento úteis para a formulação de políticas de crédito rural, cujo propósito é promover a agricultura sustentável. Acrescente-se, ainda, o fato de que os resultados deste estudo vão se preocupar com a inexistência de uma literatura, já que poucos escritos desta ordem realizaram uma avaliação quantitativa da eficiência do Programa ABC, considerando a mitigação dos gases de efeito estufa (Conceição, 2022).

Esta dissertação estrutura-se em cinco capítulos, compreendendo a introdução sob comentário, onde foram indicados o contexto, os objetivos e as hipóteses do estudo. O segmento imediatamente posterior se reporta ao referencial teórico, com destaque para o contexto da agropecuária brasileira e dos aspectos ambientais. O terceiro capítulo descreve sua metodologia, incluindo a área de estudo, os modelos de análise e a fonte dos dados. O quarto módulo capitular retrata os resultados esperados, enquanto, no derradeiro capítulo – o quinto – mostra-se, evidentemente, por último, o remate da investigação.

## **1.1 Objetivo geral**

Avaliar a eficiência técnica dos recursos públicos destinados aos financiamentos do Programa ABC e do Pronaf, considerando os aspectos econômicos e ambientais desses programas, em particular, a mitigação dos gases de efeito estufa (GEEs) no Brasil.

## 1.2 Objetivos específicos

Vejam-se os objetivos específicos deste estudo, expressos à continuidade.

- a) Mensurar a eficiência técnica dos financiamentos públicos do Programa ABC e do Pronaf.
- b) Analisar os índices de eficiência técnica dos financiamentos públicos nos planos municipal e estadual.
- c) Dimensionar a mudança na produtividade total dos fatores dos financiamentos públicos do Programa ABC e do Pronaf.

## 1.3 Hipóteses

Esta pesquisa testou as hipóteses expressas à continuação.

- a) Os financiamentos públicos dos programas são aplicados em unidades tomadoras de decisão (municípios) detentoras de maior capacidade de produção, descritos em termos de infraestrutura e vocação agropecuária preestabelecida.
- b) As unidades tomadoras de decisão (municípios) têm maior dificuldade em financiar sua produção agropecuária, em decorrência das barreiras quando da adoção de inovações e gerenciamentos dos projetos financiados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Demonstra-se, neste segmento, a mudança climática no contexto da agropecuária brasileira. Seguidamente, mostram-se os antecedentes da política de mudança do clima no Brasil e procede-se à descrição do Programa ABC e do Pronaf ABC+ (Agroecologia e Bioeconomia). Depois disto, discutem-se os aspectos teóricos e metodológicos da análise de eficiência técnica e da mudança da produtividade total dos fatores, concluindo com a revisão de literatura.

### 2.1 Mudança climática e agropecuária brasileira

O setor agropecuário brasileiro executa incumbência de expressiva significação na economia brasileira, havendo representado, em 2023, aproximadamente, US\$ 165 bilhões da pauta exportadora e contribuindo com cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) (IPEA, 2024). Desde os anos de 1990, o avanço tecnológico impulsionou o crescimento da produção agropecuária, transportando o Brasil a se destacar na qualidade de um dos principais fornecedores mundiais de alimentos, fibras e bioenergia (Silva, 2020).

De acordo com dados do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), de 1990 a 2010 cerca de 80% das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) no Brasil foram atribuídos à atividade agrícola e às mudanças no uso do solo (Gianetti; Ferreira Filho, 2020). A redução de emissões de GEEs com procedência na agricultura requer modalidades alternativas de produção, sobretudo que reduzam os impactos ambientais, especialmente considerando que tais preocupações costumam ser incorporadas nas convenções e conferências internacionais.

No Brasil, a emissão de GEE é frequentemente associada a atividades como desmatamento, agropecuária, impermeabilização do solo, queima de combustíveis fósseis, entre outras (Marengo, 2006). A análise de variáveis, como o aumento da temperatura, as alterações na precipitação e outros fenômenos climáticos por meio de métodos matemáticos, baseia o cálculo das possíveis reduções na produtividade agrícola. Trabalhos de vulto publicados, conduzidos por Assad *et al.* (2004), Pellegrino, Assad e Marin (2007) e Carvalho *et al.* (2015), evidenciam que a agricultura brasileira vai enfrentar, decerto, consideráveis prejuízos e perda de competitividade, se realidades de aumento de temperatura média anual da Terra na faixa de 3°C a 5°C se concretizarem.

O fenômeno das emissões de gases de efeito estufa (GEE) está intimamente relacionado à expansão da fronteira agrícola e à conversão de áreas de floresta nativa em

pastagens ou lavouras, sendo mais acentuado na região Amazônica (Rivero *et al.*, 2009). Portanto, o uso da terra destaca-se como o principal fator de emissões de GEE no Brasil. As atividades econômicas diretamente associadas ao agronegócio são as que mais contribuíram para as emissões de GEE, seguidas pela atividade agropecuária. No período de 1990 a 2012, a implementação de legislações mais restritivas, mecanismos de controle do desmatamento ilegal e a redução de áreas adequadas para a expansão da fronteira agrícola tiveram como resultado uma diminuição das emissões relacionadas à mudança de uso da terra (Chiavari e Lopes, 2017).

Dentre as emissões de gases de efeito estufa originadas no meio rural, a pecuária desempenha um papel preponderante. De acordo com as Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (Brasil, 2017), em 2012, o setor agropecuário foi responsável por 37% das emissões totais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente lançadas na atmosfera do País. Especificamente, as emissões de metano (CH<sub>4</sub>), resultantes da fermentação entérica do gado de corte e de leite, representaram, respectivamente, 75% e 12% do total de emissões desse gás provenientes do setor agropecuário. Já em 2023, de acordo com a Coletânea dos Fatores de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa da Agricultura Brasileira (2020) publicada pelo MAPA, cerca de 27% do total de emissão de dióxido de carbono do País são contribuição do setor agropecuário.

De acordo com Balbino *et al.* (2011), as emissões de gás de efeito estufa provenientes da agropecuária brasileira são exacerbadas, em consequência das práticas de manejo que não otimizam de maneira sustentável o potencial produtivo da terra. Isso inclui exemplos como o uso inadequado do solo, passível de resultar em compactação e erosão do solo, o desmatamento excessivo, que reduz a capacidade de absorção de carbono das áreas florestais convertidas em pastagens ou lavouras, e a falta de adoção de técnicas sustentáveis, como a agricultura de conservação e o plantio direto, que promovem a saúde do solo e reduzem a necessidade de desmatamento.

Com efeito, conforme apontado no estudo de Teixeira (2023), a redução da emissão de GEE é uma preocupação fundamental para promover o desenvolvimento sustentável e mitigar os choques das mudanças climáticas. Na perspectiva de Cordeiro (2017), para alcançar esse objetivo, são implementadas, com recorrência, práticas em diversas searas. Por exemplo, no setor agrícola, perfilham-se técnicas de manejo sustentável do solo, como agricultura de conservação, rotação de culturas, plantio direto e uso eficiente de fertilizantes e irrigação, visando a aumentar o armazenamento de carbono no solo e reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provenientes de sua oxidação.

No contexto das estratégias para reduzir as emissões de GEE, destacam-se a agroecologia e a agricultura orgânica, que fomentam sistemas de produção mais resilientes e eficientes. Estas práticas minimizam a dependência de insumos químicos, reduzindo as emissões associadas à produção de fertilizantes sintéticos. Demais disso, o manejo integrado de pragas e doenças contribui para a redução do uso de pesticidas, que têm impactos significativos tanto nas emissões de GEE quanto na saúde humana (Souza, Prezotti e Guarçoni M., 2012).

No setor pecuário, a adoção de iniciativas como a intensificação sustentável da pecuária, a recuperação de pastagens degradadas e a implementação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) tem a missão crucial na mitigação das emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e na promoção da sustentabilidade ambiental. Essas práticas materializam o aumento de eficiência da produção animal, restauram áreas danificadas de pastagens e integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais em um mesmo sistema, proporcionando benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a produtividade agrícola (Sousa, 2021).

Haja vista a função indescartável do setor agropecuário e do agronegócio brasileiro levada a efeito na economia nacional, os desafios decorrentes das mudanças climáticas devem ser abordados de modo integrado e sustentável. Mediante o desenvolvimento e a implementação de estratégias, como a intensificação tecnológica, a redução das emissões de GEEs aprimoram a competitividade e a resistência do setor. Iniciativas como o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas na Agricultura (Plano ABC) direcionam esforços para a promoção de práticas agrícolas e pecuárias mais sustentáveis (Conceição, 2022). Essas medidas, como detalhado na seção seguinte, visam, não apenas, a mitigar os impactos das mudanças climáticas, mas também assegurar a viabilidade ecológica e econômica do setor agropecuário brasileiro.

## **2.2 O Plano e Programa ABC**

Delimita-se, nesta subseção, os antecedentes da política climática no Brasil, apresentando marcos históricos como a PNMC e a elaboração do Plano ABC, criado para mitigar emissões de GEE no setor agropecuário. Além disso, descreve-se o Programa ABC, linha de crédito rural destinada a financiar práticas agrícolas sustentáveis, e analisam-se as condições e os desafios de sua implementação ao longo dos anos. Por fim, revisa-se a literatura sobre o tema, abordando os impactos e a eficiência da aplicação dos recursos destinados ao programa, com destaque para seus avanços e limitações.

### ***2.2.1 Antecedentes da política de mudança do clima no Brasil***

A mudança climática entrou na agenda dos governos quando da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, realizada no Rio de Janeiro. Na mencionada Rio-92, ficou estabelecido que a comunidade política internacional deveria conciliar o desenvolvimento socioeconômico com o uso sustentável dos recursos naturais na economia (Silva Neto, 2020).

Em 2009, na 15ª Conferência das Partes (COP15), em Copenhague, o Governo brasileiro assumiu o compromisso de reduzir de 36,1% a 38,9% das emissões de GEEs até o ano de 2020. No mesmo ano, foi instituída no Brasil, por meio da Lei nº 12.187/2009, a Política Nacional sobre Mudança no Clima (PNMC), com vistas a "diminuir emissões de gases de efeito estufa, a adoção de medidas para controlar a mudança do clima e a conservação dos recursos ambientais" (Brasil, 2009). Uma vez implementada essa política, foram concebidos planos direcionados a variados setores produtivos, com o intuito de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Em 2010, de acordo com o artigo 3º do Decreto nº 7.390, no âmbito do setor agrícola, foi elaborado o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, conhecido como Plano ABC (Brasil, 2012a).

### ***2.2.2 Descrição do Plano e Programa ABC***

O Plano ABC surgiu como uma iniciativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com o propósito de fomentar a adoção de práticas sustentáveis que resultem na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) (Brasil, 2012a). Em transposição a isso, a incorporação dessas práticas produtivas promove a adaptação tecnológica dos sistemas produtivos, alcançar uma capacidade produtiva menos poluidora e mais alinhada com os princípios da sustentabilidade.

Mencionado Plano originou-se da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e teve vigência de 2010 até 2019. Já o Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) é uma linha de Crédito Rural destinada a cumprir o Plano ABC. Este foi instituído para estabelecer diretrizes e metas, visando à adoção de tecnologias sustentáveis na produção agropecuária, contribuindo para o cumprimento dos compromissos voluntários de redução de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), assumidos pelo Brasil na COP-15, em 2009.

O Programa ABC é uma linha de crédito específica do Plano ABC, aprovada pela Resolução no 3.896, de 17 de agosto de 2010, do Banco Central do Brasil (BCB). Essa linha de crédito tem como objetivo financiar a agricultura de baixo carbono (ABC), priorizando sistemas sustentáveis de produção agropecuária.

Eis as principais metas e objetivos do Plano ABC: 1. contribuir para o cumprimento dos compromissos voluntários de redução das emissões de GEE assumidos pelo Brasil na COP-15; 2. modernizar e tornar mais sustentável o manejo agropecuário no Brasil, com foco na redução das emissões de GEE e no aumento da fixação atmosférica de CO<sub>2</sub> na vegetação e no solo; e 3. impulsionar a adoção de tecnologias específicas, tais como Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Sistemas Agroflorestais (SAFs), Sistema Plantio Direto (SPD), Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), Florestas Plantadas (FLP), Tratamento de Dejetos Animais (TDA), bem assim outras técnicas cuja finalidade é a adaptação às mudanças climáticas (AMC) (Brasil, 2012a, p. 20).

O Quadro 1 lista e descreve as oito tecnologias que compõem o Plano ABC.

Quadro 1 – Tecnologias que compõem o Plano ABC

(continua)

| <b>Tecnologia</b>                                                                             | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologia 1:<br>Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD)                                    | A degradação de pastagens é um processo evolutivo que resulta na perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural. Esse fenômeno impacta a capacidade do sistema de produção em superar efeitos nocivos, levando à degradação avançada dos recursos naturais devido a manejo inadequado. A recuperação de pastagens degradadas e a manutenção da produtividade contribuem para mitigar as emissões de gases de efeito estufa.                                                                                              |
| Tecnologia 2:<br>Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs) | A ILPF é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, buscando efeitos sinérgico. Os SAFs são sistemas de uso do solo que envolvem plantas lenhosas perenes em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e culturas agrícolas. Essas práticas contribuem para a recuperação de áreas degradadas, manutenção da cobertura florestal e oferecem benefícios como conservação de recursos hídricos, fixação de carbono, e uso sustentável da biodiversidade. |
| Tecnologia 3:<br>Sistema Plantio Direto (SPD)                                                 | O SPD é um conjunto de processos tecnológicos que envolvem a mobilização mínima do solo na linha de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo, diversificação de espécies e minimização do intervalo de tempo entre colheita e semeadura. O SPD contribui para a conservação do solo e da água, aumento da eficiência da adubação, incremento do teor de matéria orgânica do solo e redução da emissão de gases de efeito estufa.                                                                                               |
| Tecnologia 4:<br>Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)                                        | A FBN é essencial para a produção agrícola, pois converte o nitrogênio atmosférico (N <sub>2</sub> ) em nitrogênio assimilável pelas plantas. Isso reduz custos de produção, diminui riscos ambientais ao reduzir emissões de gases de efeito estufa, aumenta o conteúdo de matéria orgânica no solo e melhora a fertilidade do solo.                                                                                                                                                                                                       |

(conclusão)

| <b>Tecnologia</b>                                       | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnologia 5:<br>Florestas Plantadas (FLP)              | Florestas plantadas em propriedades rurais têm como objetivos gerar renda, fornecer madeira para diversos fins, reduzir a pressão sobre matas nativas e capturar CO <sub>2</sub> da atmosfera. A meta é expandir a área reflorestada em 3,0 milhões de hectares. |
| Tecnologia 6:<br>Tratamento de Dejetos Animais (TDA)    | A destinação adequada dos dejetos de animais estabulados, por meio de biodigestão e compostagem, reduz custos de produção, evita o consumo de energia, minimiza riscos ambientais e contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa.              |
| Tecnologia 7:<br>Adaptação às Mudanças Climáticas (AMC) | Diante das mudanças climáticas, tecnologia visa investir eficazmente na agricultura, promovendo sistemas diversificados, uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, e apoio ao processo de transição, pesquisa e organização da produção         |

Fonte: Elaboração própria, com base no Plano ABC, Brasil (2021).

O Plano ABC estabelece seis metas a serem alcançadas até 2030 (Brasil, 2012a), a saber: i) recuperar uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo e adubação; ii) aumentar a adoção de sistemas de iLPF em 4 milhões de hectares e de SAFs em 2,76 milhões de hectares pela agricultura familiar; iii) ampliar a utilização do SPD em 8 milhões de hectares; iv) ampliar o uso da FBN em 5,5 milhões de hectares; v) promover ações de reflorestamento expandindo a área com FPL em 3,0 milhões de hectares; e vi) Ampliar o uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico.

As linhas de créditos do Programa ABC para financiar as metas do programa são descritas na seção seguinte.

### 2.2.3 Linhas de crédito do Programa ABC

O Governo Federal aloca recursos públicos ao Programa ABC, tendo iniciado no ano/safra 2010/2011. A Tabela 1 contém os valores desembolsados e o número de contratos do Programa ABC nos anos/safra de 2010/2011 até 2018/2019.

Tabela 1 – Número de contratos, valor desembolsado, valor disponibilizado e taxa de juros do Programa ABC, por ano/safra, acompanhados da média da taxa Selic e da Relação entre juros ABC e média da Selic.

(continua)

| <b>Safra</b> | <b>Contratos</b> | <b>Valor desembolsado<br/>(R\$ em bilhões)</b> | <b>Valor disponibilizado<br/>(R\$ em bilhões)</b> | <b>Taxa de juros prog<br/>ABC (%)</b> | <b>Média da taxa Selic<br/>(%)</b> | <b>Relação entre<br/>juros ABC e<br/>média da Selic</b> |
|--------------|------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 2010/2011    | 1.290            | 0,418                                          | 2,00                                              | 5,5                                   | 11,3                               | 0,49                                                    |
| 2011/2012    | 5.038            | 1,516                                          | 3,15                                              | 5,5                                   | 10,8                               | 0,51                                                    |

|           |           |                                        |                                           |                               |                            | (conclusão)                                    |
|-----------|-----------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
| Safra     | Contratos | Valor desembolsado<br>(R\$ em bilhões) | Valor disponibilizado<br>(R\$ em bilhões) | Taxa de juros prog<br>ABC (%) | Média da taxa Selic<br>(%) | Relação entre<br>juros ABC e<br>média da Selic |
| 2012/2013 | 4.961     | 2,865                                  | 3,40                                      | 5                             | 7,5                        | 0,67                                           |
| 2013/2014 | 5.882     | 2,695                                  | 4,50                                      | 5                             | 9,9                        | 0,51                                           |
| 2014/2015 | 8.018     | 3,656                                  | 4,50                                      | 5                             | 12                         | 0,42                                           |
| 2015/2016 | 3.344     | 2,052                                  | 3,00                                      | 8                             | 14,2                       | 0,56                                           |
| 2016/2017 | 1.808     | 1,221                                  | 2,99                                      | 8,5                           | 13                         | 0,65                                           |
| 2017/2018 | 2.460     | 1,618                                  | 2,13                                      | 7,5                           | 7,6                        | 0,99                                           |
| 2018/2019 | 1.470     | 1,264                                  | 2,00                                      | 6                             | 6,5                        | 0,92                                           |

Fontes: Brasil (2020); Banco Central do Brasil. Matriz de dados do crédito rural 2020.

De acordo com a Tabela 1, referente ao período de 2010 a 2019, o Programa proporcionou aos agricultores acesso a linhas de crédito diferenciadas. A taxa de juros praticada pelo Programa teve uma redução de 5% a 8,5%, permanecendo em torno de 5% até 2015, mesmo diante das oscilações na taxa básica de juros média (Selic). Desde o ano/safra de 2016/2017, entretanto, observa-se uma convergência entre a taxa do Programa ABC e a da Selic, inferindo-se que houve uma diminuição da atratividade do crédito subsidiado no referido período.

Gil, Garrett e Berger (2016) identificaram a incerteza na tomada de decisão dos produtores em adotar as práticas produtivas incentivadas pelo Programa. Segundo os autores, embora o subsídio inicial tenha favorecido a disseminação dessas práticas, ao extenso dos anos, sua atratividade decresceu. A atratividade do Programa é verificável por meio da relação entre a taxa do Programa ABC e a média da taxa Selic, pois, quanto maior esta relação, menor é a atratividade pelo Programa.

A análise da Tabela 1 mostra que, inicialmente, a taxa de juros permaneceu em torno de 5% no início da vigência do Programa, até a safra 2014-2015 – acompanhada, simultaneamente, do crescimento nos valores aportados pelo Programa, atingindo o número máximo de 8.018 contratos durante essa safra, correspondendo ao montante desembolsado de R\$ 3,656 bilhões, justamente quando a relação taxa ABC/média Selic atinge seu menor valor. Em 2018-2019, observa-se que a relação entre taxa ABC/média Selic chegou ao importe máximo, levando ao declínio do montante desembolsado e à redução no número de contratos.

A Tabela 2 detém a taxa de juros e os limites de crédito para o Programa ABC durante os anos/safra de 2010/2011 a 2018/2019, acompanhado do prazo máximo de pagamento e do período de carência.

Tabela 2 – Condições de financiamento do Programa ABC, por ano/safra, no período 2010-2011/2018-2019

| Ano/safra | Taxa de juros (%)                          | Limite de crédito (R\$)                                                                                                             | Prazo máximo | Carência      |
|-----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| 2010-2011 | 5,50 a.a.                                  | 1,0 milhão                                                                                                                          | 12 anos      | 3 anos        |
| 2011-2012 | 5,50 a.a.                                  | 1,0 milhão                                                                                                                          | Até 15 anos  | Até 8 anos    |
| 2012-2013 | 5,00 a.a.                                  | 1,0 milhão                                                                                                                          | Até 15 anos  | Até 6 anos    |
| 2013-2014 | 5,00 a.a.                                  | 1,0 milhão, ou 3,0 milhões para plantio comercial de florestas.                                                                     | Até 15 anos  | Até 6 anos    |
| 2014-2015 | 5,00 a.a. ou 4,50 a.a. para médio produtor | 2,0 milhões, 3,0 milhões para plantio comercial de florestas                                                                        | Até 15 anos  | Até 8 anos    |
| 2015-2016 | 8,00 a.a. ou 7,50 a.a. para médio produtor | 2,0 milhões. Para plantio comercial de florestas, 3,0 milhões (até 15 módulos fiscais); e 5,0 milhões (acima de 15 módulos fiscais) | Até 15 anos  | De 3 a 8 anos |
| 2016-2017 | 8,50 a.a. ou 8,00 a.a. para médio produtor | 2,2 milhões. Para plantio comercial de florestas, 3,0 milhões (até 15 módulos fiscais); e 5,0 milhões (acima de 15 módulos fiscais) | Até 15 anos  | De 3 a 8 anos |
| 2017-2018 | 7,50 a.a.                                  | 2,2 milhões. Para plantio comercial de florestas, 3,0 milhões (até 15 módulos fiscais); e 5,0 milhões (acima de 15 módulos fiscais) | Até 12 anos  | De 3 a 8 anos |
| 2018-2019 | 6,00 e 5,25 a.a                            | 5,0 milhões.                                                                                                                        | Até 12 anos  | Até 8 anos    |

Fontes: Plano agrícola e pecuário/Plano Safra (Brasil, 2010; 2011; 2012b; 2013; 2014; 2015; 2016b; 2017; 2018; 2019; Obs.: a.a. – ao ano.

De acordo com a Tabela 2, o limite de crédito e as taxas de juros para o Programa ABC foram objeto de alterações durante o período. O Programa iniciou com o aporte financeiro de um milhão no ano/safra 2010-2011, chegando a cinco milhões nos dois últimos anos/safra 2017-2018/2018-2019. O prazo máximo de reembolso variou de 12 a 15 anos, tendo sido mantido em 15 anos, nos anos/safra 2011-2012 e 2016-2017. Nos dois últimos anos/safra, o prazo máximo voltou a ser de 12 anos. Já o período de carência variou de três a oito anos, dependendo do ano-safra, o mesmo acontecendo com a taxa de juros, que se alternou na intermitência de 4,5% a 8% ao ano. No último ano-safra, o Programa expressou um limite de crédito de R\$ 5 milhões e taxas de juros que variam de 5,25% a 6% ao ano.

As mudanças sistemáticas nas condições de financiamento do ABC indicam a preocupação dos gestores do Programa em moldar os incentivos das linhas de crédito, no intuito

de controlar as fontes de ineficiências da aplicação dos recursos públicos e garantir melhorias no seu desempenho na qualidade ambiental na agricultura.

#### **2.2.4 Estudos sobre o Plano e o Programa ABC**

O primeiro trabalho que tratou do Plano ABC e o Programa ABC foi o de Amaral *et al.* (2012), que examinou o contexto histórico em que se deu o compromisso firmado pelo Brasil, visando a reduzir as emissões de GEE e que serviu de base para a criação do Plano ABC. Os trabalhos que se seguiram deram ênfase maior à distribuição espacial dos seus recursos e das tecnologias adotadas, aos impactos na produtividade e na recuperação de áreas de pastagem.

A ineficiência na aplicação dos recursos do Programa ABC frequentemente é apontada pelos trabalhos de Assad (2013), Gurgel *et al.* (2014) e Paixão e Bacha (2015). Assad (2013) mostrou que os recursos do Programa não estavam sendo plenamente utilizados, em razão do rigor para obtenção desta modalidade de crédito (Assad, 2013; Gurgel *et al.*, 2014; Belinky e Monzoni (2014). No mesmo ano, o Observatório ABC<sup>1</sup> afirmou que outras linhas de crédito impunham menores exigências técnicas e ambientais aos financiamentos.

De outra vertente, Paixão e Bacha (2015), Gurgel e Laurenzana (2016) e Giannetti e Ferreira Filho (2020) afirmaram haver desigualdade na distribuição dos recursos financeiros do Programa ABC. Giannetti e Ferreira Filho (2020), ao analisarem regionalmente a alocação dos recursos para os diversos Sistemas de Produção Sustentáveis (SPS) do Programa ABC, nos anos de 2013 a 2017, constataram que 65% dos recursos estavam concentrados nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, sendo a pecuária bovina o sistema que recebeu o maior montante dos valores do Programa nesse período. Segundo Lima, Harfuch e Palauro (2020), isto se explica pela maior capacidade de as instituições nessas regiões elaborarem e aprovarem projetos agropecuários.

Ainda sobre a temática da desigualdade na distribuição dos recursos, Leal (2016) constatou que, no período 2011-2014, os estados que receberam o maior montante de recursos do Programa ABC foram Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Rio Grande do Sul, principalmente os cultivos de soja, milho e pecuária bovina. Também apontou que os recursos do Programa não foram aplicados em recuperação de pastagens degradadas. Sobre os problemas enfrentados pelos agricultores para financiar a adoção de

---

<sup>1</sup> O Observatório ABC é uma iniciativa que visa a monitorar e analisar o desenvolvimento e a efetividade do Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC). Ele se dedica a acompanhar o progresso das políticas e ações relacionadas ao ABC, também fornecendo *insights* sobre desafios e oportunidades para sua implementação.

práticas sustentáveis do Programa ABC, Lima, Harfuch e Palauro (2020) destacam a facilidade de acesso ao crédito de investimento oferecido por outras linhas de crédito e a possibilidade de financiar itens específicos, em vez de o sistema produtivo como o todo.

O baixo desempenho do Programa ABC também é explicado com recorrência por sua baixa procura ou disseminação. Gianetti e Ferreira Filho (2020) observaram o Subprograma de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), mesmo sendo uma tecnologia de baixo custo. Por outro lado, os mesmos autores verificaram que o subprograma de Tratamento de Dejetos Animais (TDA) também exibia baixa procura, em virtude de seus altos custos e elevada exigência de conhecimento técnico específico para a sua adoção. Barros (2017), por sua vez, percebeu a dificuldade da disseminação do Programa nas regiões mais degradadas, onde há deficiências econômicas e logísticas.

Para solucionar o problema de baixa procura e difusão tecnológica do Programa ABC, Conceição (2022) ressalta a importância dos serviços de assistência técnica para as tecnologias previstas no Plano e no Programa ABC com o intento de criar mecanismos que estimulem a demanda por crédito do Programa ABC, melhorar a distribuição de recursos e a capacitação técnica dos produtores. Larcher (2016) e Gianetti e Ferreira Filho (2020) ressaltaram a importância da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e outras entidades de ensino e pesquisa na geração de conhecimento relevante para a disseminação do Plano ABC no Brasil e formação de capital humano orientados para a disseminação do Plano ABC.

Os benefícios e o alcance das metas estabelecidas pelo Plano e Programa ABC foram investigados por Gurgel (2017) e Telles *et al.* (2021). Gurgel (2017) apontou como benefício a intensificação da produção agropecuária e a concomitante redução da pressão sobre os recursos naturais. Telles *et al.* (2021) constataram que o Brasil expandiu as tecnologias propostas e a mitigação das emissões, tendo atingido 154% e 113% das respectivas metas, porém a recuperação de pastagens degradadas e o tratamento de dejetos animais ainda permanecem como os principais problemas na questão produtiva.

Impõe-se evidenciar, por sua relevância, os desafios que o Plano e o Programa ABC têm que superar, segundo os trabalhos de Gurgel e Laurenzana (2016) e Conceição (2022). De acordo com esses autores, o Plano ABC ainda tem que solucionar os problemas da distribuição desigual dos recursos em certas regiões e programas, da baixa demanda por crédito, da falta de capacidade técnica dos produtores e da ausência de assistência técnica específica para tecnologias sustentáveis em algumas regiões do Brasil. Também foi apontado que o potencial

de reduzir as emissões de gases do efeito estufa depende do aumento do aporte financeiro do Programa.

### **2.3 Pronaf ABC+**

Explora-se, nesta subseção, o Pronaf ABC+, destacando seu papel como ferramenta para o fortalecimento da agricultura familiar e a promoção da sustentabilidade agroecológica. Primeiramente, apresenta-se o Pronaf como uma política pública voltada ao apoio de pequenos agricultores, descrevendo suas modalidades de crédito e o alcance de suas linhas específicas. Em seguida, abordam-se as características do Pronaf ABC+, com foco em suas linhas Agroecologia e Bioeconomia, que financiam práticas sustentáveis, desde a adoção de tecnologias limpas até projetos de infraestrutura rural. Por fim, revisa-se a literatura sobre o impacto do Pronaf na sustentabilidade, ressaltando sua contribuição para o desenvolvimento sustentável e as áreas de aprimoramento no apoio aos agricultores familiares.

#### **2.3.1 Pronaf**

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), instituído pelo Decreto nº 1.946/96, é uma política pública destinada ao suporte dos agricultores familiares. Ele originou-se, em 1994, do Programa de Valorização da Pequena Produção Rural (Provape) do Banco Central do Brasil.

O Pronaf passou a ser a principal estratégia do Governo federal para financiar a agricultura familiar, tendo inicialmente o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) como agente financeiro (Maciel, 2008). Com a Lei da Agricultura Familiar de 2006, a profissão de agricultor familiar foi formalmente reconhecida, consolidando o papel do Pronaf no desenvolvimento agrícola (Picolotto, 2011).

O Programa dispõe-se a fornecer o crédito e o apoio institucional aos pequenos produtores rurais, anteriormente excluídos de políticas públicas, facilitando a manutenção de suas atividades no campo (Schneider *et al.*, 2004). Em 1999, o Pronaf foi integrado ao Ministério de Política Fundiária e, atualmente, está sob a competência da Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2019).

Os recursos do Pronaf provêm de várias fontes, tais como: fundos constitucionais de desenvolvimento, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES),

Orçamento Geral da União (OGU), sendo o Banco do Brasil o principal operador (Magalhães; Abramovay, 2006). O objetivo é promover o desenvolvimento sustentável, fortalecer as atividades dos produtores familiares, reduzir desigualdades sociais, aumentar a produtividade e reduzir custos de produção, visando a melhorar a renda e valorizar a agricultura familiar (Abramovay, 2006).

O Pronaf oferece modalidades de crédito rural, infraestrutura e capacitação aos agricultores que utilizam mão de obra familiar, possuam renda bruta anual de até R\$ 360 mil e residam na propriedade ou próximo a ela (Brasil, 2015). O preenchimento da Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) é um requisito necessário para classificar o agricultor em categorias de beneficiários e assegurar acesso a financiamentos e benefícios específicos (Brasil, 2015).

### 2.3.2 Linhas de crédito do Pronaf ABC+

O Pronaf possui linhas de créditos que financiam a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e promovem a transformação agroecológica, denominado de Pronaf ABC+. O Pronaf ABC+ possui duas linhas de crédito: ABC+ Agroecologia e ABC+ Bioeconomia. O Quadro 2 dispõe de informações sobre as linhas do Pronaf ABC+.

Quadro 2 – Linhas de crédito do Pronaf ABC+ e suas características

| <b>Programa</b>          | <b>Concessão</b>                                                                                                                 | <b>Taxa de Juros</b>                                                  | <b>Financiamento</b>                                                                                                             | <b>Prazo</b>                                                                                                                                           |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pronaf ABC+ Agroecologia | Pode ser formalizado por um único produtor ou por um grupo de produtores com finalidade coletiva                                 | Até 4% a.a.                                                           | R\$ 420.000,00 para suinocultura, avicultura, aquicultura, carcinicultura e fruticultura; R\$ 210.000,00 para outras finalidades | Até 5 anos para aquisição de veículos; 7 anos para aquisição de equipamentos (tratores, colheitadeiras, etc); 10 anos para itens financiáveis          |
| Pronaf ABC+ Bioeconomia  | Financiamento a produtores rurais para investimentos em tecnologias de energia renovável e adoções de práticas conservacionistas | Até 6% a.a. para silvicultura; até 4% a.a. para as demais finalidades | R\$ 210.000,00 por ano agrícola                                                                                                  | Financiamento de 20 anos para cultura da seringueira; 14 anos para cultura do dendê; 12 anos para silvicultura; 10 anos para demais itens financiáveis |

Fonte: Elaboração própria, com base nas informações do Brasil (2017).

O Pronaf ABC+ Agroecologia tem como objetivo financiar o desenvolvimento da agroecologia. Para isto, recursos públicos são destinados a pessoas físicas que se enquadrem como agricultores familiares no Pronaf, o qual oferece proposta simplificada ou projeto técnico para a implantação de sistema de produção de base agroecológica ou em transição para tais sistemas, conforme as normas estabelecidas pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), e para sistemas orgânicos de produção, consoante as regras ordenadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BNDES, 2023).

Ainda segundo o BNDES (2023), o Pronaf ABC+ Bioeconomia é uma linha de crédito de investimento destinado à implantação de sistemas de exploração extrativistas, de produtos da sociobiodiversidade, energia renovável e sustentabilidade ambiental. Seus recursos -conforme adiantado há pouco - são destinados a pessoa física enquadrada como agricultor familiar no Pronaf, desde que apresentem uma proposta ou projeto técnico para investimentos em uma ou mais das seguintes operações:

- Implantação, utilização ou recuperação de pequenos aproveitamentos hidroenergéticos e tecnologias de energia renovável, como o uso da energia solar, da biomassa, eólica, miniusinas de biocombustíveis e a substituição de tecnologia de combustível fóssil por renovável nos equipamentos e máquinas agrícolas;
- Implantação, utilização ou recuperação de sistemas produtivos de exploração extrativista e de produtos da sociobiodiversidade ecologicamente sustentável;
- Implantação, utilização e/ou recuperação de tecnologias ambientais, como estações de tratamento de água, de dejetos e efluentes, compostagem e reciclagem;
- Projetos de adequação ambiental, incluindo implantação, conservação e expansão de sistemas de tratamento de efluentes e de compostagem, desde que definida no projeto técnico a viabilidade econômica das atividades desenvolvidas na propriedade para pagamento do crédito;
- Adequação ou regularização das unidades familiares de produção à legislação ambiental, inclusive recuperação da reserva legal, áreas de preservação permanente, recuperação de áreas degradadas e implantação e melhoramento de planos de manejo florestal sustentável, desde que definida no projeto técnico a

viabilidade econômica das atividades desenvolvidas na propriedade para pagamento do crédito;

- Implantação de viveiros de mudas de essências florestais e frutíferas fiscalizadas ou certificadas;
- Silvicultura, entendendo-se esta pelo ato de implantar ou manter povoamentos florestais geradores de diferentes produtos, madeireiros e não madeireiros;
- Implantação e utilização de sistemas agroflorestais;
- Projetos de turismo rural que reúnem valor a produtos e serviços da sociobiodiversidade por meio de infraestrutura e equipamentos para hospedagem, eventos, processamento, acondicionamento e armazenamento de produtos que valorizem a gastronomia local.
- Projetos de construção ou ampliação de unidades de produção de bioinsumos e biofertilizantes na propriedade rural, para uso próprio;
- Práticas conservacionistas de uso, manejo e proteção do sistema solo-água-planta, incluindo correção de acidez e fertilidade do solo, aquisição, transporte, aplicação e incorporação de insumos (calcário, remineralizadores com registro no Mapa, e outros) para essas finalidades;
- Formação e recuperação de pastagens, capineiras e demais espécies forrageiras, produção e conservação de forragem, silagem e feno destinados à alimentação animal;
- Implantação, ampliação e reforma de infraestrutura de captação, armazenamento e distribuição de água, inclusive aquisição e instalação de reservatórios d'água, infraestrutura elétrica e equipamentos para a irrigação;
- Exploração extrativista ecologicamente sustentável;
- Sistemas de integração lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta.

Essas linhas de crédito financiam vários aspectos da produção agroecológica, desde a compra de insumos até a comercialização dos produtos. Para isto, o Programa oferece taxas de juros subsidiadas, menores do que as linhas tradicionais do Pronaf, tornando o crédito mais acessível (Brasil, 2017). Em ultrapasse a isto, o prazo de pagamento é estendido, o que implica parcelas com valor menor e mais pequeno risco de inadimplência dos financiamentos.

Assim, as linhas de crédito do Pronaf ABC+ são direcionadas ao crescimento da produção de alimentos saudáveis e livres de agrotóxicos, contribuindo para a segurança

alimentar e nutricional das famílias agricultoras e da população em geral. A produção agroecológica tem como objetivo substituir monoculturas por produção de múltiplos produtos, permitida pelos cultivos agrícolas diversos na unidade produtiva familiar, o que representa um garante maior resistência da agricultura familiar às mudanças climáticas e às oscilações do mercado (Brasil, 2017).

O Pronaf também constitui um meio importante para o fortalecimento da agricultura familiar por via da geração de renda, criação de empregos e promoção do desenvolvimento sustentável das comunidades rurais (Schneider *et al.*, 2004). Em complementação, a agroecologia contribui para a preservação do meio ambiente, conservando o solo, a água e a biodiversidade, garantindo um futuro mais verde para o Planeta (Belo, 2018).

As linhas de crédito do Pronaf ABC+, Agroecologia e Bioeconomia concedem aos agricultores familiares acesso a recursos financeiros para implementar sistemas de produção mais sustentáveis sob condições especiais. Essas são suscetíveis de reduzir o custo do capital financeiro aplicado em projetos agroambientais, aumentando, assim, a defesa da agricultura familiar em relação às mudanças climáticas e às oscilações do mercado (Brasil, 2017).

### **2.3.3 Estudos sobre o Pronaf e sustentabilidade**

Damasceno, Khan e Lima (2011) conduziram uma análise sobre a contribuição do Pronaf para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no Ceará, utilizando dados de 90 questionários aplicados nos Municípios de Baturité, Iguatu e Quixadá. Os resultados indicaram que tanto beneficiários quanto não beneficiários demonstraram baixos níveis de sustentabilidade. Embora o Pronaf tenha expressado um influxo positivo, não foi estatisticamente significativo na geração de renda, mas teve um efeito positivo no emprego.

Passos e Khan (2019), ao examinarem a influência do Pronaf na sustentabilidade agrícola de agricultores familiares, utilizando o Propensity Score Matching, observaram que os beneficiários tendem a ter uma sustentabilidade agrícola superior no curto prazo. Apesar disso, a sustentabilidade no comprido prazo requer uma combinação da gestão econômica e social, e elevação na receita agrícola anual para que as ações sejam perpetuadas continuamente.

Prochnow (2022), ao investigar o apoio do Pronaf na sustentabilidade da agricultura familiar no Rio Grande do Sul, analisou os subprogramas do Pronaf em termos de suas dimensões econômica, social e ambiental. Os resultados indicaram que os subprogramas dirigidos à dimensão econômica têm mais contratos e valores, especialmente para lavouras e agroindústrias. O estudo apontou, no entanto, uma contribuição limitada do Programa para os

jovens agricultores, destacando a necessidade de acesso democrático a recursos para programas sociais e ambientais, visando à sustentabilidade agrícola não apenas no Rio Grande do Sul, mas também em outras regiões do Brasil.

Belo (2018) analisou a viabilidade e a eficácia da agroecologia no desenvolvimento rural sustentável e investigou políticas públicas direcionadas para a agricultura familiar agroecológica, concentrando-se no Pronaf e em sua linha de crédito para agroecologia. Sua demanda concluiu que o Pronaf possui importante função no desenvolvimento sustentável ecológico e na vida dos agricultores familiares, ressaltando a relevância dos investimentos nesse contexto.

Em suma, a revisão de literatura do Plano ABC destacou aspectos cruciais a serem considerados na análise de eficiência do Programa ABC, tais como a modalidade de financiamento das práticas do Plano ABC, a eficiência na alocação regional de recursos, a facilidade de acesso ao crédito de investimento e o financiamento de itens específicos do sistema produtivo. Evidenciou, ainda, que o êxito do Plano ABC requer, não apenas, a consideração das particularidades regionais, mas também estratégias integradas para incentivar a adesão dos agricultores e garantir a efetividade das práticas propostas.

## **2.4 Análise de produtividade e eficiência técnica**

Discute-se, nesta subseção, os aspectos teóricos e aplicados relacionados à análise de produtividade e eficiência técnica, com ênfase na Análise Envoltória de Dados (DEA). Inicialmente, são apresentados os conceitos de produtividade e eficiência, destacando suas diferenças e relevância na avaliação do desempenho de sistemas produtivos. Em seguida, explora-se a DEA como metodologia não paramétrica para mensurar a eficiência de unidades de decisão, considerando insumos e produtos. Por fim, revisa-se a literatura científica, abordando estudos que aplicaram a DEA em contextos agrícolas e ambientais, destacando os avanços, limitações e o potencial do método na promoção de práticas produtivas mais sustentáveis e eficientes.

### **2.4.1 Aspectos teóricos**

Produtividade e eficiência são termos frequentemente usados indistintamente, embora tenham conceitos diferentes. De acordo com Suzigan, Penã e Guarnieri (2020), a produtividade se define como a capacidade de gerar o máximo de resultados com o mínimo de

recursos. Já Coelli *et al.* (1998) a conceituam como a relação entre os produtos ou *outputs* gerados por uma unidade produtiva e os insumos ou *inputs* necessários para sua produção.

A produtividade configura-se como um indicador essencial para mensurar a eficiência e o desempenho de qualquer sistema de produção, seja ele uma empresa, um setor específico ou uma economia como um todo. Na conceição de Tupy e Yamaguchi (1998), as empresas são frequentemente avaliadas em termos de sua produtividade, que se refere à relação entre o que é produzido e os insumos utilizados para isso. Eles argumentam que essa métrica não captura adequadamente o modo de a quantidade produzida ser afetada pela maneira como os insumos são utilizados no decurso da produção.

Eficiência, por sua vez, está relacionada à comparação entre os valores ótimos e aqueles observados de resultados e recursos. Comparável é a produção máxima possível com a produção obtida, mantendo uma quantidade fixa de recursos. Coteja-se, ainda, a quantidade mínima de recursos necessária com o quantum utilizado para um determinado nível de produto. Nestes casos, a referência é estabelecida com base na capacidade de produção, caracterizando a eficiência como técnica (Fried *et al.*, 2008).

Existem duas categorias de métodos para mensurar a eficiência técnica: métodos paramétricos e não paramétricos. A principal distinção entre eles reside no fato de que os métodos paramétricos requerem a especificação da fronteira de produção, fato significativo de que uma função de produção precisa ser definida. De outra banda, os métodos não paramétricos dispensam a especificação de uma função de produção. Eles comparam unidades de decisão (UDs) com base em suas eficiências relativas, sem fazer suposições sobre a modalidade funcional da relação entre *inputs* e *outputs*. Nesta categoria, inclui-se a análise envoltória de dados (DEA) (Monteiro *et al.*, 2019).

Para Farrell (1957), a eficiência de uma empresa na produção reside em otimizar a utilização dos recursos disponíveis para alcançar o maior produto possível. Farrell propôs, ainda, um modelo seminal para medir a eficiência das unidades de decisão (UDs), como empresas, por meio da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). A DEA enseja a comparação de variadas UD, mesmo que estas utilizem combinações distintas de insumos e produzam variados tipos de produtos. O modelo fundamenta-se em duas premissas essenciais: eficiência técnica e eficiência alocativa. Estas, uma vez combinadas, perfazem o conceito de eficiência econômica.

A eficiência técnica (ET) refere-se à capacidade de uma unidade de decisão, como uma empresa, de utilizar otimamente seus insumos para produzir uma quantidade máxima de saídas. *In aliis verbis*, mede o quão bem a empresa está convertendo seus insumos em produtos

ou serviços. A organização é havida como tecnicamente eficiente quando não é possível aumentar a quantidade de nenhum dos produtos sem fazer crescer a quantidade de insumos utilizados, ou seja, quando não é possível melhorar a produção sem alargar os custos (Coelli, 2005).

A eficiência alocativa (EA) refere-se à capacidade de uma unidade de decisão, como uma empresa, alocar seus recursos de maneira ótima entre diversificados usos, de modo a maximizar o valor total da produção. Por outro torneio, mede-se se a combinação de produtos e insumos escolhida pela empresa é a mais eficiente em termos de custo-benefício. Uma empresa é considerada “alocativamente” eficiente quando é possível realocar seus recursos para aumentar a quantidade de um produto sem reduzir a quantidade de outro bem ou sem aumentar os custos de produção total (Coelli, 2005).

O estudo sob relatório se louvou na Análise Envoltória de Dados (DEA), como instrumento para medir a eficiência de unidades de decisão, tais como empresas, organizações ou unidades de produção. A DEA é particularmente vantajosa em circunstâncias com múltiplos *inputs* e *outputs*, em que não há uma função de produção conhecida. Com efeito, por seu intermédio, identificam-se as unidades que operam eficientemente em comparação com outras, considerando as características específicas de seus *inputs* e *outputs*. Por via dessa análise, distinguem-se as unidades postadas na fronteira eficiente de produção daquelas que estão abaixo dela, oferecendo uma compreensão detalhada da eficiência relativa de ambas.

#### **2.4.2 Análise de Envoltório de Dados**

O método DEA (*Data Envelopment Analysis*), uma abordagem não paramétrica, é utilizado para avaliar o desempenho de um grupo de entidades que transformam insumos em produtos, conhecidas como Unidades de Tomada de Decisão (DMUs). Essa abordagem não exige um conhecimento detalhado sobre os processos de produção, mas requer algumas suposições gerais relacionadas à tecnologia subjacente, como convexidade, descartabilidade e retornos de escala (Scheel, 2001).

Conforme Cooper *et al.* (2011) explicam, o DEA é uma metodologia focada em fronteiras, em oposição a medidas centrais, como regressões estatísticas. Isso conduz a se compreender que, desde um conjunto de dados, intenta-se definir uma fronteira que represente a "melhor prática" na transformação de insumos em produtos, com base nas DMUs de melhor desempenho no sentido de Farrell (eficiência técnica). Consequentemente, as eficiências (ou ineficiências) relativas das outras DMUs são calculadas em relação a essa fronteira.

Os modelos DEA são categorizados com base na orientação e nos retornos de escala (constantes ou variáveis). Relativamente à orientação, se o método procura identificar a ineficiência técnica como uma redução proporcional dos insumos usados, mantendo os níveis de produção constantes, o modelo é orientado a insumos. Por outro lado, se a ineficiência técnica é medida como um aumento proporcional na produção, mantendo os níveis de insumos constantes, o modelo é orientado a produtos (Coelli *et al.*, 2005).

No contexto da medição de eficiência de DMUs no setor público, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) basearam-se no trabalho de Farrell (1957) para desenvolver o modelo "original" do DEA (DEA CCR), orientado a insumos e considerando retornos de escala constantes. Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) propuseram uma adaptação para que o modelo também considerasse retornos de escala variáveis (DEA BCC).

Tone (2002) ofereceu uma abordagem que visa a superar algumas das limitações dos modelos tradicionais na Análise Envoltória de Dados (DEA). Essa abordagem é baseada na Slack-Based Measure (SBM) - uma medida de eficiência. No capítulo da Metodologia, o modelo DEA-SBM é mostrado tecnicamente.

### **2.4.3 Estudos sobre análise de eficiência técnica**

A análise de eficiência técnica e ecológica é um modo essencial na avaliação da sustentabilidade das práticas agrícolas. Esta abordagem vai além da simples medição da produtividade, incorporando considerações ambientais no decurso da avaliação. Ao analisar a eficiência técnica, quer-se identificar maneiras de maximizar a produção agrícola, utilizando, mais eficazmente, os recursos disponíveis. *In alia manu*, a eficiência ecológica avalia o impacto ambiental dessas práticas, levando em conta o uso de insumos, emissões de gases de efeito estufa, consumo de água e outros fatores ambientais. Ao integrar essas duas dimensões, a análise de eficiência técnica e ecológica transporta à identificação de estratégias agrícolas que são tanto produtivas quanto sustentáveis, contribuindo para a promoção de sistemas agrícolas mais equilibrados e resistentes.

Rodrigues e Melo (2017) realizaram uma avaliação econômica das tecnologias usadas na agricultura de baixo carbono, utilizando três indicadores: o Valor Presente Líquido (VPL), a Relação Benefício Custo (B/C) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Os resultados destacaram a eficiência econômica dos sistemas que integram lavoura-pecuária-floresta, os quais geraram retornos superiores em comparação com os sistemas especializados em pecuária

e milho. Esta constatação sugere uma possível mudança de comportamento por parte dos produtores, a médio prazo, na adoção dessas tecnologias de agricultura de baixo carbono.

Camiato, Rebelatto e Rocha (2016), usando o método de Análise Envoltória dos Dados, mensuraram a eficiência energética total de fatores nos países que compõem o BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Nesse estudo, os *inputs* considerados foram a formação bruta de capital fixo, trabalho e consumo energético, enquanto os *outputs* representaram a emissão de gás carbônico e o Produto Interno Bruto (PIB). Como resultado, o ensaio deles mostrou que o Brasil é o país que apontou o maior nível de eficiência dentro do BRICS.

Rebolledo-Leiva *et al.* (2017) aplicaram o DEA, orientado para *outputs*, para maximizar a produção e reduzir a emissão de carbono, tendo em conta, simultaneamente, as perspectivas econômicas e ecológicas em pomares de mirtilo no Chile. Defenderam o argumento de que este método é um recurso importante para determinar a ecoeficiência e reduzir as emissões de gases do efeito estufa.

Na mesma linha, Mwambo *et al.* (2021) avaliaram a eficiência do uso de recursos e a sustentabilidade em sistemas de produção de milho, em Gana, por meio da Análise Envoltória de Dados, com aplicação de variáveis diversas, desde a experiência do produtor, área plantada, quantidade de mão de obra, até variáveis relacionadas a isolamento do solo, velocidade do vento, pluviometria, erosão do solo, entre outras. Os autores aportaram à conclusão de que sistemas de plantio que utilizavam apenas milho exigiam a menor quantidade de insumos, enquanto sistemas simultâneos de milho e leguminosas conformavam a prática mais eficiente em termos de sustentabilidade.

Dong, Wang e Mao (2018) propõem um método de Análise Envoltória de Dados (DEA), assente na folga de produção indesejável (SBM). Por via deste método exploram-se a eficiência dos insumos e produtos, assim como o potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa em sistemas de produção agrícola. O estudo empírico foi realizado na província de Zhejiang, na China, cujos resultados destacaram as diferenças na eficiência da produção agrícola, uso excessivo de recursos desnecessariamente e potencial de mitigação de carbono nas províncias chins.

Feng *et al.* (2023) utilizaram o método DEA-SBM para mensurar a ecoeficiência de 31 províncias da China, de 2007 a 2018 por meio de variáveis ambientais, como a emissão de carbono e a perda de nitrogênio por intermédio da atividade agrícola. A experimentação mostrou um aumento global da ecoeficiência agrícola, mas desigualmente distribuído entre as

regiões no período estudado. Observaram, ainda, que o índice de eficiência de emissão de poluição aumentou ligeiramente no período analisado.

Wang e Feng (2021) combinaram o método de Análise Envoltória de Dados com o Índice de Malmquist-Luenberger (IML) para avaliar a eficiência das emissões de carbono da agricultura na China. Os resultados mostraram que a maioria das províncias está abaixo do nível de eficiência. Em complemento, a eficiência das emissões agrícolas de carbono naquele imenso País registrou um aumento global, porém com diferenças entre as regiões.

Żyłowski e Kozyra (2023) investigaram a ecoeficiência de três culturas de inverno – trigo, triticale e colza – com dados de 250 explorações agrícolas polonesas. Para isto, aplicaram o modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA-SBM) baseado em folga com produção indesejável (emissões de GEE), seguido de um Modelo Aditivo Generalizado para Localização, Escala e Forma (GAMLSS) para explicar os índices de eficiência. O trabalho evidenciou que as produções agrícolas mais eficientes se utilizam do menor uso de fertilizantes e combustíveis, conferindo maior rendimento e menor emissão de GEE.

Mohammadi *et al.* (2013) aplicaram o DEA a uma amostra de 94 fazendas de soja do Irã, que utilizavam agricultura de baixo carbono. Dos ambientes estudados, 46% operam de maneira eficiente, o que representa uma redução do Potencial de Aquecimento Global da amostra de 11%, sendo a irrigação a variável que contribuiu melhor para isso.

A literatura aborda a ecoeficiência na agricultura por meio de métodos como a Análise Envoltória de Dados (DEA), mensurando tanto a eficiência do uso de recursos quanto a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Estudos como os de Rodrigues e Melo (2017) e Rebolledo-Leiva *et al.* (2017) destacam a importância de técnicas sustentáveis, como sistemas integrados de produção, para aumentar a eficiência econômica e ecológica. Entrementes, análises regionais, como as de Feng *et al.* (2023) e Wang e Feng (2021), na China, demonstram variações na ecoeficiência agrícola entre províncias. *Ex expositis*, observa-se que o método DEA mostra-se adequado para a análise efetivada nesta perquisição no âmbito da Ciência parcialmente ordenada, subárea de Economia Rural.

### 3 METODOLOGIA

Delimita-se, neste passo, a área de estudo desta investigação. Em seguida, exibe-se o modelo DEA-SBM (*Slack-Based Measure*) utilizado para a mensuração da eficiência técnica do financiamento da produção agropecuária de baixo carbono. Por último, descrevem-se as fontes de dados e faz-se a definição das variáveis do modelo.

#### 3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o Território Brasileiro, composto por 5.570 municípios, distribuídos em 26 Unidades Federativas, sendo 25 Estados e o Distrito Federal. Em 2022, a população total estimada era de 203.080.756 habitantes, com uma densidade demográfica de 23,86 hab/km<sup>2</sup>, rendimento mensal médio *per capita* de R\$ 3.523,00 e um IDH de 0,761, ocupando o 82º lugar no ranque mundial dessa tábua. (IBGE, 2022).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o Brasil possuía 5.035.943 estabelecimentos agropecuários, sendo 77,4% de propriedade de produtores individuais, ou seja, famílias que trabalham na terra por conta própria. Ainda em 2017, 73,2% dos produtores agropecuários eram do sexo masculino e 26,8% do feminino. A faixa etária mais prevalente entre os produtores rurais brasileiros era de 45 a 59 anos, representando 32,4% do total, seguida pela faixa de 35 a 44 anos, com 27,1%. Apenas 17,4% dos produtores agropecuários brasileiros possuíam ensino superior completo (IBGE, 2017).

O PIB do Brasil exibiu um crescimento nominal de 76,45% de 2010 a 2022, passando de R\$ 4.327,3 bilhões para R\$ 7.618,3 bilhões. Em 2022, a agricultura representou 24,8% do PIB patial, um aumento de 0,4% em relação a 2021. A pecuária contribuiu com 12,9% para o PIB do País em 2022, uma queda de 0,1% em comparação a 2021. A participação da silvicultura no PIB foi de 2,1% em 2022, um aumento de 0,2% em relação ao ano anterior (IBGE, 2017).

O Brasil, em 2022, emitiu 2,3 Gt CO<sub>2</sub>eq (ou 4,2%), sendo o 6º maior emissor de GEEs global. O setor agropecuário, sozinho, foi responsável por 617 Mt CO<sub>2</sub>eq (ou 26,8% das emissões nacionais), dos quais a agricultura respondeu por 20% (121,2 Mt CO<sub>2</sub>eq), enquanto a pecuária contribuiu com 80% (ou 496 Mt CO<sub>2</sub>eq), sendo que somente a fermentação entérica emitiu 64,6% do total (398,4 Mt CO<sub>2</sub>eq). O manejo dos solos responsabilizou-se pela maior parcela das emissões diretas da agricultura, correspondendo a 29% (ou 179,1 Mt CO<sub>2</sub>eq) das

emissões do setor agropecuário. Destacaram-se, também, as emissões originadas do uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados, com 37,3 Mt CO<sub>2</sub>eq.<sup>2</sup>

Vale ressaltar que, em relação aos investimentos municipais para redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), em 2013, o Programa ABC destinou R\$ 52.382.697,11 para financiamentos. Em contraste, em 2018, esse montante aumentou para R\$ 58.248.697,79, o que representa um acréscimo de 11,19%. Por outro lado, o Pronaf registrou um financiamento de R\$ 304.283.538,39 em 2013, reduzindo para R\$ 262.084.630,08 em 2018, evidenciando uma queda de 13,9%.

### 3.2 DEA baseado em Folgas (DEA-SBM)

Neste trabalho, recorreu-se à abordagem não paramétrica para mensurar a eficiência técnica do financiamento da produção de baixo carbono. O modelo escolhido foi o DEA-SBM, incluindo-se *bad outputs* (ou produtos indesejáveis) em sua formulação e fornecendo informações sobre os excessos de *bad outputs*. O DEA, demais disso, é amplamente utilizado para mensurar a eficiência técnica e ecológica (ou ecoeficiência), em razão das premissas menos restritivas em comparação com os métodos da abordagem paramétrica, conforme sucede com a Análise de Fronteira Estocástica.

A seguir, mostram-se o modelo SBM original, de acordo com Tone (2001), o qual avalia a eficiência de unidades de tomada de decisão (DMUs), considerando tanto *inputs* quanto *outputs*, e a extensão do modelo DEA-SBM, proposta por Tone (2004), para lidar com *bad outputs*.

Desse modo, assim como expresso por Tone (2001), considerando  $n$  Unidades de Tomada de Decisão (DMUs) com uma matriz de insumos  $X$  representada como  $(x_{ij}) \in \mathbb{R}^{m \times n}$  e uma matriz de produtos representada como  $Y = (y_{ij}) \in \mathbb{R}^{s \times n}$ . O conjunto de possibilidade de produção é definido como  $P = \{(x, y) \mid x \leq \lambda X, y \leq \lambda Y, \text{ e } \lambda \geq 1, x \geq 0, y \geq 0\}$ , em que  $\lambda$  é um vetor não negativo em  $\mathbb{R}^n$  e  $\lambda$  é um vetor unitário em uma dimensão apropriada para o problema. Com o objetivo de avaliar a eficiência das DMUs, Tone (2001), formulou o modelo SBM (1).

---

<sup>2</sup> Fonte: SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para metas climáticas do Brasil 1970-2022**, acessado em 10 abr. 2023 – seeg.eco.br

$$\begin{aligned}
\min_{\lambda, s^-, s^+} \rho &= \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}}}{1 + \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}}} \\
\text{sujeito a. } x_o &= X\lambda + s^-; \\
y_o &= Y\lambda - s^+; \\
e^T \lambda &= 1; \\
\lambda, s^+, s^- &\geq 0
\end{aligned} \tag{1}$$

Os vetores  $s^- \in \mathbb{R}^n$  e  $s^+ \in \mathbb{R}^n$  representam, respectivamente, o excesso de insumos e o déficit de resultados nas unidades de tomada de decisão (DMUs). O vetor  $\rho$ , também, possui as seguintes propriedades: (i)  $0 < \rho \leq 1$ ; (ii) ele é invariante em relação às unidades dos dados; (iii) é uma medida monótona decrescente em relação às variáveis de folgas dos insumos e resultados.

O problema de otimização da equação (1) é fracionário, no entanto, é possível transformá-lo em um problema de programação linear com a adição de mais dois passos. O primeiro passo envolve a multiplicação do numerador e denominador da equação (1) por um escalar  $t > 0$  e a igualdade do denominador resultante a 1, conforme mostrado na equação (2).

$$\begin{aligned}
\min_{\lambda, s^-, s^+} \tau &= t - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{ts_i^-}{x_{io}} \\
\text{sujeito a. } 1 &= \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \frac{ts_r^+}{y_{ro}}; \\
x_o &= X\lambda + s^-; \\
y_o &= Y\lambda - s^+; \\
e^T \lambda &= 1; \\
\lambda, s^+, s^- &\geq 0
\end{aligned} \tag{2}$$

No segundo passo, os termos não lineares são transformados em lineares. Isso implica a substituição de  $s^-$  por  $ts^-$ ,  $s^+$  por  $ts^+$ , e  $1$  por  $t\lambda$ . Desse jeito, o modelo SBM da equação (1) se torna um problema de programação linear, conforme mostrado na equação (3):

$$\begin{aligned}
\min_{t, s^-, s^+} \tau &= t - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}'} \\
sa \quad 1 &= \left(\frac{1}{s}\right) \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}'} \\
tx_o &= X\Lambda + s^- \\
ty_o &= Y\Lambda - s^+; \\
e^T \Lambda &= t; \\
\Lambda, S^+, S^- &\geq 0, t > 0
\end{aligned} \tag{3}$$

Uma solução ótima para o problema da equação (3) é representada por  $(\tau^*, t^*, \Lambda^*, S^{*-}, S^{*+})$ . Consequentemente, a solução ótima para o modelo SBM original na equação (1) é dada por:  $(\rho^* = \tau^*, \tau^* = \Lambda^*/t^*, s^{*-} = S^{*-}/t^*, s^{*+} = S^{*+}/t^*)$ . Uma DMU é considerada SBM eficiente quando  $\rho^* = 1$ , indicando que não há excesso de *input* nem déficit de *output* ( $s^{*-} = s^{*+} = 0$ ). Para DMUs que não atingem a eficiência, elas são passíveis de melhorar seu processo produtivo, reduzindo o excesso de *input* e aumentando o déficit de *output*.

Ademais, quanto ao modelo DEA-SBM proposto por Tone (2004), que é uma extensão do modelo anterior de Tone (2001), incorporando *outputs* indesejáveis no processo produtivo, a seguir é expresso o modelo DEA-SBM para o caso de retornos variáveis de escala.

Portanto, considerando um conjunto de  $n$  DMUs com uma matriz de *inputs*  $X = (x_{ij})$  em  $\mathbb{R}^{m \times n}$ , uma matriz de *good output*  $Y_g = (y_{ij})$  em  $\mathbb{R}^{s1 \times n}$ , e uma matriz de *bad output*  $Y_b = (v_{ij})$  em  $\mathbb{R}^{s2 \times n}$ , em que  $X > 0$ ,  $Y_g > 0$ , e  $Y_b > 0$ , o conjunto de possibilidade de produção é definido como  $P = \{(x, y^g, y^b) \mid x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, e^T \lambda = 1, \lambda \geq 0\}$ , em que  $\lambda$  é um vetor de intensidade não negativo em  $\mathbb{R}^n$  e  $e^T = (1, \dots, 1)$  é um vetor em uma dimensão adequada para o problema. Para incorporar os *outputs* indesejáveis, Tone (2004) formulou este modelo (4):

$$\begin{aligned}
\min_{\lambda, s^-, s^g, s^b} \rho &= \frac{1 - \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}}}{1 + \left(\frac{1}{s1 + s2}\right) \left( \sum_{r=1}^{s1} \frac{S_r^g}{y_{ro}^g} + \sum_{r=1}^{s2} \frac{S_r^b}{y_{ro}^b} \right)} \\
sa \quad x_o &= X\lambda + s^-; \\
y_o^g &= Y^g\lambda - s^g; \\
y_o^b &= Y^b\lambda - s^b
\end{aligned} \tag{4}$$

$$e^T \lambda = 1;$$

$$s^-, s^g, s^b \geq 0$$

Os vetores  $s^-$  em  $\mathbb{R}^m$ ,  $s^g$  em  $\mathbb{R}^{s1}$ , e  $s^b$  em  $\mathbb{R}^{s2}$  representam o excesso de *input*, o déficit de *output* e o excesso de *bad output*, respectivamente. Essas variáveis são comumente referidas como de folga. O coeficiente  $\rho$  no modelo (4) também possui as seguintes propriedades: (i)  $0 < \rho \leq 1$ ; (ii) é invariante em relação às unidades dos dados; (iii) é uma medida monótona decrescente em relação às variáveis de folga dos *inputs* e *outputs*.

Assim, do mesmo jeito que o modelo (1), é evidente que o problema de otimização do modelo (4) é fracionário, no entanto, é possível transformá-lo em um problema de programação linear por meio de dois passos semelhantes aos utilizados para chegar ao modelo (3), com base no modelo (1). O resultado dessas operações matemáticas é a programação linear equivalente expressa no modelo (5).

$$\begin{aligned} \min_{t, s^-, s^g, s^b, \Lambda} \quad & \tau = t - \left( \frac{1}{m} \right) \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io'}} \\ \text{sa} \quad & 1 = t + \left( \frac{1}{s1+s2} \right) \left( \sum_{r=1}^{s1} \frac{s_r^g}{y_{ro}^g} + \sum_{r=1}^{s2} \frac{s_r^b}{y_{ro}^b} \right) \\ & tx_o = X\Lambda + s^-; \\ & ty_o = Y^g\Lambda - S^g; \\ & ty_o = Y^b\Lambda - S^b; \\ & e^T \Lambda = t; \\ & \Lambda, S^-, S^g, S^b \geq 0, \quad t > 0 \end{aligned} \tag{5}$$

Uma solução ótima para o modelo (5) resulta nos valores  $(\tau^*, t^*, \Lambda^*, S^{*-}, S^{g*}, S^{b*})$ . Portanto, a solução ótima para o modelo (4) é representada da seguinte maneira:  $(\rho^* = \tau^*, \lambda^* = \Lambda^*/t^*, s^{*-} = S^{*-}/t^*, s^{g*} = S^{g*}/t^*, s^{b*} = S^{b*}/t^*)$ .

Um jeito de medir a eficiência ambiental é considerar o potencial de redução do *output* indesejável. Expressando de outra maneira, quanto menor for o excesso do *output* indesejável ( $s^b$ ) em relação ao seu nível ( $y^b$ ), maior será a eficiência ambiental. Um método semelhante já foi utilizado em trabalhos anteriores, como no de Kuhn *et al.* (2018), aplicável por intermédio da equação (6).

$$EfA = 1 - \frac{s^b}{y^b} \quad (6)$$

Nesta fórmula,  $EfA$  representa a eficiência ambiental e é calculada para cada elemento da amostra, fazendo a comparação do desempenho ambiental de cada DMU.

Essa abordagem para calcular a eficiência ambiental, avaliando o excesso do *output* indesejável em relação ao seu nível, é aplicável para avaliar a eficiência de cada *input* e *output* considerados no modelo. Basta considerar o excesso de um *input* em relação ao seu nível na fórmula (6), por exemplo.

A última característica importante do modelo desenvolvido por Tone (2004) é a “*strong disposability*” (ou descartabilidade forte) entre os *good outputs* e *bad outputs*. Essa premissa significa que, mantendo a tecnologia constante, é possível reduzir o nível do *bad output* livremente, sem necessariamente reduzir o nível do *good output* de modo proporcional. Não existem, então, *in aliis verbis*, custos de oportunidade associados ao *good output* ao reduzir o *bad output*. Ainda segundo Tone (2004), as folgas são ajustes necessários nos *inputs* e *outputs* para que uma unidade de decisão se torne eficiente, ou seja, elas representam a ineficiência residual que permanece mesmo após ser considerada a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Assim, em termos de eficiência, folga nos *inputs*, significa que o excedente deles seria reduzido, sem diminuir a quantidade de *outputs*. De semelhante modo, folga nos *outputs* representam que seus valores seriam superiores, sem aumentar os valores dos *inputs*.

Assim, nesta pesquisa, foi usado o modelo DEA-SBM; considerados retornos variáveis de escala, não haverá orientação específica, pois se incluiu *bad outputs* em sua formulação e foi admitida a premissa da descartabilidade robusta entre *good outputs* e *bad outputs*.

Para operacionalizar os cálculos, recorreu-se ao *software* R com o pacote *deaR: Conventional and Fuzzy Data Envelopment Analysis*, desenvolvido por Coll-Serrano, Bolós e Benitez Suárez (2022).

### 3.3 Índice de Malmquist-Luenberger (IML)

O Índice de Malmquist-Luenberger (IML) propõe comparar períodos adjacentes usando dados de *input* e *output* de um período/base. Inspirados por Malmquist (1953), Caves *et al.* (1982) desenvolveram um índice que avaliar a evolução da produtividade de uma Unidade de Tomada de Decisão (DMU) entre dois períodos (Almeida, 2007; Mariano, 2008). Balk

(2001) assevera que o índice de Malmquist-Luenberger combina mudanças tecnológicas e modificações na eficiência total de uma DMU à extensão do tempo.

O Índice de Malmquist-Luenberger é caracterizado por sua capacidade de medir a variação na produtividade total dos fatores de uma DMU entre distintos períodos e decompor essa variação em eficiência técnica e mudança tecnológica (Caves *et al.*, 1982). Com essa decomposição, é possível distinguir entre a evolução da produtividade em decorrência da alteração na eficiência (*AE*) e da alteração tecnológica (*AT*), como mostrado a seguir:

$$IML = \left( \sqrt{\frac{D_0(y^t, x^t)}{D_t(y^t, x^t)} \cdot \frac{D_0(y^0, x^0)}{D_t(y^0, x^0)}} \right) \cdot \left( \frac{D_t(y^t, x^t)}{D_0(y^0, x^0)} \right) = AT \cdot AE,$$

onde:

IML é Índice de Malmquist-Luenberger;

$y^0$  é Quantidade de *input* da DMU em análise no período 0;

$x^0$  é Quantidade de *output* da DMU em análise no período 0;

$y^t$  é Quantidade de *input* da DMU em análise no período t;

$x^t$  é Quantidade de *output* da DMU em análise no período t;

$D_0(y^0, x^0)$  é Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período 0;

$D_0(y^t, x^t)$  é Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período 0;

$D_t(y^0, x^0)$  é Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período t;

$D_t(y^t, x^t)$  é Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período t;

*AT* é Alterações tecnológicas de uma DMU entre os períodos 0 e t;

*AE* é Alterações de eficiência de uma DMU entre os períodos 0 e t.

Os resultados fornecem subsídios para a análise de produtividade, identificando-se se houve progresso tecnológico, melhoria na eficiência total da DMU, ou ambos, para a amostra específica. Portanto, esse é o procedimento mais adequado para identificar diretamente se as mudanças no desenvolvimento de um ambiente estão relacionadas à mudança tecnológica ou à produtividade total dos fatores de produção de uma DMU. Segundo Balk (2001), a mudança tecnológica envolve um conjunto de possíveis combinações que se expandem ou se contraem, determinado pelo ambiente tecnológico.

O Índice de Malmquist-Luenberger assume valores positivos, sendo que valores maiores do que 1 indicam crescimento ou evolução do fator de produtividade entre os períodos 0 e t; valores menores do que 1 apontam queda de produtividade entre os períodos analisados; e valores iguais a 1 indicam que a produtividade permaneceu inalterada (Liu; Wang, 2008).

Assim, a integração entre a Análise de Envoltória de Dados (DEA) e o Índice de Malmquist-Luenberger fornece resultados precisos e uma análise mais robusta das variações tecnológicas e de eficiência técnica entre as DMUs nos períodos selecionados (Grosskopf, 2003; Camanho; Dyson, 2006).

### 3.4 Fonte de dados e variáveis

A fonte de dados utilizada abrange o Território Brasileiro, focando nos municípios com estabelecimentos agropecuários que participaram das linhas de ação dos Programas ABC, Pronaf e outros agregados, conforme está no Apêndice A, de 2013 a 2018. A escolha desse período decorre limitação dos dados. A amostra foi selecionada de maneira representativa, abrangendo diversas regiões e tipos de agricultura no País. Os dados utilizados são de natureza secundária e foram coletados nas bases de oficiais do Programa ABC.

Nesta pesquisa, os municípios são considerados as Unidades de Tomada de Decisão (DMUs), responsáveis por determinar a quantidade de *inputs*: valores financiados pelo Programa ABC (grupo de referência), pelo Pronaf e por outros programas agrícolas governamentais<sup>3</sup>. Esses insumos são empregados para gerar os *outputs*, que incluem os importes das produções agrícola, pecuária e de silvicultura, bem como as emissões de gases de efeito estufa (GEEs).

Os dados relativos aos municípios, abrangendo o valor dos contratos de crédito concedido pelo Programa ABC, assim como informações concernentes aos montantes investidos, derivam da "Matriz de Dados do Crédito Rural – Crédito Concedido", e serviram como grupo de referência para as outras variáveis, acessível no *site* do Banco Central do Brasil (BCB). Portanto, a base é composta por 3.864.796 observações e 21 variáveis.

Os dados relativos ao valor da produção agrícola foram extraídos por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), por intermédio das pesquisas Agropecuária sobre Produção Agrícola Municipal (PAM), Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), e Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS). As variáveis empregadas na análise de eficiência utilizando o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) foram estratificadas em categorias de *inputs* e *outputs*, conforme relatado no Quadro 3.

As informações sobre as emissões de gases de efeito estufa são obtidas da base de dados da plataforma Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e

---

<sup>3</sup> A descrição dessas variáveis está no Apêndice A.

foram utilizadas nos modelos para avaliar o impacto ambiental das atividades econômicas, de modo a se proceder a uma análise abrangente das emissões em níveis nacional e setorial.

Quadro 3 – Variáveis a serem utilizadas no modelo DEA-SBM e Índice de Malmquist-Luenberger

| Variável                                 | Tipo                      | Medida                  | Fonte |
|------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------|
| Município/UF                             | DMU                       | Nome                    | BCB   |
| Valor financiado pelo programa ABC       | x ( <i>input</i> )        | Reais                   | BCB   |
| Valor financiado pelo programa PRONAF    | x ( <i>input</i> )        | Reais                   | BCB   |
| Valor de outros financiamentos agrícolas | x ( <i>input</i> )        | Reais                   | BCB   |
| Valor da produção agricultura            | yg ( <i>good output</i> ) | Reais                   | IBGE  |
| Valor da produção pecuária               | yg ( <i>good output</i> ) | Reais                   | IBGE  |
| Valor da produção silvicultura           | yg ( <i>good output</i> ) | Reais                   | IBGE  |
| Emissões de GEE                          | yb ( <i>bad output</i> )  | ton. CO <sub>2</sub> eq | SEEG  |

Fonte: Elaboração própria.

Conforme evidenciado no Quadro 3, as variáveis escolhidas estão associadas à área de investimento, ao número de propriedades e ao valor do investimento, sendo consideradas como *inputs*. Em contrapartida, o valor da produção e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) foram identificados como *outputs*, sendo, respectivamente, as boas saídas de produção (*good outputs*) e as más saídas (*bad outputs*).

As variáveis utilizadas são proporcionais à área dos estabelecimentos. Em soma, as variáveis referentes ao valor da produção e ao do investimento foram deflacionadas por meio do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), disponibilizado pelo Banco Central (Brasil, 2023).

Para o tratamento e análise desses indicadores, foram empregados a linguagem computacional estatística R e o Programa RStudio, especificamente, com a versão 4.3.1. Para tanto, foram utilizados pacotes como *dplyr*, *tidyr* e *data.table*, além do pacote *dear*, *Conventional and Fuzzy Data Envelopment Analysis*, desenvolvido por Bolós, Benitez e Coll-Serrano (2023), fazendo uso da linha de comando *model sbmeff*, para o DEA-SBM.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na unidade capitular ora sob comento, por primeiro, mostram-se a estatística descritiva das variáveis usadas no modelo DEA-SBM, assim como a matriz de correlação entre as variáveis. Em seguida, expõem-se os resultados e as análises dos índices de eficiência dos financiamentos da agricultura de baixo carbono no plano municipal para o período 2013-2018. Foram, após, analisadas as estimativas de mudança da produtividade total dos fatores dos financiamentos, calculados por meio do índice de Malmquist-Luenberger.

### 4.1 Estatística descritiva

No âmbito da estatística descritiva, são mostradas as variáveis incluídas no modelo DEA-SBM, englobando os *inputs* e *outputs* desejáveis e indesejáveis. Foram calculadas as medidas de tendência central (média), dispersão (desvio-padrão), amplitude (valores mínimo e máximo), bem como os coeficientes e taxa de variação, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis descritoras das DMUs (UFs)

|       |                         | (continua)       |           |           |           |           |           |           |
|-------|-------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       |                         | Ano              |           |           |           |           |           |           |
|       |                         | 2013             | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      |           |
| input | ABC<br>xR\$ 1000        | Média            | 29.899    | 50.772    | 40.108    | 23.095    | 39.340    | 54.562    |
|       |                         | Mediana          | 5.116     | 7.087     | 6.157     | 1.705     | 3.104     | 5.215     |
|       |                         | DP               | 74.832    | 139.141   | 97.943    | 51.673    | 108.856   | 145.053   |
|       |                         | Mínimo           | 0,11      | 7,84      | 4,39      | 20,4      | 5,16      | 14,06     |
|       |                         | Máximo           | 882.619   | 2.070.777 | 1.775.210 | 435.608   | 2.013.516 | 1.771.025 |
|       |                         | CV               | 250       | 274       | 244       | 224       | 277       | 266       |
|       |                         | Taxa de variação | 4110,50   |           |           |           |           |           |
| input | PRONAF<br>xR\$ 1000     | Média            | 173.678   | 246.348   | 214.572   | 164.465   | 249.540   | 234.004   |
|       |                         | Mediana          | 65.712    | 90.015    | 75.070    | 49.782    | 73.094    | 64.992    |
|       |                         | DP               | 286.013   | 419.290   | 374.185   | 342.778   | 490.347   | 479.780   |
|       |                         | Mínimo           | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
|       |                         | Máximo           | 2.588.734 | 4.588.615 | 4.055.666 | 3.668.540 | 5.122.384 | 4.935.162 |
|       |                         | CV               | 165       | 170       | 174       | 208       | 197       | 205       |
|       |                         | Taxa de variação | 10054,33  |           |           |           |           |           |
| input | OUTs Agreg<br>xR\$ 1000 | Média            | 1.229.923 | 1.492.463 | 1.654.915 | 1.530.347 | 2.259.831 | 2.491.926 |
|       |                         | Mediana          | 382.419   | 476.523   | 501.088   | 572.903   | 794.068   | 885.473   |
|       |                         | DP               | 3.272.254 | 3.503.849 | 4.455.106 | 3.314.907 | 4.758.832 | 5.674.295 |
|       |                         | Mínimo           | 0         | 0         | 0         | 0         | 125,53    | 0         |
|       |                         |                  |           |           |           |           |           |           |

(conclusão)

|                    |                                  | Ano              |            |            |            |            |            |             |
|--------------------|----------------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|                    |                                  | 2013             | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | 2018       |             |
| <i>input</i>       | OUTs<br>xR\$ 1000                | Máximo           | 56.519.237 | 67.072.118 | 97.282.695 | 51.511.442 | 79.858.707 | 126.862.847 |
|                    |                                  | CV               | 266        | 235        | 269        | 217        | 211        | 228         |
|                    |                                  | Taxa de variação | 210333,83  |            |            |            |            |             |
| <i>good output</i> | VIProdAgri<br>xR\$ 1000          | Média            | 42.262     | 47.888     | 59.204     | 87.857     | 89.262     | 99.583      |
|                    |                                  | Mediana          | 13.613     | 15.877     | 18.706     | 31.263     | 33.295     | 33.997      |
|                    |                                  | DP               | 89.387     | 102.212    | 126.407    | 157.170    | 177.914    | 208.165     |
|                    |                                  | Mínimo           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
|                    |                                  | Máximo           | 1.149.825  | 1.325.397  | 1.561.822  | 1.412.576  | 1.927.117  | 2.724.402   |
|                    |                                  | CV               | 212        | 213        | 214        | 179        | 199        | 209         |
|                    |                                  | Taxa de variação | 9553,50    |            |            |            |            |             |
| <i>good output</i> | VIProdPec<br>xR\$ 1000           | Média            | 6.902      | 7.463      | 8.274      | 11.081     | 10.906     | 11.793      |
|                    |                                  | Mediana          | 3.171      | 3.380      | 3.435      | 4.756      | 4.759      | 4.762       |
|                    |                                  | DP               | 12.092     | 13.895     | 16.741     | 19.780     | 19.486     | 30.171      |
|                    |                                  | Mínimo           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
|                    |                                  | Máximo           | 229.657    | 321.393    | 359.052    | 289.603    | 238.185    | 749.338     |
|                    |                                  | CV               | 175        | 186        | 202        | 179        | 179        | 256         |
|                    |                                  | Taxa de variação | 815,17     |            |            |            |            |             |
| <i>good output</i> | VIProdSilv<br>xR\$ 1000          | Média            | 2.757      | 3.054      | 3.243      | 4.043      | 4.072      | 4.853       |
|                    |                                  | Mediana          | 134        | 136        | 144        | 91         | 128        | 97          |
|                    |                                  | DP               | 8.712      | 10.216     | 11.820     | 13.989     | 15.244     | 15.558      |
|                    |                                  | Mínimo           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           |
|                    |                                  | Máximo           | 104.849    | 134.870    | 248.334    | 188.997    | 285.807    | 197.572     |
|                    |                                  | CV               | 316        | 334        | 365        | 346        | 374        | 321         |
|                    |                                  | Taxa de variação | 349,33     |            |            |            |            |             |
| <i>bad output</i>  | Emissao_tCO <sub>2</sub> e<br>x1 | Média            | 188.947    | 188.884    | 203.131    | 282.523    | 245.536    | 238.296     |
|                    |                                  | Mediana          | 93.908     | 91.874     | 99.197     | 160.431    | 125.175    | 119.401     |
|                    |                                  | DP               | 274.240    | 274.681    | 271.112    | 348.783    | 346.424    | 341.246     |
|                    |                                  | Mínimo           | 3.138      | 830        | 1.865      | 960        | 4.211      | 1.347       |
|                    |                                  | Máximo           | 4.227.780  | 4.102.812  | 2.180.386  | 3.635.731  | 4.179.624  | 4.222.079   |
|                    |                                  | CV               | 145        | 145        | 133        | 123        | 141        | 143         |
|                    |                                  | Taxa de variação | 8224,83    |            |            |            |            |             |

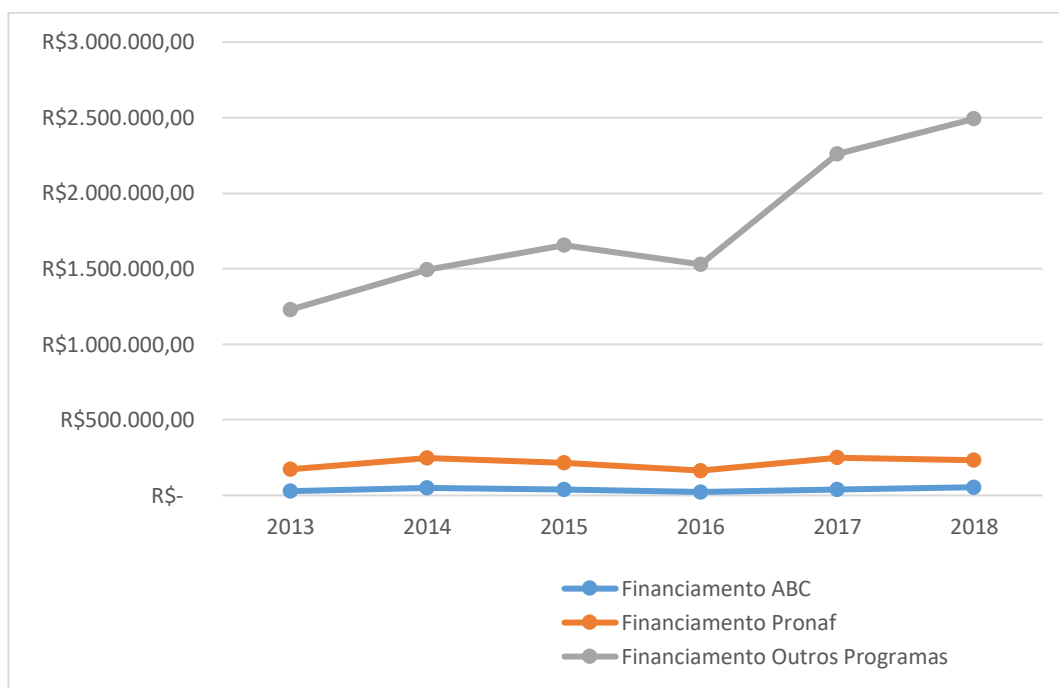
Nota: DP = desvio-padrão; CV = variação contingente.

Fonte: IBGE, BCB (2023). Valor da produção corrigido pelo IPCA a preços de dezembro de 2023.

Em relação aos financiamentos pelo Programa ABC, a média dos contratos foi de quase R\$ 30 milhões em 2013, com variações no tempo. Esses valores diminuíram para R\$ 23 milhões em 2016 e alcançaram R\$ 54,5 milhões em 2018. Quanto ao crédito concedido pelo Pronaf, a média dos valores foi de R\$ 173,6 milhões em 2013, com flutuações à extensão temporal. O crédito do Pronaf declinou para R\$ 164,4 milhões em 2016, seguido pelo maior

valor médio, registrado em 2017, com R\$ 249,5 milhões, havendo alcançado a média de R\$ 243 milhões em 2018, conforme observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Valor médio dos financiamentos nos anos 2013-2018



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que, para ambos os financiamentos, houve uma vigorosa queda nos repasses do Governo para programas de crédito em 2016, refletida também no valor do desvio-padrão da série, que foi o menor entre os anos avaliados. Uma das possíveis causas, decerto, foi a crise política e econômica enfrentada pelo País durante esse período. Em 2016, o Brasil passou por uma recessão econômica, caracterizada pela retração do PIB, por aumento de desemprego e instabilidade fiscal (Barbosa, 2017). Essas condições adversas, muito provavelmente, concorreram para a redução dos recursos destinados a esses programas.

Em relação aos repasses de outros programas de crédito rural, em valores agregados, a média em 2013 foi de R\$ 1,2 bilhão. Esses valores continuaram a crescer, exceto pela queda ocorrida em 2016, registrando uma média de R\$ 1,5 bilhão e alcançando quase R\$ 2,5 bilhões de financiamento, em termos médios, em 2018. O menor valor da média dos financiamentos foi observado em 2013, conforme expresso no Gráfico 1.

Assim, é notória a discrepância entre os valores dos financiamentos dos outros programas agregados relativamente aos programas ABC e Pronaf. Consequentemente, esse

maior volume de repasses dos outros programas é passível de estar associado ao crescimento no valor bruto da produção agropecuária e das emissões de CO<sub>2</sub>.

Na carreira dos anos, observa-se um aumento na média do valor bruto da produção da agricultura, passando de R\$ 42,2 milhões em 2013 para R\$ 99,5 milhões em 2018. A taxa média de crescimento anual desse *output* para o período analisado foi de R\$ 9,5 milhões. Esses resultados evidenciam a evolução da produção agrícola no correr do tempo. Pereira e Castro (2022) destacam que a acrescência do setor agrícola é uma resposta ao crescimento da demanda por alimentos e energia decorrente da dilatação populacional.

No caso do valor da produção pecuária, também foi observado um crescimento geral, com um leve declínio em 2017, em comparação com o ano anterior, seguido por um aumento em 2018, atingindo a maior média registrada, de R\$ 11,7 milhões. A taxa de variação média desse *output* para o período analisado foi de R\$ 815,17 mil.

De semelhante maneira, o valor da produção silvícola demonstrou uma tendência de aumento no tempo, com a menor média de R\$ 2,7 milhões em 2013 e a maior de R\$ 4,8 milhões, observada em 2018. A média dos incrementos anuais desse *output* no período analisado foi de R\$ 349,33.

Quanto às emissões de CO<sub>2</sub>, houve oscilações nos valores, com a menor média registrada de 188.884 tCO<sub>2</sub>e, em 2014, e a maior de 282.523 tCO<sub>2</sub>e, em 2016. Observa-se que o período de pico das emissões de CO<sub>2</sub> coincidiu com o de menor financiamento dos programas destinados à redução dos GEE, o que constitui, decerto, uma das justificativas para esse comportamento em 2016. A taxa de variação média desse *output* para o período analisado foi de 8.224,83 tCO<sub>2</sub>e.

Em relação à matriz de correlação entre as variáveis, de acordo com a Tabela 4, observa-se que a variável do Programa ABC tem uma correlação negativa fraca com o Pronaf (-0,0371), sugerindo uma leve tendência de redução do Pronaf com o aumento do Programa ABC. Em contrapartida, observam-se correlações positivas de boa significação entre o Programa ABC e outros programas agregados (0,2288), valores das produções agrícola (0,2567), pecuária (0,0550), de silvicultura (0,1212), bem assim, Emissao\_tCO<sub>2</sub>e (0,2277). Isso aponta que, com o aumento do ABC, essas variáveis tendem a crescer, especialmente o valor da produção da agricultura e outros programas agregados. Similarmente, o Pronaf denota correlações positivas fracas com outros programas agregados (0,1371), valores das produções da agricultura (0,1005), pecuária (0,2810), de silvicultura (0,0278) e, ainda, Emissao\_tCO<sub>2</sub>e (0,1175), sendo a correlação mais intensiva com o importe da produção pecuária.

Tabela 4 – Matriz de correlação entre as variáveis – 2013-2018

|               | ABC      | Pronaf  | OUTs Agreg | VIProd Agri | VIProd Pec | VIProd Silv | Emissao tCO2e |
|---------------|----------|---------|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| ABC           | 1        |         |            |             |            |             |               |
| Pronaf        | -0,0371* | 1       |            |             |            |             |               |
| OUTs Agreg    | 0,2288*  | 0,1371* | 1          |             |            |             |               |
| VIProdAgri    | 0,2567*  | 0,1005* | 0,6000*    | 1           |            |             |               |
| VIProdPec     | 0,0550*  | 0,2810* | 0,2528*    | 0,1870*     | 1          |             |               |
| VIProdSilv    | 0,1212*  | 0,0278* | 0,0581*    | 0,0271*     | 0,0762*    | 1           |               |
| Emissao tCO2e | 0,2277*  | 0,1175* | 0,2908*    | 0,2851*     | 0,1596*    | 0,0894*     | 1             |

\* Significante a 5%.

Fonte: Elaboração própria.

As correlações entre outros programas agregados e valor da produção agrícola (0,6000) são particularmente robustas, indicando uma relação positiva acentuada entre essas duas variáveis. Demais disso, o importe da produção agrícola também guarda correlação positiva e considerável com Emissao\_tCO2e (0,2851), sugerindo que o aumento na produção agrícola está associado a um incremento nas emissões de gases de efeito estufa.

Embora as correlações entre os valores das produções pecuária e de silvicultura e Emissao\_tCO2e sejam positivas, elas se exprimiram mais fracas. Em síntese, os resultados da análise de correlação sugerem que aumentos em variáveis como Programa ABC, outros programas agregados e valor da produção agrícola estão associados a valores maiores das emissões de CO2, indicando uma relação direta entre o crescimento da produção e o aumento do impacto ambiental negativo.

## 4.2 Eficiência das DMUs e resultados do DEA-SBM

Esta seção mostra, *ab initio*, as estimativas de eficiência técnica dos financiamentos da produção agropecuária de baixo carbono no curso período analisado, apontando, também, a distribuição das medidas de ineficiência das unidades de tomada de decisão. Nas seções seguintes, encontram-se as análises das folgas do modelo DEA-SBM.

#### 4.2.1 Análise dos índices de eficiência

Os índices de eficiência técnica dos financiamentos dos programas da agricultura de baixo carbono, incluindo o Programa ABC e o Pronaf ABC+ (Agroecologia e Bioeconomia), foram calculados para o período 2013-2018 e distribuídos por quartil dos seus valores. Esses resultados são mostrados na Tabela 5, onde o número de DMUs eficientes, ou seja, os municípios que obtiveram escore igual a unidade, e o número de DMUs ineficientes, com escores menores que a unidade, são exibidos.

Tabela 5 – Número de DMUs eficientes, ineficientes e distribuição de eficiência – 2013 a 2018

| Ano  | DMUs eficientes | DMUs ineficientes | Distribuição das DMUs ineficientes por escore |          |          |           | Total DMUs |
|------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------------|----------|----------|-----------|------------|
|      |                 |                   | 0-0,25                                        | 0,25-0,5 | 0,5-0,75 | 0,75-0,99 |            |
| 2013 | 125             | 1627              | 334                                           | 351      | 694      | 248       | 1752       |
| 2014 | 96              | 1760              | 558                                           | 402      | 698      | 102       | 1856       |
| 2015 | 86              | 1429              | 448                                           | 333      | 516      | 132       | 1515       |
| 2016 | 104             | 669               | 149                                           | 172      | 227      | 121       | 773        |
| 2017 | 87              | 936               | 205                                           | 214      | 355      | 162       | 1023       |
| 2018 | 83              | 1037              | 310                                           | 208      | 396      | 123       | 1120       |

Fonte: Elaboração própria.

No ano de 2013, do total de DMUs, 125 (ou 7%) mostraram-se eficientes, pois obtiveram escore de eficiência igual a 1, enquanto 1.627 (ou 93%) exibiram-se ineficientes. Nesse ano, o maior percentual de DMUs ineficientes localizou-se no terceiro quartil, com índice de 0,5 a 0,75, correspondendo a 694 DMUs, enquanto o menor percentual de DMUs ficou no quarto quartil (0,75-0,99), com 248 DMUs.

Já em 2014, do total de DMUs, 96 (ou 5%) foram consideradas eficientes, enquanto 1.760 (ou 95%) mostraram-se ineficientes. Na distribuição de eficiência, o terceiro quartil, com índice de 0,5 a 0,75, concentrou o maior número de DMUs ineficientes, com 698 municípios. O primeiro quartil, com menor escore de eficiência (0 a 0,25), contou com 558 DMUs. Comparando com o ano anterior, o total de DMUs no primeiro quartil aumentou 5,93%, passando de 334 para 558 DMUs.

Em 2015, do total de DMUs, 86 (ou 5,5%) encontravam-se na fronteira de eficiência, enquanto 1.429 DMUs (ou 94,5%) estavam abaixo desta fronteira, ou seja, eram ineficientes. A distribuição do escore de eficiência, como nos demais anos, teve o maior número de DMUs no terceiro quartil, ou seja, de 0,5 a 0,75, com 516 municípios. Demais disso, 448

DMUs expressaram o menor escore de eficiência (0 a 0,25), tendo o total de DMUs diminuído em 18,4%, comparativamente ao ano anterior.

No ano de 2016, do total de DMUs, 104 (ou 13,4%) mostraram-se eficientes, enquanto 669 (ou 86,6%) formaram o grupo de municípios ineficientes. O terceiro quartil (0,5 a 0,75) foi composto por 227 DMUs e 149 ficaram no primeiro quartil, com escores de 0 a 0,25. Nesse ano, o total de DMUs foi de apenas 773, representando queda de 49,6% no número de DMUs quando comparado ao ano anterior. Esse resultado corrobora as estatísticas descritivas, ao demonstrar que, no ano de 2016, ocorreu o menor número de contratos de financiamento dos programas de agricultura de baixo carbono.

Para 2017, do total de DMUs, 87 (ou 8,5%) sobraram eficientes, enquanto 936 (ou 91,5%) compuseram o grupo de municípios sob a ineficiência. A distribuição das DMUs ineficientes também seguiu o padrão dos anos anteriores, com o maior número de DMUs ineficientes (355 DMUs) concentradas no terceiro quartil (0,5 a 0,75), enquanto 205 municípios ficaram no primeiro quartil (0 a 0,25). Nesse ano, houve um aumento de 32,5% no quantitativo de DMUs beneficiadas, em comparação ao ano imediatamente anterior.

Em 2018, do total de DMUs, 83 (ou 7,5%) foram eficientes, enquanto 1.037 (ou 92,5%) remansaram ineficientes. Como nos demais anos, o quartil de eficiência com maior número de DMUs foi o terceiro (0,5 a 0,75) com 396 municípios, tendo 310 municípios no primeiro quartil (0 a 0,25). Nesse ano, também houve um aumento de 9,5% no total de DMUs beneficiadas relativamente ao ano de 2017. No Apêndice B, são mostrados os gráficos da distribuição de DMUs eficientes e ineficientes para o período 2013-2018.

Com isso, observa-se que, nesse período, o percentual de DMUs eficientes variou de 5% a 8,5%, estando o maior percentual de municípios ineficientes concentrados no terceiro quartil, com escores de eficiência de 0,5 a 0,75. Tal aponta que, apesar de não terem obtido o escore de eficiência igual a 1, os municípios ainda exibiram um número significativo de DMUs, por se encontrarem perto da fronteira de eficiência.

O ano de 2016 foi atípico no período analisado, com 13,5% das DMUs fazendo parte da fronteira de eficiência. Foi o ano, ainda, em que se observou o menor número de DMUs participando dos programas, o que afetou a estimativa da média de eficiência nesse ano. Apesar disso, nos anos subsequentes, observou-se que houve crescimento no volume de financiamentos contratados, porém em menor número, relativamente aos anos anteriores a 2016.

A Tabela 6 mostra a descrição estatística dos escores de eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono das DMUs, no período 2013-2018. Em 2013, a média de eficiência das DMUs foi de 0,548, com elevada variabilidade entre

as unidades, como indicado pelo desvio-padrão de 0,249. Os escores de eficiência variaram no intervalo do valor mínimo de 0,027 ao do máximo de 1, com um coeficiente de variação de 0,455, sugerindo dispersão relativa moderada.

Nos anos seguintes, a média de eficiência técnica dos financiamentos variou de 0,468 a 0,569, sendo 0,468 em 2014 e 0,569 em 2016. Tanto o desvio-padrão quanto os coeficientes de variação relataram pequenas alterações, indicando uma dispersão relativamente consistente entre as DMUs durante o tempo sob exame.

Tabela 6 – Estatística descritiva da eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono das DMUs, no período 2013-2018.

| <b>Ano</b> | <b>Média</b> | <b>SD</b> | <b>Min.</b> | <b>Max.</b> | <b>CV</b> |
|------------|--------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| 2013       | 0,548        | 0,249     | 0,027       | 1           | 0,455     |
| 2014       | 0,468        | 0,233     | 0,041       | 1           | 0,498     |
| 2015       | 0,471        | 0,244     | 0,069       | 1           | 0,518     |
| 2016       | 0,569        | 0,279     | 0,169       | 1           | 0,490     |
| 2017       | 0,547        | 0,260     | 0,085       | 1           | 0,476     |
| 2018       | 0,512        | 0,259     | 0,098       | 1           | 0,506     |

Fonte: Elaboração própria.

Em 2016, observou-se a maior média de eficiência, atingindo 0,569, enquanto os anos de 2014 e 2015 mostraram médias relativamente menores, de 0,468 e 0,471, respectivamente. A dispersão dos dados, refletida pelo coeficiente de variação, oscilou de 0,455 a 0,518, mantendo-se moderadamente alta em todos os anos.

Essas estatísticas sugerem a existência de variações de eficiência consideráveis entre as DMUs na esteira temporal. Os dados indicam, no geral, certa estabilidade na média da eficiência técnica dos financiamentos das DMUs, malgrado algumas flutuações, e uma dispersão que evidencia diferenças significativas na performance das unidades analisadas.

Dessa maneira, os resultados mostram que a eficiência das DMUs variou na carreira dos anos, evidenciando a necessidade de medidas para aprimorar o desempenho dos financiamentos em termos de distribuição entre as unidades menos ineficientes. Essa variação tem implicações para a gestão, sugerindo que práticas bem-sucedidas devem ser adotadas em todas as unidades, e que programas de capacitação técnica são necessários. Também foram incluídas, no Apêndice C, tabelas com os 20 municípios mais eficientes e os 20 menos eficientes, dentre os grupos dos que apareceram apenas uma vez em toda a série analisada, assim como duas, três, quatro, cinco e seis vezes, respectivamente.

Ademais, é importante destacar o conceito de *benchmark*, que se refere aos municípios na fronteira eficiente dos financiamentos da agricultura de baixo carbono, ou seja, considerando os *inputs* e *outputs* utilizados na análise de eficiência técnica, os *benchmarks* obtiveram os melhores resultados em termos de valor bruto da produção agropecuárias com os recursos financeiros dos programas de financiamento da agricultura de baixo carbono.

Dada a importância dos *benchmarks* para as políticas de crédito rural, por serem referência de desempenho para os outros municípios, a Tabela 7 mostra os cinco municípios que mais apareceram como *benchmark* no decurso do período analisado.

Tabela 7 – Municípios que mais apareceram como *benchmarks* e frequência de ocorrências na fronteira de eficiência, no período 2013-2018

(continua)

| Ano  | Município                   | UF | Nº de vezes utilizado como benchmark | Percentual |
|------|-----------------------------|----|--------------------------------------|------------|
| 2013 | Doutor Ulysses              | PR | 1069                                 | 0,66       |
| 2013 | Cândido Sales               | BA | 509                                  | 0,31       |
| 2013 | Boa Esperança do Sul        | SP | 478                                  | 0,29       |
| 2013 | Cruz Machado                | PR | 409                                  | 0,25       |
| 2013 | São Francisco de Itabapoana | RJ | 291                                  | 0,18       |
| 2014 | Adrianópolis                | PR | 1673                                 | 0,95       |
| 2014 | Primavera do Leste          | MT | 1073                                 | 0,61       |
| 2014 | Tunas do Paraná             | PR | 510                                  | 0,29       |
| 2014 | Cachoeira da Prata          | MG | 187                                  | 0,11       |
| 2014 | Cristália                   | MG | 140                                  | 0,08       |
| 2015 | Doutor Ulysses              | PR | 1146                                 | 0,78       |
| 2015 | Queiroz                     | SP | 863                                  | 0,59       |
| 2015 | Sapezal                     | MT | 473                                  | 0,32       |
| 2015 | Balneário Arroio do Silva   | SC | 336                                  | 0,23       |
| 2015 | Santa Rita do Trivelato     | MT | 309                                  | 0,21       |
| 2016 | Rancharia                   | SP | 373                                  | 0,56       |
| 2016 | José Golçalves de Minas     | MG | 312                                  | 0,47       |
| 2016 | Sete Lagoas                 | MG | 292                                  | 0,44       |
| 2016 | Lençóis Paulista            | SP | 253                                  | 0,38       |
| 2016 | Balneário Arroio do Silva   | SC | 153                                  | 0,23       |
| 2017 | Inácio Martins              | PR | 511                                  | 0,55       |
| 2017 | Água Clara                  | MS | 453                                  | 0,48       |
| 2017 | Sapezal                     | MT | 415                                  | 0,44       |
| 2017 | Primavera do Leste          | MT | 375                                  | 0,4        |
| 2017 | Sete Lagoas                 | MG | 369                                  | 0,39       |
| 2018 | Luís Antônio                | SP | 766                                  | 0,74       |

| (conclusão) |                     |    |                                      |            |
|-------------|---------------------|----|--------------------------------------|------------|
| Ano         | Município           | UF | Nº de vezes utilizado como benchmark | Percentual |
| 2018        | Bom Jardim de Minas | MG | 623                                  | 0,6        |
| 2018        | Guatapar           | SP | 449                                  | 0,43       |
| 2018        | Nova Hartz          | RS | 292                                  | 0,28       |
| 2018        | Brasília            | DF | 291                                  | 0,28       |

Fonte: Elaboração própria.

Com base na Tabela 7, observa-se que os benchmarks variam tanto com relação aos municípios que ficam na fronteira de eficiência com maior frequência, quanto os estados a que esses municípios pertencem. Isto é capaz de representar indicativo de que os municípios estão sujeitos às condições de financiamento competitivo oferecidas a outros programas de crédito rural, assim como as próprias condições de mercado que causam variabilidade no desempenho produtivo e no de mercado.

A Tabela 8 mostra a média dos índices de eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono, agregados por unidade federada (UF). A média dos índices de eficiência técnica por UF mostra-se relevante porque hierarquiza e identifica os estados com maiores índices de eficiência técnica dos financiamentos investigados.

Tabela 8 – Média da eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono, por UF, no período 2013-2018.

| (continua) |            |       |       |       |       |       |
|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| UF         | Eficiência |       |       |       |       |       |
|            | 2013       | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
| AC         | 0,213      | 0,176 | 0,186 | 0,404 | 0,220 | 0,212 |
| AL         | -          | 0,203 | 0,201 | -     | 0,520 | 0,491 |
| AM         | -          | 0,607 | 0,175 | -     | 0,263 | 0,254 |
| AP         | 0,492      | 0,243 | 0,795 | -     | 0,569 | -     |
| BA         | 0,507      | 0,427 | 0,353 | 0,624 | 0,508 | 0,418 |
| CE         | 0,257      | -     | -     | -     | -     | -     |
| DF         | 1,000      | 0,698 | 0,749 | -     | -     | 1,000 |
| ES         | 0,610      | 0,509 | 0,525 | 0,691 | 0,662 | 0,562 |
| GO         | 0,422      | 0,346 | 0,349 | 0,431 | 0,423 | 0,383 |
| MA         | 0,355      | 0,277 | 0,252 | 0,427 | 0,363 | 0,403 |
| MG         | 0,637      | 0,574 | 0,543 | 0,699 | 0,653 | 0,621 |
| MS         | 0,548      | 0,473 | 0,498 | 0,659 | 0,624 | 0,565 |
| MT         | 0,454      | 0,411 | 0,425 | 0,468 | 0,488 | 0,494 |
| PA         | 0,301      | 0,267 | 0,295 | 0,494 | 0,315 | 0,369 |
| PB         | -          | -     | -     | -     | 1,000 | -     |

| UF | Eficiência |       |       |       |       |       |
|----|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    | 2013       | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
| PE | 0,413      | 0,377 | 0,282 | 1,000 | 0,632 | 0,385 |
| PI | 0,271      | 0,265 | 0,303 | 0,376 | 0,282 | 0,393 |
| PR | 0,742      | 0,646 | 0,686 | 0,834 | 0,768 | 0,739 |
| RJ | 0,501      | 0,378 | 0,476 | 0,612 | 0,444 | 0,408 |
| RN | -          | 0,270 | -     | -     | -     | -     |
| RO | 0,448      | 0,333 | 0,366 | 0,431 | 0,555 | 0,516 |
| RR | 0,217      | 0,198 | 0,284 | 0,230 | 0,291 | 0,239 |
| RS | 0,680      | 0,603 | 0,644 | 0,745 | 0,695 | 0,663 |
| SC | 0,682      | 0,659 | 0,681 | 0,733 | 0,792 | 0,720 |
| SE | 0,234      | 0,602 | -     | -     | -     | 0,180 |
| SP | 0,498      | 0,406 | 0,452 | 0,568 | 0,526 | 0,497 |
| TO | 0,236      | 0,222 | 0,207 | 0,284 | 0,284 | 0,268 |

Fonte: Elaboração própria.

A média do índice de eficiência técnica do Ceará, da Paraíba e do Rio Grande do Norte foi calculada apenas em um ano no tempo analisado, respectivamente, 2013, 2017 e 2014. Alagoas, Amazonas, Amapá, Sergipe e Distrito Federal também não tiveram suas médias de eficiência técnica calculadas para todos os anos dos períodos analisados. Isto deve-se ao fato da ocorrência ou não de municípios desses estados entre os contratantes do financiamento dos programas. Desse modo, é dado concluir-se que esses estados não participaram consistentemente dos programas analisados no período 2013-2018.

O Brasil possui 27 UF's, das quais 19 tiveram médias de eficiência técnica calculadas para os seis anos do período analisado. Desses estados, Acre, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo, totalizando dez, mostraram tendência de declínio da média dos índices de eficiência técnica no período. Entrementes, nove estados – Maranhão, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Piauí, Rondônia, Roraima, Santa Catarina e Tocantins exibiram tendência de aumento da média dos índices.

O estado que mostrou maior acréscimo na média de eficiência foi o Piauí, que passou de 0,271 para 0,393, enquanto o que denotou maior declínio na média de eficiência foi Rio de Janeiro, que passou de 0,501 para 0,408, no período. Impõe-se considerar o fato de que 2016 foi o ano em que 14 estados obtiveram as maiores médias dos índices de eficiência técnica no período.

A Tabela 9 mostra a média dos índices de eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono agregados, conforme a região.

Tabela 9 – Média da eficiência técnica dos financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono, conforme a região, no período 2013-2018

| Região | Eficiência Técnica |       |       |       |       |       |
|--------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | 2013               | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
| CO     | 0,458              | 0,389 | 0,399 | 0,482 | 0,485 | 0,466 |
| N      | 0,286              | 0,249 | 0,262 | 0,360 | 0,337 | 0,320 |
| NE     | 0,435              | 0,354 | 0,305 | 0,513 | 0,438 | 0,409 |
| S      | 0,710              | 0,631 | 0,668 | 0,778 | 0,741 | 0,704 |
| SE     | 0,571              | 0,486 | 0,498 | 0,634 | 0,587 | 0,550 |

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se, com base na Tabela 9, que apenas as regiões Centro-Oeste e Norte indicaram tendência de aumento na média do índice de eficiência, enquanto as demais regiões relataram orientação de declínio. A região Norte mostrou o maior acréscimo em termos de média de eficiência técnica dos financiamentos, passando de 0,286 para 0,32. Já a região que sinalizou maior declínio na média de eficiência técnica foi o Nordeste - de 0,435 para 0,409.

Para as regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste, as maiores médias dos índices ocorreram no ano de 2016; na região Centro-Oeste, no entanto, tal sucedeu 2017. Vale evidenciar que, como demonstrado em análises anteriores, o ano de 2016 reuniu as condições para que as DMUs obtivessem os maiores índices de eficiência técnica dos financiamentos da agricultura de baixo carbono para a maioria das observações, considerando três níveis de agregação (municipal, estadual e regional).

Para concluir, é importante observar que os resultados desta seção suscetíveis estão de haver sido afetados por vieses que elevaram os valores dos índices de eficiência, já que os dados de valor da produção agropecuária utilizados foram ao nível municipal, nos quais também está inclusa a produção obtida custeada com recursos próprios.

#### 4.2.2 Análise das folgas

A análise das folgas diz respeito à mensuração das diferenças entre as quantidades dos *inputs* e *outputs* das DMUs e seus *benchmarks*, considerando que, quanto menores as folgas de *input* e *output*, mais próxima da fronteira de eficiência estará a DMUS, ou seja, maior o

índice de eficiente técnica da unidade. A Tabela 10 mostra a mensuração das folgas estimadas pelo modelo DEA-SBM para cada um dos *inputs* e *outputs* considerados na análise.

Tabela 10 – Número de folgas para os *inputs* e *outputs* do modelo – 2013 a 2018

| Ano  | <i>Inputs</i> |         |           | <i>Outputs</i> |          |              |          |
|------|---------------|---------|-----------|----------------|----------|--------------|----------|
|      | ABC           | Pronaf  | Agregados | Agricultura    | Pecuária | Silvicultura | Emissões |
| 2013 | 5.066,3       | 1.612,4 | 5.983,2   | 852,2          | 795,3    | 6.650,1      | 1.190,1  |
| 2014 | 6.310,6       | 5.802,2 | 7.620,2   | 1.583,3        | 1.652,5  | 8.253,6      | 904,2    |
| 2015 | 3.529,0       | 6.719,7 | 7.879,4   | 510,8          | 674,9    | 5.581,2      | 1.324,2  |
| 2016 | 1.952,3       | 1.619,8 | 411,0     | 94,6           | 324,5    | 3.264,5      | 401,2    |
| 2017 | 2.893,2       | 2.909,3 | 548,9     | 318,3          | 363,2    | 4.097,4      | 392,7    |
| 2018 | 3.014,5       | 3.544,6 | 3.632,5   | 385,7          | 196,6    | 4.369,0      | 870,8    |

Fonte: Elaboração própria.

Para o ano de 2013, em termos médios, os programas agregados indicaram um maior nível de ineficiência do que os demais, com 5.983,2 em folgas, seguido pelo Programa ABC, com 5.066,3 em folgas. Já o Pronaf ofereceu 1.612,4 em folgas, sendo o *input* mais eficiente nesse ano. Em relação aos *outputs*, a silvicultura se destacou, em relação aos demais, com 6.650,1 em folgas, seguida pela emissão de GEE, com 1.190,1 em folgas, agricultura com 852,2 em folgas e pecuária com 795,3 em folgas.

Já no ano de 2014, a ineficiência dos programas agregados e do ABC aumentou 27,3% e 24,5%, respectivamente, enquanto a do Pronaf mais do que triplicou (259,8%), chegando a 5.802,2 em folgas. Para os *outputs*, a ineficiência da agricultura, pecuária e silvicultura também foi maior, comparativamente ao ano anterior, com aumentos de 85,7%, 107,7% e 24,1%, respectivamente. Na contramão do aumento de folgas em todas as variáveis desse ano, as emissões de GEE tiveram queda de 24,1%, em comparação ao ano anterior.

Em 2015, os financiamentos provenientes do ABC tiveram queda de 44,1% no número de folgas, enquanto o Pronaf e os programas agregados tiveram aumento de 15,8% e 3,4%, respectivamente. Para os *outputs*, ocorreu redução na ineficiência, com queda nas folgas da agricultura, pecuária e silvicultura de 61,8%, 59,2% e 32,4%, respectivamente. Dessa vez, as emissões de GEE tiveram aumento de 46,4%, em comparação ao ano de 2014.

No ano de 2016, ocorreu nova queda nas folgas do Programa ABC, de 44,7%, seguido de 75,9% de queda para o Pronaf, assim como 94,8% de redução para os programas agregados. Essas foram as maiores quedas relativas de toda a série analisada para os *inputs*. Todos os *outputs* também caíram 81,5%, 52%, 41,5% e 69,8% para agricultura, pecuária, silvicultura e emissões de GEE, respectivamente.

Para 2017, o número de folgas foi retomado em todas as variáveis, com exceção das emissões de GEE. Relativamente aos *inputs*, houve aumento de 48,2%, 79,6%, 33,5% para os Programas ABC, Pronaf e os agregados, respectivamente. No concernente aos *outputs*, registrou-se crescimento de 236,4%, 11,9% e 25,5%, para agricultura, pecuária e silvicultura, respectivamente. Já as emissões de GEE foram no sentido oposto, com queda de 2,2% no mencionado exercício.

Finalmente, em 2018, ocorreu aumento nas folgas dos *inputs*, de 4,1%, 21,8% e 561,7%, para os Programas ABC, Pronaf e agregados, respectivamente. A agricultura registou aumento nas folgas de 21,1%, ao passo que a pecuária teve queda de 45,9% e a silvicultura exibiu aumento de 6,6%. As emissões de GEE aumentaram suas folgas em 121,7%, em comparação com 2017.

Os resultados mostram variações significativas na eficiência dos programas ao longo dos anos. O Pronaf, inicialmente o mais eficiente, foi alvo de um grande aumento na ineficiência em 2014, passando a se equiparar aos demais no todo do período analisado, enquanto os programas agregados e o ABC exprimiram padrões variados de eficiência e ineficiência. As mudanças nas folgas dos *outputs* refletem as oscilações na eficiência de variados setores, destacando a complexidade de alcançar eficiência nas emissões de GEE e no valor bruto de produção agropecuária e silvícola.

O número de folgas para a silvicultura exprimiu-se maior do que os demais por todo o período, refletindo características dos estabelecimentos beneficiados, pois muitos deles não possuem produção silvícola, afetando, assim, o índice de folgas, fato capaz de significar que há um potencial relevante de melhoria neste setor agrícola.

O ano de 2016 foi o único em que o comportamento das folgas (queda) dos *inputs* e *outputs* coincidiram, corroborando os resultados encontrados na seção anterior, em que o ano de 2016 foi o de maior eficiência relativa, comparado aos demais exercícios analisados. Uma hipótese é de ter ocorrido contingenciamento de recursos de financiamentos, e os municípios mais eficientes foram menos atingidos em comparação aos ineficientes. Também foram incluídos os gráficos referentes ao superávit de folgas para os *inputs* e *outputs* no Apêndice D.

Apesar das oscilações nas folgas referentes à produção agrícola, pecuária, silvícola e de GEE, a existência de folgas nessas variáveis indigita que ainda é possível ocorrer redução na emissão de gases de efeito estufa, sem comprometer a produção dos estabelecimentos. Esse resultado é corroborado por Gama (2022), que, ao analisar as UFs da região Norte do Brasil pelo índice de ecoeficiência, verificou ser possível manter a produção agropecuária dos produtores da região, ao mesmo tempo em que se reduz a emissão de GEE.

### 4.3 Índice Malmquist-Luenberger (IML)

Por intermédio do Índice Malmquist-Luenberger, investigaram-se as mudanças na produtividade total dos financiamentos, no período de 2013 a 2018, que foram decompostas em mudanças de eficiência técnica e tecnológica das DMUs. A Tabela 11 retém a estatística descritiva do Índice de Malmquist-Luenberger.

Tabela 11 – Estatísticas descritivas para IML – mudança de produtividade – 2013 a 2018

| <b>Período</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio Padrão</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> | <b>CV</b> |
|----------------|--------------|----------------------|------------|------------|-----------|
| 2013 - 2014    | 0,98         | 0,06                 | 0,76       | 1,33       | 6,06      |
| 2014 - 2015    | 1,02         | 0,07                 | 0,75       | 1,76       | 6,53      |
| 2015 - 2016    | 1,07         | 0,07                 | 0,52       | 1,52       | 7,03      |
| 2016 - 2017    | 0,98         | 0,09                 | 0,71       | 2,12       | 9,45      |
| 2017 - 2018    | 0,99         | 0,06                 | 0,73       | 1,14       | 5,55      |

Fonte: Elaboração própria.

A média do índice iniciou-se em 0,98, variando ao largo do período, até atingir 0,99 em 2017-2018. O desvio-padrão apontou pequena variação no curso da fase examinada. É importante evidenciar que o período de 2015-2016 registrou a maior média, com um valor de 1,07, indicando um período de alta produtividade das DMUs beneficiadas pelos programas. Esse, também, no entanto, foi o tempo com o menor valor mínimo do índice dentro do intervalo de tempo considerado.

Assim, em 2013-2014, as DMUs patenteou um índice de produtividade inferior a 1, cresceram até 2015-2016, atingindo 1,07, e foram alvo de uma queda no ano seguinte, retornando ao valor inicial de 2013-2014, que foi 0,98. No final do período analisado, em 2017-2018, o índice foi de 0,99, indicando que as DMUs terminaram o período com produtividade superior ao índice observado em 2013-2014. O gráfico no plano municipal das mudanças de produtividade das DMUs encontra-se na Figura E-1.1, no Apêndice E.

A Tabela 12 mostra a estatística descritiva do índice de mudança de eficiência técnica obtido com procedência na decomposição do Índice Malmquist-Luenberger.

Tabela 12 – Estatísticas descritivas do índice de mudança de eficiência no período 2013-2018

| <b>Período</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio-Padrão</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> | <b>CV</b> |
|----------------|--------------|----------------------|------------|------------|-----------|
| 2013 – 2014    | 1,00         | 0,05                 | 0,84       | 1,19       | 5,25      |
| 2014 – 2015    | 0,99         | 0,04                 | 0,82       | 1,16       | 4,42      |
| 2015 - 2016    | 1,01         | 0,05                 | 0,83       | 1,21       | 4,89      |
| 2016 - 2017    | 0,98         | 0,05                 | 0,81       | 1,17       | 5,39      |
| 2017 - 2018    | 1,04         | 0,05                 | 0,87       | 1,22       | 4,85      |

Fonte: Elaboração própria.

A média do índice iniciou-se em 1,00 e variou no tempo, finalizando no seu maior valor, 1,04, em 2017-2018. O desvio-padrão, assim como o da mudança de produtividade, teve baixa variação no período analisado. O valor mínimo do índice foi alcançado em 2016-2017, com 0,81, enquanto o valor máximo foi 1,22, registrado em 2017-2018.

Portanto, no início da análise, as DMUs expressaram um índice de mudança de eficiência de 1,00, que oscilou até finalizar o período analisado com um crescimento de 1,04. Para este índice, o ano de 2015-2016 não mostrou nenhuma anomalia, diferentemente das demais análises. O gráfico, no plano municipal das mudanças de eficiência das DMUs, encontra-se na Figura E-1.2, no Apêndice E.

Já a mudança na tecnologia das DMUs beneficiadas pelos programas tem sua estatística descritiva na Tabela 13.

Tabela 13 – Estatísticas descritivas do índice de mudança tecnológica, no período 2013-2018

| <b>Período</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio Padrão</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> | <b>CV</b> |
|----------------|--------------|----------------------|------------|------------|-----------|
| 2013 - 2014    | 0,98         | 0,04                 | 0,83       | 1,33       | 3,68      |
| 2014 - 2015    | 1,03         | 0,05                 | 0,92       | 1,76       | 4,91      |
| 2015 - 2016    | 1,05         | 0,05                 | 0,52       | 1,26       | 4,42      |
| 2016 - 2017    | 0,99         | 0,06                 | 0,85       | 1,88       | 6,37      |
| 2017 - 2018    | 0,95         | 0,03                 | 0,73       | 1,07       | 3,25      |

Fonte: Elaboração própria.

Em 2013-2014, a média foi de 0,98, variando no período analisado e finalizando em 0,95. Semelhante aos demais índices, o desvio-padrão denotou pouca variação nesse período. O menor valor mínimo foi 0,52 em 2016, enquanto o maior valor máximo foi 1,88, em 2016-2017. A maior média de mudança tecnológica foi registrada em 2015-2016, com 1,05. Desde esse tempo, a média declinou, alcançando 0,95 em 2017-2018. O gráfico das mudanças tecnológicas das DMUs no contexto municipal está na Figura E-1.3, no Apêndice E.

Embora as mudanças de eficiência tenham mostrado ganhos em sua média durante o tempo examinado, a queda na mudança tecnológica afetou positivamente o índice como um todo, resultando em um crescimento da produtividade de apenas 0,01, em comparação ao seu valor inicial, em 2013-2014.

Os resultados dos componentes de eficiência técnica e mudança tecnológica, quando considerados em conjunto, contribuem para as conclusões obtidas pelos índices de Malmquist-Luenberger. Dessa maneira, os anos de maior mudança na produtividade são considerados 2015-2016, corroborando os resultados obtidos pelo DEA-SBM, pois foi tanto o ano de maior eficiência das DMUs quanto o ano com menor número de folgas nas emissões de GEE dos estabelecimentos beneficiados pelo Programa.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a eficiência técnica e a mudança da produtividade dos recursos públicos destinados aos financiamentos dos programas ABC e Pronaf ABC+ (Agroecologia e Bioeconomia), agregados no plano municipal, no período de 2013 a 2018, o que conduziu a se analisar a eficiência técnica, econômica e ambiental dos financiamentos sobre as produções agrícolas, pecuária e silvícola, assim como a relação dessas atividades com a emissão dos gases de efeito estufa no Brasil.

Os resultados da análise de eficiência técnica indicaram que, no ano de 2016, os financiamentos dos programas de agricultura de baixo carbono ensejaram a se alcançar o maior nível de eficiência técnica da agropecuária nos municípios brasileiros, coincidindo com o período de menor emissão de CO<sub>2</sub>. A análise das folgas dos *inputs* apontou que há mudanças quanto à ordem de classificação dos programas em termos de eficiência técnica durante o período, tendo o Pronaf se postado como o programa mais eficiente em 2013, porém, perdendo essa posição para o Programa ABC, em 2018. Por sua vez, a análise de folgas dos *outputs*, que representaram o valor bruto da produção agropecuária e silvícola e as emissões de GEE, apontou a pecuária como a atividade com maior nível de eficiência técnica obtida com suporte nos financiamentos dos programas.

Com base no índice de Malmquist-Luenberger, remansou comprovado que a mudança na produtividade total dos fatores dos financiamentos ocorreu, em grande parte, em razão da mudança na eficiência técnica dos municípios, tendo compensado o regresso ocorrido na mudança tecnológica do financiamento dos programas. O índice de produtividade total dos fatores permaneceu relativamente estável durante o período analisado. A fase 2015-2016 mostrou o maior índice de produtividade total dos fatores, corroborando os resultados de maior eficiência e baixo número de folgas para emissões de GEE obtidos no DEA-SBM.

Em termos ambientais, deve-se destacar o fato de que os resultados deram evidência de que há espaço para promover a redução das emissões de GEE, sem que venha a afetar negativamente a produção agropecuária brasileira por meio da melhoria da eficiência técnica no uso dos recursos públicos destinados ao financiamento dos programas de agricultura de baixo carbono. Sugere-se, *in hoc sensu*, para futuras pesquisas a análise da eficiência técnica dos financiamentos, considerando as linhas de créditos destinados à adoção de práticas agrícolas específicas e categorias de tamanho dos produtores rurais (pequenos, médios e grandes produtores).

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Para una teoría de los estudios territoriales. In: MANZANAL, M.; NEIMAN, G.; LATTUADA, M. (Orgs.). **Desarrollo rural**: organizaciones, instituciones y territorios, Buenos Aires: Ciccus, p. 51-70, 2006.
- ALMEIDA, M. R. **Infraestrutura produtiva**: uma sistematização dos métodos, técnicas e modelos para análise de desempenho. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- AMARAL, G. F. *et al.* Panorama da pecuária sustentável. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 36, set. 2012, p. 249-288, 2012. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1491>. Acesso em: 04 out. 2023.
- ASSAD, E. D. *et al.* Climatic changes impact in agroclimatic zoning of coffee in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/T9BXP8Dz7fMkxPNYQDfnn5s/?lang=pt>. Acesso em: 04 out. 2023.
- ASSAD, E. D. Os desafios do Programa ABC [entrevistado por Paulo Roque]. **AgroANALYSIS**, São Paulo, v. 33, n. 06, p. 6-8, 2013. Disponível em: <https://hml-bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/19965/18705>. Acesso em: 04 out. 2023.
- BALBINO, L. C. *et al.* Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/XkWF68LZPNkFRr7zsK7J7mP/?lang=pt>. Acesso em: 04 out. 2023.
- BALK, B. M. Scale efficiency and productivity change. **Journal of Productivity Analysis** Boston, v. 15, p. 159-183, 2001. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41770042>. Acesso em: 04 out. 2023.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, Catonsville, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BARBOSA, F. de H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 31, p. 51-60, 2017.
- BARROS, A. M. Avaliação do uso estratégico das áreas prioritárias do Programa ABC. **Projeto Observatório do Plano ABC**, 2017. Fundação Getúlio Vargas – EAESP. São Paulo, 2017. 35 p.
- BELINKY, A.; MONZONI, M. **Análise dos recursos do Programa ABC**: visão regional. Fundação Getúlio Vargas – EAESP. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/2f2cd1ee-6c99-4b58-ae38-e4d89d3a2000/content>. Acesso em: 20 maio 2020.

BELO, D. S. S. **Políticas públicas e sustentabilidade no campo: uma análise do PRONAF Agroecologia**. 2018. 26f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo), Curso de Licenciatura em Geografia, Centro de Humanidades, Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/22702>. Acesso em: 04 out. 2023.

BOLÓS, V. J.; BENÍTEZ, R.; COLL-SERRANO, V. Continuous models combining slacks-based measures of efficiency and super-efficiency. **Central European Journal of Operations Research**, [s. l.]: Springer, v. 31, n. 2, p. 363-391, 2023.

BRASIL. BANCO CENTRAL DO BRASIL- (BCB). **Calculadora do cidadão**. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 04 out. 2023.

BRASIL. BANCO CENTRAL DO BRASIL - (BCB). **Matriz de dados do crédito rural - Crédito concedido**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>. Acesso em: 04 out. 2023.

BRASIL. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)**. 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf>. Acesso em: 20 maio 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – (MAPA). **Ações do Plano. Plano ABC e ABC+**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/sustentabilidade/agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/acoes-do-plano> Acesso em: 04 out. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – (MAPA). **Plano Agrícola e Pecuário 2010-2011**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília, MAPA/SPA, 2010. 48 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – (MAPA). **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 (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES - (MCTI). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 6. ed, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf>. Acesso em: 04 out. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES - (MCTIC). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa**. 4. ed. Brasília, DF, 2017. Disponível em:

[http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed\\_ESTIMATIVAS\\_ANUAIS\\_WEB.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93](http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed_ESTIMATIVAS_ANUAIS_WEB.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93). Acesso em: 04 fev. 2024.

CAMANHO, A. S.; DYSON, Robert G. Data envelopment analysis and Malmquist indices for measuring group performance. **Journal of Productivity Analysis**, [s. l.]: Springer, v. 26, p. 35-49, 2006.

CAMIOTO, F.; C.; REBELATTO, D. A. N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 192-203, 2016.

CARVALHO, P. S. L. *et al.* Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade. **BNDES Setorial**, Brasília, n. 41, p. 181-236, 2015.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, [s. l.], p. 1393-1414, 1982.

COELLI, T. J. *et al.* **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2 ed. New York, NY: Springer Science & Business Media, 2005.

COELLI, T. J. Recent developments in frontier modelling and efficiency measurement. **Australian Journal of Agricultural Economics**, Nova Jersey, v. 39, n. 3, p.219-245, 1998.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R. Principais conquistas do Plano ABC e desafios do Plano ABC+. **Nota técnica nº 36**. Diretório de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais – DIRUR. Brasília/DF: IPEA, 2022.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R.; CONCEIÇÃO, P. H. Z. **Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira**. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada–Brasília: Rio de Janeiro: IPEA, 2014.

COOPER, W. W. *et al.* Sensitivity analysis in DEA. **Handbook on Data Envelopment Analysis**, [s. l.]: Springer, p. 71-91, 2011.

CORDEIRO, L. A. M. *et al.* Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

DAMASCENO, N. P.; KHAN, A. S.; LIMA, P. V. P. S. O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade da agricultura familiar, geração de emprego e renda no Estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, p. 129-156, 2011.

DONG, G.; WANG, Z.; MAO, X. Production efficiency and GHG emissions reduction potential evaluation in the crop production system based on emergy synthesis and nonseparable undesirable *output* DEA: A case study in Zhejiang Province, China. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 13, n. 11, 2018.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. London: Royal Statistical Society, v. 120, Part III, p. 253-290, 1957.

FENG, Y.; ZHANG, Y.; WU, Z.; YE, Q.; CAO, X. Evaluation of Agricultural Eco-Efficiency and Its Spatiotemporal Differentiation in China, Considering Green Water Consumption and Carbon Emissions Based on Undesired Dynamic SBM-DEA. **Sustainability**, Basel, v. 15, p. 3361. 2023.

FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (Ed.). **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. New York: Oxford University Press, 2008.

GAMA, T. G. V. **Ensaio sobre ecoeficiência agropecuária no Brasil e na Amazônia Legal**. 2022. 77 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

GIANETTI, G. W.; FERREIRA FILHO, J. B. de S. O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 59, 2020.

GIL, J. D. B.; GARRETT, R.; BERGER, T. Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. **Land use policy**, Londres, v. 59, p. 557-568, 2016. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.216524>

GROSSKOPF, S. Some remarks on productivity and its decompositions. **Journal of Productivity Analysis**, Holanda, v. 20, p. 459-474, 2003. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/41770141>. Acesso em: 04 out. 2023.

GURGEL, A. C. *et al.* **Análise dos recursos do Programa ABC: finalidades de investimento: sumário executivo**. Projeto Observatório do Plano ABC, São Paulo: FGV, 2014.

GURGEL, A. C.; COSTA, C. F.; SERIGATI, F. C. **Agricultura de baixa emissão de carbono: financiando a transição**. Projeto Observatório do Plano ABC São Paulo: FGV, 2017.

GURGEL, A. C.; LAURENZANA, R. D. Desafios e oportunidades da agricultura brasileira de baixo carbono. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: IPEA, 2016. p.343-366.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Agência IBGE**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/31090-ibge-atualiza-municipios-de-fronteira-e-defrontantes-com-o-mar-devido-a-mudancas-de-limites>. Acesso em: 05 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 05 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 05 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela>. Acesso em: 25 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam>. Acesso em: 25 de out.2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM)**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm>. Acesso em: 25 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS)**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs>. Acesso em: 25 de out.2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Comércio exterior do agronegócio: janeiro de 2023. **Carta de Conjuntura**, n. 58 — Nota de Conjuntura 12 — 1º Trimestre de 2023. Brasília, 2023. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2023/02/230210\\_cc\\_58\\_nota\\_12\\_comercio\\_exterior\\_agro.pdf](https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2023/02/230210_cc_58_nota_12_comercio_exterior_agro.pdf). Acesso em: 22 set. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Comércio exterior do agronegócio em 2023. **Carta de Conjuntura**, n. 62 — Nota de Conjuntura 6 — 1º Trimestre de 2024. Brasília, 2024. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2024/01/240123\\_cc\\_62\\_nota\\_6\\_comercio\\_exterior\\_do\\_agronegocio.pdf](https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2024/01/240123_cc_62_nota_6_comercio_exterior_do_agronegocio.pdf). Acesso em: 22 mar. 2024.

KUHN, L. *et al.* Technical and environmental efficiency of livestock farms in China: A slacks-based DEA approach. **China Economic Review**, [s. l.]: Elsevier, v. 62, p. 101213, 2020.

LARCHER, T. P. A. de O. **Construção de um modelo lógico do plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) como uma proposta de avaliação**. 2016. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

LEAL, B. P. **Programa ABC: uma análise para o período de 2011 a 2014**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Finanças e Economia) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016.

LIMA, R. C. A.; HARFUCH, L.; PALAURO, G. R. **Plano ABC: evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030**. São Paulo: Agroicone, 2020.

LIU, F. F.; WANG, P. DEA Malmquist productivity measure: Taiwanese semiconductor companies. **International Journal of Production Economics**, [s. l.]: Elsevier, v. 112, n. 1, p. 367-379, 2008.

MACIEL, I. S. R. **Avaliação da metodologia do Agroamigo em Caucaia-CE**. 2008. 254f. – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Programa de Pós-graduação em Avaliação de Políticas Públicas, Fortaleza, 2008.

MAGALHÃES, E.; ABRAMOVAY, R. **Acesso, uso e sustentabilidade do Pronaf B**. São Paulo: MDA/FIPE, 2006.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference surfaces. **Trabajos de estadística**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 209-242, 1953.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MARIANO, E. B. **Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-24062008-163828/>. Acesso em: 20 maio 2023.

MOHAMMADI, A.; RAFIEE, S.; JAFARI, A.; DALGAARD, T.; KNUDSEN, M. T.; KEYHANI, A.; MOUSAVI-AVVAL, S. H.; HERMANSEN, J. E. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 54, n. 89, p.e100, 2013.

MONTEIRO, J. V.; NORÕES, A. K. M.; ARAÚJO, R. C. P. D.; ARAÚJO, J. A.; SILVA, F. P. D. 2019. Metafronteira de produção e eficiência técnica da carcinicultura nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 57, p. 530-544. 2019.

MWAMBO, F. M.; FÜRST, C.; MARTIUS, C.; JIMENEZ-MARTINEZ, M.; NYARKO, B. K.; BORGEMEISTER, C. Combined application of the EM-DEA and EX-ACT approaches for integrated assessment of resource use efficiency, sustainability and carbon footprint of smallholder maize production practices in sub-Saharan Africa. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 302, p. 126132, 2021.

PAIXÃO, M. A. S.; BACHA, C. J. C. A agropecuária brasileira e a sua inserção na Economia Verde: uma análise do Plano e do Programa ABC. **Pesquisa & Debate Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política**, São Paulo: Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), v. 26, n. 1 (47), p. 75-98, jan./mar. 2015.

PASSOS, A. T. B.; KHAN, A. S. O impacto do PRONAF sobre a sustentabilidade agrícola de agricultores familiares na microrregião do vale do médio Curu, no estado do Ceará. **Revista de Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 4, p. 53-78, 2019.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, E. R. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, Campinas, n. 8, p. 139-162, 2007.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. **Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural**. Texto para discussão 2765. IPEA, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11187/1/td\\_2765.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11187/1/td_2765.pdf). Acesso em: 20 maio 2023.

PICOLOTTO, E. L. **As mãos que alimentam a nação**: agricultura familiar, sindicalismo e política. Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

PROCHNOW, D. A. Análise do Pronaf e seu apoio à sustentabilidade da agricultura familiar no Rio Grande do Sul. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo - RELISE**, Santa Maria, v. 7, n. 5, p. 202-221, 2022. Disponível em: <https://www.relise.eco.br/index.php/relise/article/view/637/635>. Acesso em: 20 maio 2023.

REBOLLEDO-LEIVA, R.; ANGULO-MEZA, L.; IRIARTE, A.; GONZÁLEZ-ARAYA, M. Joint carbon footprint assessment and data envelopment analysis for the reduction of greenhouse gas emissions in agriculture production. **Science of The Total Environment**, [s. l.]: Elsevier, v. 593–594, p. 36-46, 2017.

RIVERO, S. *et al.* Pecuária e desmatamento: Uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, 2009. p. 41-66, 2009.

RODRIGUES, W.; MELO, J. A. Avaliação econômica de tecnologias de agricultura de baixo carbono em regiões de cerrado. **IGepec**, Toledo, v. 21, n. 1, p. 82-101, 2017.

SCHEEL, H. Undesirable outputs in efficiency valuations. **European Journal of Operational Research**, [s. l.]: Elsevier, v. 132, n. 2, p. 400-410, 2001.

SCHNEIDER, S.; CAZELLA, A. A; MATTEI, L. Histórico, caracterização e dinâmica recente do PRONAF–Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. **Políticas públicas e participação social no Brasil rural**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 21-50, 2004.

SILVA NETO, J.V. **Estudo prospectivo da produção e uso do biogás de vinhaça**: aspectos tecnológicos, energéticos e de emissões de GEE. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Dados e emissões dos setores**: Agropecuária e Mudança de Uso da Terra, considerando todos os gases especificados no Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa. Disponível em: <https://seeg.eco.br/dados/>. Acesso em: 04 out. 2023.

SOUSA, D. C. **Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta e a neutralização dos gases de efeito estufa**. 2021. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

SOUZA, J. L.; PREZOTTI, LL. C.; GUARÇONI, M. A. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia**, Arica, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292012000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292012000100002&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 17 dez. 2023. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000100002>.

SPAROVEK, G. *et al.* **A revisão do Código Florestal brasileiro**. Novos estudos CEBRAP, São Paulo, 2021.

SUZIGAN, L. H.; PEÑA, C. R.; GUARNIERI, P. Eco-efficiency Assessment in Agriculture: A Literature Review Focused on Methods and Indicators. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 12, n. 7, 2020. Disponível Em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8f5a/d744ea85da0367996f839b18933d8ebf1fb7.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

TEIXEIRA, F. da S. **Análise das metodologias de estimativa da pegada de carbono em meios de hospedagem: vantagens, desafios e limitações**. 105f. Dissertação (Mestrado em Turismo) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIR, M. R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, Texto para Discussão, n. 238, 2021.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 130, n. 3, p. 498-509, 2001.

TONE, K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], 143, 32–41, 2002.

TONE, K.; SAHOO, B. K. Degree of scale economies and congestion: A unified DEA approach. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 158, n. 3, p. 755-772, 2004.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 45, n. 2, p. 39-51, 1998. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/ie/1998/ASPII98-3.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2023.

WANG, R.; FENG, Y. Research on China's agricultural carbon emission efficiency evaluation and regional differentiation based on DEA and Theil models. **International Journal of Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 18, p.1453–1464, 2021.

ZYLOWSKI, T.; KOZYRA, J. Crop cultivation efficiency and GHG emission: SBM-DEA model with undesirable output approach. **Sustainability**, Basel, v. 15, n. 13, p. 10557, 2023.

## APÊNDICE A – VARIÁVEIS, PROGRAMAS E SUBPROGRAMAS

Quadro A1 – Vinculação da variável utilizada, código do programa e descrição do programa  
(continua)

| Variável | Cód | Descrição Programa                                                                                             | Data início | Data fim   |
|----------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|
| ABC      | 156 | ABC - Programa para a Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono                                  | 01/11/2011  | 30/06/2023 |
| ABC      | 180 | FNO-ABC - Programa de Financiamento da Agricultura de Baixo Carbono (Encerrado)                                | 01/01/2015  | 30/06/2015 |
| PRONAF   | 1   | PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar                                           | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 50  | PRONAMP - Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural                                                   | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 70  | FUNCAFÉ - Programa de Defesa da Economia Cafeeira                                                              | 02/07/2012  | 31/12/2099 |
| OUT      | 100 | PRLC-BA - Programa de Recuperação da Lavoura Cacaueira Baiana (Encerrado)                                      | 01/11/2011  | 30/09/2022 |
| OUT      | 110 | PRODECER III - Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (Encerrado)          | 01/11/2011  | 30/09/2022 |
| OUT      | 151 | PROCAP-AGRO - Programa de Capitalização das Cooperativas de Produção Agropecuária                              | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 152 | PROIRRIGA - Antigo Moderninfra, alterado em 01/07/2021                                                         | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 153 | MODERAGRO - Programa de Modernização da Agricultura e Conservação de Recursos Naturais                         | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 154 | MODERFROTA - Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 155 | PRODECOOP - Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária            | 01/11/2011  | 31/12/2099 |
| OUT      | 157 | PSI-RURAL - Programa de Sustentação de Investimento (Encerrado)                                                | 01/11/2011  | 31/05/2016 |
| OUT      | 158 | PROCAP-CRED - Programa de Capitalização das Cooperativas de Crédito (Encerrado)                                | 01/11/2011  | 05/04/2016 |
| OUT      | 159 | MODERMAQ - Programa de Modernização do Parque Industrial Nacional (Encerrado)                                  | 06/08/2004  | 30/06/2016 |
| OUT      | 160 | PRI - Programa de Reforço do Investimento (Circular 3.745) (Encerrado)                                         | 01/01/2013  | 31/12/2015 |
| OUT      | 161 | PRORENOVA-RURAL - Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais (Encerrado)                   | 18/06/2013  | 31/12/2018 |
| OUT      | 162 | INOVAGRO - Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária                               | 01/07/2013  | 31/12/2099 |
| OUT      | 163 | PCA - Programa para Construção e Ampliação de Armazéns                                                         | 01/07/2013  | 31/12/2099 |

(conclusão)

| <b>Variável</b> | <b>Cód</b> | <b>Descrição Programa</b>                                                                                                  | <b>Data início</b> | <b>Data fim</b> |
|-----------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|
| OUT             | 164        | PRORENOVA-IND – Prog. de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais (Encerrado)                                    | 18/06/2013         | 07/07/2017      |
| OUT             | 165        | PROAQUICULTURA - Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Setor Aquícola (Encerrado)                                        | 01/07/2013         | 30/09/2022      |
| OUT             | 200        | PROCERA - Programa Especial de Crédito para a Reforma Agrária (Encerrado)                                                  | 01/01/1984         | 30/09/2022      |
| OUT             | 201        | Programa Nacional de Crédito Fundiário (FTRA)                                                                              | 01/01/2013         | 31/12/2099      |
| OUT             | 222        | RenovAgro - Programa de Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis                                     | 01/07/2023         | 31/12/2099      |
| OUT             | 240        | *ANF - Atividade Não Financiada Enquadrada no PROAGRO                                                                      | 01/01/1984         | 31/12/2099      |
| OUT             | 721        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.028/2011 (Dívidas de Composição e Renegociação PRONAF) (Encerrado)      | 01/01/2013         | 15/10/2014      |
| OUT             | 722        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.029/2011 (Renegociação de Crédito Fundiário) (Encerrado)                | 01/01/2013         | 31/12/2013      |
| OUT             | 730        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.083/2012 (Enchentes Região Norte) (Encerrado)                           | 01/01/2013         | 31/12/2013      |
| OUT             | 735        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.126/2012 (Produtores de Maçã) (Encerrado)                               | 01/01/2013         | 31/12/2013      |
| OUT             | 776        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.147/2012 e 4.260/2013 (Agricultores Familiares) (Encerrado)             | 01/01/2013         | 31/12/2015      |
| OUT             | 777        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.147/2012 e 4.260/2013 (Demais Agricultores) (Encerrado)                 | 26/10/2012         | 31/12/2015      |
| OUT             | 779        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.161/2012 (Produtores de Arroz) (Encerrado)                              | 01/01/2013         | 31/12/2013      |
| OUT             | 783        | Linha de Crédito Rural Instituída pelas Resoluções 4.189 e 4.212/2013 - PRONAF (Estiagem Área Sudene) (Encerrado)          | 01/01/2013         | 31/12/2014      |
| OUT             | 784        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.188 e 4.211/2013 - Demais Produtores (Estiagem Área Sudene) (Encerrado) | 01/01/2013         | 31/12/2014      |
| OUT             | 785        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.220/2013 (Recursos BNDES - Estiagem Área da Sudene) (Encerrado)         | 02/05/2013         | 30/06/2014      |
| OUT             | 786        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 4.289/2013 (Renegociação Café Arábica) (Encerrado)                        | 25/11/2013         | 31/07/2014      |
| OUT             | 790        | Linha de Crédito Rural Instituída pela Resolução 5.120/2024 (Linha Emergencial de Custeio Pecuário)                        | 07/02/2024         | 30/06/2024      |
| OUT             | 888        | Outras Linhas de Crédito Rural não Especificadas (Encerrado)                                                               | 01/01/2014         | 31/01/2014      |
| OUT             | 999        | Financiamento Sem Vínculo a Programa Específico                                                                            | 02/07/2012         | 31/12/2099      |

\* Não pode ser utilizado em financiamentos

Quadro A2. Códigos e descrição dos subprogramas e códigos dos programas vinculados  
(continua)

| <b>cod.</b> | <b>descrição subprograma</b>                                           | <b>cod</b> | <b>programa</b> |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|
| 32          | ABC + Recuperação - (MCR 11-7-1-“c”-I)                                 | 156        | ABC             |
| 33          | ABC + Orgânico - (MCR 11-7-1-“c”-II)                                   | 156        | ABC             |
| 34          | ABC + Plantio Direto (MCR 11-7-1-“c”-III)                              | 156        | ABC             |
| 35          | ABC + Integração - (MCR 11-7-1-“c”-IV)                                 | 156        | ABC             |
| 36          | ABC + Florestas - (MCR 11-7-1-“c”-V)                                   | 156        | ABC             |
| 37          | ABC + Ambiental - (MCR 11-7-1-“c”-VI)                                  | 156        | ABC             |
| 38          | ABC + Manejo de Resíduos - (MCR 11-7-1-“c”-VII)                        | 156        | ABC             |
| 39          | ABC + Dendê - (MCR 11-7-1-“c”-VIII)                                    | 156        | ABC             |
| 40          | Fixação Biológica de Nitrogênio – ENCERRADO                            | 156        | ABC             |
| 58          | Financiamento Recursos Fundos Constitucionais ENCERRADO                | 156        | ABC             |
| 62          | Açaí, Cacau, Oliveira, Nogueira (MCR 11-7-1-“d”-X) ENCERRADO           | 156        | ABC             |
| 63          | Financiamentos com Recursos da Pousança Rural ENCERRADO                | 156        | ABC             |
| 1235        | ABC + Manejo dos Solos - (MCR 11-7-1-“c”-XI)                           | 156        | ABC             |
| 1240        | ABC + Bioinsumos - (MCR 11-7-1-“c”-IX)                                 | 156        | ABC             |
| 43          | Plantio Direto ENCERRADO                                               | 180        | ABC             |
| 44          | Recuperação de Pastagens ENCERRADO                                     | 180        | ABC             |
| 45          | Integração Lavoura-Pecuária-Floresta Sistemas Agroflorestais ENCERRADO | 180        | ABC             |
| 46          | Florestas ENCERRADO                                                    | 180        | ABC             |
| 47          | Tratamento Dejetos e Resíduos ENCERRADO                                | 180        | ABC             |
| 48          | Fixação Biológica de Nitrogênio ENCERRADO                              | 180        | ABC             |
| 1           | Custeio (MCR 10-4)                                                     | 1          | PRONAF          |
| 2           | Mais Alimentos (MCR 10-5)                                              | 1          | PRONAF          |
| 3           | Agroindústria (investimento) (MCR 10-6)                                | 1          | PRONAF          |
| 4           | Crédito Investimento Sistemas Agroflorestais (Pronaf Floresta) MCR10-7 | 1          | PRONAF          |
| 5           | Crédito Investimento Convivência Semiárido (Pronaf Semiárido) MCR 10-8 | 1          | PRONAF          |
| 6           | Jovem (MCR 10-10)                                                      | 1          | PRONAF          |
| 7           | Cotas Partes (MCR 10-12)                                               | 1          | PRONAF          |
| 8           | Crédito Investimento Agroecologia (Pronaf Agroecologia) MCR 10-14      | 1          | PRONAF          |
| 9           | Produtivo Orientado (MCR 10-17)                                        | 1          | PRONAF          |
| 52          | Crédito de Investimento - Pronaf Bioeconomia (MCR 10-16)               | 1          | PRONAF          |
| 53          | Pronaf Industrialização Agroindústria Familiar (MCR10-11)              | 1          | PRONAF          |
| 54          | Reforma Agrária Beneficiários PNCF, PNRA, PCRF (MCR10-3)               | 1          | PRONAF          |
| 55          | Reforma agrária (microcrédito) ENCERRADO                               | 1          | PRONAF          |
| 56          | Microcrédito Produtivo Rural - Grupo B (MCR 10-13)                     | 1          | PRONAF          |
| 57          | Mulher (MCR 10-9)                                                      | 1          | PRONAF          |
| 60          | PRONAMP – ENCERRADO                                                    | 1          | PRONAF          |
| 9999        | FGPP - Res4801 Art 2 ENCERRADO                                         | 1          | PRONAF          |
| 1234        | Pronaf ABC+ Bioeconomia Silvicultura ENCERRADO                         | 1          | PRONAF          |
| 10          | Financiamento (custeio e comercialização) (MCR 9-2 e 9-3)              | 70         | OUT             |
| 11          | Estocagem ENCERRADO                                                    | 70         | OUT             |
| 12          | Aquisição de Café (FAC) (MCR 9-4)                                      | 70         | OUT             |
| 13          | Contratos de Opções e Mercados Futuros (MCR 9-5)                       | 70         | OUT             |

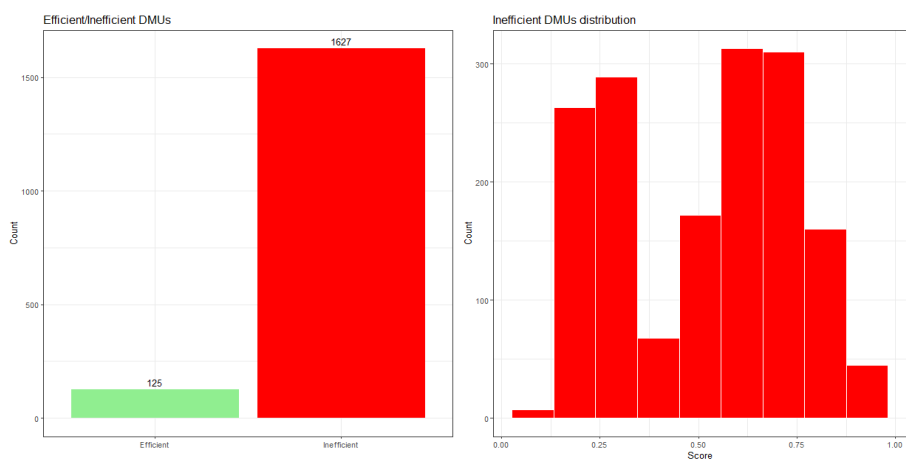
| (conclusão) |                                                                                                        |            |                 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|
| <b>cod.</b> | <b>descrição subprograma</b>                                                                           | <b>cod</b> | <b>programa</b> |
| 14          | Capital de Giro para Indústria Café Solúvel Torrefação (MCR 9-6)                                       | 70         | OUT             |
| 15          | Recuperação de Cafezais Danificados (MCR 9-7)                                                          | 70         | OUT             |
| 16          | Composição de Dívidas ENCERRADO                                                                        | 70         | OUT             |
| 17          | Controle da Doença Vassoura de Bruxa ENCERRADO                                                         | 100        | OUT             |
| 18          | Enxertia de Cacaueiros Tolerantes ENCERRADO                                                            | 100        | OUT             |
| 19          | Recomposição de Estande ENCERRADO                                                                      | 100        | OUT             |
| 20          | Investimentos Fixos e Semifixos ENCERRADO                                                              | 110        | OUT             |
| 21          | Aquisição de Glebas de Terras ENCERRADO                                                                | 110        | OUT             |
| 22          | Despesas de Custeio e Adicional do Proagro ENCERRADO                                                   | 110        | OUT             |
| 23          | Integralização Cotas-Partes Capital Social (MCR 11-2)                                                  | 151        | OUT             |
| 24          | Capital de Giro para Cooperativas - Procap-Agro (MCR 11-2)                                             | 151        | OUT             |
| 25          | Construção e Ampliação de Armazéns - ENCERRADO                                                         | 152        | OUT             |
| 26          | Agropecuária Irrigada Sustentável (MCR 11-3-1-“a”-I)                                                   | 152        | OUT             |
| 59          | Produção em Ambiente Protegido (MCR 11-3-1-“a”-II)                                                     | 152        | OUT             |
| 65          | Fruticultura clima temperado Granizo (MCR 11-3-1-“a”-III)                                              | 152        | OUT             |
| 27          | Recuperação de Solos (MCR 11-4-1-“a”-V)                                                                | 153        | OUT             |
| 28          | Fomentação Produção Beneficiamento Industrialização<br>Acondicionamento Armazenamento (MCR 11-4-“a”-I) | 153        | OUT             |
| 29          | Fomentação de Ações de Defesa Animal (MCR 11-4-“a”-II)                                                 | 153        | OUT             |
| 64          | Construção e Ampliação de Instalações (MCR 11-4-“a”-IV)                                                | 153        | OUT             |
| 30          | Aquisição Tratores Colheitadeiras Implementos Associados Novos –<br>ENCERRADO                          | 154        | OUT             |
| 31          | Aquisição Tratores Colheitadeiras Implementos Associados Usados<br>ENCERRADO                           | 154        | OUT             |
| 70          | Produtores Rurais Enquadrados no PRONAMP (11-5)                                                        | 154        | OUT             |
| 71          | Demais produtores rurais e suas Cooperativas (MCR11-5)                                                 | 154        | OUT             |
| 41          | Ampliação Modernização de Armazéns Existentes (MCR 11-9)                                               | 163        | OUT             |
| 42          | Construção de Armazéns Novos (MCR 11-9)                                                                | 163        | OUT             |
| 49          | Consolidação da Agricultura Familiar ENCERRADO                                                         | 201        | OUT             |
| 50          | Combate à Pobreza Rural ENCERRADO                                                                      | 201        | OUT             |
| 51          | Nossa Primeira Terra ENCERRADO                                                                         | 201        | OUT             |
| 6789        | FTRA Social (MCR 4-7)                                                                                  | 201        | OUT             |
| 6790        | FTRA Mais (MCR 4-7)                                                                                    | 201        | OUT             |
| 6791        | FTRA Empreendedor (MCR 4-7)                                                                            | 201        | OUT             |
| 81          | RenovAgro Recuperação e Conversão                                                                      | 222        | OUT             |
| 82          | RenovAgro Orgânico                                                                                     | 222        | OUT             |
| 83          | RenovAgro Sistema Plantio Direto                                                                       | 222        | OUT             |
| 84          | RenovAgro Integração                                                                                   | 222        | OUT             |
| 85          | RenovAgro Florestas                                                                                    | 222        | OUT             |
| 86          | RenovAgro Ambiental                                                                                    | 222        | OUT             |
| 87          | RenovAgro Manejo de Resíduos                                                                           | 222        | OUT             |
| 88          | RenovAgro Dendê                                                                                        | 222        | OUT             |
| 89          | RenovAgro Bioinsumos                                                                                   | 222        | OUT             |
| 90          | RenovAgro Manejo dos Solos                                                                             | 222        | OUT             |

Fonte: Elaboração própria.

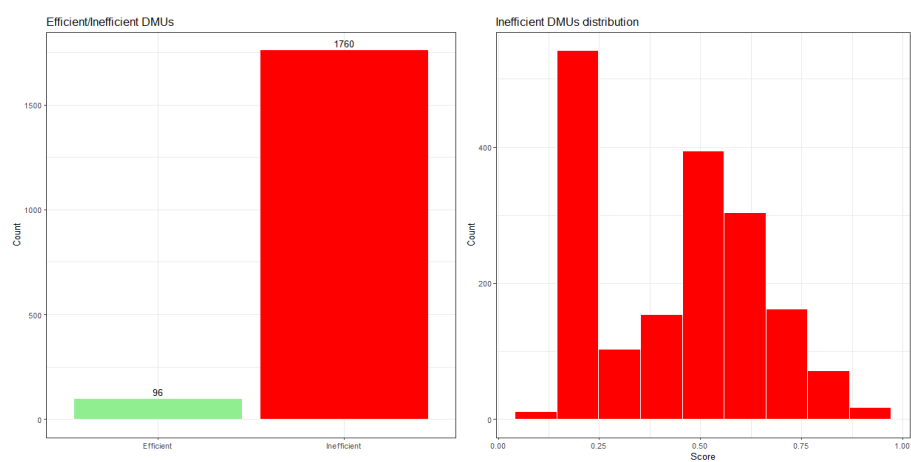
**APÊNDICE B – NÚMERO DE DMUS EFICIENTES E INEFICIENTES E  
DISTRIBUIÇÃO DO ESCORE DE INEFICIÊNCIA DA PARCELA INEFICIENTE  
DAS DMUS–2013 A 2018**

(continua)

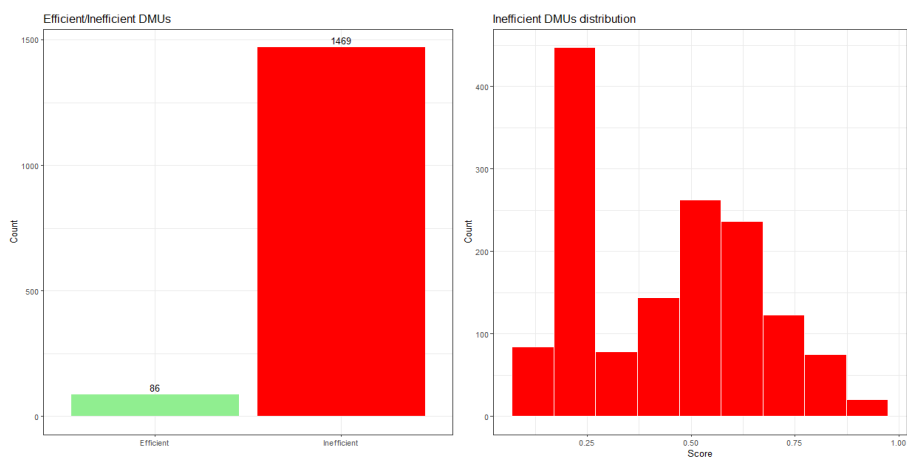
**Eficiência e ineficiência - 2013**



**Eficiência e ineficiência – 2014**

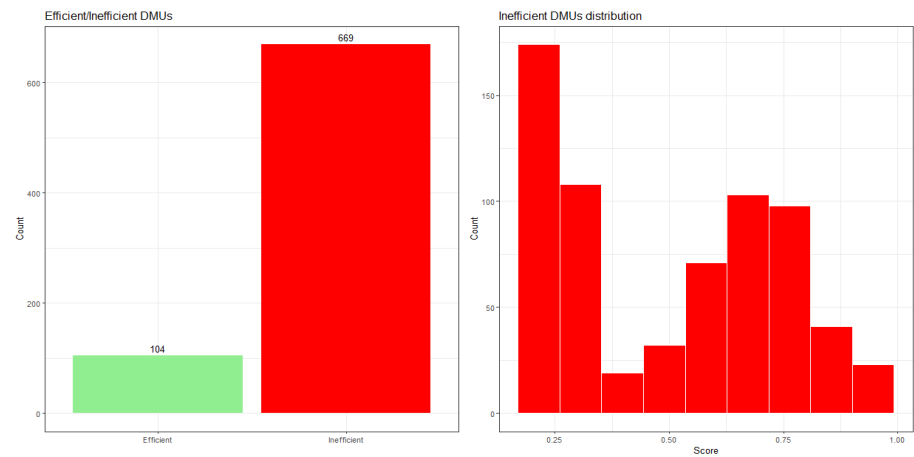


**Eficiência e ineficiência – 2015**

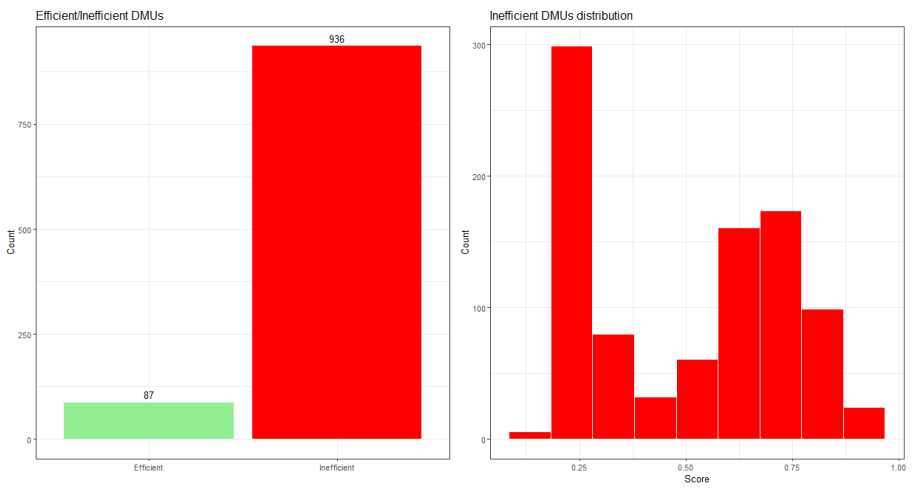


(conclusão)

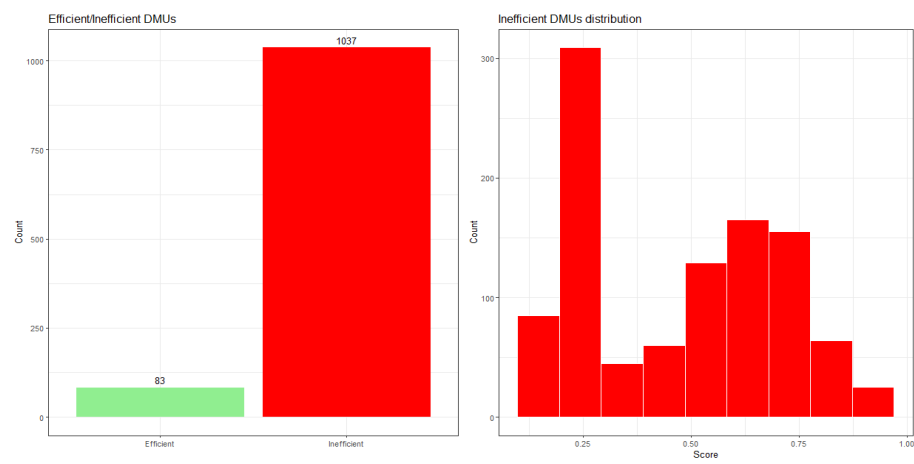
Eficiência e ineficiência - 2016



Eficiência e ineficiência – 2017



Eficiência e ineficiência – 2018



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE C – MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E MENOS EFICIENTES – 2013 A 2018

Tabela C.1 – 20 municípios mais eficientes e menos eficientes que apareceram uma vez na série analisada

| (continua)                   |              |      |               |               |      |      |               |                   |
|------------------------------|--------------|------|---------------|---------------|------|------|---------------|-------------------|
| Município                    | Região       | 2013 | 2014          | 2015          | 2016 | 2017 | 2018          | Eff $\mu$ Ranking |
| PARAUPEBAS (PA)              | Norte        |      |               |               |      |      | 1             | 1 1º              |
| AREIAS (SP)                  | Sudeste      | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| SANTO ANTÔNIO DE GOIÁS (GO)  | Centro-Oeste | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| GETÚLIO VARGAS (RS)          | Sul          | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| PEDRINHAS PAULISTA (SP)      | Sudeste      |      |               |               | 1    |      |               | 1 1º              |
| BENEVIDES (PA)               | Norte        |      |               |               |      |      | 1             | 1 1º              |
| BELA VISTA DE MINAS (MG)     | Sudeste      | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| DIRCE REIS (SP)              | Sudeste      |      | 1             |               |      |      |               | 1 1º              |
| SIMÃO PEREIRA (MG)           | Sudeste      | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| ANTONINA (PR)                | Sul          | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| BELA VISTA DA CAROBA (PR)    | Sul          |      |               |               | 1    |      |               | 1 1º              |
| LEME DO PRADO (MG)           | Sudeste      |      |               |               |      |      | 1             | 1 1º              |
| MATO CASTELHANO (RS)         | Sul          |      |               |               | 1    |      |               | 1 1º              |
| PIEDADE DE CARATINGA (MG)    | Sudeste      | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| TRABIJU (SP)                 | Sudeste      |      |               | 1             |      |      |               | 1 1º              |
| UNIÃO (PI)                   | Nordeste     |      |               |               |      |      | 1             | 1 1º              |
| ANAPURUS (MA)                | Nordeste     |      |               |               |      |      | 1             | 1 1º              |
| APIÚNA (SC)                  | Sul          | 1    |               |               |      |      |               | 1 1º              |
| BARRA DO CHAPÉU (SP)         | Sudeste      |      |               | 1             |      |      |               | 1 1º              |
| BARRA VELHA (SC)             | Sul          |      |               |               |      | 1    |               | 1 1º              |
| TOMÉ-AÇU (PA)                | Norte        |      |               |               |      |      | 0,1646<br>161 | 0,1646161 753º    |
| VITORINO FREIRE (MA)         | Nordeste     |      |               | 0,162<br>2422 |      |      |               | 0,1622422 754º    |
| BOA VISTA DO TUPIM (BA)      | Nordeste     |      |               | 0,162<br>0452 |      |      |               | 0,1620452 755º    |
| NAZARÉ (TO)                  | Norte        |      | 0,160<br>7832 |               |      |      |               | 0,1607832 756º    |
| PINGO D'ÁGUA (MG)            | Sudeste      |      |               | 0,160<br>5878 |      |      |               | 0,1605878 757º    |
| JUÍNA (MT)                   | Centro-Oeste |      | 0,158<br>8753 |               |      |      |               | 0,1588753 758º    |
| CASTRO ALVES (BA)            | Nordeste     |      |               | 0,158<br>7246 |      |      |               | 0,1587246 759º    |
| PARAIBANO (MA)               | Nordeste     |      |               | 0,156<br>944  |      |      |               | 0,156944 760º     |
| NOVO HORIZONTE DO OESTE (RO) | Norte        |      |               | 0,156<br>1434 |      |      |               | 0,1561434 761º    |

|                                 |          |               |               |               |      |      |               | (conclusão)   |          |
|---------------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|------|------|---------------|---------------|----------|
| Município                       | Região   | 2013          | 2014          | 2015          | 2016 | 2017 | 2018          | Eff $\mu$     | Ran king |
| GOVERNADOR<br>NEWTON BELLO (MA) | Nordeste |               |               | 0,156<br>0269 |      |      |               | 0,156<br>0269 | 762°     |
| PEDRO DO ROSÁRIO<br>(MA)        | Nordeste |               |               | 0,150<br>6271 |      |      |               | 0,150<br>6271 | 763°     |
| BOCA DO ACRE (AM)               | Norte    |               |               | 0,150<br>1099 |      |      |               | 0,150<br>1099 | 764°     |
| SANTALUZ (BA)                   | Nordeste |               |               |               |      |      | 0,1416<br>085 | 0,141<br>6085 | 765°     |
| SÃO JOÃO DO PAU<br>D'ALHO (SP)  | Sudeste  |               | 0,138<br>2571 |               |      |      |               | 0,138<br>2571 | 766°     |
| BENEDITO LEITE (MA)             | Nordeste |               |               | 0,135<br>8681 |      |      |               | 0,135<br>8681 | 767°     |
| POJUCA (BA)                     | Nordeste |               | 0,132<br>6481 |               |      |      |               | 0,132<br>6481 | 768°     |
| TAPIRAMUTÁ (BA)                 | Nordeste |               |               | 0,129<br>9024 |      |      |               | 0,129<br>9024 | 769°     |
| SANTANA DA PONTE<br>PENSA (SP)  | Sudeste  |               | 0,111<br>1112 |               |      |      |               | 0,111<br>1112 | 770°     |
| GRÃO PARÁ (SC)                  | Sul      | 0,104<br>4699 |               |               |      |      |               | 0,104<br>4699 | 771°     |
| ATÍLIO VIVACQUA (ES)            | Sudeste  |               |               |               |      |      | 0,0976<br>476 | 0,097<br>6476 | 772°     |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C.2 – 20 municípios mais eficientes e menos eficientes que apareceram duas vezes na série analisada

(continua)

| Município                      | Região       | 2013          | 2014          | 2015          | 2016         | 2017         | 2018 | Eff $\mu$      | Ran king |
|--------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|------|----------------|----------|
| INHUMAS (GO)                   | Centro-Oeste |               | 1             |               |              | 1            |      | 1              | 1º       |
| SOURE (PA)                     | Norte        |               | 1             | 1             |              |              |      | 1              | 1º       |
| MACATUBA (SP)                  | Sudeste      |               |               |               |              | 1            | 1    | 1              | 1º       |
| RIO DA CONCEIÇÃO (TO)          | Norte        |               | 1             |               |              |              | 1    | 1              | 1º       |
| DUMONT (SP)                    | Sudeste      |               | 1             |               |              | 1            |      | 0,9950<br>9375 | 1º       |
| IBATÉ (SP)                     | Sudeste      | 1             |               | 1             |              |              |      | 0,9657<br>9389 | 2º       |
| SANTA RITA DO TRIVELATO (MT)   | Centro-Oeste |               | 1             | 1             |              |              |      | 0,9628<br>3608 | 3º       |
| SANTO ANTÔNIO DO SUDOESTE (PR) | Sul          |               | 1             | 1             |              |              |      | 0,9626<br>9453 | 4º       |
| BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA (SC) | Sul          |               |               | 1             | 1            |              |      | 0,9618<br>3968 | 5º       |
| BARRINHA (SP)                  | Sudeste      |               |               |               | 1            | 1            |      | 0,9571<br>6216 | 6º       |
| BORÁ (SP)                      | Sudeste      |               |               |               | 1            |              | 1    | 0,9276<br>5038 | 7º       |
| BOTUCATU (SP)                  | Sudeste      | 1             |               |               |              |              | 1    | 0,9240<br>2846 | 8º       |
| BURI (SP)                      | Sudeste      | 1             |               |               |              |              | 1    | 0,9221<br>9968 | 9º       |
| CACIQUE DOBLE (RS)             | Sul          |               | 1             | 1             |              |              |      | 0,9188<br>5144 | 10º      |
| CAMPO VERDE (MT)               | Centro-Oeste | 1             |               | 1             |              |              |      | 0,9126<br>6951 | 11º      |
| CAPÃO BONITO (SP)              | Sudeste      |               | 1             | 1             |              |              |      | 0,9094<br>8333 | 12º      |
| FAZENDA VILANOVA (RS)          | Sul          | 1             |               | 1             |              |              |      | 0,9077<br>5362 | 13º      |
| GUARIBA (SP)                   | Sudeste      | 1             | 1             |               |              |              |      | 0,9002<br>8778 | 14º      |
| LAPA (PR)                      | Sul          |               |               |               | 1            | 1            |      | 0,8796<br>6623 | 15º      |
| LUÍS ANTÔNIO (SP)              | Sudeste      |               |               | 1             |              |              | 1    | 0,8785<br>2479 | 16º      |
| MONÇÃO (MA)                    | Nordeste     |               | 0,189<br>6439 | 0,191<br>8845 |              |              |      | 0,2154<br>9969 | 545º     |
| MURICILÂNDIA (TO)              | Norte        |               |               | 0,139<br>7966 | 0,241<br>256 |              |      | 0,2153<br>2526 | 546º     |
| CAPITÃO POÇO (PA)              | Norte        | 0,209<br>8943 | 0,169<br>4093 |               |              |              |      | 0,2151<br>1424 | 547º     |
| CAETITÉ (BA)                   | Nordeste     | 0,200<br>2512 | 0,176<br>6631 |               |              |              |      | 0,2149<br>553  | 548º     |
| PARANAÍTA (MT)                 | Centro-Oeste |               |               | 0,159<br>141  |              | 0,211<br>462 |      | 0,2133<br>4338 | 549º     |

| (conclusão)                  |              |               |               |               |               |      |                |                |          |
|------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|----------------|----------------|----------|
| Município                    | Região       | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017 | 2018           | Eff μ          | Ran king |
| OURILÂNDIA DO NORTE (PA)     | Norte        |               | 0,172<br>1094 | 0,189<br>5805 |               |      |                | 0,2130<br>7275 | 550°     |
| QUEIMADAS (BA)               | Nordeste     |               |               | 0,172<br>7764 |               |      | 0,1883<br>4918 | 0,2128<br>9861 | 551°     |
| NOVA OLINDA DO MARANHÃO (MA) | Nordeste     |               | 0,181<br>3702 | 0,177<br>6455 |               |      |                | 0,2126<br>2156 | 552°     |
| IGARAPÉ-AÇU (PA)             | Norte        | 0,198<br>4507 |               | 0,160<br>5381 |               |      |                | 0,2117<br>3658 | 553°     |
| NOVO PROGRESSO (PA)          | Norte        |               |               | 0,164<br>3327 |               |      | 0,1924<br>1497 | 0,2101<br>9691 | 554°     |
| JACUNDÁ (PA)                 | Norte        |               |               | 0,185<br>9068 |               |      | 0,1662<br>7645 | 0,2099<br>4353 | 555°     |
| PALMEIRAS DO TOCANTINS (TO)  | Norte        |               |               | 0,165<br>459  |               |      | 0,1848<br>529  | 0,2085<br>758  | 556°     |
| WANDERLEY (BA)               | Nordeste     |               | 0,167<br>3075 | 0,181<br>028  |               |      |                | 0,2078<br>0103 | 557°     |
| CAATIBA (BA)                 | Nordeste     |               |               | 0,152<br>7033 |               |      | 0,1942<br>4042 | 0,2075<br>0893 | 558°     |
| ITAGUATINS (TO)              | Norte        |               | 0,189<br>1656 | 0,151<br>2796 |               |      |                | 0,2033<br>4105 | 559°     |
| RONDOLÂNDIA (MT)             | Centro-Oeste |               |               |               | 0,190<br>7262 |      | 0,1461<br>9917 | 0,2032<br>4637 | 560°     |
| ZÉ DOCA (MA)                 | Nordeste     |               | 0,161<br>8904 | 0,162<br>8763 |               |      |                | 0,2026<br>0335 | 561°     |
| NATIVIDADE (RJ)              | Sudeste      |               | 0,214<br>0205 |               |               |      | 0,1038<br>5179 | 0,2023<br>5075 | 562°     |
| PONTO BELO (ES)              | Sudeste      |               | 0,162<br>4473 | 0,149<br>6151 |               |      |                | 0,2012<br>3145 | 563°     |
| ITAJU DO COLÔNIA (BA)        | Nordeste     |               |               | 0,161<br>5344 |               |      | 0,1241<br>2872 | 0,2001<br>7431 | 564°     |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C.3 – 20 municípios mais eficientes e menos eficientes que apareceram três vezes na série analisada

(continua)

| Município                  | Região       | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018           | Eff $\mu$      | Ran king |
|----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------|
| SORRISO (MT)               | Centro-Oeste | 1             | 1             | 1             |               |               |                | 1              | 1°       |
| JOÃO RAMALHO (SP)          | Sudeste      | 1             |               |               |               | 1             | 1              | 1              | 1°       |
| PRIMAVERA DO LESTE (MT)    | Centro-Oeste |               | 1             | 1             |               | 1             |                | 1              | 1°       |
| IRATI (PR)                 | Sul          | 1             |               | 1             |               |               | 1              | 1              | 1°       |
| MARIÓPOLIS (PR)            | Sul          | 1             | 1             |               |               | 1             |                | 0,9950<br>9375 | 1°       |
| SÃO PAULO (SP)             | Sudeste      |               | 1             |               | 1             |               | 1              | 0,9657<br>9389 | 2°       |
| BOM SUCESSO DO SUL (PR)    | Sul          | 1             | 1             |               |               |               | 1              | 0,9628<br>3608 | 3°       |
| CERRO AZUL (PR)            | Sul          | 1             | 1             | 1             |               |               |                | 0,9626<br>9453 | 4°       |
| DOUTOR ULYSSES (PR)        | Sul          | 1             | 1             | 1             |               |               |                | 0,9618<br>3968 | 5°       |
| MONTES CLAROS (MG)         | Sudeste      | 1             | 1             | 1             |               |               |                | 0,9571<br>6216 | 6°       |
| RIO AZUL (PR)              | Sul          |               | 1             |               |               | 1             | 1              | 0,9276<br>5038 | 7°       |
| ENTRE RIOS (BA)            | Nordeste     | 1             | 1             | 1             |               |               |                | 0,9240<br>2846 | 8°       |
| ITAGIMIRIM (BA)            | Nordeste     |               | 1             |               | 0,991<br>8626 | 1             |                | 0,9221<br>9968 | 9°       |
| TIJUCAS DO SUL (PR)        | Sul          | 1             | 0,908<br>9551 |               | 1             |               |                | 0,9188<br>5144 | 10°      |
| FLOR DA SERRA DO SUL (PR)  | Sul          | 1             | 0,892<br>424  |               | 1             |               |                | 0,9126<br>6951 | 11°      |
| LASSANCE (MG)              | Sudeste      | 1             |               | 0,868<br>3992 |               | 1             |                | 0,9094<br>8333 | 12°      |
| ITAPETININGA (SP)          | Sudeste      |               | 0,894<br>0221 |               | 1             |               | 0,9488<br>8147 | 0,9077<br>5362 | 13°      |
| ITIRAPINA (SP)             | Sudeste      |               | 0,821<br>7455 | 1             |               |               | 1              | 0,9002<br>8778 | 14°      |
| SANTA IZABEL DO OESTE (PR) | Sul          | 1             | 0,798<br>9135 | 1             |               |               |                | 0,8796<br>6623 | 15°      |
| PONTE ALTA DO NORTE (SC)   | Sul          | 1             | 1             |               | 0,781<br>592  |               |                | 0,8785<br>2479 | 16°      |
| SÃO FIDÉLIS (RJ)           | Sudeste      |               |               | 0,171<br>3779 | 0,231<br>1129 |               | 0,1875<br>1077 | 0,4555<br>4932 | 445°     |
| ARENÁPOLIS (MT)            | Centro-Oeste | 0,187<br>5492 | 0,188<br>5326 |               |               | 0,212<br>6574 |                | 0,4486<br>5266 | 446°     |
| FRANCA (SP)                | Sudeste      | 0,222<br>9669 | 0,178<br>0112 | 0,183<br>1473 |               |               |                | 0,4387<br>4755 | 447°     |
| PIACATU (SP)               | Sudeste      |               | 0,195<br>879  | 0,178<br>3507 |               |               | 0,2067<br>5673 | 0,4385<br>8973 | 448°     |
| PORTO ACRE (AC)            | Norte        | 0,213<br>3987 | 0,172<br>5685 | 0,190<br>8449 |               |               |                | 0,4381<br>9303 | 449°     |

| (conclusão)                     |                  |               |               |               |               |               |                |                |          |
|---------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------|
| Município                       | Região           | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018           | Eff μ          | Ran king |
| BURITAMA (SP)                   | Sudeste          | 0,219<br>0131 | 0,170<br>0515 | 0,186<br>002  |               |               |                | 0,4354<br>1777 | 450°     |
| NOVA SANTA<br>HELENA (MT)       | Centro-<br>Oeste | 0,193<br>4318 | 0,160<br>1916 | 0,220<br>7602 |               |               |                | 0,4291<br>1305 | 451°     |
| NOVA ROMA (GO)                  | Centro-<br>Oeste | 0,227<br>257  | 0,197<br>6975 | 0,148<br>7158 |               |               |                | 0,4232<br>8074 | 452°     |
| GAMELEIRAS (MG)                 | Sudeste          |               | 0,193<br>8234 | 0,179<br>8307 |               |               | 0,1963<br>1292 | 0,4232<br>5698 | 453°     |
| SÍTIO NOVO DO<br>TOCANTINS (TO) | Norte            |               | 0,180<br>0059 | 0,159<br>2562 | 0,223<br>9615 |               |                | 0,4201<br>3563 | 454°     |
| MONTES ALTOS<br>(MA)            | Nordest<br>e     |               | 0,183<br>9816 | 0,164<br>2991 |               |               | 0,2125<br>6671 | 0,3895<br>6946 | 455°     |
| NOVA MONTE<br>VERDE (MT)        | Centro-<br>Oeste | 0,224<br>9239 | 0,153<br>4595 | 0,179<br>6057 |               |               |                | 0,3889<br>9399 | 456°     |
| COLINAS DO SUL<br>(GO)          | Centro-<br>Oeste | 0,208<br>2102 | 0,186<br>2196 | 0,153<br>3338 |               |               |                | 0,3840<br>3192 | 457°     |
| MONTE ALEGRE DE<br>GOIÁS (GO)   | Centro-<br>Oeste | 0,198<br>3762 |               | 0,178<br>4704 |               |               | 0,1702<br>2987 | 0,3804<br>7505 | 458°     |
| CRISTAIS PAULISTA<br>(SP)       | Sudeste          | 0,206<br>7553 | 0,168<br>1492 | 0,170<br>2299 |               |               |                | 0,3627<br>2336 | 459°     |
| PEDREGULHO (SP)                 | Sudeste          | 0,210<br>0776 | 0,167<br>1819 | 0,164<br>4945 |               |               |                | 0,3618<br>4981 | 460°     |
| DRACENA (SP)                    | Sudeste          | 0,265<br>2906 | 0,041<br>4444 | 0,202<br>6697 |               |               |                | 0,3604<br>5248 | 461°     |
| ARAGUATINS (TO)                 | Norte            | 0,185<br>0077 | 0,151<br>4966 | 0,162<br>1726 |               |               |                | 0,3602<br>018  | 462°     |
| TUPI PAULISTA (SP)              | Sudeste          | 0,028<br>6752 | 0,107<br>7448 |               | 0,251<br>873  |               |                | 0,3551<br>7534 | 463°     |
| FORTALEZA DO<br>TABOÃO (TO)     | Norte            | 0,123<br>2402 |               | 0,069<br>1198 |               | 0,122<br>2025 |                | 0,3509<br>9681 | 464°     |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C.4 – 20 municípios mais eficientes e menos eficientes que apareceram quatro vezes na série analisada

| (continua)                   |              |               |               |               |               |               |                |                |          |
|------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------|
| Município                    | Região       | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018           | Eff μ          | Ran king |
| TRÊS MARIAS (MG)             | Sudeste      | 1             | 1             | 1             |               |               | 1              | 1              | 1º       |
| SANTA MARIA DE JETIBÁ (ES)   | Sudeste      | 1             | 1             | 1             |               |               | 1              | 1              | 1º       |
| SÃO MATEUS DO SUL (PR)       | Sul          | 1             | 1             | 1             |               |               | 1              | 1              | 1º       |
| TURMALINA (MG)               | Sudeste      | 1             | 1             | 1             |               |               | 1              | 1              | 1º       |
| FELIXLÂNDIA (MG)             | Sudeste      | 1             | 0,910<br>0388 | 1             |               | 1             |                | 0,9775<br>0971 | 2º       |
| PALMEIRA (PR)                | Sul          |               | 1             | 0,877<br>7632 |               | 1             | 1              | 0,9694<br>408  | 3º       |
| ORTIGUEIRA (PR)              | Sul          | 0,887<br>9433 |               | 1             | 1             |               | 0,9201<br>3573 | 0,9520<br>1976 | 4º       |
| CABRÁLIA PAULISTA (SP)       | Sudeste      | 1             | 1             | 1             | 0,800<br>6803 |               |                | 0,9501<br>7008 | 5º       |
| RIO BONITO DO IGUAÇU (PR)    | Sul          | 1             | 1             | 0,912<br>2754 |               | 0,812<br>9638 |                | 0,9313<br>098  | 6º       |
| BOREBI (SP)                  | Sudeste      | 1             | 0,686<br>0922 |               |               | 1             | 1              | 0,9215<br>2306 | 7º       |
| CONCÓRDIA (SC)               | Sul          | 0,807<br>5731 | 1             | 1             |               |               | 0,8438<br>6255 | 0,9128<br>5891 | 8º       |
| SELVÍRIA (MS)                | Centro-Oeste | 1             | 1             | 0,608<br>7196 | 1             |               |                | 0,9021<br>799  | 9º       |
| PEÇANHA (MG)                 | Sudeste      | 1             | 0,697<br>0389 |               | 0,904<br>6558 | 1             |                | 0,9004<br>2368 | 10º      |
| CLEVELÂNDIA (PR)             | Sul          | 1             | 0,697<br>8497 |               | 1             | 0,833<br>2359 |                | 0,8827<br>714  | 11º      |
| AGUDOS (SP)                  | Sudeste      | 1             |               | 0,667<br>6649 |               | 0,849<br>567  | 1              | 0,8793<br>0797 | 12º      |
| SANTA BÁRBARA DO LESTE (MG)  | Sudeste      |               | 0,772<br>3676 | 1             | 1             | 0,726<br>4828 |                | 0,8747<br>1259 | 13º      |
| INÁCIO MARTINS (PR)          | Sul          | 1             | 0,638<br>7032 | 0,846<br>3237 |               | 1             |                | 0,8712<br>5674 | 14º      |
| PONTA GROSSA (PR)            | Sul          |               | 0,897<br>0335 | 0,787<br>7284 | 1             | 0,785<br>6202 |                | 0,8675<br>9553 | 15º      |
| IPIRANGA (PR)                | Sul          | 1             | 1             | 0,652<br>8372 |               |               | 0,8045<br>0361 | 0,8643<br>3521 | 16º      |
| BRASÍLIA (DF)                | Centro-Oeste | 1             | 0,697<br>6755 | 0,749<br>1429 |               |               | 1              | 0,8617<br>0459 | 17º      |
| UIRAPURU (GO)                | Centro-Oeste | 0,200<br>566  | 0,171<br>7638 | 0,201<br>1146 | 0,219<br>743  |               |                | 0,1982<br>9687 | 350º     |
| SANTA RITA DO TOCANTINS (TO) | Norte        | 0,196<br>4982 | 0,190<br>4883 | 0,188<br>8415 |               |               | 0,2085<br>0812 | 0,1960<br>8402 | 351º     |
| SANDOLÂNDIA (TO)             | Norte        |               | 0,174<br>7131 | 0,202<br>2065 |               | 0,187<br>6166 | 0,2172<br>2519 | 0,1954<br>4037 | 352º     |
| ITAPORÃ DO TOCANTINS (TO)    | Norte        |               | 0,218<br>263  | 0,174<br>8757 |               | 0,202<br>6387 | 0,1824<br>6243 | 0,1945<br>5996 | 353º     |
| CUJUBIM (RO)                 | Norte        | 0,176<br>1459 | 0,179<br>5429 |               | 0,218<br>3547 |               | 0,2029<br>8801 | 0,1942<br>5789 | 354º     |

| (conclusão)                    |              |               |               |               |               |               |                |                | Ran<br>king |
|--------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-------------|
| Município                      | Região       | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018           | Eff $\mu$      |             |
| LARANJAL PAULISTA (SP)         | Sudeste      | 0,203<br>0858 | 0,099<br>2934 | 0,174<br>4201 |               |               | 0,2974<br>1291 | 0,1935<br>5305 | 355°        |
| RECURSOLÂNDIA (TO)             | Norte        | 0,188<br>3934 | 0,206<br>4071 | 0,183<br>5618 |               |               | 0,1944<br>9388 | 0,1932<br>1403 | 356°        |
| COLMÉIA (TO)                   | Norte        | 0,215<br>6832 | 0,166<br>6714 |               |               | 0,205<br>5366 | 0,1849<br>2223 | 0,1932<br>0337 | 357°        |
| MALHADA (BA)                   | Nordeste     | 0,214<br>7309 | 0,162<br>39   |               |               | 0,208<br>3577 | 0,1828<br>6083 | 0,1920<br>8485 | 358°        |
| PILAR DE GOIÁS (GO)            | Centro-Oeste | 0,216<br>8569 | 0,157<br>3649 | 0,177<br>8533 | 0,209<br>4163 |               |                | 0,1903<br>7286 | 359°        |
| BANNACH (PA)                   | Norte        | 0,183<br>3716 | 0,164<br>3368 | 0,199<br>1258 |               | 0,210<br>9541 |                | 0,1894<br>471  | 360°        |
| MINAÇU (GO)                    | Centro-Oeste | 0,195<br>9773 | 0,157<br>2249 |               |               | 0,202<br>3846 | 0,2020<br>4445 | 0,1894<br>0781 | 361°        |
| COTEGIPE (BA)                  | Nordeste     |               | 0,178<br>7569 | 0,171<br>2872 |               | 0,212<br>7587 | 0,1868<br>5262 | 0,1874<br>1385 | 362°        |
| GOIANORTE (TO)                 | Norte        |               | 0,185<br>195  | 0,137<br>4627 |               | 0,195<br>8862 | 0,1991<br>4374 | 0,1794<br>219  | 363°        |
| BREJO GRANDE DO ARAGUAIA (PA)  | Norte        | 0,213<br>0322 | 0,159<br>5028 | 0,143<br>1769 |               |               | 0,1928<br>3418 | 0,1771<br>3653 | 364°        |
| BRASILÉIA (AC)                 | Norte        |               | 0,166<br>9967 | 0,158<br>6352 |               | 0,192<br>1341 | 0,1875<br>397  | 0,1763<br>2641 | 365°        |
| URUARÁ (PA)                    | Norte        | 0,177<br>852  | 0,151<br>7734 | 0,147<br>5345 |               |               | 0,1842<br>9523 | 0,1653<br>638  | 366°        |
| TRÊS FRONTEIRAS (SP)           | Sudeste      | 0,026<br>7977 | 0,120<br>208  | 0,211<br>4806 |               | 0,298<br>0962 |                | 0,1641<br>4562 | 367°        |
| JUNQUEIRÓPOLIS (SP)            | Sudeste      | 0,034<br>0597 | 0,042<br>1767 | 0,148<br>8847 |               | 0,208<br>2322 |                | 0,1083<br>3833 | 368°        |
| SANTO ANTÔNIO DO LEVERGER (MT) | Centro-Oeste | 0,084<br>9869 | 0,068<br>1028 | 0,081<br>8121 |               | 0,084<br>726  |                | 0,0799<br>0693 | 369°        |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C.5 – 20 municípios mais eficientes e menos eficientes que apareceram cinco vez na série analisada

| (continua)        |         |       |       |       |       |       |        |                  |      |
|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------------|------|
| Município         | Região  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018   | μ Eff<br>Ranking |      |
|                   | Centro- |       |       |       |       |       |        |                  |      |
| SAPEZAL (MT)      | Oeste   | 1     | 1     | 1     |       | 1     | 1      | 1                | 1º   |
| ARAPOTI (PR)      | Sul     | 1     | 1     | 1     |       | 1     | 1      | 1                | 1º   |
| QUEIROZ (SP)      | Sudeste | 1     | 1     | 1     |       | 1     | 1      | 1                | 1º   |
|                   |         |       | 0,783 |       |       |       | 0,9138 | 0,9395           |      |
| CARAMBEÍ (PR)     | Sul     | 1     | 6463  | 1     |       | 1     | 863    | 0652             | 2º   |
| SANTA VITÓRIA DO  |         | 0,916 | 0,839 |       |       | 0,904 |        | 0,9321           |      |
| PALMAR (RS)       | Sul     | 1346  | 4008  |       | 1     | 9958  | 1      | 0623             | 3º   |
|                   |         | 0,925 |       | 0,867 |       |       | 0,8605 | 0,9307           |      |
| PARANAPANEMA (SP) | Sudeste | 713   | 1     | 4083  |       | 1     | 808    | 4041             | 4º   |
|                   |         | 0,829 | 0,772 |       |       |       |        | 0,9204           |      |
| IACRI (SP)        | Sudeste | 3594  | 9044  | 1     | 1     | 1     |        | 5277             | 5º   |
|                   | Centro- |       |       | 0,726 | 0,757 |       |        | 0,8968           |      |
| TRÊS LAGOAS (MS)  | Oeste   | 1     | 1     | 6982  | 5792  | 1     |        | 5548             | 6º   |
| RIO PARANAÍBA     |         | 0,843 | 0,625 |       |       |       | 0,7789 | 0,8495           |      |
| (MG)              | Sudeste | 1693  | 8115  | 1     |       | 1     | 158    | 7931             | 7º   |
|                   |         | 0,894 | 0,681 | 0,859 | 0,805 |       |        | 0,8480           |      |
| IBIRUBÁ (RS)      | Sul     | 1574  | 4896  | 2846  | 2845  | 1     |        | 4324             | 8º   |
|                   |         | 0,876 | 0,686 | 0,819 |       |       | 0,8378 | 0,8441           |      |
| RESERVA (PR)      | Sul     | 7572  | 8378  | 2134  |       | 1     | 0427   | 2256             | 9º   |
|                   |         | 0,824 | 0,736 | 0,658 |       |       |        | 0,8437           |      |
| PATO BRANCO (PR)  | Sul     | 2319  | 0892  | 4972  |       | 1     | 1      | 6367             | 10º  |
|                   |         | 0,666 | 0,823 | 0,881 |       | 0,831 |        | 0,8406           |      |
| ITATINGA (SP)     | Sudeste | 9002  | 5628  | 2345  | 1     | 3142  |        | 0235             | 11º  |
|                   |         | 0,842 |       | 0,751 | 0,728 |       | 0,8480 | 0,8341           |      |
| VILHENA (RO)      | Norte   | 1267  |       | 5722  | 7664  | 1     | 6197   | 0547             | 12º  |
|                   |         |       | 0,271 | 0,884 |       |       |        | 0,8311           |      |
| GUATAPARÁ (SP)    | Sudeste | 1     | 4385  | 2771  |       | 1     | 1      | 4312             | 13º  |
|                   |         | 0,921 | 0,744 |       |       | 0,697 | 0,7630 | 0,8251           |      |
| RENASCENÇA (PR)   | Sul     | 421   | 0986  |       | 1     | 3905  | 6932   | 9588             | 14º  |
|                   |         | 0,781 | 0,549 |       |       | 0,760 |        | 0,8182           |      |
| DOMINGOS MARTINS  | Sudeste | 8524  | 1731  |       | 1     | 0792  | 1      | 2093             | 15º  |
| (ES)              | Nordest |       | 0,630 | 0,786 |       | 0,795 | 0,8777 | 0,8181           |      |
| NOVA VIÇOSA (BA)  | e       | 1     | 9446  | 188   |       | 8012  | 0168   | 2709             | 16º  |
|                   | Centro- | 0,872 | 0,714 | 0,662 |       | 0,829 |        | 0,8160           |      |
| NOVA MUTUM (MT)   | Oeste   | 7362  | 8398  | 8037  | 1     | 7776  |        | 3148             | 17º  |
|                   |         | 0,889 | 0,594 | 0,945 | 0,893 |       | 0,7117 | 0,8068           |      |
| PRUDENTÓPOLIS     | Sul     | 3016  | 6374  | 2239  | 3819  |       | 781    | 6457             | 18º  |
| (PR)              |         | 0,201 | 0,189 | 0,191 |       | 0,230 | 0,2006 | 0,2026           |      |
| PIRAQUÊ (TO)      | Norte   | 3073  | 6165  | 1453  |       | 29    | 5766   | 0335             | 294º |
| FORMOSA DA SERRA  | Nordest |       | 0,168 | 0,152 | 0,266 | 0,222 | 0,2025 | 0,2023           |      |
| NEGRA (MA)        | e       |       | 1037  | 4872  | 5606  | 0508  | 5143   | 5075             | 295º |
|                   | Centro- | 0,191 | 0,168 | 0,174 | 0,233 | 0,238 |        | 0,2012           |      |
| NOVA LACERDA (MT) | Oeste   | 1344  | 3528  | 447   | 657   | 566   |        | 3145             | 296º |
|                   | Nordest | 0,189 | 0,185 | 0,196 |       | 0,230 | 0,1985 | 0,2001           |      |
| BAIANÓPOLIS (BA)  | e       | 657   | 3444  | 3056  |       | 986   | 7852   | 7431             | 297º |
|                   | Centro- | 0,189 | 0,169 | 0,190 | 0,222 | 0,228 |        | 0,2001           |      |
| SÃO DOMINGOS (GO) | Oeste   | 5134  | 933   | 2646  | 3722  | 7875  |        | 7415             | 298º |

| (conclusão)                   |                  |               |               |               |               |               |                |                | Ran<br>king |
|-------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|-------------|
| Município                     | Região           | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018           | μ Eff          |             |
| CAMPINAÇU (GO)                | Centro-<br>Oeste | 0,195<br>5474 | 0,182<br>5413 |               | 0,214<br>7257 | 0,222<br>9032 | 0,1843<br>8441 | 0,2000<br>204  | 299°        |
| JOÃO LISBOA (MA)              | Nordest<br>e     | 0,250<br>0562 | 0,190<br>8493 | 0,174<br>555  | 0,193<br>5845 |               | 0,1844<br>6968 | 0,1987<br>0294 | 300°        |
| CÓRREGO DO OURO (GO)          | Centro-<br>Oeste | 0,155<br>4515 | 0,169<br>5687 | 0,210<br>732  | 0,223<br>8829 | 0,230<br>8135 |                | 0,1980<br>8972 | 301°        |
| BOM JESUS DO TOCANTINS (PA)   | Norte            | 0,191<br>3247 | 0,167<br>3057 | 0,173<br>9619 |               | 0,221<br>9339 | 0,2332<br>7995 | 0,1975<br>6123 | 302°        |
| CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA (PA)    | Norte            | 0,206<br>5815 | 0,177<br>0102 | 0,177<br>021  |               | 0,233<br>7726 | 0,1928<br>3191 | 0,1974<br>4343 | 303°        |
| SENA MADUREIRA (AC)           | Norte            | 0,222<br>9603 | 0,187<br>1015 | 0,177<br>2723 | 0,211<br>9588 |               | 0,1866<br>7285 | 0,1971<br>9316 | 304°        |
| BUJARI (AC)                   | Norte            | 0,209<br>6771 | 0,165<br>8843 | 0,180<br>5576 |               | 0,226<br>0002 | 0,1977<br>4451 | 0,1959<br>7274 | 305°        |
| XAPURI (AC)                   | Norte            | 0,192<br>6314 | 0,163<br>163  | 0,207<br>3719 |               | 0,224<br>19   | 0,1894<br>4095 | 0,1953<br>5946 | 306°        |
| SANTA TEREZINHA DE GOIÁS (GO) | Centro-<br>Oeste | 0,204<br>4479 | 0,182<br>6746 | 0,162<br>9134 | 0,209<br>4948 | 0,214<br>555  |                | 0,1948<br>1715 | 307°        |
| MARA ROSA (GO)                | Centro-<br>Oeste | 0,208<br>0914 | 0,171<br>7883 | 0,159<br>8024 | 0,207<br>6815 | 0,223<br>544  |                | 0,1941<br>8152 | 308°        |
| SANTA RITA DE CÁSSIA (BA)     | Nordest<br>e     | 0,181<br>2898 | 0,184<br>4178 | 0,149<br>3865 |               | 0,221<br>026  | 0,2140<br>7604 | 0,1900<br>3924 | 309°        |
| PALMAS DE MONTE ALTO (BA)     | Nordest<br>e     | 0,196<br>932  | 0,174<br>2151 | 0,153<br>5331 |               | 0,215<br>5864 | 0,1842<br>6582 | 0,1849<br>0647 | 310°        |
| CHAPADA DE AREIA (TO)         | Norte            | 0,200<br>5574 |               | 0,156<br>0219 | 0,175<br>0197 | 0,204<br>4088 | 0,1840<br>805  | 0,1840<br>1766 | 311°        |
| PEQUIZEIRO (TO)               | Norte            |               | 0,163<br>6511 | 0,140<br>2692 | 0,204<br>8971 | 0,204<br>2288 | 0,1907<br>1646 | 0,1807<br>5255 | 312°        |
| MUCAJAI (RR)                  | Norte            | 0,189<br>0216 |               | 0,141<br>4299 | 0,196<br>2142 | 0,207<br>3133 | 0,1617<br>5196 | 0,1791<br>4619 | 313°        |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C.6 – 20 municípios mais eficientes e menos eficientes que apareceram seis vez na série analisada

(continua)

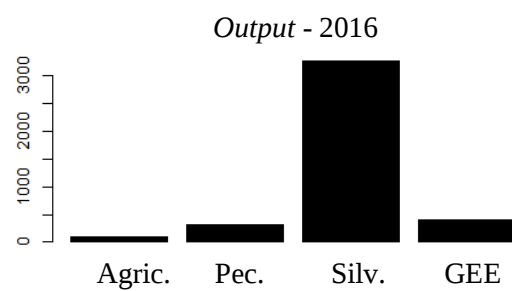
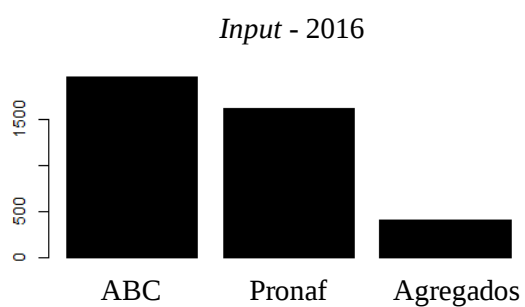
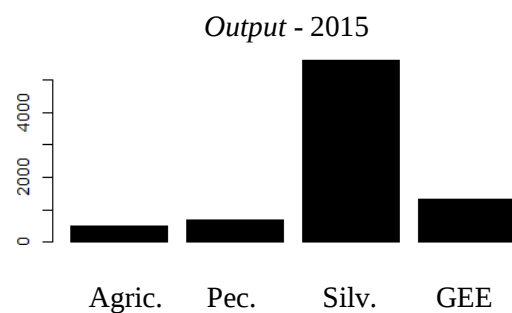
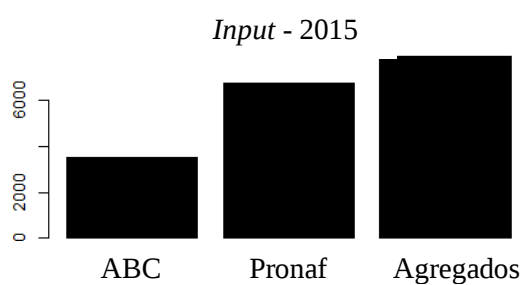
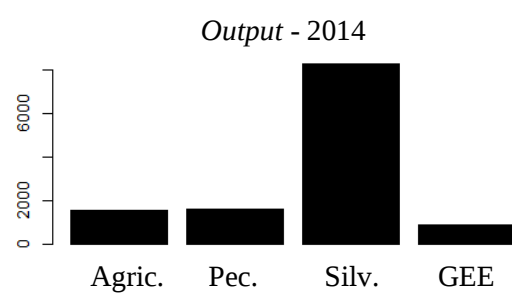
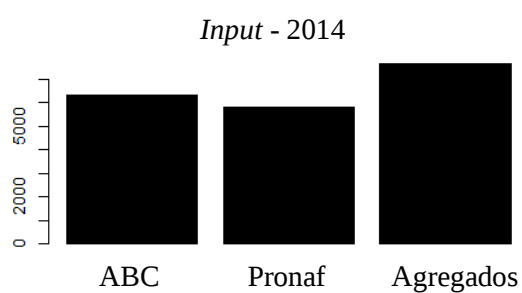
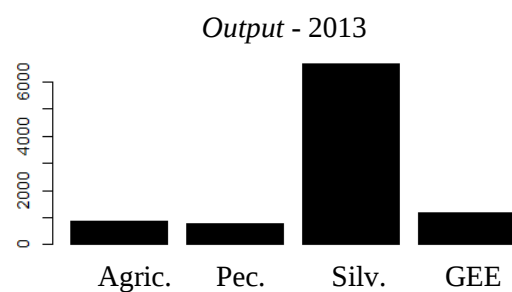
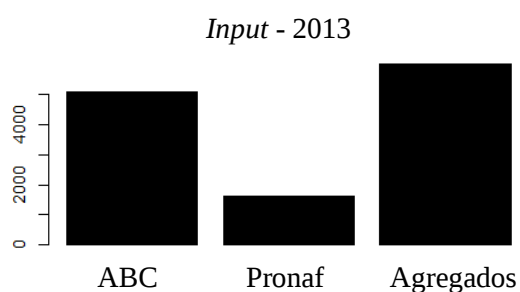
| Município             | Região       | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | Eff $\mu$    | Ran king |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| TIBAGI (PR)           | Sul          | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1º       |
| SÃO DESIDÉRIO (BA)    | Nordeste     | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1º       |
| JOÃO PINHEIRO (MG)    | Sudeste      | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1º       |
| RIO VERDE (GO)        | Centro-Oeste | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1º       |
| CASTRO (PR)           | Sul          | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1º       |
| AVARÉ (SP)            | Sudeste      | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 0,970<br>563 | 0,995<br>094 | 2º       |
| LAGOA GRANDE (MG)     | Sudeste      | 0,938<br>994 | 0,971<br>606 | 0,956<br>546 | 1            | 1            | 0,927<br>617 | 0,965<br>794 | 3º       |
| POMPÉU (MG)           | Sudeste      | 0,928<br>801 | 1            | 0,848<br>215 | 1            | 1            | 1            | 0,962<br>836 | 4º       |
| CURVELO (MG)          | Sudeste      | 1            | 1            | 1            | 1            | 0,820<br>75  | 0,955<br>418 | 0,962<br>695 | 5º       |
| ITAMARANDIBA (MG)     | Sudeste      | 1            | 1            | 1            | 0,771<br>038 | 1            | 1            | 0,961<br>84  | 6º       |
| ÁGUA CLARA (MS)       | Centro-Oeste | 0,742<br>973 | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 0,957<br>162 | 7º       |
| CRAVINHOS (SP)        | Sudeste      | 1            | 0,565<br>902 | 1            | 1            | 1            | 1            | 0,927<br>65  | 8º       |
| RANCHARIA (SP)        | Sudeste      | 1            | 0,786<br>464 | 1            | 1            | 1            | 0,757<br>706 | 0,924<br>028 | 9º       |
| PATOS DE MINAS (MG)   | Sudeste      | 0,842<br>374 | 0,867<br>446 | 1            | 1            | 1            | 0,823<br>378 | 0,922<br>2   | 10º      |
| AÇAILÂNDIA (MA)       | Nordeste     | 0,748<br>378 | 1            | 0,908<br>544 | 1            | 0,856<br>186 | 1            | 0,918<br>851 | 11º      |
| UBERABA (MG)          | Sudeste      | 1            | 0,816<br>98  | 0,825<br>653 | 1            | 1            | 0,833<br>384 | 0,912<br>67  | 12º      |
| CASCADEL (PR)         | Sul          | 0,879<br>961 | 0,905<br>7   | 1            | 0,894<br>624 | 1            | 0,776<br>614 | 0,909<br>483 | 13º      |
| JAGUARIAÍVA (PR)      | Sul          | 0,835<br>325 | 1            | 1            | 1            | 0,791<br>205 | 0,819<br>991 | 0,907<br>754 | 14º      |
| IPAMERI (GO)          | Centro-Oeste | 1            | 0,781<br>243 | 0,848<br>014 | 0,860<br>72  | 1            | 0,911<br>749 | 0,900<br>288 | 15º      |
| LENÇÓIS PAULISTA (SP) | Sudeste      | 1            | 0,777<br>512 | 1            | 1            | 0,811<br>197 | 0,689<br>289 | 0,879<br>666 | 16º      |
| AURILÂNDIA (GO)       | Centro-Oeste | 0,264<br>298 | 0,171<br>731 | 0,158<br>011 | 0,212<br>42  | 0,209<br>254 | 0,200<br>233 | 0,202<br>658 | 247º     |
| PIRAJUÍ (SP)          | Sudeste      | 0,226<br>358 | 0,165<br>944 | 0,184<br>89  | 0,222<br>352 | 0,237<br>233 | 0,179<br>021 | 0,202<br>633 | 248º     |
| PALMEIRÓPOLIS (TO)    | Norte        | 0,208<br>546 | 0,171<br>213 | 0,177<br>306 | 0,212<br>745 | 0,225<br>993 | 0,213<br>95  | 0,201<br>625 | 249º     |
| PEIXE (TO)            | Norte        | 0,195<br>835 | 0,167<br>518 | 0,195<br>509 | 0,217<br>818 | 0,213<br>305 | 0,211<br>347 | 0,200<br>222 | 250º     |
| FORMOSO (GO)          | Centro-Oeste | 0,230<br>086 | 0,160<br>544 | 0,158<br>365 | 0,206<br>397 | 0,224<br>139 | 0,207<br>2   | 0,197<br>788 | 251º     |
| RIO BRANCO (AC)       | Norte        | 0,186<br>9   | 0,153<br>175 | 0,228<br>103 | 0,241<br>254 | 0,195<br>87  | 0,178<br>607 | 0,197<br>318 | 252º     |

| (conclusão)                           |              |              |              |              |              |              |              |              | Ran<br>king |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Município                             | Região       | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | Eff $\mu$    |             |
| ITAJÁ (GO)                            | Centro-Oeste | 0,208<br>837 | 0,159<br>384 | 0,175<br>545 | 0,231<br>894 | 0,203<br>044 | 0,194<br>377 | 0,195<br>513 | 253°        |
| MIRACEMA DO TOCANTINS (TO)            | Norte        | 0,180<br>48  | 0,158<br>316 | 0,182<br>251 | 0,227<br>255 | 0,212<br>118 | 0,202<br>693 | 0,193<br>852 | 254°        |
| PIUM (TO)                             | Norte        | 0,202<br>884 | 0,170<br>974 | 0,186<br>322 | 0,232<br>215 | 0,199<br>686 | 0,168<br>726 | 0,193<br>468 | 255°        |
| ITAPIRAPUÃ (GO)                       | Centro-Oeste | 0,198<br>269 | 0,183<br>462 | 0,170<br>827 | 0,216<br>296 | 0,209<br>406 | 0,181<br>937 | 0,193<br>366 | 256°        |
| MUNDO NOVO (GO)                       | Centro-Oeste | 0,196<br>381 | 0,169<br>133 | 0,172<br>628 | 0,217<br>101 | 0,216<br>998 | 0,187<br>755 | 0,193<br>333 | 257°        |
| DIVINÓPOLIS DO TOCANTINS (TO)         | Norte        | 0,176<br>807 | 0,154<br>575 | 0,166<br>131 | 0,264<br>882 | 0,205<br>787 | 0,177<br>432 | 0,190<br>936 | 258°        |
| VILA BELA DA SANTÍSSIMA TRINDADE (MT) | Centro-Oeste | 0,195<br>545 | 0,150<br>433 | 0,173<br>721 | 0,222<br>86  | 0,208<br>157 | 0,193<br>654 | 0,190<br>728 | 259°        |
| PONTE ALTA DO TOCANTINS (TO)          | Norte        | 0,185<br>99  | 0,178<br>727 | 0,152<br>273 | 0,205<br>255 | 0,233<br>737 | 0,164<br>005 | 0,186<br>664 | 260°        |
| ARUANÃ (GO)                           | Centro-Oeste | 0,165<br>649 | 0,192<br>102 | 0,153<br>219 | 0,215<br>774 | 0,207<br>894 | 0,182<br>908 | 0,186<br>258 | 261°        |
| PLÁCIDO DE CASTRO (AC)                | Norte        | 0,194<br>803 | 0,166<br>946 | 0,154<br>782 | 0,206<br>179 | 0,200<br>884 | 0,176<br>601 | 0,183<br>366 | 262°        |
| RIO SONO (TO)                         | Norte        | 0,192<br>053 | 0,172<br>27  | 0,149<br>598 | 0,201<br>248 | 0,202<br>201 | 0,173<br>538 | 0,181<br>818 | 263°        |
| NOVA CRIXÁS (GO)                      | Centro-Oeste | 0,182<br>048 | 0,155<br>543 | 0,170<br>314 | 0,199<br>445 | 0,179<br>931 | 0,189<br>389 | 0,179<br>445 | 264°        |
| CRIXÁS (GO)                           | Centro-Oeste | 0,208<br>002 | 0,152<br>288 | 0,142<br>014 | 0,169<br>267 | 0,191<br>532 | 0,186<br>998 | 0,175<br>017 | 265°        |
| DOIS IRMÃOS DO TOCANTINS (TO)         | Norte        | 0,182<br>572 | 0,153<br>736 | 0,139<br>572 | 0,192<br>714 | 0,186<br>996 | 0,172<br>267 | 0,171<br>31  | 266°        |

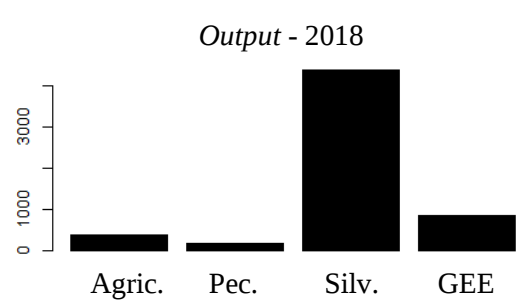
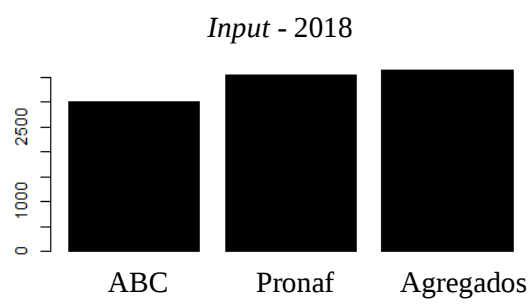
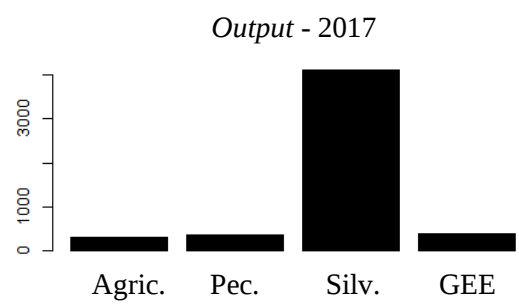
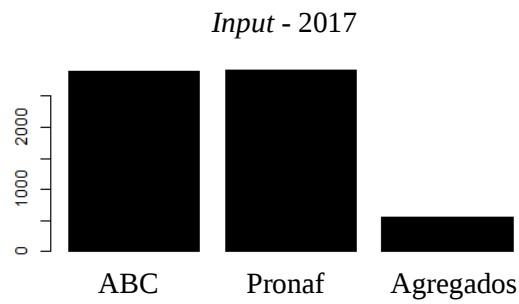
Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE D – SUPERÁVIT DE FOLGAS PARA OS *INPUTS* E *OUTPUTS* –  
2013 A 2018**

(continua)



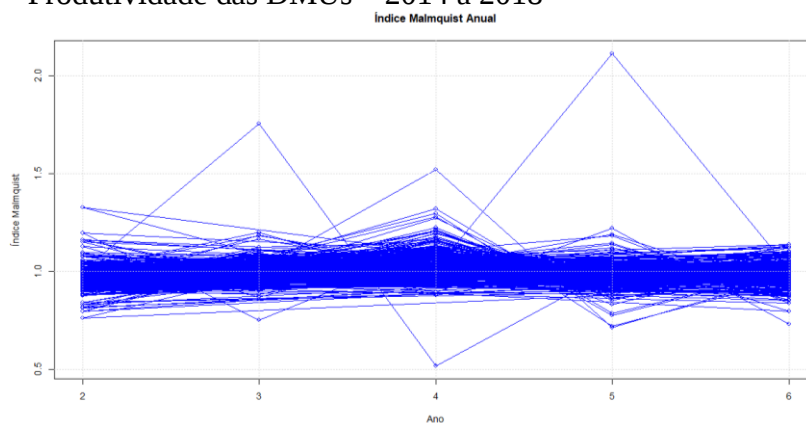
(conclusão)



Fonte: Elaboração própria.

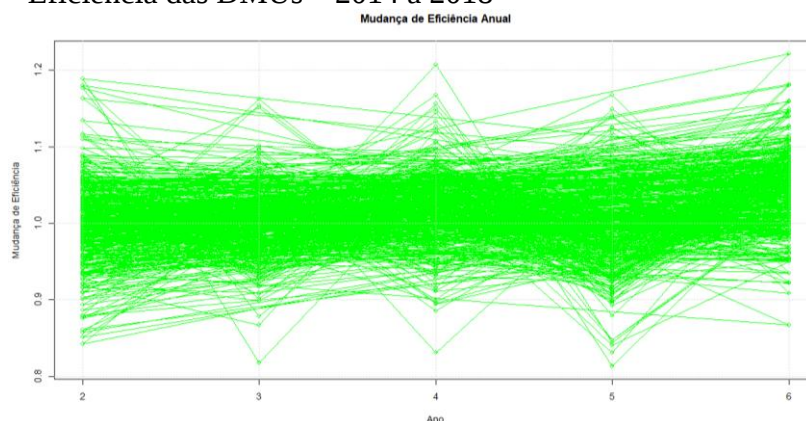
## APÊNDICE E – GRAFICOS MALMQUIST-LUENBERGER: MUDANÇA DE PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA E TECNOLÓGICA DAS DMUS

Figura E-1.1 – Gráfico Malmquist-Luenberger – Mudança de Produtividade das DMUs – 2014 a 2018



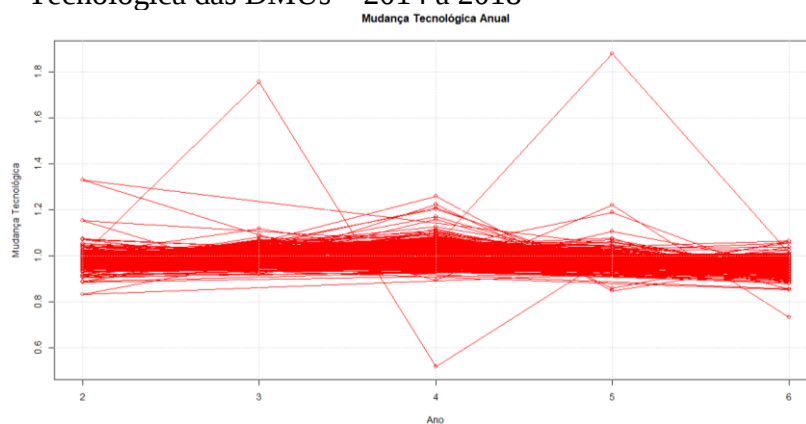
Fonte: Elaboração própria.

Figura E-1.2 – Gráfico Malmquist-Luenberger – Mudança de Eficiência das DMUs – 2014 a 2018



Fonte: Elaboração própria.

Figura E-1.3 – Gráfico Malmquist-Luenberger – Mudança Tecnológica das DMUs – 2014 a 2018



Fonte: Elaboração própria.