

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ATUÁRIA

ALEXANDRE DUARTE KRUEGER

Impactos da Moratória da Soja na produtividade agropecuária

SÃO PAULO

2021

ALEXANDRE DUARTE KRUEGER

Impactos da Moratória da Soja na produtividade agropecuária

Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Camargo Igliori

Coordenador: Prof. Dr. Luís Eduardo Negrão Meloni

SÃO PAULO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Krueger, Alexandre Duarte

Impactos da Moratória da Soja na produtividade agropecuária – São Paulo, 2021.

46 páginas

Área de concentração: Economia Geral

Orientador: Prof. Dr. Danilo Camargo Iglieri

Monografia – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária,
Universidade de São Paulo, Graduação em Ciências Econômicas.

1. Uso da terra; 2. Desmatamento; 3. Amazônia Legal; 4. Produtividade agrícola; 5.
Diferenças em Diferenças

Resumo:

KRUEGER, Alexandre Duarte. **Impactos da Moratória da Soja na produtividade agropecuária.** 2021. 46 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021

A literatura econômica aborda de forma extensiva os impactos da produção agropecuária na preservação do meio ambiente, mas menos os impactos positivos que a preservação ambiental pode ter na produção. O presente trabalho, dessa forma, busca determinar os impactos da limitação da expansão da fronteira agrícola na produtividade do uso da terra. Para tal avaliação, foi realizado um estudo de caso sobre a Moratória da Soja, aferindo se existe uma relação de causalidade entre a participação do projeto e aumentos na produtividade. A hipótese principal sendo que o monitoramento de um município pela Moratória reduz a expansão da fronteira agrícola e isso altera o mix do uso de terras favorecendo as atividades mais produtivas e assim aumentando a produtividade média. Foi utilizado para mensuração o método empírico de Diferenças em Diferenças sobre dados do IBGE e dos relatórios existentes sobre a Moratória. Os resultados obtidos nas regressões não permitem inferir causalidade entre a sujeição à Moratória e o aumento da produtividade. A ausência da identificação de causalidade pode ser consequência de limitações na efetividade da moratória da soja na redução do desmatamento, ou mesmo de um efeito paralelo da redução do desmatamento tanto nos grupos de tratamento, quanto de controle por conta de outros programas ambientais. Alternativamente, conjectura-se que tal resultado pode ser consequência de dados limitados sugerindo-se assim a validade um aprofundamento do estudo utilizando uma série temporal mais extensa ou métodos empíricos alternativos.

Códigos JEL: Q51, Q23, R14

Palavras-chave: Uso da terra. Desmatamento. Amazônia Legal. Produtividade agropecuária. Diferenças em Diferenças.

Abstract:

KRUEGER, Alexandre Duarte. **Impacts of the Soy Moratorium in farming productivity.** 2021. 46 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021

The economic literature extensively addresses the impacts of agricultural production on environmental preservation, but less on the positive impacts that environmental preservation can have on production. The present work, therefore, seeks to determine the impacts of limiting agricultural expansion on land use productivity. For this evaluation, a case study was carried out on the Soy Moratorium, assessing whether there is a causal relationship between project participation and increases in productivity. The main hypothesis being that the monitoring of the municipalities by the Moratorium limits the expansion of the agricultural frontier and this alters the land use mix, favoring the most productive activities, therefore increasing the average productivity. The empirical method of Differences in Differences was applied using data from IBGE and existing reports on the Moratorium. The results obtained in the regressions do not allow to infer causality between the submission to the moratorium and the increase in productivity. The lack of identification of causality may be a consequence of limitations in the effectiveness of the soy moratorium in reducing deforestation, or even of a parallel effect on deforestation reduction in both the treatment and control group due to other environmental programs. Alternatively, it is conjectured that this result may be a consequence of limited data, thus suggesting the validity of a deeper study using a more extensive time series or alternative empirical methods.

JEL Codes: Q51, Q23, R14

Keywords: Land use. Deforestation. Legal Amazon. Farming productivity. Differences in Differences.

Sumário

Introdução	7
Capítulo 1	11
1.1 <i>Trade-offs</i> na escolha entre produção e preservação ambiental	12
1.2 Avaliação da preservação ambiental e ganhos de produtividade.....	14
1.3Avaliações da efetividade da Moratória da Soja.....	15
1.4. Trabalhos semelhantes	18
Capítulo 2	22
2.1 Dados e estatísticas descritivas	22
2.2 Metodologia	30
Capítulo 3	34
3.1 Avaliação da produtividade	34
3.2 Avaliação do valor adicionado bruto	37
Conclusão	40
Bibliografia.....	41
Apêndice 1: Avaliação da razão de terras de lavoura temporária contra criação de animais.....	43
Apêndice 2: Avaliação da produtividade da soja	45

Lista de Figuras

Figura 1 – Distribuição global de florestas mostrando os dez países com a maior área florestal, 2020 (milhões de hectares e% da floresta mundial)	7
Figura 2 – Taxas consolidadas anuais de desmatamento do PRODES na Amazônia legal (em km ²).....	16
Figura 3 – Mapa dos municípios monitorados no 3º ano da moratória da Soja.....	24
Figura 4 – Mapa dos municípios monitorados no 11º ano da moratória da Soja.....	24
Figura 5 – Comparação da média da produtividade da terra entre os grupos de controle e de tratamento	27
Figura 6- Comparação da média do Valor Adicionado Bruto dos municípios entre os grupos de controle e de tratamento	27
Figura 7 – Distribuição do crescimento da produtividade em termos absolutos	28

Lista de Tabela

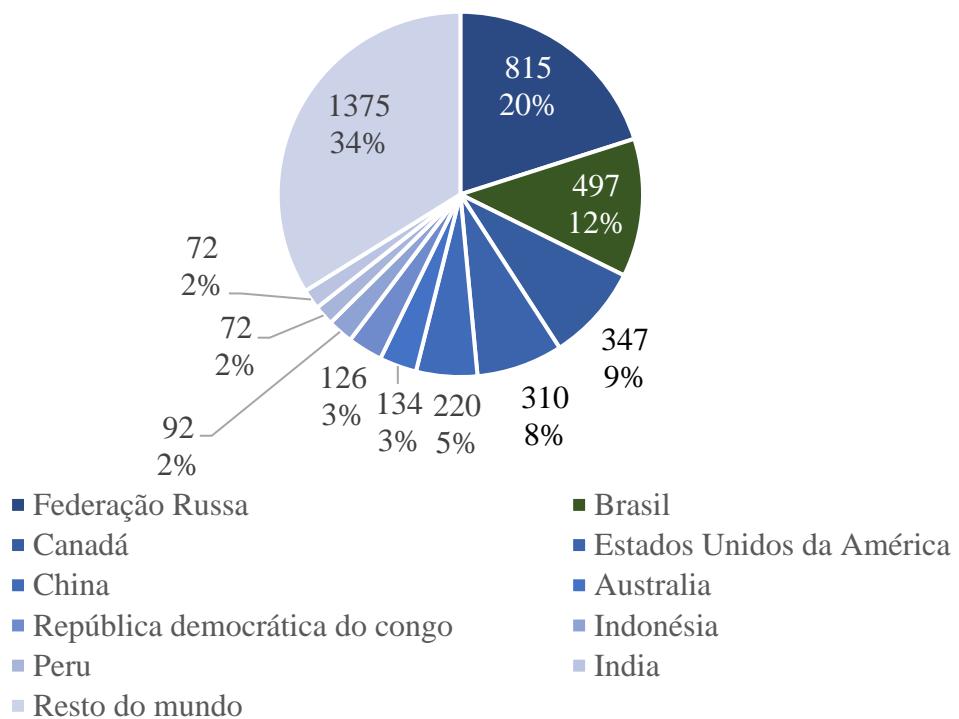
Tabela 1 – Variáveis utilizadas nos modelos.....	25
Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos municípios	26
Tabela 3 – Comparação das Estatísticas descritivas dos municípios selecionados	29
Tabela 4 – Valores dos coeficientes dos modelos de diferenças em diferenças para a produtividade, 2006 -2017.....	35
Tabela 5 – Valores dos coeficientes dos modelos de Diferenças em Diferenças para o Valor Adicionado Bruto, 2006 -2017	38
Tabela 6 – Valores dos coeficientes dos modelos de Diferenças em Diferenças para a razão entre terras de lavoura temporária e terras destinadas à criação de animais, 2006 – 2017	44
Tabela 7 – Valores dos coeficientes dos modelos para a relação entre produtividade e razão entre terras de lavoura temporária e terras destinadas à criação de animais, 2006 – 2017	45
Tabela 8 – Valores dos coeficientes dos modelos de Diferenças em Diferenças para a Produtividade da Soja, 2006 - 2017.....	46

Introdução

O desmatamento é uma questão com grande relevância na atualidade, atraindo a atenção de órgãos públicos e privados que passaram a agir ativamente em busca de medidas que mitiguem a degradação ambiental. As mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e a degradação de solos e aquíferos são algumas consequências da destruição de Biomas naturais que geram externalidades negativas tanto econômicas e sociais. Nas últimas décadas, o conhecimento dessas externalidades se tornou mais difundido gerando uma pressão por parte de eleitores e consumidores para que medidas fossem tomadas por empresas e órgãos reguladores.

O Brasil é um dos países que se encontra mais inserido na necessidade de preservação ambiental sendo o segundo país com maior área de florestas do planeta, conforme pode ser observado na **Figura 1**.

Figura 1 – Distribuição global de florestas mostrando os dez países com a maior área florestal, 2020 (milhões de hectares e% da floresta mundial)



Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2020

Um bioma que recebe especial atenção brasileira e internacional é, assim, a Amazônia. O foco que recebe, se dá por conta de constituir na maior floresta equatorial do mundo, ter importante papel na regulação do clima regional e servir como importante reserva de carbono guardando 30% do carbono florestal do mundo (AMAZÔNIA..., 2007). No Brasil, esse é o Bioma que mais sofre com a degradação ambiental, essa tendo sido responsável pela emissão de 810 milhões de toneladas de gás carbônico e equivalentes em 2019, ou 87% da emissão total por Bioma do Brasil em 2020 (ALBUQUERQUE, Et. al; 2020).

As causas dessas emissões são principalmente advindas do processo de mudança do uso da terra, ou seja, desmatamento para abertura de lavouras e pastagens e processos correlacionados, como a calagem para redução da acidez do solo. A principal cultura agrícola que motiva a degradação ambiental, por sua vez, é a soja que em 2016 correspondia a quase 45% de toda área colhida no país.

Neste contexto, em 2006 o Greenpeace publicou um relatório que levantava atenção ao impacto da produção de soja. Isso incentivou consumidores a questionarem as práticas produtivas, motivando a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC) e a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) a se comprometerem a não comercializar soja advinda de regiões dentro da Amazônia Legal que tivessem sido desmatadas depois de julho de 2006.

A literatura econômica em casos como esse, quando avaliando os impactos produtivos, comumente se baseia em uma visão de *trade-off* puro, no sentido em que avalia quais são os ganhos e perdas do cenário de preservação, contra o cenário no qual se continua expansão da fronteira agrícola. Em outras palavras, mensuram-se os ganhos econômicos de manter a produção tal como é, no seu atual ritmo de expansão, enquanto paralelamente incorrem no difícil trabalho de mensurar os ganhos em termos monetários da manutenção das florestas nativas. Esses trabalhos normalmente dão pouca atenção a mudança na estrutura de incentivos que ocorre em um cenário no qual se inviabiliza a expansão da fronteira agrícola, sendo que uma escassez de terra pode gerar efeitos na produção.

Desta forma, esse trabalho buscou estimar qual o ganho de produtividade que municípios obtêm ao se depararem com a impossibilidade de expandirem sua produção em novas terras. Isso sendo mensurado através de um estudo de caso da Moratória da Soja, uma vez que as propriedades sob o monitoramento da Moratória sofreram limitações nos últimos anos para se expandirem para a mata virgem, já que os principais compradores de soja

acordaram em não adquirirem produtos advindo de terras que fossem a partir de então desmatadas.

A principal hipótese do trabalho é que existem ganhos de produtividade nos municípios sob a Moratória. O motivo disso sendo que a redução da disponibilidade de terras motivou a redistribuição da terra entre culturas de forma que a produção de gado, menos produtiva, cedeu terras para a produção de soja, mais produtiva, aumentando a produtividade média do município. Além disso, cogitou-se a possibilidade de ganhos de produtividade nas produções de soja e gado devido a incentivos para se aproveitar melhor a terra, agora mais restrita.

A eficiência da Moratória da Soja foi avaliada através do método de estimação de Diferenças em Diferenças, através do qual foram comparados dois grupos de municípios produtores de soja, sendo um de teste sob o monitoramento da Moratória e outro de controle não incluído na Moratória. Para tanto, foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE tanto do Censo Agropecuário de 2006-2017 quanto do PIB municipal (concernentes ao mesmo período), assim como os relatórios da Moratória da Soja.

Os resultados obtidos foram que não se pode inferir causalidade entre a participação de um município da Moratória e aumentos da produtividade. Inicialmente, tal resultado pode ser consequência de falhas na Moratória da Soja em garantir a redução do desmatamento devido a formas de burlar o programa, bem como externalidades negativas que este gera. Em segundo momento, pode-se argumentar que ganhos de produtividade por conta da redução do desmatamento podem ser generalizados, uma vez que outros programas a parte da Moratória promoveram a redução do desmatamento no mesmo período. Finalmente, este resultado pode ser consequência de uma base de dados relativamente pequena compreendendo apenas dois anos e a não inclusão de certos controles que podem ser relevantes.

O trabalho está dividido em 3 capítulos bem como do atual capítulo de introdução e um capítulo de conclusão. O primeiro versa sobre uma análise de literatura pertinente ao tema, onde são abrangidos textos que tratam do *trade-off* da preservação ambiental, da necessidade de ganhos de produtividade agrícola para manutenção da produção, das avaliações de efetividade da Moratória da soja, bem como de trabalhos empíricos semelhantes. O segundo consiste na metodologia de estimação do modelo de Diferenças em Diferenças, e na avaliação geral dos dados utilizados ponderando conjuntamente a escolha dos municípios de teste e os de controle. Por fim, o terceiro capítulo discute os resultados do modelo sob a visão dos trabalhos apresentados no capítulo e as hipóteses que motivaram o trabalho sugerindo potenciais formas

de se melhorar a análise em futuras pesquisas sobre o tema. Além dos capítulos principais, incluiu-se um apêndice que trabalha algumas regressões adicionais que colaboram na discussão dos resultados.

Capítulo 1

A questão da preservação ambiental apresenta grande importância, por uma série de motivos desde econômicos até sociais e éticos. O desmatamento na Amazônia é responsável por grande parte das emissões de gases do efeito estufa no Brasil, bem como o desmatamento do Bioma gera uma perda de biodiversidade imensurável.

Todavia, a questão da produção agrícola, grande responsável pelo desmatamento, também se apresenta como uma importante atividade econômica com impactos sociais positivos. E junto a visão dos impactos produtivos positivos, no contexto da economia ambiental, é discutido que o meio ambiente é costumeiramente visto como um bem de luxo, uma vez que os altos custos relacionados a sua manutenção não são necessariamente prioritários quando existem questões de sobrevivência mais urgentes (KOLSTAD, 2011). Dessa forma, alguns autores apontam que a decisão de não converter matas naturais em um espaço produtivo geram custos de oportunidade elevados para economias em desenvolvimento e especialmente para populações com alto índice de pobreza (IGLIORI, 2006).

Apesar desse *trade-off*, nota-se que algumas pesquisas abrangem um caminho alternativo a escolha entre produzir ou preservar. A ideia central desses estudos é que com ganhos de produtividade em produções com baixa eficiência, existe a possibilidade de realocar o uso de terra entre diferentes produções agropecuárias. Dessa forma, sem a expansão da fronteira agrícola, poder-se-ia expandir a produção agropecuária atendendo uma demanda futura crescente (CHAGAS E TONETO, 2008; STRASSBURG et al., 2014).

No passado, a produção de soja, principal cultura do país, se expandiu no sul e sudeste e posteriormente passou-se a ocupação do norte e do centro oeste. Atualmente, a fronteira agrícola se expande no chamado arco do desmatamento abrangendo principalmente o bioma amazônico nos Estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia (ANDRADE, 2013) -Estados esses que abrigam o maior número de municípios monitorados pela Moratória. Consequentemente, a Amazônia recebe especial atenção de órgãos públicos e privados no monitoramento de atividades ilegais e criação de programas para a redução do impacto ambiental.

Um programa em especial, que é o foco do trabalho, é a Moratória da Soja que monitora produções de soja irregulares principalmente nos três estados acima citados do arco do desmatamento, para garantir que não se adquira soja produzida em áreas recentemente desmatadas. Sua efetividade nessa atuação sendo avaliada por pesquisas do próprio acordo, bem

como de órgãos do segmento e trabalhos realizados por pesquisadores individuais. Essas pesquisas trazem importantes análises de resultados, assim como figuras dos impactos da Moratória no desmatamento e na produção. Porém, é interessante notar que tais pesquisas muitas vezes elevam o impacto ambiental de outras culturas e biomas, ou o efeito de outras políticas ambientais na redução do desmatamento. Em suma, é difícil inferir que os resultados obtidos pela Moratória são de fato fruto do programa, os resultados sendo poluídos por outros projetos implementados durante sua existência, se destacando mudanças institucionais, a implementação de uma moratória da carne, dentre outros.

A primeira seção desse capítulo irá abranger a questão da literatura econômica que foca no *trade-off* entre preservação e produção. Serão levantados aspectos como a mensuração dos ganhos da preservação, avaliação de ganhos potenciais com a expansão da fronteira agrícola e impactos sociais regionais. A segunda seção aponta a questão dos ganhos de produtividade, seus impactos e potenciais incentivos para o seu aumento. A terceira diz respeito a literatura diretamente relacionada com a Moratória da Soja, desde relatórios oficiais sobre o acordo até pesquisas independentes que avaliam sua efetividade. A quarta e última seção deste capítulo foca em trabalhos que utilizam uma metodologia empírica semelhante ao do presente trabalho em contextos semelhantes.

1.1 *Trade-offs* na escolha entre produção e preservação ambiental

A avaliação da literatura que pondera a escolha entre preservar ou converter ambientes naturais é interessante, no sentido que ela, por um lado, aborda os fatores que incentivam as escolhas de alocação dos agentes, e por outro, discute a importância e impacto dos insumos na fronteira de produção. Aspectos de economia regional, como distâncias de centros de consumo e escoamento de produção, ou mesmo a relação entre o produtor com a terra e seus impactos produtivos são mensurados. Paralelamente, são discutidos impactos sociais em economias regionais e locais. Um fator mais escasso nessas pesquisas, porém, é a mensuração dos ganhos da preservação. Isso ocorre pelo fato de que apesar de uma parte do ganho de preservação poder ser diretamente avaliado em termos monetários, como, por exemplo o setor de turismo, a avaliação de ganhos de manutenção de diversidade são mais complexos e exigem técnicas específicas que nem sempre geram avaliações ótimas. Normalmente, a variável agregada para se mensurar o valor de um dado ambiente natural é a disposição a pagar para reduzir o dano ambiental, mas esta não é uma variável de fácil mensuração, sendo sujeita a extensa pesquisa no campo da economia ambiental (KOLSTAD, 2011).

Iglori (2005) aponta que determinantes da eficiência técnica na agropecuária tem forte relação com o debate sobre conservação e desenvolvimento na Amazônia. Também determina os fatores socioeconômicos e ambientais que impactam na eficiência. Para tal, utiliza-se do método de fronteiras estocásticas sobre uma função de produção Cobb-Douglas considerando, ou não, influências exógenas no modelo. As conclusões obtidas mostram a importância de variáveis ambientais (i.e., presença de rios e qualidade do solo), aglomerações populacionais, bem como evidências de retornos de escala em termos de ganho de eficiência. Destaca-se ainda uma baixa presença de *spillovers* entre municipalidades.

Andrade (2013) avaliam o custo de oportunidade da preservação ambiental na Amazônia legal. Sob a hipótese principal de que a região estaria em estágio de produção similar à da região centro-oeste na década de 70, estimam os ganhos futuros da produção agrícola na região.

Como conclusão do trabalho acima citado, aponta-se que os produtores locais esperam “um aumento de renda média, em relação à observada atualmente, entre 7,6% e 11% ao ano”, bem como argumenta-se que “para taxas de desconto a partir de 7%, a expansão da área de fronteira agrícola deixa de ser economicamente interessante” (ANDRADE, 2013). Esses resultados trazem à tona potenciais perdas de produção no caso de se limitar a expansão da fronteira agrícola, bem como mensuram incentivos necessários ao setor privado para reduzirem seu impacto ambiental. Tal análise se encaixa bem em uma análise econômica normativa, tal como é discutida por Kolstad (2011), fornecendo insumos para se desenhar políticas públicas que visem a redução da degradação ambiental.

Nota-se, porém, que o trabalho não considera possíveis ganhos de produtividade nas terras já produtivas destacando que:

“As projeções feitas são bastante conservadoras e não levam em conta possíveis ganhos de produtividade nas terras já produtivas, supondo que a renda gerada por elas seria constante. Se a possibilidade de aumento na produtividade total dos fatores fosse incorporada, o custo da preservação ambiental seria reduzido.” (ANDRADE, 2013)

Dentre as variáveis estimadas no modelo deste trabalho analisado é interessante ressaltar alguns resultados. Nota-se que, na avaliação feita de uma variável *dummy* de biomas, o bioma amazônico não demonstra efeitos significativos de aumento de produtividade, por outro lado, a avaliação de certos climas e solos forneceu avaliações significativas. Aspectos de relação de propriedade da terra forneceram resultados controversos nos modelos estimados. Isso,

conjuntamente com outros fatos abordados anteriormente, influencia o presente trabalho no sentido de incentivar o foco em variáveis climáticas e geográficas locais, colocando menos peso em aspectos como biomas, *spillovers* regionais e relações de propriedade da terra.

1.2 Avaliação da preservação ambiental e ganhos de produtividade

Paralelamente a abordagem do *trade-off* existem as pesquisas que analisam se é possível expandir níveis de produção sem alterar a dotação atual do uso de terras. Essas pesquisas no geral apontam que ganhos relativamente pequenos de produtividade em uma dada atividade geram expressivos aumentos de produção. Além disso, destacam-se pesquisas que trazem uma abordagem semelhante ao presente trabalho ao demonstrarem que restrições na expansão da fronteira agrícola podem gerar ganhos de produtividade. Os objetivos dessas análises são vários, desde a avaliação do preço da terra e potenciais impactos de inflação, até a defesa da teoria que a preservação ambiental pode gerar poucas perdas econômicas e sociais com a redução do desmatamento.

Strassburg et al. (2014) visa comprovar que as terras agrícolas atuais, com um aumento de produtividade, poderiam abastecer a crescente demanda por bens agropecuários sem a necessidade de conversão de novos ambientes naturais. Obtém-se como resultado que:

"We found that the current productivity of Brazilian cultivated pasturelands is 32–34% of its potential and that increasing productivity to 49–52% of the potential would suffice to meet demands for meat, crops, wood products and biofuels until at least 2040, without further conversion of natural ecosystems." (STRASSBURG et al., 2014)

Sua pesquisa ainda destaca que na região centro sul do país, por conta da opção de expandir a fronteira agrícola ser limitada, existe uma pressão para aumentar a produtividade de áreas de pastoreio e paralelamente restringi-las a espaços menores, liberando terra para a expansão da agricultura e plantio de florestas. Tal aspecto é uma importante conclusão em linha com os objetivos do trabalho de analisar o impacto de limitações ao acesso de terra com o aumento da produtividade geral do setor. Além disso, Strassburg et al. (2014) destaca como exemplo o caso da Moratória da Soja apontando os impactos positivos na redução do desmatamento e os ganhos de produtividade.

Paralelamente, Chagas e Toneto (2008) em um trabalho sobre potenciais impactos do aumento da produção de cana-de-açúcar sobre o preço dos alimentos destaca que:

“Um pequeno ganho de produtividade na pecuária, com redução da área de pastagens, disponibilizaria área suficiente para atender parcela significativa da demanda potencial de etanol no mundo, para adição a gasolina.” (CHAGAS E TONETO, 2008)

Esse trabalho acaba tendo o importante papel também de demonstrar que a expansão da cultura de cana-de-açúcar não geraria escassez de terras, a ponto de haver aumentos de preços que poderiam gerar inflação do preço dos alimentos. Extrapolando esses resultados para o caso da soja no Bioma amazônico poder-se-ia inferir que, em um contexto de estagnação da fronteira agrícola, um ganho de produtividade da pecuária liberaria área suficiente para a expansão da cultura da soja, de forma a não gerar um desequilíbrio na oferta de terras que poderia gerar um aumento pernicioso do preço de outras culturas.

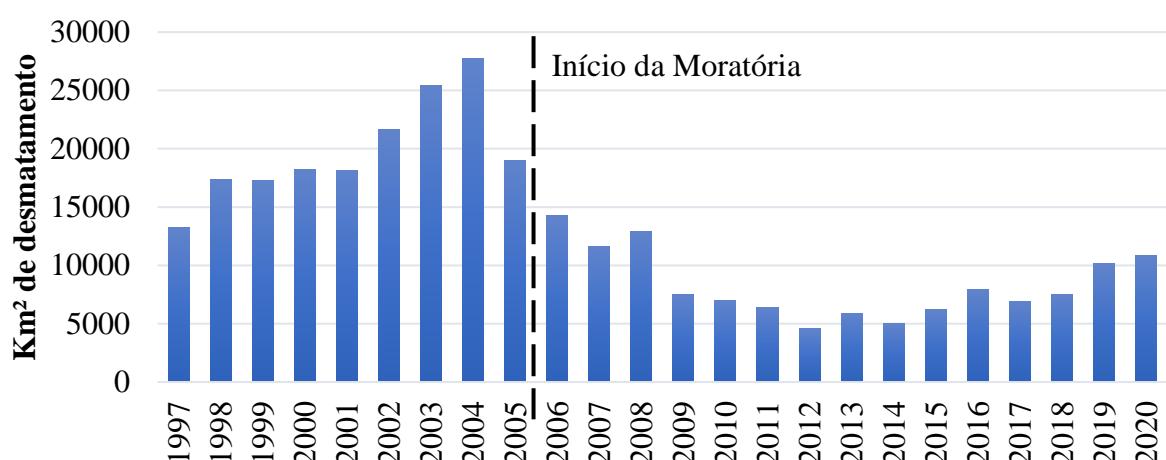
Esses trabalhos, porém, demonstram o caminho inverso do foco do presente trabalho, no sentido que demonstram que se ocorrerem ganhos de produtividade são necessárias menos terras, enquanto o trabalho atual tem a hipótese de que na limitação das terras ocorrem ganhos de produtividade. Pode-se argumentar, todavia, que os incentivos do aumento de produtividade são exemplificados no caso do centro-sul abordado no texto de Strassburg et al. (2014) no qual se discorre sobre um caminho análogo ao que se busca demonstrar no presente trabalho. Mais especificamente se discute que nessas regiões com a limitação de terras para se expandir a agricultura ocorreram fortes ganhos de produtividade. Nota-se, porém, que o caso do centro-sul é um de impossibilidade de expansão da fronteira agrícola para matas virgens, devido a seu tamanho já muito reduzido devido a maturidade da exploração. O caso da Amazônia, por outro lado, se trata de uma restrição artificial da expansão da fronteira agrícola através da Moratória da Soja. Isso abre espaço para diversos “vazamentos”, desde o desmatamento por outros produtos, até o desrespeito ao acordo da Moratória e da legislação ambiental. Tal efeito potencialmente poderia reduzir os ganhos de produtividade advindos do programa.

1.3Avaliações da efetividade da Moratória da Soja

A documentação da execução da Moratória da Soja é extensiva principalmente devido aos mecanismos inerentes da Moratória que visam garantir a auditória interna e externa do acordo. Nos 13 anos transcorridos até o momento foram desenvolvidos, todos os anos, um relatório pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais - ABIOVE, pelo Grupo de Trabalho da Soja – GTS (Grupo esse especialmente constituído para o acompanhamento do acordo da Moratória), pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e pela Agrosatélite.

Estes relatórios no geral apontam desenvolvimentos na metodologia implementada para o monitoramento da Moratória no que tange as técnicas utilizadas, e suas alterações ao longo do tempo. Além disso, é destacada a relação dos municípios monitorados, e a extensão das áreas que apresentam cultivos de soja irregular. Finalmente, nestes relatórios é comum a presença de uma relação do desmatamento anual como apresentado na Figura 2 como forma de comprovar a efetividade do programa.

**Figura 2 – Taxas consolidadas anuais de desmatamento do PRODES na Amazônia legal
(em km²)**



Fonte: elaboração própria com dados do INPE 2020

Nota-se que a **Figura 2** mostra uma expressiva redução do desmatamento a partir do momento da implementação da moratória. Porém, é importante considerar que não são consideradas outras políticas que tenham sido aplicadas simultaneamente ao programa e a pura avaliação gráfica oferece pouco rigor estatístico na avaliação da efetividade do programa.

Outro fator que pode ser observado é a tendência de aumento do desmatamento nos últimos anos, podendo indicar uma eventual saturação do programa a partir deste ponto, ou mesmo algum choque externo (ou choques externos) que venha elevando os níveis de desmatamento.

No relatório pertinente a safra 2018/19, destaca-se que o projeto já monitora 95 municípios totalizando 1.838.222 ha. Tal área abrange 98% da área cultivada com soja no Bioma Amazônico (ABIOVE, 2020). Nesse relatório ressalta-se o aumento do volume de áreas desmatadas em não concordância com a Moratória, no entanto não há um aumento das áreas com cultivo de soja nessas novas áreas desflorestadas o que indica um aumento na

conversão de matas locais para produção de outros bens agropecuários que não soja. O resultado é interessante no sentido em que, por um lado comprova a eficiência da Moratória em reduzir o desmatamento causado pela soja. Por outro lado, levanta a fragilidade de implementação de um projeto como a Moratória em apenas uma cultura, uma vez que as demais podem continuar sua expansão para a mata virgem sem temerem sanções.

Passando a revisão para trabalhos externos não realizados pelos órgãos executores da Moratória, destaca-se o trabalho da Instituto de Manejo Florestal e Agrícola (Imaflora) sobre os dez primeiros anos do programa. No mesmo, discute-se extensivamente sobre a moratória abordando a motivação para a criação do projeto que foi alicerçado por pressões da demanda Europeia, que, como foi citado anteriormente, pressionou as empresas importadoras de soja por medidas que mitigassem o desmatamento, após um relatório do Greenpeace ressaltar o impacto da soja no desmatamento no Brasil (PIATTO *et al.*,2016).

Aborda-se também no trabalho a evolução do projeto ao longo do tempo e o aumento das partes participantes. O projeto foi começado por iniciativa da Abiove e Anec e teve adesão do governo brasileiro a partir do segundo ano do projeto (2007), o que motivou a participação de outras instituições como o caso do Banco do Brasil e o *European Soy Consumer Group* representado pelo Carrefour (PIATTO *et al.*,2016).

O relatório da Imaflora destaca, ainda, as melhorias nas técnicas de monitoramento do projeto ao longo dos anos, com a substituição de sobrevoo dos polígonos de desmatamento por utilização unicamente de imagens por satélite fornecidas pelo INPE. As técnicas atuais de monitoramento dos polígonos de desmatamento são muito mais eficientes e são menos custosas que as anteriores (PIATTO *et al.*,2016).

No quesito de resultados obtidos com a moratória, a IMAFLORA demonstra a redução do desmatamento combinada com o aumento da produção de soja causada pelo programa. Argumenta-se que isso ocorre devido a expansão da soja para áreas antes utilizadas como pastos, apesar disso a queda do desmatamento ocorre paralelamente ao aumento da área plantada de soja (PIATTO *et al.*,2016).

Esse trabalho pondera ainda os benefícios da implementação da Moratória no Bioma do Cerrado, argumentando que a expansão da produção de soja nessa região gera elevada perda ambiental contribuindo para o seu status de *hotspot*. Outros trabalhos em linha com isso

apontam a possibilidade da Moratória, por se concentrar na Amazônia, empurrar a produção para o cerrado contribuindo para sua degradação (GIBBS et. al, 2015).

Uma outra preocupação quanto a eficiência do projeto é levantada por Gibbs et. al (2015), os autores destacam:

"At least 627 soy properties in Mato Grosso violated the FC and cleared forest illegally during the SoyM [Soy Moratorium] Yet only 115 properties were excluded by soy traders for SoyM violations. This discrepancy can occur because the SoyM regulates only the portion of the property where soy is grown—not the entire property." (GIBBS et. al, 2015).

Essa pontuação traz certa preocupação quanto a efetividade do projeto, devido à baixa taxa de exclusão de propriedades que desrespeitaram a Moratória. Lembrando ainda que em 2015, momento no qual se observava os dados, o projeto já se encontrava em um estado de maior maturidade. Isso pode indicar que nos anos anteriores a qualidade do monitoramento e o respeito as restrições poderiam ser ainda menores, reduzindo-se a efetividade do programa na redução do desmatamento.

Finalmente, outra ressalva que pode ser levantada é que apesar da Moratória da Soja ter reduzido o desmatamento causado por essa cultura, gerou um efeito ambiental negativo indireto. O argumento é que a produção agrícola se expandiu em terras anteriormente utilizadas para pastoreiro enquanto a produção pecuária expandiu-se para terras antes ocupadas por biomas naturais (ARIMA et al., 2011).

1.4. Trabalhos semelhantes

A fim de se encerrar a revisão bibliográfica, um último ponto que se faz necessário é a avaliação de trabalhos com aplicações metodológicas semelhantes ao presente trabalho. Com aplicação metodológica semelhante se quer dizer trabalho que utiliza o método de Diferenças em Diferenças em um contexto semelhante ao que se propõe.

Durante o levantamento bibliográfico, nenhuma pesquisa relacionada à aplicação direta do método de Diferenças em Diferenças para avaliação do programa privado da Moratória da Soja foi encontrada, de forma que nessa seção serão avaliados, principalmente, outros trabalhos que utilizaram o método de Diferenças em Diferenças para avaliação de programas relacionados, seja à agricultura e os aspectos econômicos a ela relacionados, seja a políticas voltadas ao panorama ambiental.

Consoante a essa breve explicação, nessa sessão se faz uma breve descrição do objetivo de cada uma das pesquisas selecionadas, a forma como se relacionam com presente trabalho e, além disso, faz-se uma breve análise da forma de aplicação da metodologia em cada um dos casos. No campo específico da metodologia de Diferenças em Diferenças avalia-se também a questão de como foram determinados grupos de tratamento e de controle, bem como alguns aspectos da escolha dos dados utilizados.

O primeiro trabalho estudado, dos autores Vogt e Fochezatto (2020), tem por objetivo a análise dos efeitos da produção de orgânicos na renda dos municípios brasileiros. Mais especificamente, o trabalho estima o impacto da produção orgânica na economia dos municípios brasileiros com a intenção de avaliar se os municípios que se destacam na produção orgânica apresentam efeito econômico superior de crescimento de renda em comparação a municípios que não seguiram o mesmo caminho (VOGT e FOCHEAZATTO, 2020).

No trabalho supramencionado a divisão dos municípios entre os grupos de tratamento e de controle foi realizada pela consideração da relação entre a proporção da produção orgânica comparada com a média nacional dessa proporção. Assim, municípios que estavam acima da média faziam parte do grupo de tratamento, enquanto municípios abaixo da média faziam parte do grupo de controle. Uma vez que o trabalho de Vogt e Fochezatto não avalia uma política *stricto sensu*, mas sim uma característica quantitativa da produção local e os impactos inerentes a ela, acaba por se diferenciar largamente do presente trabalho. Todavia, um destaque que se dá é a preocupação dos autores com a escolha do grupo de controle a fim de se evitar um potencial viés de seleção.

Os autores realizam um pareamento entre os municípios dos grupos em termos das suas características observáveis, definindo-os o mais parecidos possível. Em outras palavras, para que eles definissem um grupo de controle válido realizaram um pareamento tal que a hipótese da independência condicional fosse respeitada (VOGT e FOCHEAZATTO, 2020).

O segundo trabalho aqui destacado busca analisar os efeitos do microcrédito rural sobre o valor da produção agropecuária fazendo um estudo de caso específico do programa Agroamigo (GUEDES et. al. 2017). Nota-se que o escopo deste projeto muito se assemelha ao do atual trabalho, uma vez que ambos compõem a avaliação de uma hipótese de efeito de política sobre a produção agrícola avaliada através de um estudo de caso.

A implementação da análise empírica desse projeto se dá através da utilização do método de Diferenças em Diferenças com controles para efeitos fixos. A utilização do efeito fixo simplifica a análise, no sentido que torna desnecessária a incorporação de variáveis sem variabilidade ao longo do tempo como, por exemplo, estado, Bioma, tipo de solo dentre outras variáveis, apesar de variarem entre os municípios. Os autores ainda apresentam que incorporação dos efeitos fixos traz outra vantagem que é o aumento da qualidade dos resultados com uma perda menor de graus de liberdade que viria da adoção dessas múltiplas variáveis fixas, além disso os autores destacam que o uso desse método reduz o viés de seleção (GUEDES et. al. 2017).

Um último ponto deste trabalho que vale destacar é a escolha das variáveis de controle que potencialmente estão correlacionadas com a implementação do Programa e com aumento da produção agropecuária, sendo: a população rural, o porte do município, a massa salarial, os vínculos ativos, a educação utilizando-se como proxy o número de faculdades e os índices de diversificação das produções pecuária e agrícola (GUEDES et. al. 2017).

O próximo trabalho selecionado de Seixas e Jabor (2020) realiza também a análise de um programa, este com foco no impacto ambiental. O artigo tem como objetivo principal estimar os impactos do programa “Reflorestar” implementado no Espírito Santo no ano de 2014. Esse sendo um programa de pagamentos por serviços ambientais. Para estimar o efeito causal do programa, fizeram uso de uma estratégia de Diferenças em Diferenças que explora a adesão gradual do programa nos municípios (SEIXAS e JABOR, 2020). Essa abordagem é interessante no sentido que a moratória da soja, semelhantemente ao programa “Reflorestar”, teve um número de abrangência de municípios monitorados gradualmente crescente de forma que essa abordagem metodológica seria aplicável no presente caso, condicional a disponibilidade de uma série de dados temporais mais completa.

Outro ponto de destaque deste artigo dos autores é que em sua estratégia empírica é considerado o potencial viés de seleção que pode ser resultado da natureza não experimental do programa. Ou seja, o fato de os municípios não terem sido selecionados aleatoriamente para participar do programa reflorestar, tal como os municípios monitorados na moratória da soja, podem gerar potenciais vieses e resultados de estimadores não confiáveis. Para reduzir esse problema, juntamente com o viés causado pela omissão de variáveis, são incluídos os efeitos fixos e as tendências lineares que permitem controlar os efeitos de variáveis não observadas e que estejam correlacionadas com a implementação do programa e com as variáveis

dependentes. Finalmente, para controlar problemas relacionados heterocedasticidade e correlação serial, todas as estimações do trabalho dos autores utilizam desvios padrões robustos (SEIXAS e JABOR, 2020).

Bini (2017) realiza, através de dois artigos, uma análise do impacto econômico de estratégias de sustentabilidade socioambiental na agropecuária brasileira. O primeiro artigo de maior relevância para o presente estudo investigou o impacto da certificação Rede de Agricultura Sustentável – Rainforest Alliance (RAS-RA) em algumas variáveis econômicas, dentre elas a produtividade, custos, receita e margem. Esse aspecto do trabalho tem grande semelhança com o trabalho atual, por utilizar como variável explicada a produtividade e os retornos econômicos, todavia o caminho pelo qual o tratamento afeta a produtividade e o retorno são bem divergentes. O trabalho de Bini (2017) pressupõe que o padrão de certificação, por ter atividades voltadas a gestão, possa contribuir para a elevação da produtividade e ganhos de eficiência, não sendo explorados potenciais ganhos da atividade de agricultura sustentável impactar na produtividade. Como resultado deste artigo, observou-se que a certificação aumenta a produtividade, embora a diferença verificada não tenha sido estatisticamente significativa.

Avaliando o método empírico utilizado no artigo supracitado, novamente foi adotado o método de Diferenças em Diferenças com o objetivo principal de evitar vieses de autosseleção. Além disso na metodologia aplicada buscou-se determinar propriedades o mais semelhante possíveis na tendência anterior a certificação como forma de evitar demais problemas na estimiação.

Sumarizando os achados das análises dos artigos anteriores, conclui-se que, na análise empírica a ser realizada, alguns elementos, caso adotados, colaboraram para a obtenção de resultados mais confiáveis e com uma maior probabilidade de representação de um efeito real de causalidade. A primeira questão de atenção deve ser a escolha de um grupo de tratamento adequado, buscando atenuar ou eliminar quaisquer vieses de seleção que possam vir a ocorrer. O segundo ponto é a utilização de um controle de efeito fixo para simplificar e aumentar a consistência dos resultados sem ter a necessidade de considerar as múltiplas características fixas dos municípios. Terceiro ponto é a análise cuidadosa da heterocedasticidade e correlação serial do modelo que caso sejam identificados podem ser suprimidos através da utilização de desvios padrões robustos.

Capítulo 2

A fim de se avaliar o impacto do programa na produtividade agrícola serão utilizados métodos econométricos para mensuração de sua efetividade. Mais especificamente, será utilizado, como já discutido, o método de Diferenças em Diferenças para comparar dois grupos: um afetado pela Moratória e outro alheio a ela, sendo este último, o grupo de controle selecionado de forma que apresentasse características iniciais semelhantes ao grupo de tratamento observado.

O embasamento estatístico, do outro lado, será realizado utilizando dados públicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com ênfase no Censo Agropecuário de 2006-2017 e também utilizando os dados de Produto Interno Bruto municipais do IBGE a fim de se coletar o valor adicionado bruto da agropecuária. Adicionalmente, dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram incorporados à base de dados.

2.1 Dados e estatísticas descritivas

Os dados a serem utilizados, como já apontado na introdução do capítulo e em capítulos anteriores, são originários dos Censos Agropecuários publicados pelo IBGE. Os dados cobrem os anos de 2006 e 2017, uma vez que, apesar do censo ser quinquenal, a pesquisa de 2010 não foi realizada por falta de verbas. Nota-se que, como o Censo Agropecuário é restrito, os dados em painel organizados com as fontes supracitadas sendo de apenas dois anos, o que posteriormente implicará em algumas estimativas com quantidade reduzida de graus de liberdade, diminuindo a precisão da estimativa ao elevar sua variância (GUJARATI E PORTER, 2011).

Variáveis econômicas para o cálculo da produtividade são originárias dos dados do Produto Interno Bruto municipais do IBGE, os dados disponíveis estão entre os anos de 2000 e 2018, o que restringe utilização dos dados do Censo agropecuário de 1995-1996.

Variáveis de controle referentes ao clima foram obtidas através dos dados históricos de torres automáticas fornecidos pelo INMET. Devido à baixa densidade de torres meteorológicas, principalmente no período até 2006 no Norte e Centro-Oeste, foram selecionadas pelo autor as torres mais próximas de cada município de forma a se atribuir determinadas características climáticas a cada município. Como sugere o documento “*Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*”, da Organização Meteorológica Mundial (OMM), observações de uma estação meteorológica de superfície abrangem uma área representativa de até 100 km

(JARRAUD, 2008). Como a análise não é tão dependente dos microclimas e as características climáticas no geral não variam tanto em espaços curtos a utilização desses dados pode ser considerada válida. Todavia, como os municípios utilizados nas estimações são próximos reduz-se a variabilidade das amostragens, diferentes municípios apresentando na base final dados climáticos exatamente iguais.

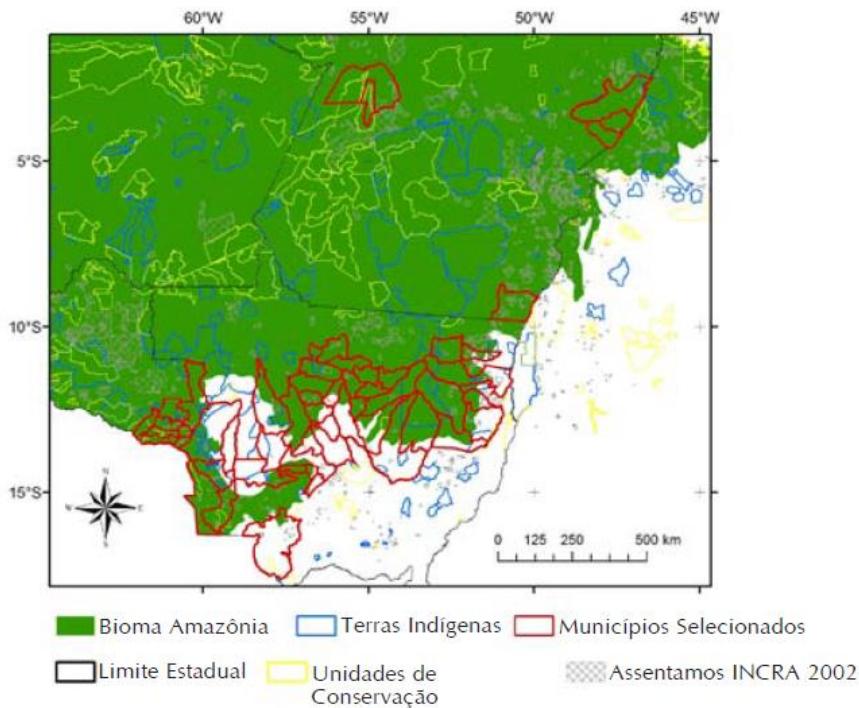
As informações sobre o programa da Moratória da Soja são, por sua vez, provenientes dos Relatórios de Mapeamento e Monitoramento da Moratória da Soja no Bioma Amazônico. A identificação do grupo de tratamento se deu pelo reconhecimento de municípios que fazem parte do monitoramento da Moratória da Soja desde 2006 e já estavam sendo monitorados desde o 2º ano de mapeamento.

A escolha do grupo de controle seguiu alguns critérios básicos, baseados nas informações disponíveis, de forma a garantir um grupo de controle e tratamento mais semelhantes, tal como realizado no trabalho de Bini (2017), discutido anteriormente. Buscaram-se municípios que apresentem uma produção de soja não insipiente, sejam das regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste e, portanto, de regiões geograficamente próximas dos municípios da moratória e em geral com uma exploração agropecuária mais recente. Além disso, foram selecionados municípios que apresentavam um nível de produtividade semelhante aos do grupo de tratamento no período pré-tratamento, o que, apesar de não ser uma exigência teórica do método de Diferenças em Diferenças, torna as análises das estatísticas descritivas mais visuais na comparação dos períodos pré-tratamento e pós-tratamento. Um critério final utilizado foi que o município não tivesse sido incluído no monitoramento da moratória entre 2008 e 2017, de forma que este não tenha passado do grupo de controle para o de tratamento ao longo do período.

Na **Figura 3** observam-se os municípios selecionados para o monitoramento da Moratória em 2009, enquanto a **Figura 4** estão os municípios selecionados em 2017. Nota-se que, inicialmente, a maior parte dos municípios se encontrava no Mato Grosso de forma que a análise será mais focada nesse Estado. Outros estados presentes desde o início do monitoramento são Pará e Rondônia. Entende-se que na análise seria interessante utilizar municípios do Bioma amazônico como grupo de controle, devido as semelhanças climáticas e de ocupação agropecuária, porém antes de 2017 grande parte dos municípios do Bioma amazônico com produção de soja foram incorporados ao monitoramento. Como fora apontado

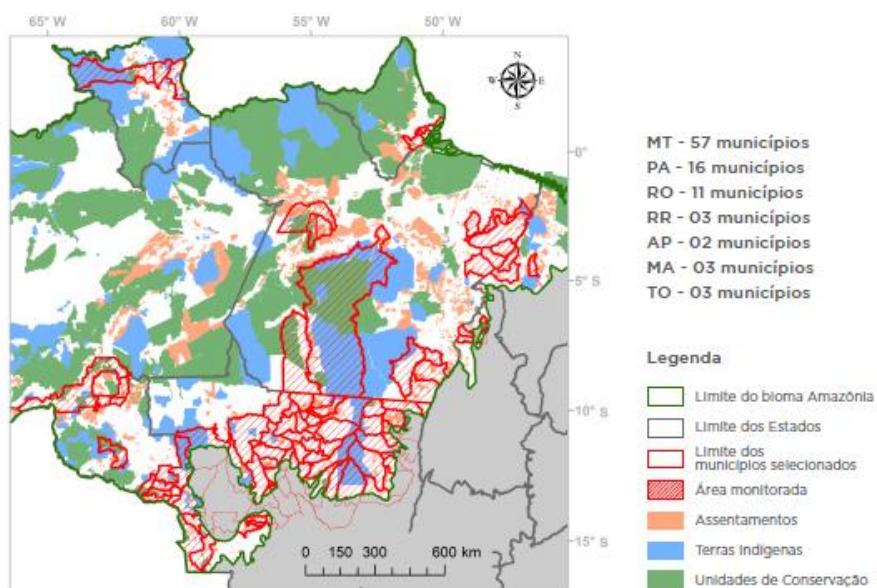
na seção 1.3 no relatório pertinente a safra 2018/19 destaca-se que já está sob monitoramento 98% da área cultivada com soja no Bioma Amazônico (ABIOVE, 2020).

Figura 3 – Mapa dos municípios monitorados no 3º ano da moratória da Soja



Fonte: ABIOVE, 2010

Figura 4 – Mapa dos municípios monitorados no 11º ano da moratória da Soja



Fonte: ABIOVE, 2020

A partir da seleção dos grupos de tratamento foram selecionadas algumas variáveis para a realização da análise estatística econômética e descritiva. A **Tabela 1** representa as variáveis principais utilizadas nos modelos:

Tabela 1 – Variáveis utilizadas nos modelos

Variável	Fonte
Valor Adicionado Bruto da Agropecuária por município	Contas Nacionais – IBGE
Área total das propriedades agropecuárias por município	Censo Agropecuário – IBGE
Municípios inclusos na moratória da Soja	Relatórios de Mapeamento e Monitoramento da Moratória da Soja no Bioma Amazônico – ABIOVE
Temperaturas máximas médias anuais por município	Torres automáticas – INMET
Temperaturas mínimas médias anuais por município	Torres automáticas – INMET
Precipitação total anual por município	Torres automáticas – INMET

Fonte: elaboração própria

A **Tabela 2** por sua vez traz algumas estatísticas descritivas da base construída, incluindo algumas variáveis adicionais, além das utilizadas no modelo. Nota-se que alguns municípios tanto do grupo de tratamento quanto de controle, não produziam soja no período inicial e em alguns outros casos a produção existente não é evidente, pois, como por vezes existe apenas um ou dois produtores no município o censo agropecuário censura os dados para preservar sua anonimidade.

Adicionalmente, principalmente em 2006, dados climáticos são restritos devido à escassez de torres automáticas no período, e mesmo assim, quando disponíveis, devem ser interpretados com cautela devido a interrupções no funcionamento das torres que trazem problemas aos dados.

Nota-se que nos dois anos analisados a produtividade foi em média 1,55, com a máxima chegando a 30,41 milhares de reais por hectare. No mais, o valor adicionado bruto teve como média o valor de 102 milhões de reais.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas dos municípios

Estatística	N	Média	Desv. Pad.	Min.	Max.
Produtividade (BRL K/ha)	178	1,55	3,71	0,01	30,41
Valor Adicionado Bruto da Agropecuária (BRL, K)	178	102.278,66	160.444,82	1.979,83	1.216.899,23
Precipitação anual municipal (mm)	177	1.044,80	747,29	0,40	2.261,40
Temperatura mínima (C°)	178	24,64	1,41	19,81	26,98
Temperatura máxima (C°)	178	25,84	1,45	21,32	28,46
Razão entre a área total de lavouras temporárias e área de criação de animais	178	1,41	3,20	21,31	19,97
Área total destinada a agropecuária (ha)	178	435.245,09	481.636,02	19.607,77	3.016.411,55
Área de lavouras temporárias (ha)	178	123.873,14	160.467,49	196,02	836.818,40
Área de lavouras temporárias criação de animais (ha)	178	286.878,60	381.461,15	9.318,83	2.228.038,15
Valor da produção de soja (BRL, K)	160	137.243,08	249.991,72	-	1.877.327,00
Área colhida de soja (ha)	159	55.954,81	87.203,46	-	572.990,00
Produtividade da soja (valor da produção de soja sobre área colhida)	178	1,90	1,27	-	4,24

Fonte: elaboração própria com dados do IBGE (2006 e 2017)

Notas:

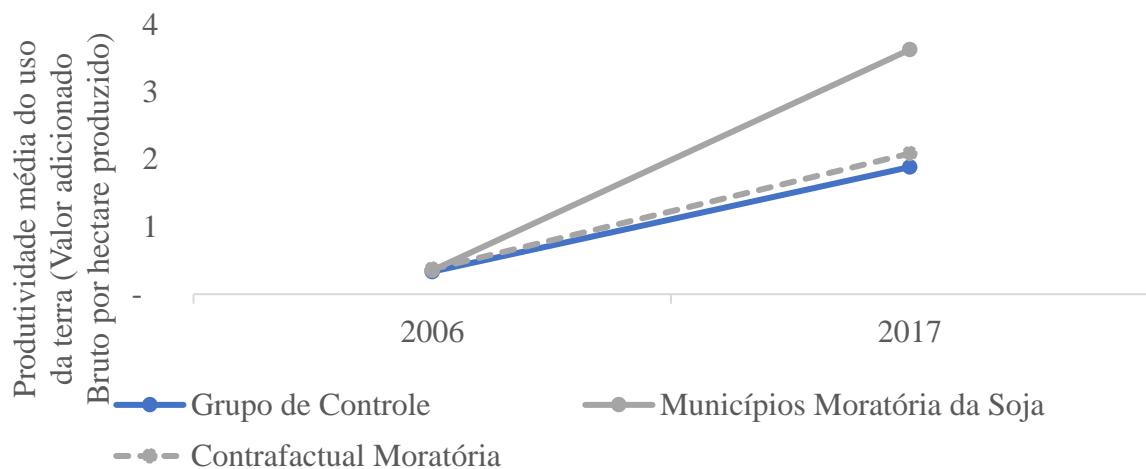
BRL – Reais brasileiros

K – Milhares

ha – Hectares

A análise inicial de algumas dessas variáveis não é conclusiva, mas sugere fortemente a existência de uma relação positiva entre o município ser parte da Moratória e um aumento na sua produtividade, como pode ser observado na **Figura 5**. Adicionalmente, na **Figura 6** observa-se um efeito semelhante, só que focado no Valor Adicionado Bruto.

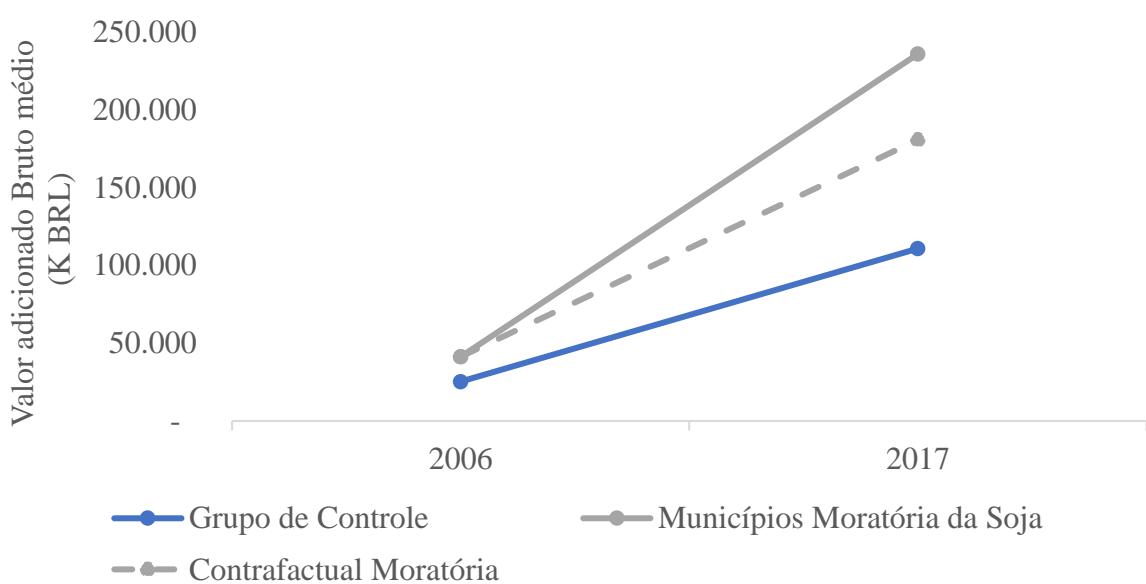
Figura 5 – Comparação da média da produtividade da terra entre os grupos de controle e de tratamento



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2006 e 2017)

*Contrafactual moratória foi construído sob a hipótese que sem o tratamento os municípios da Moratória cresceriam a uma taxa equivalente ao do grupo de controle

Figura 6- Comparação da média do Valor Adicionado Bruto dos municípios entre os grupos de controle e de tratamento



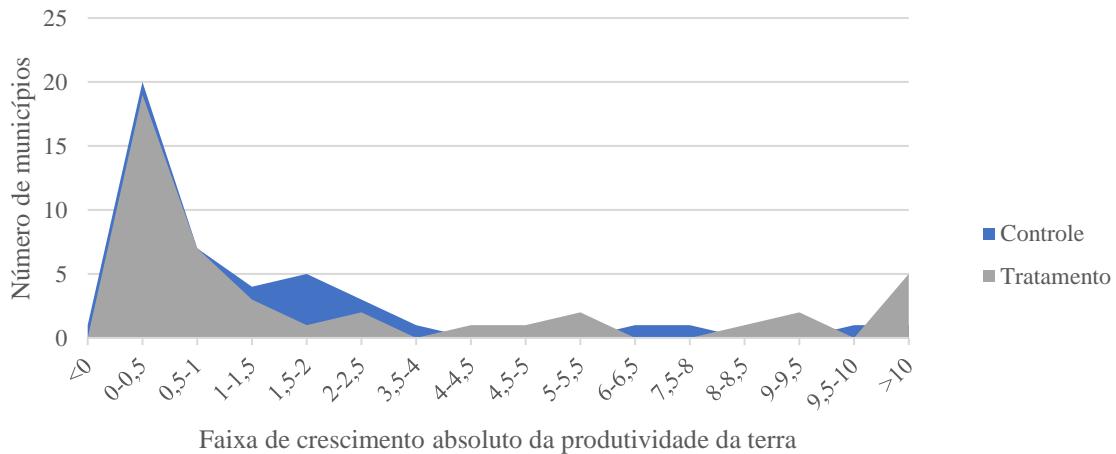
Fonte: elaboração própria com dados do IBGE (2006 e 2017)

*Contrafactual moratória foi construído sob a hipótese que sem o tratamento os municípios da Moratória cresceriam a uma taxa equivalente ao do grupo de controle

A **Figura 7** compara o crescimento em termos absolutos da produtividade entre os municípios nos grupos de controle e de tratamento entre os anos de 2006 e 2017. Nota-se que

para as faixas de crescimento menores (menor que 1,5 milhares de reais por hectare) a distribuição de ambos os grupos é semelhante, nos valores maiores, porém em geral o grupo sob a Moratória da Soja performou melhor. Pode se interpretar assim que os municípios médios tiveram desempenhos semelhantes em ambos os grupos, por outro lado, dentre os municípios que se destacaram o grupo de tratamento performou melhor que o grupo de controle. Isso pode implicar que efeitos locais ligados aos municípios apresentarão maior relevância na explicação do crescimento da produtividade do que estimadores relacionados com a moratória, uma vez que a distribuição não apresenta uma média maior por conta de os valores em geral serem maiores, mas apenas pelos extremos serem maiores.

Figura 7 – Distribuição do crescimento da produtividade em termos absolutos



Fonte: elaboração própria com dados do IBGE (2006 e 2017)

Adicionalmente na **Tabela 3** destacam-se outras variáveis referentes aos municípios selecionados que corroboram com a tese discutida no capítulo 1. Nota-se que a razão entre a área total de lavouras temporárias e área de criação de animais do grupo de tratamento cresceu mais que do grupo de controle, potencialmente indicando parte do crescimento maior de produtividade pode ter vindo de uma mudança no mix do uso de terras.

Além disso, a produtividade da soja, considerada aqui como o valor da produção de soja por hectare colhido aumentou mais no grupo de tratamento do que no grupo de controle.

Tabela 3 – Comparação das Estatísticas descritivas dos municípios selecionados

Variáveis	2006		2017		Total Geral
	Controle	Tratamento	Controle	Tratamento	
Contagem de Municípios	45	44	45	44	178
Média de Produtividade (BRL K/ha)	0,34	0,35	1,89	3,63	1,55
Média do Valor Adicionado Bruto da Agropecuária (BRL, K)	25.309,8	41.116,8	110.745, 2	233.499,4	102.278,6
Média da precipitação anual municipal (mm)	1.180,0	377,7	1.311,5	1.300,7	1.032,6
Média da temperatura mínima (C°)	22,78	24,28	24,56	25,35	22,49
Média da temperatura máxima (C°)	23,86	25,25	26,01	26,59	23,60
Média de razão entre a área total de lavouras temporárias e área de criação de animais	0,45	0,87	0,97	3,38	1,41
Média de área total destinada a agropecuária (ha)	438.474,9	578.290,6	224.466, 0	504.465,7	435.245,0
Média de área de lavouras temporárias (ha)	69.220,1	143.110,7	56.039,3	229.906,0	123.873,1
Média de área de lavouras temporárias criação de animais (ha)	344.467,9	394.707,2	161.563, 4	248.314,9	286.878,6
Média do valor da produção de soja (BRL, K)	29.632,3	47.826,7	94.671,0	347.169,3	137.243,0
Média de área colhida de soja (ha)	27.178,0	49.524,8	29.470,5	109.379,5	55.954,8
Média da Produtividade da soja (valor da produção de soja sobre área colhida) (BRL K/ha)	1,09	0,97	3,21	3,17	2,45

Fonte: elaboração própria

Notas:

BRL – Reais brasileiros

K – Milhares

ha – Hectares

Destaca-se, porém, que uma visão dessas estatísticas descritivas é majoritariamente indicativa não podendo-se comprovar a causalidade simplesmente através dos gráficos e tabelas. A análise econométrica será assim utilizada para a obtenção de resultados mais conclusivos.

2.2 Metodologia

Na discussão econômica e nas demais ciências sociais se faz essencial a questão da avaliação de programas (como é o caso da Moratória) através de uma análise estatística que consiga identificar claramente o efeito de causalidade. Na literatura que aborda esse tema o problema central existente é a avaliação do efeito da exposição de uma série de unidades (indivíduos, propriedades, municípios, etc.) a um certo tratamento em uma determinada variável, ou no desenlace representado por essa variável. Assim, um aspecto central desse tema é que uma unidade só pode ser exposta a um ou mais diferentes níveis do tratamento de cada vez, tornando impossível a comparação entre o que acontece sob o tratamento e o que aconteceria sem o tratamento para uma mesma unidade (problema fundamental da inferência causal). Dado esse aspecto, a fim de avaliar o efeito do tratamento, precisa-se comparar unidades distintas que foram expostas a diferentes níveis do tratamento (IMBENS E WOOLDRIDGE, 2009).

Os métodos de avaliação econométrica para fazer essa análise passam pelo desafio de trabalhar com dados observacionais que dificultam a aferição de efeitos causais devido à características desses dados que lhes conferem exogeneidade (IMBENS E WOOLDRIDGE, 2009). Um desses aspectos é o viés de seleção, no qual os grupos de tratamento, no contexto de um experimento natural, são selecionados para serem expostos ao tratamento não de forma aleatória, mas sim devido a alguma característica intrínseca que apresentam.

No caso da moratória da soja potenciais vieses de seleção são voltados a três características principais do programa. O primeiro é que os municípios participantes da moratória são de bioma amazônico, o que implica a predominância de certos tipos de solo e clima que podem afetar diferentemente o crescimento da produtividade (tal hipótese é considerada menos relevante pela discussão realizada na seção 1.1, onde foi discutida que variável *dummy* do bioma amazônico se mostraram pouco relevantes em trabalhos analisados apesar de variáveis de solo, por exemplo, serem relevantes). O segundo é que os municípios são voltados a produção de soja, que por ser uma cultura de produtividade mais elevada pode configurar um viés. Finalmente, o terceiro, a região amazônica é uma área de ocupação mais recente que por não ter chegado ainda a um nível de maturidade da produção pode ter um crescimento mais elevado da sua produtividade.

Diferentes métodos existem para se fazer uma avaliação econômética de um programa bem como mitigar os impactos dos vieses nas estimativas, sendo o escolhido para avaliar a

Moratória da Soja o de Diferenças em Diferenças. Esse método se pauta na presença de dados adicionais no formato de amostras compostas por unidades de controle e de tratamento em períodos anteriores e posteriores a realização do tratamento (IMBENS E WOOLDRIDGE, 2009). Imbens e Wooldridge (2009) levantam ainda uma série de trabalhos que contribuem para teoria do método. Em primeiro momento, Ashenfelter e Card (1985) fazem uma aplicação pioneira do método na econometria, ao avaliar efeitos de programas de treinamento em receitas. Complementarmente, alguns trabalhos teóricos relativamente recentes incluem Abadie (2005), que considera o caso em que as diferenças nas características observadas criam uma dinâmica em que não há tendências paralelas entre grupo de tratamento e controle; Bertrand, Duflo e Mullainathan (2004), que apontam que os erros padrões do método de Diferenças em Diferenças subestimam o desvio padrão dos estimadores; Donald e Lang (2007) que fornecem um novo método de inferência quando há um pequeno número de mudanças de política; e Athey e Tibens (2006) que sugerem uma abordagem que fornece uma estimativa de toda a distribuição contrafactual de resultados que seriam experimentados pelo grupo de tratamento na ausência do tratamento, e da mesma forma para o grupo não tratado na presença do tratamento.

No método de diferenças em diferenças, os dados utilizados são tipicamente em painel, ou seja, acompanha-se ao longo do tempo uma mesma unidade de corte transversal (no caso do presente trabalho os municípios), o que implica a existência de uma dimensão temporal e uma dimensão espacial (BATTISTI E SMOLSKI, 2019).

A forma mais simples da aplicação desse modelo, no geral utilizada quando se tem apenas duas unidades de corte transversal, uma de tratamento e outra de controle é um modelo *pooled* no qual se empilham todas as observações da base de dados de forma que a característica dos dados serem de painel é ignorada. Consequentemente, todas as observações são tratadas como não correlacionadas para os indivíduos lhes conferindo erros homoscedásticos. Trata-se, portanto, da forma mais simplista pois ao estimar a regressão pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) desconsidera as características de tempo e espaço supracitados (GUJARATI E PORTER, 2011).

Alternativamente, o modelo de regressão incorporando efeitos fixos considera, que os valores dos interceptos para cada regressão variam de acordo com o efeito de cada unidade e que os coeficientes de declividade para cada equação são os mesmos para cada município. Desta forma, o intercepto da equação é diferente para cada município, mas o efeito das variáveis independentes é o mesmo sobre a variável dependente. Isto indicaria que existem características

especiais em cada município influenciando a produtividade e sua variação, como por exemplo o tipo de solo (GUJARATI E PORTER, 2011). A avaliação com o uso de efeitos fixos permite controlar os efeitos de variáveis não observadas e que estejam correlacionadas com a implementação do programa e com as variáveis dependentes, como citado anteriormente na avaliação do trabalho de Seixas e Jabor (2020) na seção 1.4.

Feita essa discussão teórica inicial, a variação explorada para identificar a relação causal entre o município ser parte do monitoramento da moratória da soja e ocorrerem aumentos da produtividade, combina o período do início da moratória da soja (2006 sendo o acordo oficial e 2008 sendo o início do monitoramento) com a produtividade da terra observada em cada um dos municípios.

Nota-se, conforme discutido na revisão bibliográfica e na seção 2.1 que o conceito da produtividade aqui descrito se refere a produção agropecuária em termos monetários por hectare de terra destinado a produção agropecuária em um dado município. Temos assim:

$$Produtiv_{ij} = \frac{V_ad_Bruto_Agropecuaria_{K}_{ij}}{Area_tot_{ij}} \quad (1)$$

No qual $Produtiv_{ij}$ é a produtividade da terra $V_ad_Bruto_Agropecuaria_{K}_{ij}$ é o valor adicionado bruto da agropecuária e $Area_tot_{ij}$ é a área destinada a produção agropecuária, todas as variáveis consideradas por município i e por período j.

Considerando assim a variável acima definida na fórmula 1 e o formato *pooled*, mais simples, do modelo de Diferenças em Diferenças obtemos o seguinte modelo:

$$Produtiv_{ij} = \beta_0 + \beta_1 Mor_i + \beta_2 Ano + \beta_3 Mor_i * Ano + X_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Sendo que $Produtiv_{ij}$ é a produtividade da terra no município i no ano j como já descrito anteriormente; Mor_i é uma variável *Dummy* igual a 1 se a municipalidade faz parte do monitoramento da moratória; Ano é uma variável *Dummy* igual a 1 se o período é posterior a 2008 no início do monitoramento; X_i é uma matriz de controles e ε_{it} é o termo de erro. β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os parâmetros estimados.

Como supramencionado, para melhorar a qualidade do modelo e evitar vieses de variáveis omitidas adiciona-se também os efeitos fixos para os municípios. Dessa forma, retira-

se a variável Mor_i uma vez que essa variável apresentaria colinearidade com as variáveis de efeitos fixos adicionadas. Obtém-se assim o novo modelo:

$$Produtiv_{ij} = \beta_0 + \beta_1 Ano + \beta_2 Mor_i * Ano + X_i + \theta_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Sendo que θ_i é o efeito fixo das municipalidades e foi desconsiderado o efeito fixo do tempo, uma vez que como a base é limitada a dois períodos essa variável seria igual a Ano . Sob a hipótese usual que $E[\varepsilon_{it}|Ano, Mor_i * Ano] = 0$, (bem como considerando as demais hipóteses das estimações) um estimador de mínimos quadrados ordinários providencia estimadores não viesados do parâmetro de interesse β_3 .

Nota-se no modelo construído há a possibilidade de heterocedasticidade, de forma que onde ela é identificada são utilizados estimadores robustos de White, como realizado no trabalho de Seixas e Jabor (2020) discutido na seção 1.4.

Capítulo 3

A partir da discussão teórica inicial, da definição metodológica e da formulação dos modelos a serem estimados prossegue-se para estimação através de Mínimos Quadrados Ordinários. Inicia-se o capítulo com a estimação da produtividade como variável dependente, tal como fora discutido anteriormente e posteriormente como teste adicional das hipóteses levantadas realiza-se a estimação considerando o Valor Adicionado Bruto da agropecuária.

3.1 Avaliação da produtividade

A **Tabela 4** apresenta os resultados do modelo de Diferenças em Diferenças estimados, incluindo diferentes regressões que variam os métodos e controles utilizados. A primeira regressão não adiciona nenhum controle e utiliza o método *pooled* padrão discutido no capítulo anterior (equação 2). A segunda incorpora, ainda no modelo *pooled*, os seguintes controles por município: temperaturas máximas médias anuais, temperaturas máximas médias anuais e precipitação total anual. Essas variáveis incorporam aspectos climáticos que se não incluídos podem gerar exogeneidade no modelo, uma vez que, caso a variação no clima nos períodos indicados seja diferente entre os municípios de controle e tratamento pode afetar a produtividade como discutido no capítulo 1. A terceira regressão incorpora a avaliação dos dados no seu formato de painel ao adicionar o controle de efeitos fixos para municípios (equação 3). A quarta adiciona apenas os efeitos climáticos de temperatura aos efeitos fixos. Finalmente, a quinta adiciona os dados de precipitação a regressão.

Tabela 4 – Valores dos coeficientes dos modelos de diferenças em diferenças para a produtividade, 2006 -2017

Variáveis	(1)	(2)	(3) ¹	(4) ¹	(5) ¹
<i>Mor</i>	0,018	-0,551	NA	NA	NA
	(0,737)	(0,872)	NA	NA	NA
<i>Ano</i>	1,550*	2,578**	1,550**	3,221***	3,257***
	(0,733)	(0,895)	(0,472)	(0,916)	(0,937)
<i>Mor*Ano</i>	1,724	1,744	1,724	1,018	1,064
	(1,043)	(1,104)	(0,954)	(1,149)	(1,085)
<i>Efeitos fixos</i>			X	X	X
Controle Climático (temperaturas)		X		X	X
Controle Climático (Precipitação)		X			X
Observações	178	178	178	178	178
Graus de liberdade	174	170	87	85	84
R quadrado	0,13	0,15	0,64	0,67	0,67
R quadrado ajustado	0,11	0,12	0,27	0,31	0,30

Fonte: resultado das estimativas

Notas:

1 Nas equações indicadas foram utilizados erros padrões robustos de White

(i) valores entre parênteses representam os desvios-padrão

(ii) *** indica significância ao nível 0,1%

(iii) ** indica significância ao nível de 1%

(iv) * indica significância ao nível de 5%

(v) . indica significância ao nível de 10%

Em primeiro lugar é importante notar que apesar das estatísticas descritivas insinuarem potencialmente uma relação de causalidade, os resultados não são muito promissores. Observando a linha da variável *Mor*Ano* da **Tabela 4** que apresenta o coeficiente de interesse na regressão, obtiveram-se valores positivos e relativamente consistentes, o que indicaria que municípios que participaram da moratória da soja tiveram um ganho maior de produtividade do que suas contrapartes. O impacto do tratamento na média da produtividade teria sido entre 1,0 e 1,7 milhares de reais por hectare utilizado na produção agropecuária. Todavia, o valor obtido é apenas significativo na terceira regressão realizada e apenas a um nível de 10%. Nas demais regressões a variável é constantemente não significativa indicando que potencialmente não existe relação entre a participação no programa e o crescimento da produtividade, esse último sendo advindo de outras fontes. Reforça essa ideia, o fato de que nos modelos com aplicação

de efeitos fixos com a utilização dos controles climáticos é reduzida a magnitude da interação entre o programa e a produtividade, e o fator de erro aumenta.

A justificativa dos resultados obtidos pode ter diferentes fontes, conjectura-se que uma das principais seja a questão dos dados. Como abordado anteriormente, a baixa periodicidade do censo agropecuário, a limitação dos dados do valor adicionado bruto disponíveis no IBGE e a baixa densidade de torres meteorológicas contribuem para que a base tenha poucos anos e que tenha baixa variação entre os controles utilizados. O fato de um pequeno número de municípios estarem inclusos no monitoramento da Moratória da Soja dificulta o uso de mais controles, ou métodos mais complexos devido ao pequeno número de graus de liberdade.

Uma forma potencial de corrigir esse problema seria buscar fontes alternativas para os dados utilizados, ou mesmo calcular algumas variáveis por conta. Por exemplo, realizar o cálculo do Valor Adicionado Bruto da agropecuária pré 2000, permitindo o uso dos dados do Censo Agropecuário de 1997. Porém, devido a restrições de tempo essas estratégias não foram adotadas. Além disso, outra forma de expandir a base de dados mesmo com as limitações do total de municípios inclusos na moratória seria expandir a granularidade da pesquisa, passando a analisar as unidades a nível de propriedade, por exemplo. Isso aumentaria o tamanho da amostra, mas nota-se que também criaria maiores dificuldades para obtenção de dados.

Alternativamente hipótese de dados limitados, os resultados podem estar corretos no sentido de a inclusão de um município na Moratória não implicar um aumento da sua produtividade. As razões disso podendo ser, os problemas da moratória destacados na seção 1.3: o “vazamento” do desmatamento para outros biomas não monitoráveis como o Cerrado, a realização do desmatamento para o plantio de outras culturas, uma vez que estas não são monitoradas, ou ainda a identificação por parte dos produtores de mecanismos para burlar a moratória.

Além disso, corrobora com a potencial não causalidade da moratória a não ponderação, ou inclusão no modelo de programas públicos, ou privados que possam ter influência nos municípios relacionados, tanto de tratamento quanto de controle, afetando aspectos de produção e mesmo de preservação ambiental. Essa não consideração de outros programas leva à violação da hipótese de média condicional do erro igual a zero, uma vez que caso esses programas impactem no desmatamento seriam eles também responsáveis pelo aumento da produtividade na linha do que foi apresentado nos capítulos anteriores.

A avaliação direta do impacto da redução do desmatamento dos municípios poderia assim ser mais eficaz para fazer a avaliação do aumento da produtividade do que utilizar o programa como principal variável explicativa. Dados de desmatamento, porém são muito mais completos para a região amazônica tornando mais complexa a comparação de municípios do bioma com outros externos a ele.

Futuros trabalhos que aprofundem o tema, a fim de evitarem recair no problema acima descrito, poderiam incorporar à suas análises a ponderação desses outros programas. Sambuichi et. al. (2012) realizaram a listagem das principais ações de sustentabilidade, incluindo: o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, o Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica, o Pronaf, o Programa federal de Apoio a Regularização Ambiental de Imóveis Rurais e a obrigatoriedade do Cadastro Ambiental Rural. Existem ainda iniciativas no setor bancário que desde 2005, passou a adotar Protocolos Verde Voluntários e ainda orientações do próprio Banco Central sobre sustentabilidade (BINI, 2017). Outras ações sustentáveis incluem ainda as Normas Voluntárias de Certificação (POTTS, 2014), a Moratória do Boi e o estímulo a adoção de práticas como o Manejo integrado de Pragas.

A avaliação dessas políticas com base no seu impacto no incentivo ao não desmatamento, ou preservação ambiental de forma mais ampla e seus potenciais impactos na realocação de terra entre diferentes produções pode levar a diferentes formas de incorporação desses programas em um novo trabalho. Poder-se-ia realizar um estudo separado, avaliando, de forma semelhante ao presente trabalho, o impacto de cada um desses programas na produtividade agrícola. Alternativamente, esses programas poderiam ser utilizados como controles garantindo uma avaliação mais pura da causalidade entre a moratória e a produtividade. A forma mais interessante de se realizar a avaliação, porém, considerando que o objetivo macro do trabalho não é identificar o impacto da Moratória da Soja puramente, mas sim os impactos do resultado da moratória da soja (a redução do desmatamento e a limitação da fronteira agrícola) na produtividade, seria através da composição dessas políticas ambientais em um modelo considerando seus resultados na preservação ambiental e observando como esses impactam a produtividade média dos municípios ou regiões afetadas.

3.2 Avaliação do valor adicionado bruto

Buscando aprofundar a análise estatística, considerou-se como variável dependente o Valor Adicionado Bruto municipal ao invés da produtividade da terra, permitindo avaliar se a

participação na moratória da soja ao invés de ter algum impacto na produtividade apresenta impactos na produção do município como um todo.

Pela **Tabela 5** observamos que para essa variável dependente a variável de interesse *Mor*Ano* apresenta estimadores significativos em todos os modelos estimados de forma que podemos inferir que o efeito da moratória nos municípios que nela participaram é em média entre 106 milhões e 127 milhões de reais de valor adicionado bruto.

Tabela 5 – Valores dos coeficientes dos modelos de Diferenças em Diferenças para a Valor Adicionado Bruto, 2006 -2017

Variáveis	(1)	(2)	(3) ¹	(4) ¹	(5)
<i>Mor</i>	15807	-488	NA	NA	NA
	(29594)	(35003)	NA	NA	NA
<i>Ano</i>	85435**	102727**	85435***	115067***	117630***
	(29427)	(35315)	(14809)	(27397)	(32564)
<i>Mor*Ano</i>	106947*	107488*	106947**	116713**	127925***
	(41852)	(44841)	(33583)	(40525)	(37444)
<i>Efeitos fixos</i>			X	X	X
Controle Climático (temperaturas)		X		X	X
Controle Climático (Precipitação)		X			X
Observações	178	178	178	178	178
Graus de liberdade	174	171	87	85	84
R quadrado	0,26	0,26	0,76	0,77	0,77
R quadrado ajustado	0,24	0,24	0,52	0,53	0,53

Fonte: Resultado das estimações

Notas:

1 Nas equações indicadas foram utilizados erros padrões robustos de White

(i) valores entre parênteses representam os desvios-padrão

(ii) *** indica significância ao nível 0,1%

(iii) ** indica significância ao nível de 1%

(iv) * indica significância ao nível de 5%

(v) . indica significância ao nível de 10%

O motivo de tais resultados diferentes dos que foram observados para as regressões com a produtividade pode ter relação com a variável de área destinada a agropecuária, componente do cálculo da produtividade. Nota-se que entre os dois censos agropecuários analisados houve em média uma redução da área total utilizada para a agropecuária nos municípios selecionados (**Tabela 3**), os motivos para tal redução não tendo sido identificados na revisão bibliográfica

nem nas notas metodológicas do censo. Esse movimento pode ser considerado contraintuitivo visto a expansão constante da fronteira agrícola, o aumento do desmatamento (**Figura 2**), bem como a ausência de evidências que a produtividade tenha crescido a ponto suficiente de reduzir a área explorada simultaneamente ao aumento do produto.

Esse resultado sugere assim a Moratória colaborar positivamente com a produção. Porém, apenas olhando a produção não podem ser inferidos efeitos na produtividade por se ignorar o aspecto importante da extensão das terras exploradas. Outras ressalvas levantadas nas seções anteriores, como o baixo número de graus de liberdade, as limitações nos controles e os problemas intrínsecos a Moratória, continuam também a valer aqui, levantando dúvidas sobre a confiabilidade dos resultados.

Assim os resultados obtidos nessa seção trazem uma diferente perspectiva, mas não se altera fundamentalmente a análise realizada na seção anterior. No mesmo sentido, algumas análises adicionais são realizadas nos apêndices, sendo que o primeiro analisa o impacto da Moratória diretamente na produtividade da soja e o segundo divide o impacto da Moratória na produtividade em duas etapas.

Conclusão

O presente trabalho traz uma discussão sobre um potencial impacto da redução do desmatamento levar ao aumento da produtividade do município através de uma mudança no mix do uso de terras entre lavouras temporárias e pastagens, realizando um estudo de caso da Moratória da Soja. A revisão bibliográfica sugere em alguns pontos que, realmente, reduções na expansão da fronteira agrícola podem gerar ganhos de produtividade e que ganhos de produtividade permitem suprir a demanda de bens agropecuários sem a necessidade de terras adicionais. Por outro lado, levanta-se que a Moratória da Soja apresenta alguns problemas de externalidades negativas para outros biomas, ou mesmo são realizadas ações que burlam a moratória de forma que podem reduzir o impacto do programa no desmatamento e consequentemente na limitação da expansão da fronteira agrícola.

Além disso, na análise econométrica realizada, em geral, não foram obtidos resultados significativos de forma que potencialmente não há impacto direto da participação da moratória no nível de produtividade do município. Todavia, nota-se que como as amostras eram pequenas, alguns dados eram pouco específicos, assim como foram utilizados poucos controles de forma que foram obtidos resultados que podem ser considerados pouco conclusivos.

Para futuras pesquisas recomenda-se a utilização de uma base de dados mais completa que incorpore mais anos a análise ou aumente a granularidade das unidades analisadas, bem como que sejam utilizados mais controles como, por exemplo, outras políticas e programas que afetem o desmatamento e outras variáveis que afetem a produtividade. Além disso, a busca por controles mais confiáveis e mesmo mais controles climáticos e geográficos podem ser uma importante adição para o modelo. Alternativamente a uma maior base de dados, podem ser utilizados outros métodos econôméticos que acomodem melhor uma quantidade reduzida de graus de liberdade.

Bibliografia

- ABADIE, A. **Semiparametric Difference-in-Differences Estimators.** Review of Economic Studies, 72(1), 1-19. 2005.
- ABIOVE, Associação Brasileira das indústrias de Óleos Vegetais. **Soy Moratorium -crop year 2008/09: Monitoring Non-Compliant Soy Plantations Using Satellite Images.** 2010.
- ABIOVE, Associação Brasileira das indústrias de Óleos Vegetais. **Soy Moratorium -crop year 2018/19: Monitoring Non-Compliant Soy Plantations Using Satellite Images.** 2020.
- ALBUQUERQUE, I. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do clima do Brasil 1970-2019.** 2020.
- AMAZÔNIA Guarda 30% do Carbono Florestal do mundo. **O Globo.** São Paulo, 06 de agosto de 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/amazonia-guarda-30-do-carbono-florestal-do-mundo-4135892>>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- ANDRADE, L. C. **Custo de oportunidade da preservação ambiental: o caso da Amazônia Legal brasileira.** 2013. Disponível em: <<https://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/iii-premio/monografias-iii-premio/profissional-3/642-profissionais-33-monografia-1/file>> Acesso em: 24 jul. 2021.
- ARIMA, E. Y., RICHARDS, P., WALKER, R., & CALDAS, M. M. **Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon.** Environmental Research Letters, 6(2), 024010. 2011.
- ASHENFELTER, O., D. Card. **Using the Longitudinal Structure of Earnings to Estimate the Effect of Training Programs.** Review of Economics and Statistics, 67, 648-660. 1985.
- ATHEY, S., E G. IMBENS. **Identification and Inference in Nonlinear Difference-In-Differences Models.** Econometrica, 74(2). 2006.
- BATTISTI, I. D. E., SMOLSKI, F. M. S. **Software R: curso avançado.** Brasil. Extensão UFFS Cerro Largo. 2019. Disponível em: <https://smolski.github.io/livroavancado/index.html>. Acesso em: 04 nov. 2021.
- BERTRAND, M., E. DUFLÓ, and S. MULLAINATHAN. **How Much Should We Trust Differences-in-Differences Estimates?** Quarterly Journal of Economics, Vol 119(1), 249-275. 2004.
- BINI, D. A. **A dimensão econômica da sustentabilidade socioambiental na agropecuária brasileira.** 2017.
- CHAGAS, A. L. S., E TONETO JUNIOR, R. **Teremos que trocar energia por comida? Análise do impacto da expansão da produção de cana-de-açúcar sobre o preço da terra e dos alimentos (No. 1349-2016-107098).** 2008.
- DONALD, S. and K. LANG. **Inference with Difference in Differences and Other Panel Data.** forthcoming, Review of Economics and Statistics, Vol. 89(2): 221-233. 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of world forests: forests, biodiversity and people.** Roma. 2020.

GIBBS, H. K., RAUSH, L., MUNGER, J., SCHELLY, I., Morton, D. C., NOOJIPADY, P., WALKER, N. F. et al. **Brazil's soy moratorium.** Science, 347(6220), 377-378. 2015.

GUEDES, I. A. et al. **Efeitos do microcrédito rural sobre a produção agropecuária: evidências do programa agroamigo.** 2017.

GUJARATI, Damodar N., e Down C. PORTER. **Econometria básica.** 5a ed. New York: Mc Graw Hill. 2011.

IGLIORI, D. C. **Determinants of technical efficiency in agriculture and cattle ranching: A spatial analysis for the Brazilian Amazon.** *University of Cambridge Land Economy Working Paper*, (09.2005). 2005.

IGLIORI, D. C. **Economia espacial do desenvolvimento e da conservação ambiental: uma análise sobre o uso da terra na Amazônia.** Ciência e Cultura, 58(1), 29-33. 2006.

IMBENS, Guido W. and Jeffrey M. WOOLDRIDGE. **Recent developments in the econometrics of program evaluation.** Journal of Economic Literature 47, no. 1: 5-86. 2009.

JARRAUD, M. **Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO-No. 8).** World Meteorological Organisation: Geneva, Switzerland, v. 29, 2008.

KOLSTAD, C. D. **Environmental Economics (second edition).** Oxford University Press: New York, Oxford. 2011.

PIATTO, M., de Suza, I., COUTO, M., E de FARIA, V. G. **10-Years of Soy Moratorium in the Amazon: History, impacts and expansion into Cerrado areas.** Piracicaba, SP: Imaflora. 2016.

POTTS, Jason et al. **The state of sustainability initiatives review. Standards and the Green Economy,** 2014.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa et al. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios.** Texto para Discussão, 2012.

SEIXAS, R., & JABOR, P. **Avaliando impactos econômicos do programa “Reflorestar” de pagamentos por serviços ambientais.** 2020.

STRASSBURG, B. B., LATAWIEC, A. E., BARIONI, L. G., NOBRE, C. A., DA SILVA, V. P., VALENTIM, J. F., ASSAD, E. D. et. al. **When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil.** Global Environmental Change, 28, 84-97. 2014.

VOGT, C., & FOCHEZATTO, A. **Os efeitos da produção de orgânicos na renda dos municípios brasileiros.** Brasil. Anais do 48º Encontro Nacional de Economia. 2020.

Apêndice 1: Avaliação da razão de terras de lavoura temporária contra criação de animais

Uma forma alternativa de se avaliar a Moratória da Soja sob as hipóteses que foram levantadas no capítulo de revisão de literatura, é fazendo uma divisão da análise em duas etapas. Na primeira o que ocorre é a busca da identificação de causalidade entre o programa e a mudança no mix do uso de terra esperando-se, nos municípios afetados pela moratória, a visualização de um aumento das terras destinadas a lavouras permanentes, por conta do que foi discutido até então. A segunda parte tem por objetivo entender como a mudança do mix das terras afeta a produtividade. Dessa forma busca-se indiretamente demonstrar o efeito da moratória na produtividade.

Assim, outras duas estimativas que podem ser realizadas são a avaliação do impacto da moratória na razão entre o uso das terras para lavouras temporárias e para criação de animais e posteriormente buscar avaliar o impacto dessa razão na produtividade. Isso uma vez que a hipótese central do trabalho, era que o impacto da moratória ocorreria indiretamente na produtividade ao alterar o mix do uso de terras.

Esboçando uma metodologia simples, a primeira regressão manteria o modelo de Diferenças em Diferenças até então discutido, alterando-se a variável explicada pela razão entre o uso das terras para lavouras temporárias e para criação de animais. A segunda regressão seria realizada diretamente entre a produtividade e a razão do uso das terras como representado na equação 4.

A **Tabela 6** apresenta os resultados da regressão seguindo a mesma metodologia e usando os mesmos controles que o modelo utilizado para a produtividade. Percebe-se que os efeitos são significativos de forma que se infere que em média os municípios por conta da moratória têm uma razão entre 1,15 a 1,98 maior. Isso sugere que a hipótese de que a moratória geraria uma mudança no mix do uso das terras aumentando a proporção de terras para lavouras temporárias esteja correta.

Tabela 6 – Valores dos coeficientes dos modelos de Diferenças em Diferenças para a razão entre terras de lavoura temporária e terras destinadas a criação de animais, 2006 – 2017

Variáveis	(1)	(2)	(3) ¹	(4) ¹	(5) ¹
<i>Mor</i>	0,416	0,217	NA	NA	NA
	(0,637)	(0,744)	NA	NA	NA
<i>Ano</i>	0,521	1,108	0,521***	0,945**	0,920**
	(0,634)	(0,776)	(0,191)	(0,316)	(0,314)
<i>Mor*Ano</i>	1,984*	1,870·	1,984**	1,374·	1,159·
	(0,902)	(0,953)	(0,726)	(0,706)	(0,651)
<i>Efeitos fixos</i>			X	X	X
Controle Climático (temperaturas)		X		X	X
Controle Climático (Precipitação)		X			X
Observações	178	178	178	178	178
Graus de liberdade	174	171	87	85	84
R quadrado	0,12	0,14	0,72	0,73	0,73
R quadrado ajustado	0,11	0,10	0,43	0,44	0,44

Fonte: Resultado das estimativas

Notas:

1 Nas equações indicadas foram utilizados erros padrões robustos de White

(i) valores entre parênteses representam os desvios-padrão

(ii) *** indica significância ao nível 0,1%

(iii) ** indica significância ao nível de 1%

(iv) * indica significância ao nível de 5%

(v) · indica significância ao nível de 10%

Resta assim conferir o impacto da razão na produtividade, utiliza-se o modelo descrito abaixo que controla por variações temporárias e considera os efeitos fixos dos municípios sendo a variável dependente a produtividade:

$$Produtiv_{ij} = \beta_0 + \beta_1 Rat_area_lavtemp_animais_i + \beta_2 Ano + \theta_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Nota-se pela **Tabela 7** que os valores são fortemente significativos de forma que se pode inferir que um aumento de uma unidade na razão entre a área destinada a lavoura temporária sobre a área destinada para a criação de animais implica um aumento entre 0,922 e 1,039 milhares de reais por hectare.

Tabela 7 – Valores dos coeficientes dos modelos para a relação entre produtividade e razão entre terras de lavoura temporária e terras destinadas a criação de animais, 2006 – 2017

Variáveis	(1)	(2)	(3)
<i>Rat_area_lavtemp_animais</i>	0,922 ***	1,039 ***	0,936 ***
	(0,053)	(0,090)	(0,094)
Efeitos fixos		X	X
<i>Dummy ano</i>			X
Observações	178	178	
Graus de liberdade	176	88	
R quadrado	0,63	0,80	0,80
R quadrado ajustado	0,63	0,61	0,61

Fonte: Resultado das estimativas

Notas:

1 Nas equações indicadas foram utilizados erros padrões robustos de White

(i) valores entre parênteses representam os desvios-padrão

(ii) *** indica significância ao nível 0,1%

(iii) ** indica significância ao nível de 1%

(iv) * indica significância ao nível de 5%

(v) · indica significância ao nível de 10%

Dessa forma, pode-se apontar, com base nas tabelas **Tabela 6** e **Tabela 7** que a Moratória da Soja leva a uma mudança no mix de terras, com um aumento da área utilizada para lavouras temporárias e que essa mudança, por sua vez, acarreta em aumentos de produtividade nos municípios.

Apêndice 2: Avaliação da produtividade da soja

Outra estimação alternativa é a realização das regressões considerando como variável dependente a produtividade da soja, ponto focal da Moratória. Como havia sido discutido nos capítulos anteriores espera-se que ocorra um aumento maior da produtividade em municípios afetados pela moratória devido a um aumento da escassez de terra.

Pela **Tabela 8** observamos que para essa variável dependente a variável de interesse *Mor*Ano* apresenta estimadores significativos em todos os modelos estimados, de forma que podemos inferir que o efeito da moratória nos municípios que nela participaram é em média entre 0,45 e 0,54 milhares de reais por hectare de produtividade na produção da soja.

Tabela 8 – Valores dos coeficientes dos modelos de Diferenças em Diferenças para a Produtividade da Soja, 2006 - 2017

Variáveis	(1)	(2)	(3) ¹	(4) ¹	(5) ¹
<i>Mor</i>	-0,003 (0,163)	0,136 (0,192)	NA	NA	NA
			NA	NA	NA
<i>Ano</i>	1,762*** (0,163)	1,524*** (0,193)	1,762*** (0,184)	1,576*** (0,283)	1,581*** (0,289)
<i>Mor*Ano</i>	0,456 · (0,231)	0,515* (0,246)	0,456* (0,209)	0,527* (0,211)	0,545* (0,208)
<i>Efeitos fixos</i>			X	X	X
Controle Climático (temperaturas)		X		X	X
Controle Climático (Precipitação)		X			X
Observações	178	178	178	178	178
Graus de liberdade	174	171	87	85	84
R quadrado	0,63	0,64	0,84	0,85	0,85
R quadrado ajustado	0,62	0,63	0,69	0,69	0,68

Fonte: Resultado das estimativas

Notas:

1 Nas equações indicadas foram utilizados erros padrões robustos de White

(i) valores entre parênteses representam os desvios-padrão

(ii) *** indica significância ao nível 0,1%

(iii) ** indica significância ao nível de 1%

(iv) * indica significância ao nível de 5%

(v) . indica significância ao nível de 10%

Tal resultado é interessante e levanta a possibilidade, mais uma vez, da moratória acarretar em ganhos de produtividade. Porém, nota-se que pelo número limitado de controles pode-se questionar a validade do efeito observado. Além disso, como havia sido discutido anteriormente existe um potencial viés de seleção de amostragem devido as características dos municípios da moratória que podem levar a magnitude dos estimadores não ser realista.