

ATTAWAN GUERINO LOCATEL SUELA

**EFEITOS AMBIENTAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ABC NO
MATOPIBA: UMA ABORDAGEM POR INSUMO-PRODUTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada para a obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S944e
2019

Suela, Attawan Guerino Locatel, 1991-
Efeitos ambientais da implementação do Plano ABC no
MATOPIBA : uma abordagem por insumo-produto / Attawan
Guerino Locatel Suela. – Viçosa, MG, 2019.
vi, 70 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Dênis Antônio da Cunha.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 67-70.

1. Relações intersetoriais - MATOPIBA (Brasil). 2. Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Brasil). 3. Redução de gases de efeito estufa - MATOPIBA (Brasil). 4. Sustentabilidade.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia Rural. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada.
II. Título.

CDD 22. ed. 339.230981


ATTAWAN GUERINO LOCATEL SUELA

**EFEITOS AMBIENTAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO ABC NO
MATOPIBA: UMA ABORDAGEM POR INSUMO-PRODUTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
viçosa, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Economia Aplicada para a
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de julho de 2019.


Attawan Guerino Locatel Suela
Autor


Denis Antônio da Cunha
Orientador

Nunca desista, você pode estar sendo exemplo para outra pessoa. Dedico aos pequenos, Diogo, Rayne, Maria Clara, Lavignia, Maria Júlia (MaJú) e ao meu afilhado Pedro.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para chegar até o fim.

À minha mãe, pelo apoio e conselhos motivadores, pelo amor incondicional, pela presença constante e pelo seu beijo confortador.

Ao meu irmão Gabriel, por aguentar minhas chatices.

Ao Professor/Orientador Dênis Antônio da Cunha, pela oportunidade e orientação que me ajudaram a permanecer estudando. Ao Marcos Spínola Nazareth, pelo tempo, paciência e orientação que foram primordiais na construção deste trabalho. Muito Obrigado!

À minha namorada Lívia, por suportar minhas reclamações e por me apoiar em todos os meus planos. Muito obrigado por sempre estar comigo.

Aos meus amigos, que de várias maneiras me ajudaram nessa trajetória, com conselhos e apoio constante.

Ao 1721, minha inesquecível casa, local onde eu aprendi a dar valor ao que tenho e ao que posso conquistar com esforço, humildade e honra. Muito obrigado.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de desfrutar de todos os seus benefícios.

Ao Departamento de Economia Rural por ter me proporcionado tanto conhecimento.

Aos professores que aceitaram participar da avaliação do projeto e da banca de defesa da dissertação, muito obrigado pelas contribuições

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo importante apoio financeiro que recebi durante os anos de estudo.

RESUMO

Suela, Attawan Guerino Locatel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Efeitos ambientais da implementação do Plano ABC no MATOPIBA: uma abordagem por Insumo-Produto.** Orientador: Dênis Antônia da Cunha. Coorientador: Marcos Spínola Nazareth.

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar os efeitos setoriais e intersetoriais, em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE), da implementação do Plano ABC na região do MATOPIBA. Metodologicamente, foi estruturado e operacionalizado um modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido, com foco explícito no MATOPIBA e que permitiu considerar os impactos nas demais regiões do país. Foram desenvolvidos três cenários caracterizados com diferentes níveis de emissões de GEE resultantes da implementação (ou não) do Plano ABC no MATOPIBA. De modo geral, os resultados obtidos revelam a importância que as ações do Plano ABC tiveram para o MATOPIBA e, ao mesmo tempo, demonstram os impactos positivos que metas ambiciosas de redução de emissões poderiam vir a ter caso fossem consideradas nos planos brasileiros de mitigação voltados para a agropecuária. Considerando as emissões oriundas do setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU), conclui-se que os setores-chave para o controle das emissões de GEE na região do MATOPIBA são Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Pecuária, Energia Elétrica, Produção Florestal e Administração Pública. A partir dessas informações, é razoável afirmar que as ações pró-ambientais decorrentes do Plano ABC, ou outro plano de mitigação que possa vir a ser implementado futuramente, serão mais eficientes se forem direcionadas a esses setores específicos. Por fim, ressalta-se que a principal contribuição deste trabalho consiste em fornecer aos formuladores de política informações para a tomada de decisão quanto à melhor estratégia, do ponto de vista ambiental, em relação ao controle de emissões, tanto a nível nacional quanto regional. Uma vez apresentada a importância do Plano ABC, incentiva-se a possível extensão de sua duração e estratégias ainda mais ambiciosas de redução de emissões. Sugere-se fomentar política de informação, garantindo que o programa tenha maior alcance entre os agricultores ou que sejam viabilizados novos mercados e valorização dos produtos oriundos de atividades que utilizarem as ações contidas no Plano ABC como técnica produtiva.

ABSTRACT

SUELA, Attawan Guerino Locatel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Environmental effects of the implementation of the ABC Plan in MATOPIBA: an input-output approach.** Adviser: Dênis Antônio da Cunha. Co-adviser: Marcos Spínola Nazareth.

The general objective of this research was to identify the sectoral and intersectoral effects, in terms of greenhouse gas (GHG) emissions, of the implementation of the ABC Plan in the MATOPIBA region. Methodologically, an Inter-Regional Hybrid Input-Output model was structured and operationalized, with an explicit focus on MATOPIBA, which allowed considering the impacts in other regions of the country. Three scenarios were developed with different levels of GHG emissions resulting from the implementation (or not) of the ABC Plan in MATOPIBA. Overall, the results show the importance of the actions of the ABC Plan to MATOPIBA and, at the same time, demonstrate the positive impacts that ambitious emission reduction targets could have if they were considered in the Brazilian mitigation plans for agriculture. Considering the emissions from the Agriculture, Forestry and Other Uses of the Land (AFOLU) sector, it is concluded that the key sectors for the control of GHG emissions in the MATOPIBA region are Sugar Refining and Beverage and Tobacco Production, Livestock, Electric Power, Forest Production and Public Administration. From this information, it is reasonable to say that the pro-environmental actions resulting from the ABC Plan, or other mitigation plan that may be implemented in the future, will be more efficient if they are targeted at these specific sectors. Finally, the main contribution of this work is to provide policymakers with information for decision-making on the best environmental strategy in relation to emissions control at both national and regional levels. Once the importance of the ABC Plan is presented, it is encouraged the possible extension of its duration and even more ambitious emission reduction strategies. It is suggested to promote information policy, ensuring that the program has a greater reach among farmers or that new markets are made available and the valuation of products from activities that use the actions contained in the ABC Plan as a productive technique.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Problema e sua importância	4
1.3 Objetivos	4
2 Panorama das emissões do setor AFOLU no Brasil e no MATOPIBA e o Plano ABC. 6	6
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
4 METODOLOGIA.....	14
4.1 Modelo de Insumo-Produto	14
4.2 Modelo de Insumo-Produto Inter-regional	17
4.3 Modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido.....	18
4.4 Análise estrutural da economia.....	23
4.4.1 Setores-chave	23
4.5 Total de emissões e intensidade de CO ₂	27
4.6 Base de dados.....	27
4.7. Cenários	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Intensidade de emissões de CO ₂ gerada pela economia brasileira	32
5.1.1 Efeitos diretos e indiretos nas emissões através do aumento na demanda final	32
5.1.2 Efeitos diretos e indiretos nas emissões a partir do aumento na demanda final, uma análise através de cenários alternativos.	39
5.1.2.1 Cenários 2 e 3: análise dos Efeitos Totais – MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).....	40
5.1.2.2 Cenários 2 e 3, mensuração dos Efeitos Diretos e Indiretos – MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).	43
5.2 Elasticidades de emissões inter-regionais e identificação dos setores-chave	47
5.2.1 Mensuração dos Impactos Totais e Distributivos e identificação dos Setores-Chave nos Cenários 1, 2 e 3 – MATOPIBA.	47
5.2.2 Impactos Totais e Distributivos e identificação dos Setores-Chave nos Cenários 1, 2 e 3 – Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste)	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
7 REFERÊNCIA.....	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O setor agropecuário brasileiro é reconhecido como um dos mais importantes do mundo. Seu desempenho, sobretudo nas últimas quatro décadas, tem sido caracterizado pelo crescimento contínuo da produção, das exportações e do valor agregado. Entre as razões do sucesso destaca-se o progresso científico e tecnológico, com ênfase para o desenvolvimento de novas cultivares e variedades mais produtivas e resistentes a condições ambientais adversas (BROOKS, 2017). Por essa razão, é esperado que o Brasil contribua decisivamente para os desafios globais futuros que envolvem a produção de alimentos e segurança alimentar, tais como mudanças climáticas, crescimento populacional e urbanização (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2018). Segundo o Observatório do Clima (2014), o país terá um desempenho produtivo suficiente para atender a demanda interna e ainda conseguirá exportar excedentes para suprir a demanda externa.

Ao mesmo tempo, grande desafio enfrentado pelo Brasil é manter o bom desempenho da agropecuária aliado à sustentabilidade, sobretudo no que diz respeito à sua dimensão ambiental (BROOKS, 2017; EMBRAPA, 2018). É provável que o atendimento à crescente demanda alimentar gere consequências negativas ao meio ambiente, como aumento do desmatamento, comprometimento de ecossistemas e maiores índices de poluição, com destaque para as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (EMBRAPA, 2018). Conforme os dados do relatório “Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil” organizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2017), o país, em 2015, foi o sétimo maior emissor de GEE no mundo, produzindo cerca 1,68 bilhão de toneladas brutas de CO₂ equivalente. O setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (Agriculture, Forest and Other Land Uses – AFOLU) foi responsável por 60% dessas emissões.

Nesse contexto, pode-se afirmar que existe crescente pressão pela intensificação da produção levando em conta a preservação ambiental. Isso impõe certos compromissos ao crescimento da agropecuária, os quais consistem em evitar e, ou, minimizar a degradação ambiental resultante das suas atividades. Segundo Rockström (2017), para obter tais objetivos é necessário que os países invistam na intensificação sustentável da agricultura (ISA), que visa garantir a produção de mais alimentos e, ao mesmo tempo, tornar a “pegada ecológica” do setor cada vez menor. No Brasil pode-se afirmar que as ações do Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de

Baixa Emissão de Carbono na Agricultura) incorporam as proposições do processo de intensificação sustentável. Os métodos de produção e tecnologia de recuperação existentes no Plano ABC possuem o potencial de mitigação das emissões de GEE e, ao mesmo tempo, a redução da necessidade de expansão de novas áreas como pontos centrais (EMBRAPA, 2017). Ademais, segundo Ferraz e Skorupa (2017), o Plano ABC permite aumentos de produção e produtividade e diversificação produtiva, concomitantemente à redução de impactos ambientais negativos da atividade agropecuária.

O Plano ABC pode ser considerado como um dos instrumentos, específico para o setor AFOLU, que dá suporte aos compromissos voluntários assumidos pelo Brasil em âmbito internacional para redução de emissões de GEE. As ações do programa, especialmente a recuperação de áreas degradadas, adoção de sistemas integrados de produção e reflorestamento, priorizam áreas antropizadas, o que contribui para a redução do desmatamento (FERRAZ; SKORUPA, 2017).

Mesmo que a redução do desmatamento esteja prevista nas ações apresentadas pelo governo brasileiro na Conferência das Partes (COP, edições 15 e 21), o país ainda possui considerável fronteira agrícola a ser utilizada. Tal fronteira está localizada na região conhecida como MATOPIBA (que compreende os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (EMBRAPA, 2017)¹. Esse território é considerado uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo, por ser legalmente permitido a abertura de novas áreas agricultáveis. Portanto, trata-se de uma região com grande potencial para expansão agrícola e para a criação e funcionamento de novos mercados (Instituto de Economia Agrícola – IEA, 2015)².

A área do MATOPIBA é composta por de 73 milhões de hectares, sendo que 90% pertencem ao bioma Cerrado. A sua divisão territorial é constituída da seguinte maneira: 33% corresponde ao estado do Maranhão, 38% faz parte do Tocantins, 11% pertence ao Piauí e, por fim, a Bahia possui 18% dessa área (EMBRAPA, 2014). Residem na região aproximadamente 5,9 milhões de pessoas (35% vivem na zona rural). Cerca de 86% da área do MATOPIBA já possui algum tipo de ocupação, sendo 337 municípios, 324 mil estabelecimentos rurais, além de assentamentos, quilombos e reservas indígenas. Dessa forma, resta para a fronteira agrícola

¹Segundo Mueller (1992), fronteira agrícola pode ser definida como um espaço potencial que suporta condições para o crescimento da agropecuária possuindo ainda disponibilidade de terras e aptidão para o funcionamento de mercados. Apenas a região brasileira MATOPIBA consegue suprir todas essas exigências que compõem a denominação, fronteira agrícola, atualmente no mundo.

² Em 2015 o governo decretou através do artigo 84, caput, incisos IV e VI, alínea “a” da Constituição tendo em vista o disposto nos art. 3º e 4º da Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991 a criação do Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA - PDA-MATOPIBA, que tem o objetivo de promover e coordenar políticas públicas que promovam o desenvolvimento econômico sustentável fundamentados em atividades agrícolas e pecuárias que acarretem em melhoria da qualidade de vida da população (EMBRAPA, 2015).

aproximadamente 10 milhões de hectares, os quais podem ser utilizados para a abertura de novas áreas para fins produtivos (EMBRAPA, 2015).

Os dados do Observatório do Clima (2017) indicam que, o MATOPIBA foi responsável pela produção de 8,8 milhões de toneladas de soja na safra 2013/2014 e cerca de 5,3 milhões de toneladas de milho nesse mesmo período, respondendo por 10% da produção nacional de grãos. Ao mesmo tempo, entre 2000 e 2014, houve a abertura de novas áreas, totalizando cerca de 3,5 milhões de hectares (expansão de 253% da área cultivável). Cerca de 68% dessa expansão ocorreu em terras de vegetação nativa, provocando diversos riscos para a biodiversidade local. Com a possibilidade de crescimento da região, espera-se para a safra 2023/2024 a produção de aproximadamente 22,6 milhões de toneladas. Ao mesmo tempo, para que isso ocorra, será necessário a abertura de novas áreas na ordem de 13,7%, o que aumentará o passivo ambiental já existente na região (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017).

As informações apresentadas pelo Observatório do Clima (2017) também indicam que a região do MATOPIBA foi a responsável pela produção de aproximadamente 45% dos GEE lançados para a atmosfera pelo Cerrado entre 2003 e 2013, sendo o equivalente à produção de 870 milhões de toneladas de GEE's (NOOJIPADY et al., 2017). Essas emissões são resultado, principalmente, do crescimento do desmatamento ocorrido no MATOPIBA, o qual está relacionado à intensificação da produção agrícola, que encontrou na região clima uniforme e áreas planas, fatores que são excelentes para a produção agrícola (EMBRAPA, 2018). Ademais, o aumento na produção agropecuária no MATOPIBA levou à perda de 27% de sua cobertura vegetal, provocando danos ambientais, como a redução da biodiversidade local (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017). Caso ocorra novas aberturas de áreas no Cerrado, a possibilidade de extinção de espécies é eminente, pois nessa região existe aproximadamente 44% de espécies endêmicas entre fauna e flora, o que a torna requerente de atenção também por sua importância natural (WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF, 2017).

Não obstante, existem maneiras de evitar novos desmatamentos na região. Segundo a Agrosatélite (2015) e o Observatório do Clima (2017), 18 milhões de hectares de Cerrado constituem-se de terras com média ou alta aptidão agrícola, mas atualmente estão ocupadas com pastagens degradadas. Essas terras poderiam, por exemplo, ser utilizadas para o plantio mecanizado da soja. O MATOPIBA detém 10% dessa área, além de possuir cerca de 6,4 milhões de hectares de Cerrado que não possuem utilidade para fins agrícola, mas que poderiam ser destinadas à produção pecuária ou até mesmo para o plantio de florestas. Portanto, no MATOPIBA existem 8,2 milhões de hectares de área degradada que poderiam ser revitalizadas.

1.2 Problema e sua importância

Diante do exposto, esta pesquisa procurou analisar os impactos da redução de emissões de GEE obtida pelo investimento nas ações do Plano ABC na região do MATOPIBA. Por meio da simulação de diferentes cenários de redução de emissões e de um provável aumento na demanda final da economia brasileira, o estudo respondeu às seguintes questões: (i) quais os impactos nas emissões de GEE que cada setor econômico do MATOPIBA causariam nos demais setores da mesma região e também nos setores do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Resto do Nordeste) para satisfazer à sua demanda? (ii) quais seriam os chamados “setores-chave”, ou seja, aqueles que são pressionados a emitir mais quando a demanda dos demais setores aumenta e, ao mesmo tempo, forçam os outros setores a emitirem quando sua própria demanda aumenta?

Para responder a essa questão, foi utilizado um modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido com essa região explicitamente desagregada na matriz de dados. O Modelo de insumo-produto (IP) foi utilizado por considerar os setores e as regiões, bem como os fatores ambientais comuns a cada um deles. Dessa forma, o modelo IP consegue lidar com uma séria limitação quando se trata de impactos ambientais, que é analisar separadamente cada setor ou indústria, não reconhecendo a real importância das ligações intersetoriais. Como o setor AFOLU utiliza quantidade considerável de energia e insumos industriais em seus processos produtivos, o modelo de IP com análise energética, foi implementado nesta pesquisa por conseguir determinar o total de energia necessária para entregar certo volume de produto à demanda final (CARVALHO; PEROBELLI, 2009).

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar os efeitos setoriais e intersetoriais, em termos de emissões de gases de efeito estufa, da implementação do Plano ABC na região do MATOPIBA.

Os objetivos específicos foram:

- i. Estruturar e operacionalizar o modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido, com foco explícito na região do MATOPIBA.
- ii. Desenvolver cenários que considerem diferentes níveis de emissões de GEE resultante da implementação (ou não) do Plano ABC na região do MATOPIBA
- iii. Verificar a intensidade de emissões de GEE geradas pela economia brasileira em cenários hipotéticos de expansão da demanda final.

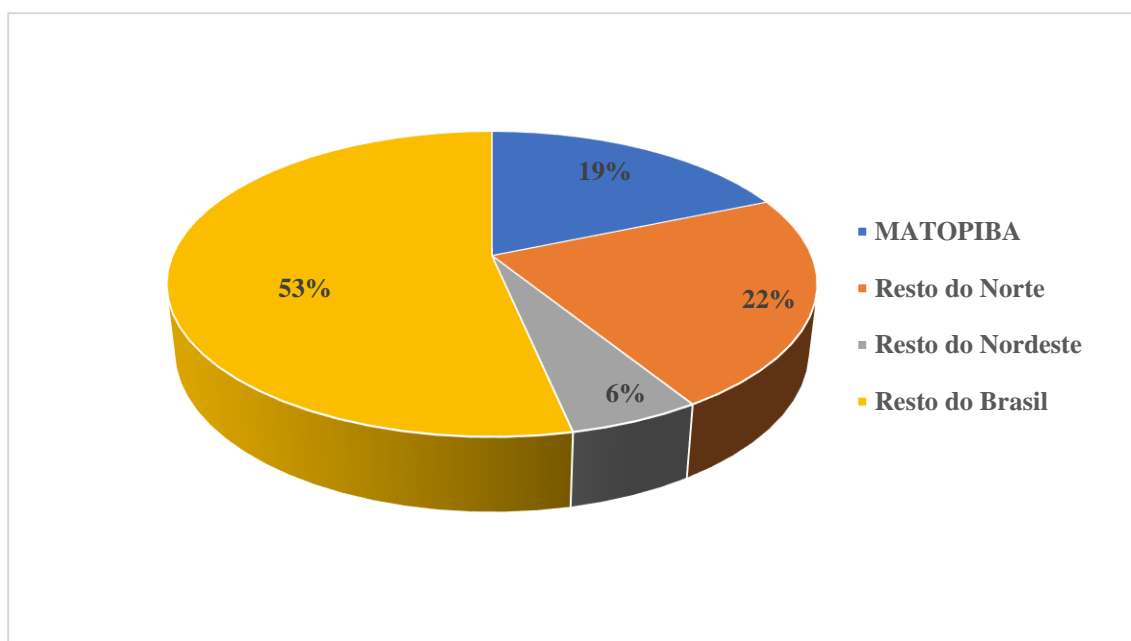
- iv. Analisar os impactos nas emissões inter-regionais e identificar quais seriam os setores-chave em diferentes cenários de emissões de GEE diante de aumento hipotético da demanda final da economia.

2 PANORAMA DAS EMISSÕES DO SETOR AFOLU NO BRASIL E NO MATOPIBA E O PLANO ABC

Essa última seção da introdução tem como objetivo apresentar breve panorama sobre as emissões do setor AFOLU no Brasil e discutir sobre a importância do bioma Cerrado e da aplicação das ações do Plano ABC na região de estudo, de modo a contextualizar a análise que é feita nos demais capítulos da dissertação,

A geração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) no Brasil vem aumentando continuamente desde 1970, chegando ao nível seis vezes maior em 2015, com a quantidade emitida de 1927 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂eq). O setor AFOLU (Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra) foi responsável, direta e indiretamente, por mais de 60% dessas emissões (SEEG, 2016).

Segundo o IPCC (2014), os níveis de emissões podem ser classificados em cinco grandes setores representativos. E a partir dos dados do SEEG (2016), foi possível identificar a participação nas emissões de cada um desses setores em 2015 na região do MATOPIBA, como pode ser visto na Figura 2.1.



Fonte: Azevedo et al. (2018).

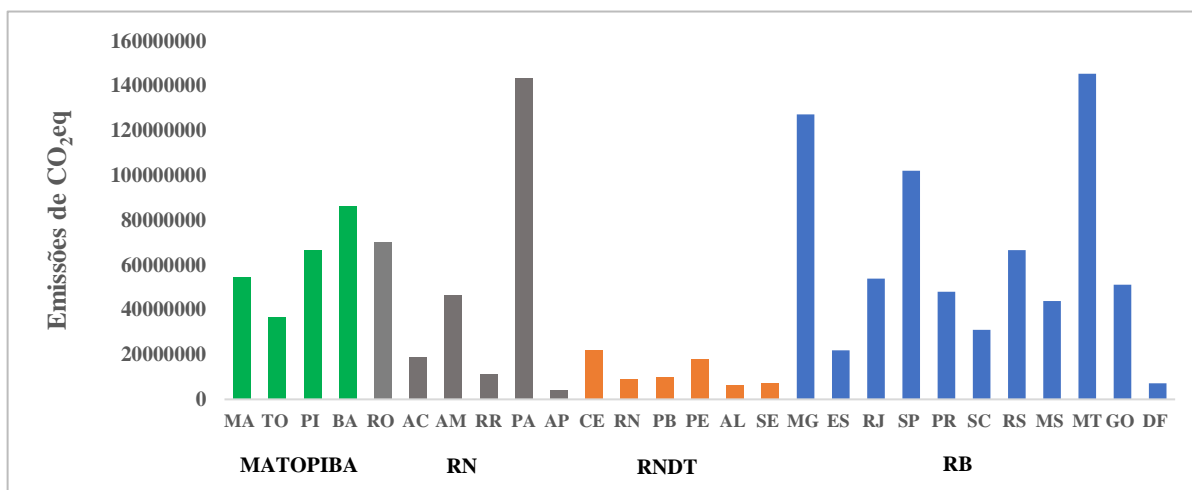
Figura 2.1. Níveis de Emissões de CO₂eq por Setores no Brasil em 2015.

Na agropecuária as emissões de GEE são oriundas, principalmente, do uso de fertilizantes nitrogenados e, manejo de dejetos animais. Em 2015 esse setor foi o terceiro maior emissor no ranking brasileiro, com produção de aproximadamente 425 milhões de tCO₂eq o que equivale a 22% das emissões totais geradas. Já no setor de Mudanças no Uso da Terra, as

emissões são consequência das alterações na cobertura vegetal (reflorestamento ou desmatamento) e por alterações no uso da terra, como variação de culturas e aplicações de calcário, entre outros usos de substâncias danosas ao meio ambiente, ele foi o maior emissor de CO₂eq em 2015, com aproximadamente 46% das emissões, lançando na atmosfera cerca de 884 milhões de tCO₂eq (Azevedo et al., 2018).

Nas primeiras décadas do século XX, a região Sudeste foi a principal responsável pelas emissões de GEE no Brasil. Nesse período a industrialização era incipiente, isto é, a maior parcela das emissões era proveniente do AFOLU, especialmente, das mudanças no uso da terra para a expansão da produção agrícolas (EMBRAPA 2015). Porém, a partir dos anos 1970, esse cenário veio sofrendo mudanças constantes. Com a necessidade de expansão territorial para a produção agropecuária, houve migração para as regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sul, acarretando em maiores níveis de GEE emitidos (SEEG, 2016).

Ao discriminar as emissões por estado, com foco no AFOLU, para o ano de 2015, observa-se o destaque nas emissões de GEE dos estados do Pará, Bahia, Mato Grosso, Piauí, Roraima, Tocantins e Maranhão, que historicamente eram irrelevantes do ponto de vistas das emissões (Figura 2.2) (SEEG, 2016)³. Esse crescimento nas emissões de GEE pode estar relacionado com as atividades econômicas, bem como desmatamentos. Ademais, a situação é particularmente preocupante para o bioma Cerrado e, por consequência, o MATOPIBA. Segundo Rajão e Soares-Filho (2015), o Cerrado possui 40 Mha que poderiam, segundo o Código Florestal, serem legalmente desmatados.



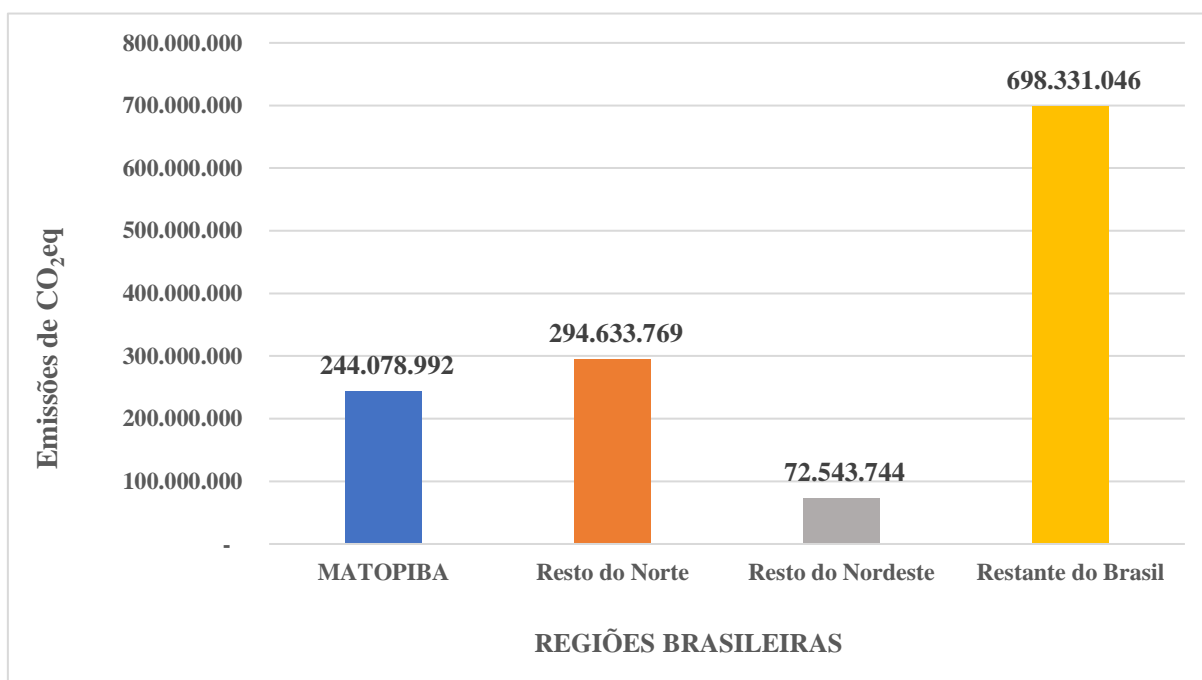
Fonte: Azevedo et al. (2018).

Nota: RN – Resto do Norte; RNDT – Resto do Nordeste; RB – Resto do Brasil

Figura 2.2. Nível de emissões de CO₂eq do setor AFOLU nos estados brasileiros.

³ Todas os estados citados estão inseridos nos maiores biomas naturais brasileiros (Amazônico, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal).

Atualmente, um dos principais alvos para a expansão da produção agropecuária é a região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins Piauí e Bahia), por possuir características climáticas favoráveis e “terra em abundância” para a produção agropecuária. Por ter esses atributos, a região está sendo considerada a última fronteira agrícola do mundo, e os efeitos disso estão sendo observados nos últimos anos através do destaque na produção de grãos, carne e cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2018). No entanto, esse crescimento traz impactos negativos consideráveis, como os altos níveis de emissões de GEE, através principalmente da mudança no uso da terra e agricultura (SEEG, 2016). A título de exemplo, ao discriminar os níveis de emissões gerados pelos setores do AFOLU em todo o Brasil, para o ano de 2015, nota-se a participação expressiva da região do MATOPIBA nas emissões totais em relação às outras grandes regiões consideradas nesta pesquisa, como pode ser visto na Figura 2.3.



Fonte: Azevedo et al. (2018).

Figura 2.3. Emissões de CO₂eq do setor AFOLU por regiões.

A participação considerável do MATOPIBA em relação às emissões do AFOLU, se dá especialmente pelo fato de a região estar inserida no bioma Cerrado, onde o desmatamento de áreas florestais para expansão agrícola é permitido por lei (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017). De acordo com Noojipady (2017), entre 2003 e 2013 foram emitidos na região do Cerrado cerca de 870 milhões de tCO₂eq, sendo que o maior responsável por essas emissões é a região do MATOPIBA, com 45% (IEA, 2015).

A expansão de áreas no Cerrado trouxe consigo outros impactos negativos ao meio ambiente da região, além das emissões de GEE. Ao desmatar o bioma Cerrado, gerou-se perdas naturais irreversíveis, segundo o World Wide Fund For Nature (WWF, 2017). O Cerrado, bem como o MATOPIBA, possui a mais rica biodiversidade do planeta, com 44% de espécies endêmicas e é a segunda maior formação vegetal do continente americano, ocupando um quarto do território brasileiro. Esses fatos ressaltam a importância de políticas públicas pró-ambientais pensadas exclusivamente para a região.

Afim de evitar maiores danos ambientais, a Agrosatélite (2015) e o Observatório do Clima (2017) estimaram que no MATOPIBA existem cerca de 8,2 milhões de hectares de área degradada que poderiam ser revitalizadas e reinseridas no processo produtivo. Isso garantiria a continuidade do crescimento agrícola, sem pressão por novos desmatamentos e, conseqüentemente, preservação de habitats naturais únicos.

Nesse sentido, as ações do Plano ABC se apresentam indiretamente como a principal política pública de apoio à preservação ambiental na região. Por se tratar de uma política pública planejada a partir de um conjunto de ações pró-ambientais (Tabela 2.1), o seu objetivo principal é promover o aumento da adoção de tecnologias agropecuárias sustentáveis, com baixa emissão de GEE, o que auxilia indiretamente a diminuição dos desmatamentos, apoiando assim, a redução da intensidade das mudanças climáticas (EMBRAPA, 2018).

Quadro 2.1. Processo Tecnológico, Compromissos e Potencial de Mitigação do Plano ABC.

Processo Tecnológico	Compromissos	Potencial de Mitigação (Milhões de toneladas Mt CO ₂ eq)	Realizado até 2018*
Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD)	15 milhões de hectares	83 a 104	4,4 milhões de hectares
Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF)	4 milhões de hectares	18 a 22	5,8 milhões de hectares
Sistema de Plantio Direto (SPD)	8 milhões de hectares	16 a 20	9,9 milhões de hectares
Fixação biológica de nitrogênio (FBN)	5,5 milhões de hectares	10	9,9 milhão de hectares
Florestas plantadas	3 milhões de hectares	1	1,1 milhão de hectares
Tratamento de dejetos animais	4.4 milhões de m ³	6,9	1,7 milhões de m ³

Fonte: Embrapa (2018).

(*) Até outubro de 2018.

Assim, caso as ações do Plano ABC sejam intensificadas no território do MATOPIBA, haveria, além da mitigação das emissões de GEE e da preservação ambiental, outros benefícios para o meio ambiente e o produtor rural. Por exemplo, a proposta de recuperação e manutenção da produtividade das pastagens (RPD) para a mitigação das emissões de GEE resulta também

na produção de biomassa, que permite o aumento da capacidade de suporte dessas pastagens para um ou mais animais por hectare, elevando a produtividade. Consequentemente, cria-se espaço para a entrada de mais animais no pasto, evitando a necessidade de abertura de novas áreas, o que constitui o chamado, “efeito poupa-terra” (OBSERVATÓRIO ABC, 2015).

3 REVISÃO DE LITERATURA

Para cumprir com o objetivo central enunciado na introdução, foi utilizado um modelo do tipo Insumo-Produto (IP), por três razões principais: (i) permitir desagregação setorial maior que os outros modelos de otimização dinâmica e os modelos macroeconômicos; (ii) possibilitar a incorporação de fluxos energéticos intersetoriais tanto em termos monetários quanto em físicos; e (iii) garantir a implementação de impactos ampliando o poder de análise (MILLER; BLAIR, 2009). Dessa maneira, será apresentada breve revisão de literatura que trata sobre o assunto utilizando as metodologias de Insumo-Produto e Modelos de Equilíbrio Geral Computável.

Montoya et al., (2014) propuseram avaliar três metodologias capazes de estimar as matrizes energéticas nacionais, porém, de forma desagregada a partir dos dados da matriz de IP. Para a obtenção dos resultados, foram construídas três matrizes de IP híbridas, Balanço Energético Nacional (BEN Base), Matriz de Nacional de IP (MIP Pura) e Base MIP Ajustada, em que as análises dos resultados mostraram que os requerimentos de energia e as emissões de CO₂ apresentam convergência entre os métodos BEN Base e Base MIP. Os autores concluíram que o uso de coeficientes nas matrizes de IP como ponderadores de expansão do consumo dos setores energéticos permite estimar matrizes de energia consistentes e que são adequadas às análises estruturais da economia realizadas com bases neles.

Hilgemberg (2004) quantificou, através das matrizes de IP Inter-Regionais Híbridas, as emissões decorrentes do uso energético de gás natural, derivados de petróleo e álcool, tanto para nível regional quanto para nível nacional, avaliando assim os impactos principais das políticas de controle de emissões de GEE brasileiras. Os resultados da pesquisa mostraram para todo o Brasil, bem como para as seis regiões do estudo, a ligação entre o nível de atividade e as emissões de CO₂, detalhando ainda a quantidade de emissões geradas pelos insumos energéticos estudados no consumo interindustrial. O autor concluiu ainda que os setores-chave para o controle do nível de emissão de CO₂ são os setores de Alimentos e Bebidas, Agropecuária, Transporte Rodoviário, Comércio e Serviços e Administração Pública.

Carvalho e Perobelli (2009) quantificaram as emissões de CO₂ gerados a partir do uso de combustíveis energéticos para o Estado de São Paulo e o Resto do Brasil. Na análise foi utilizado um modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido, no qual foi calculada a intensidade das emissões de CO₂ para 15 setores da economia, resultando na estimação da quantidade de emissões totais derivadas da demanda final e do consumo intermediário. Entre suas principais conclusões, os autores confirmaram que as exportações brasileiras, são em sua

maioria, intensivas em poluição e que há fatores indicando o trade-off entre restrições de emissões e o nível de atividade, sendo possível notar que a única forma de reduzir a quantidade de emissões de CO₂ na economia é limitar a produção dos seus 15 setores estudados.

Freitas et al. (2016) mediram o impacto de dada política de taxaço das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na economia brasileira como um todo, bem como para diferentes grupos de famílias com base nos níveis de renda em 2009, utilizando um modelo de IP híbrido. Os principais resultados mostraram que haveria leve retração na tributação, com impacto negativo no produto, e, ao mesmo tempo, redução de aproximadamente 9,1% nas emissões dos GEE para toda a economia. Os autores concluíram que as famílias mais pobres seriam as mais afetadas com essa taxaço através da redução de seu bem-estar, bem como com impacto direto do aquecimento global.

Gurgel e Paltsev (2013) apresentam estimativas do impacto econômico de políticas alternativas de mitigação dos GEE criadas pelo governo brasileiro. Para tal, os autores construíram um modelo de Equilíbrio Geral Recursivo Dinâmico para toda economia mundial. Os principais resultados indicam que as emissões de CO₂ oriundas dos desmatamentos no Brasil podem ser reduzidas a custos muito baixos caso sejam aplicados impostos setoriais específicos. No entanto, através desse cenário os pesquisadores concluem que a redução dos desmatamentos depende estreitamente da redução da produção agrícola e do uso de energia, originando a perda de bem-estar da sociedade bem como a queda de 2,3% no PIB até 2020. Mas caso o cenário contendo a prática do comércio de carbono seja considerado, as reduções nos desmatamentos continuariam e o PIB passaria a perder 1,5% tornando-se então uma opção mais econômica, pois não afetaria amplamente a produção agrícola.

Lima (2017) avaliou os impactos econômicos e de mudança no uso da terra a partir das ações contidas no Plano ABC (Recuperação de Pastagens e integração Lavoura-Pecuária-Floresta). Para tanto, foi utilizado um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) contendo a representação detalhada de seis regiões brasileiras, divididas por importância econômica e fronteira agrícola. Os resultados obtidos indicam que o maior número de áreas recuperadas, somadas às tecnologias de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), promovem o efeito poupador de terra como resultado agregado, mas que as regiões de fronteira agrícola respondem de maneira diferente as ações do Plano ABC, no qual as pastagens crescem mais do que as áreas recuperadas no Centro-Oeste e Norte, e nas regiões Sul e Sudeste esse fenômeno é inverso, onde as pastagens degradadas ocorrem mais do que a abertura de novas áreas. O autor conclui que, em termos macroeconômicos, as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte conseguem

ter ganhos de bem-estar, enquanto, as regiões Nordeste e Nordeste do Cerrado (MATOPIBA) a perda no PIB, sugerindo que o Plano ABC aumenta as disparidades regionais no Brasil.

Lima e Gurgel (2018) desenvolveram, a partir do modelo de Equilíbrio Geral Computável (ECG), uma representação de culturas duplas, com o intuito de avaliar as consequências do aumento da demanda na produção de milho e soja na Amazônia e no MATOPIBA. A abordagem de culturas duplas resultou na redução do uso indireto da terra em 28% no Brasil como um todo se comparado ao cenário em que a abordagem de culturas duplas não está explicitamente representada. Para as regiões do MATOPIBA e Amazônia a redução foi de 38% e 44%, respectivamente. Os autores concluíram então que a exploração de áreas com características favoráveis para o duplo cultivo no Brasil pode ser uma ação sustentável para aumentar a produção sem a necessidade de abertura de novas áreas.

Todos os trabalhos aqui citados têm como ponto comum a análise de interdependência setorial. Entretanto, os modelos de IP apresentam algumas limitações como: possuir coeficientes fixos de insumo produto, retornos constantes de escala e demanda final determinada exogenamente. É importante mencionar que tais limitações não invalidam seus resultados. Nesse sentido, é interessante salientar que essas limitações são superadas através do uso de modelos de EGC, o que justifica sua menção nessa revisão.

4 METODOLOGIA

Este capítulo tem por objetivo detalhar a metodologia escolhida para realização do estudo, além de apresentar os procedimentos de coleta e organização dos dados utilizados. A primeira seção faz uma revisão do modelo de insumo-produto de Leontief. A segunda trabalha a versão inter-regional do modelo adotado, no qual será utilizado como base para o desenvolvimento do modelo de insumo-produto híbrido na terceira seção⁴. O modelo escolhido permite analisar a estrutura da economia do ponto de vista das emissões originadas pelos setores de agricultura e usos da terra, no qual, os procedimentos adotados para tal averiguação são mostrados na quarta seção. A quinta seção, irá explicar como foi calculado a intensidade de emissões. A sexta seção mostrará os procedimentos adotados na preparação dos dados que abasteceram o modelo escolhido. E a última seção explicará sobre os cenários adotados para a formulação das simulações adotadas.

4.1 Modelo de Insumo-Produto

Segundo Miller e Blair (2009), o modelo de insumo-produto (IP) de Leontief é uma extensão prática da ligação existente entre os setores econômicos de uma região, demonstrando a interdependência entre as cadeias produtivas e a economia como um todo, propondo dessa forma entender todas as suas funções, transformando-as em propriedades específicas e mensuráveis. Assim, o modelo de (IP) trata-se de uma tentativa de aplicar a teoria econômica de equilíbrio geral as pesquisas empíricas da interdependência das diferentes partes de uma economia (HILGEMBERG, 2004).

Os elementos básicos utilizados nas análises de IP tratam a respeito dos fluxos de produtos de cada setor produtor industrial para cada setor consumidor pertinente. Esses dados se encontram em uma matriz de IP básica, no qual representa as transações industriais. As linhas dessa tabela representam a distribuição da produção de um setor em toda economia e as colunas demonstram a exigência dos insumos requeridos por uma indústria específica para a elaboração de seus produtos (MILLER; BLAIR, 2009).

Essas trocas de mercadorias são mostradas na parte sombreada da Tabela 4.1. De acordo com a matriz, as vendas de um setor são usadas como insumo para a produção de outro setor, ou podem ser utilizadas por qualquer outro componente da demanda final. No entanto,

⁴ Será utilizado o modelo de Insumo-Produto Inter-Regional em unidades Híbridas, empregando o método “setor x setor” por ser capaz de considerar as interações econômicas associadas a variáveis representativas de custos ou benefícios da atividade econômica para o meio ambiente.

observando as colunas percebe-se que o processo produtivo de um setor requer uma determinada quantidade de insumos, que podem ser produzidos pela própria economia ou importado, essa geração de produtos é o responsável pelo pagamento dos impostos e pela constituição do valor adicionado através da criação de salários e excedentes (MILLER e BLAIR, 2009).

Tabela 4.1 - Tabela de insumo-Produto.

		Setores Compradores				Demanda Final				Valor Bruto da Produção X_i
		Setor A	Setor B	Setor C	Subtotal	Investimento (I)	Gasto do Governo (G)	Exportações (E)	Consumo das Famílias (C)	
setores Vendedores	Setor A									
	Setor B									
	Setor C									
	Subtotal									
Importações										
Tributos Indiretos Líquidos										
Valor Adicionado										
Valor Bruto da Produção X_j										

Fonte: Adaptação de Miller e Balir (2009).

A construção matemática de um sistema de (IP) para uma região consiste em um conjunto de n equações lineares com n incógnitas.

Pode-se observar que a demanda de um setor qualquer i por insumos oriundos de outros setores, são relacionados diretamente com a quantidade de bens produzido por esse mesmo setor i e a demanda final, ou seja, a quantidade demandada pelas famílias (C), pelo governo (G) e para as exportações (E) podem não ser relacionadas com o montante referente a produção da mesma unidade produtiva (MILLER; BLAIR, 2009).

Assume-se então que a economia é dívida em n setores

$$X_i = z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i \quad (1)$$

no qual,

X_i representa a produção total do setor i .

z_{ij} é o fluxo monetário do setor i para o setor j .

C_i é a produção do setor i consumido pelas famílias.

I_i informa a produção de i prometida ao investimento.

G_i são os gastos do governo referente a produção do setor i .

E_i são as exportações do setor i .

Uma vez que cada um dos n setores possuirá uma equação similar, pode-se escrever,

$$\sum_{i=j}^n z_{ij} + C_i + I_i + G_i + E_i \equiv X_i \quad (2)$$

Existem no modelo de **IP**, coeficientes técnicos (a_{ij}), que representam a relação exata dos fluxos interindustriais do setor i para o setor j , que pode ser definida como,

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_j} \quad (3)$$

com a medida exata das transações entre os setores, esse coeficiente torna-se fixo, ou seja, é possível admitir a hipótese de que existem retornos constantes de escala, por desconsiderar a existência de economia de escala no processo de produção dos setores (MILLER e BLAIR, 2009).

Substituindo (3) em (1) e levando em conta que $Y = I + G + E + C$ tem-se,

$$X_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{in}X_n + Y_i \quad (4)$$

Levando para os n setores da economia é possível chegar em,

$$X_n = a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{ni}X_i + \dots + a_{nn}X_n + Y_n \quad (5)$$

Para torna mais simplificada a equação, traz-se todos os termos X para esquerda e deixa-se em evidência todos os outros termos em comum,

$$-a_{n1}X_1 - a_{n2}X_2 + \dots + a_{ni}X_i - \dots + (1 - a_{nn})X_n = Y_n \quad (6)$$

Com aplicação de procedimentos matemáticos encontrados em Miller e Blair (2009), é possível escrever a equação (6) na sua forma matricial,

$$(I - A)X = Y \quad (7)$$

Ao resolver a equação (7) é possível conseguir a produção total em todos os setores do modelo satisfazendo uma determinada demanda final na região em questão,

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (8)$$

Com as aplicações matemáticas corretas, foi possível encontrar a matriz inversa de Leontief $(I - A)^{-1}$, que expressa as **necessidades diretas** da demanda final e **indiretas** da demanda intermediária, para o que é produzido de bens e serviços na economia. No qual, cada

elemento da matriz representa as condições diretas e indiretas da produção total do setor **i** para a produção de uma unidade de demanda final do setor **j**.

4.2 Modelo de Insumo-Produto Inter-regional

De maneira objetiva, a matriz de insumo-produto inter-regional, é capaz de representar uma economia que possui fluxos inter-regionais e intersetoriais de bens e serviços entre duas ou mais regiões com cada uma tendo dois ou mais setores ao mesmo tempo. A Tabela 4.2 mostrará de maneira simplificada um exemplo disso.

Tabela 4.2. Fluxos de mercados interindustriais e inter-regional.

Setor de vendas	Setor de compras					
	Região L			Região M		
	1	2	3	1	2	
Região L	1	z_{11}^{LL}	z_{12}^{LL}	z_{13}^{LL}	z_{11}^{LM}	z_{12}^{LM}
	2	z_{21}^{LL}	z_{22}^{LL}	z_{23}^{LL}	z_{21}^{LM}	z_{22}^{LM}
	3	z_{31}^{LL}	z_{32}^{LL}	z_{33}^{LL}	z_{31}^{LM}	z_{32}^{LM}
Região M	1	z_{11}^{ML}	z_{12}^{ML}	z_{13}^{ML}	z_{11}^{MM}	z_{12}^{MM}
	2	z_{21}^{ML}	z_{22}^{ML}	z_{23}^{ML}	z_{21}^{MM}	z_{22}^{MM}

Fonte: Adaptação de Miller e Blair (2009).

no qual,

z^{LL} representa o fluxo monetário do setor **i** para o setor **j** dentro da região **L**.

z^{LM} representa o fluxo monetário do setor **i** da região **L** para o setor **j** da região **M**.

z^{MM} representa o fluxo monetário do setor **i** para o setor **j** dentro da região **M**.

z^{ML} representa o fluxo monetário do setor **i** da região **M** para o setor **j** da região **L**.

Para encontrar a produção total do setor **1** na região **L**, faz-se,⁵

$$X_1^L = z_{11}^{LL} + z_{12}^{LL} + z_{13}^{LM} + z_{11}^{LM} + z_{12}^{LM} + Y_1^L \quad (9)$$

Como no modelo de insumo-produto, o modelo de insumo-produto inter-regional utiliza a hipótese de que há uma relação exata entre as regiões, assim, os fluxos interindustriais são expressados por coeficientes técnicos, que são,

- **Coefficientes intra-regionais**

$$a_{ij}^{LL} = \frac{z_{ij}^{LL}}{X_i^L} \quad (10)$$

$$a_{ij}^{MM} = \frac{z_{ij}^{MM}}{X_j^M} \quad (11)$$

em que,

⁵ Para o cálculo dos outros setores basta aplicar o procedimento de forma análoga.

a_{ij}^{LL} demonstra quanto o setor j na região L compra do setor i e da região L .

a_{ij}^{MM} demonstra quanto o setor j na região M compra do setor i e da região M .

- Coeficientes inter-regionais

$$a_{ij}^{LM} = \frac{A_{ij}^{LM}}{X_i^M} \quad (13) \quad a_{ij}^{ML} = \frac{z_{ij}^{ML}}{X_i^L} \quad (14)$$

em que

a_{ij}^{ML} demonstra quanto o setor j na região M compra do setor i e da região L .

a_{ij}^{LM} demonstra quanto o setor j na região L compra do setor i e da região M .

Agora, faz-se a substituição dos coeficientes encontrados na equação (8)⁶,

$$X_1^L = a_{11}^{LL} X_1^L + a_{12}^{LL} X_2^L + a_{13}^{LL} X_3^L + a_{11}^{LM} X_1^M + a_{12}^{LM} X_2^M + Y_1^L \quad (14)$$

Para torna simplificada a equação, traz-se todos os termos X para esquerda e deixe em evidência todos os outros termos em comum,

$$(1 - a_{11}^{LL}) X_1^L - a_{12}^{LL} X_2^L - a_{13}^{LL} X_3^L - a_{11}^{LM} X_1^M - a_{12}^{LM} X_2^M = Y_1^L \quad (15)$$

Através de alguns outros métodos matemáticos que podem também ser encontrados em Miller e Blair (2009), é possível escrever a equação (15) na sua forma matricial,

$$(I - A)X = Y \quad (16)$$

Ao resolver a equação (16) é possível conseguir a produção total em todos os setores e regiões do modelo satisfazendo uma determinada demanda final em alguma região específica,

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (17)$$

4.3 Modelo de Insumo-Produto Inter-Regional Híbrido

Existem segundo Miller e Blair (2009), três categorias de modelos de IP que conseguem lidar com o meio ambiente:

1. **Modelos econômico-ecológico**, são assim denominados, por incluir setores do ecossistema nas matrizes de IP, e seus fluxos gerados entre a economia e o meio ambiente são evidenciados como em um modelo inter-regional;

⁶ Para o cálculo dos outros setores das regiões basta aplicar o procedimento de forma análoga

2. **Modelos produto x setor**, apresentam os fatores ecossistêmicos na forma de produtos em uma matriz de IP em formato produto x setor;
3. **Modelos aumentados ou expandidos de Leontief**, que conseguem considerar as emissões de poluentes de cada setor conjuntamente com os fluxos monetários existentes na matriz de IP, tornando possível a percepção das interrelações entre a produção de bens dos setores e a emissão de poluentes.

Por tornar possível a verificação das inter-relações entre as ações ambientais e a estrutura econômica, será escolhido a terceira categoria, pois segundo Miller e Blair (2009), nesse tipo de modelo as alterações na demanda final podem ser relacionadas com a interdependência entre setores e os impactos ambientais demonstrando as ligações entre as regiões e os setores econômicos, como pode ser visto na Tabela 4.3 . Enquanto que as duas primeiras categorias não conseguem demonstrar totalmente as inter-relações entre os setores, a economia e os dados energéticos, limitando assim seus resultados (ABDALLAH; MONTOYA, 1998).

Tabela 4.3. Transações no modelo aumentado de Leontief.

Setores vendedores	Setores compradores		Demanda final	Produção total
	M	B		
M	a_{11}	a_{12}	Y_1	X_1
B	a_{21}	a_{22}	Y_2	X_2
Geração de poluentes	a_{31}	a_{32}	Y_3	X_3

Fonte: Miller e Blair (2009).

Segundo Hilgemberg (2004) a interdependência existente entre os setores econômicos, no âmbito produtivo e nas questões das emissões de poluentes, torna quase impossível identificar quais são os verdadeiros emissores quando se considera apenas um setor, como o modelo de IP trata todos os setores de maneira conjunta, acaba se tornando o método mais adequado para esse tipo de verificação. Para analisar os passivos ambientais relacionado as emissões dos GEEs, o modelo de insumo produto inter-regional pode ser expandido para possibilitar a investigação dos setores poluentes, tornando-se uma modelo de insumo-produto inter-regional com análise de energia.

Essa extensão do modelo de IP, determina qual é o total de emissões despendida ao se desmatar uma determinada área ou qual o total de energia necessária para a concepção de algum produto, verificando tanto a energia direta gasta como a energia indireta utilizada. Esse processo

monitora os insumos e os recursos utilizados na produção. O primeiro round dos insumos de energia demonstra a necessidade direta de energia. Os rounds seguintes de insumos de energia definem a necessidade indireta energética. A soma desses dois requerimentos mostra a necessidade total de energia, em que muitas vezes é denominado de **intensidade de energia** (MILLER; BLAIR, 2009)

Para o cálculo da **intensidade de energia**, utiliza-se o conjunto de matrizes análogo ao modelo de tradicional de IP, ou seja, aplica-se a inversa de Leontief do modelo convencional para calcular a quantidade necessária de energia, porém, é interessante trabalhar com a quantidade energética medida em unidades físicas (MILLER; BLAIR, 2009).

Em uma economia com n setores, nos quais m são setores de energia, a matriz de fluxos de energia será $E_{m \times n}$. A energia utilizada pela demanda final (em unidades físicas) será dada por e_y , e o consumo total de energia na economia será indicado por F , onde e_y e F são vetores colunas com m elementos. Assim,

$$E_i + e_y = F \quad (18)$$

em que i é um vetor-coluna ($n \times 1$), onde todos os elementos são números **um**. A quantidade total de energia consumida pelos setores interindustriais mais o consumo da demanda final é o total consumido e produzido de energia pela economia.

Agora é necessário construir uma matriz de transações interindustriais em unidades híbridas, através da matriz de transações original, Z . É necessário realizar a substituição das linhas dos setores de energia em fluxos monetários pelas matrizes correspondentes de fluxos de energia, E definindo assim a nova matriz de transações Z^* , no qual descreve os fluxos interindustriais de energia em unidades físicas e o restante dos fluxos em unidades monetárias. É preciso também, definir o produto total correspondente, X^* , e a demanda final, Y^* , como vetores nos quais os setores energéticos e não energéticos são igualmente medidos em unidades monetárias e físicas.

$$Y_i^* \begin{cases} Y_j \text{ para linhas que não são} \\ \text{energéticas.} \\ E_{ky} \text{ para linhas de energia.} \end{cases}$$

$$Z_i^* \begin{cases} Z_j \text{ para linhas que não são} \\ \text{energéticas.} \\ E_k \text{ para linhas de energia.} \end{cases}$$

$$\mathbf{X}_i^* \begin{cases} \mathbf{X}_j \text{ para linhas que não são} \\ \text{energéticas.} \\ \mathbf{F}_k \text{ para linhas de energia.} \end{cases}$$

As matrizes equivalentes, $\mathbf{A}^* = \mathbf{Z}^*(\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1}$ e $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$, surgem diretamente destas definições⁷. Algumas características dessas matrizes são diferentes em relação a matriz convencional de Leontief, um exemplo é a soma das colunas de \mathbf{A}^* que não vão ser necessariamente menores que a unidade como ocorre no modelo convencional de Leontief.

Um exemplo de modelo híbrido inter-regional com três setores e duas regiões considerando que o primeiro setor de cada região é um setor de energia, pode ser demonstrado da seguinte maneira,

$$\mathbf{Z}^* = \begin{pmatrix} \text{CO}_2 & \text{CO}_2 & \text{CO}_2 & \text{CO}_2 & \text{CO}_2 \\ \$ & \$ & \$ & \$ & \$ \\ \$ & \$ & \$ & \$ & \$ \\ \text{CO}_2 & \text{CO}_2 & \text{CO}_2 & \text{CO}_2 & \text{CO}_2 \\ \$ & \$ & \$ & \$ & \$ \end{pmatrix} \quad (19)$$

$$\mathbf{Y}^* = \begin{pmatrix} \text{CO}_2 \\ \$ \\ \$ \\ \text{CO}_2 \\ \$ \end{pmatrix} \quad (20) \quad \mathbf{X}^* = \begin{pmatrix} \text{CO}_2 \\ \$ \\ \$ \\ \text{CO}_2 \\ \$ \end{pmatrix} \quad (21) \quad \mathbf{F}^* = \begin{pmatrix} \text{CO}_2 \\ \$ \\ \$ \\ \text{CO}_2 \\ \$ \end{pmatrix} \quad (22)$$

Através de (19) e (21) pode-se conseguir,

$$\mathbf{A}^* = \mathbf{Z}^*(\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1} = \begin{pmatrix} \text{CO}_2/\text{CO}_2 & \text{CO}_2/\$ & \text{CO}_2/\$ & \text{CO}_2/\text{CO}_2 & \text{CO}_2/\$ \\ \$/\text{CO}_2 & \$/\$ & \$/\$ & \$/\text{CO}_2 & \$/\$ \\ \$/\text{CO}_2 & \$/\$ & \$/\$ & \$/\text{CO}_2 & \$/\$ \\ \text{CO}_2/\text{CO}_2 & \text{CO}_2/\$ & \text{CO}_2/\$ & \text{CO}_2/\text{CO}_2 & \text{CO}_2/\$ \\ \$/\text{CO}_2 & \$/\$ & \$/\$ & \$/\text{tCO}_2 & \$/\$ \end{pmatrix} \quad (23)$$

⁷ As matrizes que são classificadas com “acento circunflexo” são matrizes diagonalizadas. Exemplos: $\hat{\mathbf{X}}$ e $\hat{\mathbf{Z}}$.

A matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1}$ possuirá as mesmas unidades existentes em \mathbf{X}_i^* , entretanto, ela demonstrará os requerimentos (em CO_2eq ou unidades monetárias) por unidade (CO_2eq ou unidades monetárias) de demanda final (requerimento total), ao passo que \mathbf{A}^* demonstra o requerimento por unidade de produção total de (requerimento direto)⁸.

Para se obter a matriz de requerimentos diretos de energia e a matriz de requerimentos totais de energia faz-se a extração das linhas dos fluxos de energia de \mathbf{A}^* e $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1}$.

Desse modo, é preciso criar a matriz $\widehat{\mathbf{F}}^*$ com dimensão $\mathbf{m} \times \mathbf{n}$, no qual os elementos \mathbf{F}^* que representam fluxos de energia são colocados ao longo da diagonal principal e todos os outros elementos são iguais a zero.

$$\mathbf{F}^* = \begin{pmatrix} \text{CO}_2 & 0 & 0 \\ 0 & \text{CO}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \text{CO}_2 \end{pmatrix} \quad (24)$$

ou de forma esquemática,

$\left\{ \mathbf{F}_k^* \right.$	<p>$\mathbf{0}$ (zero) para linhas que não são energéticas.</p> <p>\mathbf{F}_k para linhas de energia.</p>
----------------------------------	---

Construindo a matriz do produto $\mathbf{F}^*(\mathbf{X}^*)^{-1}$ ocorrerá que os elementos não nulos de \mathbf{F}^* vão ser iguais aos correspondentes valores de \mathbf{X}^* , e o resultado do produto será uma matriz de valores “um” e zeros, no qual os números “um” identificam a localização dos setores energéticos. Após realizado esse procedimento faz-se a multiplicação por $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1}$, onde será extraídos os coeficientes totais de energia “ α ”, ou seja, as linhas de energia de $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1}$. Multiplicando logo a pós por \mathbf{A}^* , obtêm-se os coeficientes diretos de energia “ δ ”.

Logo, se “ δ ” representa os requerimentos diretos e “ α ” os requerimentos totais:

$$\alpha = \mathbf{F}^*(\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} \quad (25)$$

$$\delta = \mathbf{F}^*(\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1}\mathbf{A}^* \quad (26)$$

Os requerimentos indiretos de energia “ γ ” serão obtidos a partir da diferença ente “ α ” e “ δ ”,

⁸ CO_2eq – Dióxido de Carbono Equivalente.

$$\gamma = F^*(\widehat{X}^*)^{-1}[(I - A^*)^{-1} - A^*] \quad (27)$$

Deste modo, ao multiplicar as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais de energia por $F^*(\widehat{X}^*)^{-1}$, irá ocorrer a recuperação dos coeficientes de energia, ou seja, a intensidade de energia.

É interessante ressaltar que a construção deste modelo de energia e sua expansão para suprir a necessidade de inserção das emissões de CO₂eq, seguem a **condição de conservação de energia**⁹. Esta condição será decisiva na avaliação de um modelo particular de energia (e por extensão, de emissão de CO₂eq) verificando se o padrão representa ou não adequadamente os fluxos energéticos na economia (MILLER; BALIR).

4.4 Análise estrutural da economia

Apesar das informações a respeito da intensidade de carbono na economia já serem muito importantes, a análise através do **IP** ainda consegue gerar vários outros indicadores e efeitos na economia a partir de modificações em elementos externos ao modelo. Na subseção seguinte, será definida a elasticidade da demanda do consumo final de energia, ou seja, o aumento total das emissões de **CO₂eq**. A subseção ainda irá utilizar os conceitos de elasticidades encontradas para demonstrar um método de classificação de setores-chave no que se refere à emissão de **CO₂eq**. Esses setores são os que levam outros setores a emitir mais que a mediana das emissões da economia, e também, são levados a emitir mais que a mediana das emissões pelos outros setores. Tornando-se possíveis alvos de políticas de controle de emissões por conseguirem obter melhores resultados.

4.4.1 Setores-chave¹⁰

Um setor-chave é aquele que demanda insumos dos demais setores em uma quantidade superior que a média e cuja a produção é largamente utilizada pelos demais setores (HILGEMBERG, 2004). O método utilizado para a identificação desses setores foi desenvolvido por Rasmussen e é baseado na matriz inversa de Leontief (MILLER; BLAIR, 2009).

⁹ Condição de conservação de energia trata-se do montante de energia primária/direta requerida para a produção de um bem ou serviço de uma indústria devendo ser igual ao total de energia secundária/indireta do produto mais a quantidade de energia perdida na conversão de energia.

¹⁰Estes conceitos de elasticidade e da metodologia para a identificação de setores-chave no consumo de energia seguem a apresentação feita em Alcántara e Padilha (2003), Hilgemberg (2004) e Carvalho e Perobelli (2009).

Em um sistema contendo n setores, onde a inversa de Leontief é uma matriz \mathbf{B} ($n \times n$), tem-se,

$$\mathbf{R}_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (28)$$

em que \mathbf{R}_j simboliza a soma dos elementos da coluna j da inversa de Leontief, ou seja, o efeito no produto de toda a economia provocada por um aumento de uma unidade na demanda final do setor j . Assim, cada elemento da coluna j propicia o impacto direto e indireto de um acréscimo de uma unidade da demanda final pela produção do setor j em cada um dos n setores.

Para fins de medida é necessário verificar a magnitude relativa de \mathbf{R}_j , em que pode ser normalizada utilizando,

$$\mathbf{V}_j = \frac{\frac{1}{n} \mathbf{R}_j}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j} b_{ij}} \quad (29)$$

no qual o numerador é a média dos elementos da coluna j e o denominador é a média de todos os elementos da inversa de Leontief. Logo \mathbf{V}_j é o índice de ligação para trás na medida que os seus valores demonstram a resposta que os outros setores têm após um aumento de seu produto.

Existe outra medida das ligações interindustriais que é definida usando as linhas da matriz inversa de Leontief,

$$\mathbf{R}_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (30)$$

em que, \mathbf{R}_i mede o produto que seria gerado no setor i caso a demanda final de cada setor fosse aumentado por uma unidade. Como em (28). \mathbf{R}_i pode ser normalizado utilizando,¹¹

$$\mathbf{U}_i = \frac{\frac{1}{n} \mathbf{R}_i}{\frac{1}{n^2} \sum_{i,j} b_{ij}} \quad (31)$$

Para descobrir os setores-chave no que diz respeito às emissões, é necessário estruturar uma matriz de elasticidades intersetoriais da demanda em associação ao consumo final de energia. Para esse processo considere o escalar Γ que representará o uso energético total pelo sistema produtivo e $\boldsymbol{\tau}'$ será o vetor-linha da utilização de energia por unidade de produto setorial. Conforme o modelo de Leontief, é possível descrever,

$$\Gamma = \boldsymbol{\tau}' \mathbf{X}^* = \boldsymbol{\tau}' (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} \mathbf{Y}^* \quad (32)$$

Caso o uso de energia depender da demanda final da economia, é possível descrever,

¹¹ Dessa forma, os setores chaves são aqueles nos quais \mathbf{V}_j e \mathbf{U}_i são maiores que a unidade

$$\Delta\Gamma = \tau' \Delta X^* = \tau' (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} \mathbf{Y}^* \lambda \quad (33)$$

no qual λ representa um escalar que demonstra o aumento proporcional na demanda final.

Chamando de \mathbf{s} o vetor da participação das demandas finais por setores em suas respectivas produções, pode-se escrever,

$$\mathbf{s} = (\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1} \mathbf{Y}^* \text{ ou } \mathbf{Y}^* = \mathbf{s} (\widehat{\mathbf{X}}^*) \quad (34)$$

substituindo (34) em (33), terá,

$$\Delta\Gamma = \tau' (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} (\widehat{\mathbf{X}}^*) \mathbf{s} \lambda \quad (35)$$

ao dividir tudo por Γ ,

$$\Gamma^{-1} \Delta\Gamma = \Gamma^{-1} \tau' (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} (\widehat{\mathbf{X}}^*) \mathbf{s} \lambda \quad (36)$$

no qual, $\Gamma^{-1} \Delta\Gamma$ representa o aumento total de energia levando em conta o aumento na demanda final, ou seja, a elasticidade de Γ em relação à demanda final. Contudo, a expressão (36) não é capaz de entregar nenhuma informação adicional, dada a natureza linear do modelo, já que $\Gamma^{-1} \Delta\Gamma = \lambda$.

Assim, será preciso realizar uma desagregação da elasticidade. Primeiro faz-se a transformação da equação (36), em que \mathbf{d}' seja um vetor de distribuição de energia final dentre os \mathbf{n} setores produtivos da economia, no qual $\sum_{i=1}^n \mathbf{d}_i = \mathbf{1}$. Logo, o vetor dos coeficientes de consumo setorial τ' poderá ser escrito da seguinte maneira,

$$\tau' = \Gamma \mathbf{d}' (\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1} \quad (37)$$

substituindo (37) por (36)

$$\Gamma^{-1} \Delta\Gamma = \mathbf{d}' (\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} (\widehat{\mathbf{X}}^*) \mathbf{s} \lambda \quad (38)$$

considerando¹²,

$$(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} = (\widehat{\mathbf{X}}^*)^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} (\widehat{\mathbf{X}}^*) \quad (39)$$

ao diagonalizar o vetor \mathbf{s} , é possível obter utilizando (38) e (39),

$$\boldsymbol{\varepsilon}' = \mathbf{d}' (\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} \mathbf{s} \lambda \quad (40)$$

¹² Conforme Miller e Blair (2009), quando duas matrizes \mathbf{P} e \mathbf{Q} são ligadas pela relação $\mathbf{P} = \mathbf{M}\mathbf{Q}\mathbf{M}^{-1}$, elas serão correlatas e deverão ser expressas como $\mathbf{P} \approx \mathbf{Q}$. Assim, o produto do lado direito de (38) será $(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} \approx (\mathbf{I} - \mathbf{Z}^*)^{-1}$, logo, $(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1}$ pode ser interpretada como o valor aproximado das necessidades diretas e indiretas (totais) para a produção de bens e serviços na economia, no qual são normalmente adquiridos da matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1}$

que vai fornecer a variação proporcional do consumo setorial energético em relação a uma alteração proporcional na demanda final.

Ao omitir λ e diagonalizando \mathbf{d}' ,

$$\mathbf{\Gamma}^y = \hat{\mathbf{d}}(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1}\hat{\mathbf{s}} \quad (41)$$

no qual τ_{ij}^y é um elemento da matriz $\mathbf{\Gamma}^y$ que representa a porcentagem do aumento no consumo energético final do setor \mathbf{i} em resposta a uma alteração de 1% na demanda final do setor \mathbf{j} , que pode ser entendido como elasticidade, pois a soma dos elementos da coluna do setor \mathbf{j} apresenta a porcentagem de variação do consumo de energia recebido por toda a economia em resposta a uma mudança de 1% na demanda final do setor \mathbf{j} .

Como τ_{ij}^y é um elemento da matriz $\mathbf{\Gamma}^y$, é possível definir,

$$\mathbf{P}_j = \sum_{i=1}^n \tau_{ij}^y \quad (\mathbf{i} = 1, 2, \dots, \mathbf{n}) \quad (42) \quad \mathbf{P}_i = \sum_{j=1}^n \tau_{ij}^y \quad (\mathbf{j} = 1, 2, \dots, \mathbf{n}) \quad (43)$$

O impacto total é o aumento percentual no consumo energético causado por um aumento de 1% na demanda final do setor \mathbf{j} , expressado por (42) e o impacto distributivo é o aumento do consumo energético do setor \mathbf{j} , que resulta de um aumento de 1% na demanda final de todos os setores da economia, expresso por (43) (ALCÁNTARA; PADILHA, 2003).

Ao definir $\mathbf{\Gamma}_T$ como sendo o valor mediano dos impactos totais e $\mathbf{\Gamma}_D$ os valores medianos dos impactos distributivos, Alcántara e Padilha (2003) assumem a classificação estabelecida na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Classificação dos setores.

	$\sum_j \tau_{ij}^y < \mathbf{\Gamma}_T$	$\sum_j \tau_{ij}^y > \mathbf{\Gamma}_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \mathbf{\Gamma}_D$	Setores relevantes do ponto de vista da demanda de outros setores I	Setores-chave, pressionam o consumo de energia e são pressionados a consumir energia II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \mathbf{\Gamma}_D$	Setores não relevantes III	Setores relevantes do ponto de vista de sua demanda IV

Fonte: Alcántara e Padilha (2003).

Os setores que se enquadram no setor I vão ter seu consumo de energia determinado, em parte pela demanda dos outros setores, já que o impacto distributivo é maior do que a mediana da economia. Os setores do quadrante II são os setores-chave, já que apresentam um efeito total e distributivo maior que os valores medianos da economia, ou seja, eles são conduzidos a consumir energia pelo aumento da demanda dos outros setores e,

simultaneamente, eles pressionam o consumo energético dos outros setores pelo aumento de sua própria demanda. O quadrante III possui os setores menos importantes no que se refere às emissões. E o quadrante IV, possui os setores com alto conteúdo energético.

4.5 Total de emissões e intensidade de CO₂

A intensidade das emissões diretas de CO₂ é estimada a partir da razão entre as emissões diretas de CO₂ e a produção total,

$$e_i = \frac{c_i}{X_i} \quad (44)$$

no qual, e_i representa a intensidade das emissões diretas de CO₂ do setor i , e X_i é a produção total do setor i . Os fluxos totais indiretos e diretos de emissões de CO₂ são encontrados multiplicando o vetor de intensidade de emissões diretas de CO₂ pela matriz inversa de Leontief. As emissões totais de CO₂ podem ser calculadas multiplicando e_i por $(I - A)^{-1}Y$,

$$\hat{C} = \hat{e}\hat{X} = \hat{e}(I - A)^{-1}Y \quad (45)$$

em que C é o total de emissões de CO₂ gerados pela economia, e

$$T = \hat{e}(I - A)^{-1} \quad (46)$$

onde T é a matriz dos coeficientes totais de impacto da poluição total. Todos os elementos de T representam o impacto total da poluição gerada por real (R\$) pela demanda final apresentada a economia. Ou seja, T pode ser considerado um operador linear que transforma crescimento na demanda final em aumentos no vetor de emissão de poluente. Assim, a soma das colunas de T , descrevem o efeito multiplicador das emissões determinadas pelas diferentes demandas.

4.6 Base de dados

As principais bases de dados utilizadas nessa pesquisa vieram da matriz de IP regional publicada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NERUS) para o ano de 2011, no qual, pode ser encontrado os fluxos de produtos gerados pelos seus sessenta e oito (68) setores nos vinte e sete (27) estados brasileiros (HADDAD et al., 2017). E da pesquisa de Azevedo et al. (2018) que mensurou as emissões de CO₂eq para todos os estados brasileiros em 2015.

Como as duas bases de dados contemplam informação de natureza distintas, o primeiro passo foi no sentido de compatibilizar as regiões e setores. A primeira agregação pode ser vista na Tabela 3.5. Ela teve como objetivo preservar, tanto quanto possível, a alocação dos setores

em relação ao seu tipo de produção e, ao mesmo tempo, atender ao foco principal do presente estudo, na medida em que a atenção é concentrada em setores com maiores níveis de emissões de GEE. Os nomes em negrito indicam os setores considerados mais poluidores e os que não são, denotam os setores que são abrigados por eles.

A base de dados de emissões é uma síntese das diversas etapas de produção, transformação e consumo do processo energético. Leva-se em conta as emissões de energia primária (produtos energéticos providos pela natureza na sua forma natural, como petróleo, gás natural e carvão, etc), o processo de transformação em energia secundária (produtos energéticos resultantes dos diferentes métodos de transformação que possuem como destino os diversos setores de consumo) e o consumo final (AZEVEDO et al., 2018)

Após a realização da compatibilização dessas duas bases de dados, obteve-se a matriz IP Inter-Regional Híbrida com fluxos energéticos e de produtos. Porém, para se chegar na matriz IP Inter-Regional Híbrida, houveram adaptações na matriz original com o intuito de se alcançar praticidade ao aplicar a metodologia. Desta maneira, foi necessário a utilização de alguns procedimentos, como:

1. **Agregação das linhas e colunas:** com esse passo, optou-se por reduzir o número de setores através da agregação das linhas e colunas, deixando a base de dados com 14 setores principais. Segue abaixo a forma de agregação:

Tabela 4.5. Agregação dos setores

S1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	S10	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades Água, esgoto e gestão de resíduos
S2	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca		Construção
S3	Produção florestal; pesca e aquicultura		Alojamento Alimentação
S4	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	S11	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos		Transporte terrestre Transporte aquaviário Transporte aéreo Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
S5	Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo Outros produtos alimentares	S12	Edição e edição integrada à impressão Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
	Fabricação de bebidas Fabricação de produtos do fumo		Telecomunicações Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
S6	Fabricação de produtos têxteis Confecção de artefatos do vestuário e acessórios Fabricação de calçados e de artefatos de couro		Intermediação financeira, seguros e previdência complementar Atividades imobiliárias Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
	Fabricação de produtos da madeira Fabricação de celulose, papel e produtos de papel Impressão e reprodução de gravações Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	S13	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual Outras atividades administrativas e serviços complementares Atividades de vigilância, segurança e investigação
S8	Refino de petróleo e coquerias Fabricação de biocombustíveis Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos Fabricação de produtos de borracha e de material plástico Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	S14	Administração pública, defesa e seguridade social Educação pública Educação privada Saúde pública Saúde privada Atividades artísticas, criativas e de espetáculos Organizações associativas e outros serviços pessoais Serviços domésticos
	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos		
	S9		
S9	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos		

Fonte: NEREUS (2018)

2. **Agregação das regiões:** Para a construção da MIP Híbrida, fez-se necessário agregar os estados em quatro grandes regiões, são elas:

- **Região 1 - MATOPIBA:** Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia;
- **Região 2 - Resto do Norte:** Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá;
- **Região 3 - Resto do Nordeste:** Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe;

- **Região 4 - Resto do Brasil:** Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito federal.

Em que a escolha da disposição dos estados foi feita através da necessidade da pesquisa. Como a região chave do trabalho é a região do MATOPIBA, foi importante agregar esses quatro estados, o que levou também, a formulação das regiões restantes. A agregação das regiões segue a lógica das agregações dos setores.

Como os dados de energia obtidos eram de 2015 e a matriz inter-regional construída usava os dados de 2011, tornou-se necessário a atualização da matriz inter-regional para 2015 afim de se obter respostas mais coerentes. Para isso, foi utilizado o banco de dados do IBGE (2018), que contém todos os valores das produções por atividade econômica dos 27 estados brasileiros de 2010 a 2015. Dessa forma, a partir de uma proporção simples entre o valor total da produção de 2011 e de 2015, conseguiu-se realizar a correção dos valores da matriz para o ano de 2015 sem a necessidade de rebalanciamento da mesma. Com a Aplicação desse método a Matriz Inter-regional de 2011 passou a ter o mesmo ano base dos valores das emissões.

Após realização dos passos supracitados, obteve-se a matriz IP Inter-Regional Híbrida, com valores monetários e físicos (emissão de CO₂eq). De posse disso, basta aplicar a metodologia citada para se obter as elasticidades da demanda do consumo de energia e os setores-chave.

Ademais, serão utilizados os dados fornecidos pela EMBRAPA (2017) referentes às medidas de mitigação do Plano ABC principalmente aquelas que dizem respeito a recuperação de pastagens degradadas e ao plantio integrado (iLPP). Além desses, serão utilizados ainda os dados fornecidos pela Agrosatélite (2015) e o Observatório do Clima (2017) sobre as áreas degradadas aptas a recuperação para fins de produção agropecuária.

4.7. Cenários

A fim de avaliar a importância do Plano ABC como uma das principais medidas para o controle das emissões nos processos produtivos, principalmente dos setores que compõem AFOLU, fez-se necessário a construção de três cenários, sendo cada um caracterizado por certo volume de emissões de CO₂eq oriundos do setor AFOLU. As diferentes suposições foram feitas a partir de informações disponíveis no relatório “Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)” apresentado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018).

O referido relatório informa que “o Plano ABC já mitigou entre 100,21 e 154,38 milhões de toneladas de CO₂eq, no período de 2010 a 2018” (EMBRAPA, 2018).

Para a construção da MIP Inter-Regional Híbrida foi considerado o ano de 2015 por duas razões principais. Inicialmente pela necessidade de dados regionais desagregados de emissões de CO₂eq no Brasil. Para tal foi utilizado como base a pesquisa de Azevedo et al., (2018), na qual os autores avaliaram para o ano de 2015 o total de CO₂eq emitido pelos estados brasileiros. Ademais, o ano de 2015 permite considerar um período relativamente longo desde a implementação do Plano ABC, permitindo avaliar a eficácia das ações propostas na política.

- i. **Cenário 1:** representa a situação base, no qual, consideram-se as emissões dos setores que compõem o AFOLU, por estarem entre os maiores emissores de GEE no Brasil em 2015. Vale ressaltar que os dados utilizados, baseados nos cálculos de Azevedo et al. (2018), já levam em conta o total mitigado pelo Plano ABC entre os anos de 2010 e 2015.
- ii. **Cenário 2:** representa a hipótese de o Plano ABC não ter sido implementado. Dessa maneira, o nível de emissões em 2015 apresenta volume superior ao utilizado no cenário anterior. Considerando que entre 2010 e 2015 as ações do Plano ABC foram capazes de mitigar aproximadamente 100 milhões de tCO₂eq, esse valor foi adicionado ao total emitido no Cenário 1.
- iii. **Cenário 3:** propõe ações de mitigação maiores que as originais apresentadas pelo Plano ABC, constituindo um cenário otimista. Nesse caso, a questão que norteia esse cenário é: o que ocorreria caso o governo brasileiro se propusesse a mitigar cerca de 300 milhões de tCO₂eq?

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo trata da apresentação e discussão dos resultados obtidos na pesquisa com o intuito de identificar os efeitos setoriais e intersetoriais, em termos de emissões, da implementação do Plano ABC na região do MATOPIBA. A primeira seção analisa a intensidade de carbono na economia brasileira em termos das emissões oriundas do setor AFOLU, mostrando os efeitos diretos e indiretos nas emissões que seriam resultantes de aumentos na demanda final, levando em conta os três cenários elaborados para pesquisa. Na segunda seção são apresentados os valores para as elasticidades das emissões em relação a um aumento marginal (em termos percentuais) na demanda final da região do MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste). A partir destas elasticidades são identificados os setores-chave para os três cenários criados no que se refere às emissões de GEE.

5.1 Intensidade de emissões de CO₂ gerada pela economia brasileira

Essa seção tem como objetivo analisar a intensidade de emissões de GEE geradas pela economia brasileira, avaliando inicialmente os efeitos diretos e indiretos sobre as emissões ocorridos a partir da simulação de aumento na demanda final. Logo após, foram quantificadas as elasticidades das emissões, ou seja, quais os efeitos recorrentes causados pela variação percentual na demanda final sobre as emissões. Por fim foram identificados os setores-chave nas emissões de GEE.

5.1.1 Efeitos diretos e indiretos nas emissões através do aumento na demanda final

As emissões consideradas nessa seção são referentes aos setores AFOLU da região do MATOPIBA e do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste). As emissões geradas por esses setores colaboram em grande medida com o acúmulo dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, tornando-os alguns dos principais setores responsáveis por esse fenômeno no Brasil. Os resultados apresentados nessa seção são referentes às equações (25), (26) e (27) do Capítulo 4 desta pesquisa.

Como este trabalho baseia-se em análise inter-regional, é possível verificar quais são os impactos nas emissões que cada setor econômico do MATOPIBA causará nos demais setores da mesma região e também nos setores do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) para satisfazer à sua demanda. Ao mesmo tempo, identificar o impacto das emissões dos setores

do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) nos setores da sua região e do MATOPIBA.

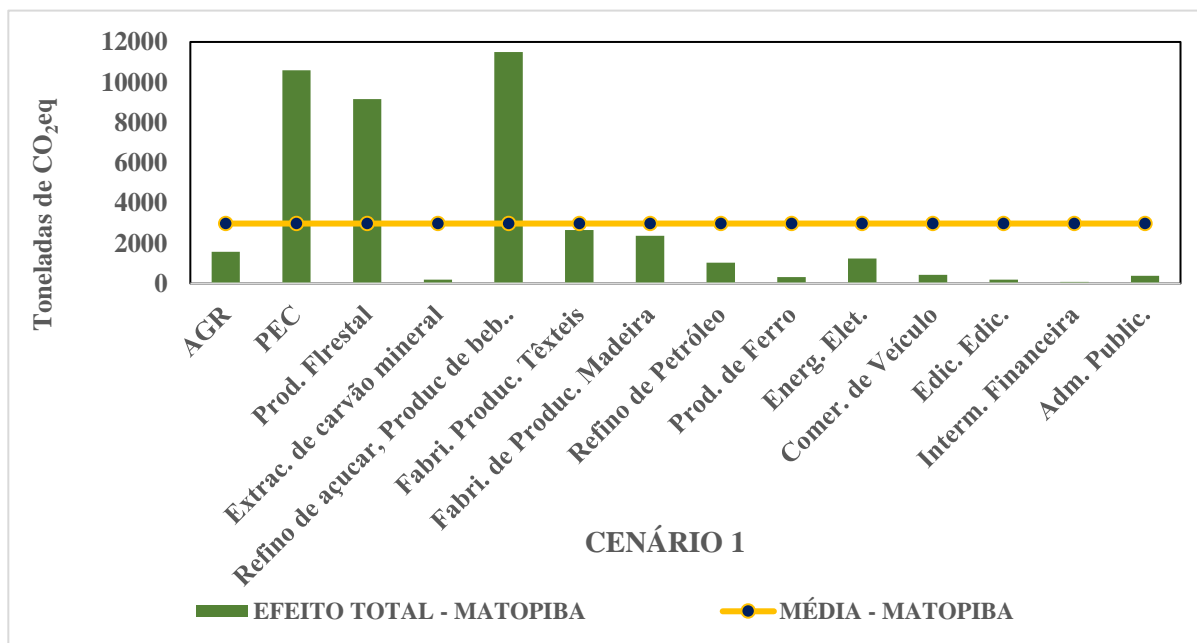
Em 2015, os estados que compõem o MATOPIBA foram responsáveis por 6,6% do PIB brasileiro (IBGE, 2017). Entretanto, esse valor não representa necessariamente a sua participação nos níveis de emissões do Brasil. Os resultados mostram que as emissões causadas pelos seus diferentes setores não dependem necessariamente da concentração de sua produção e sim das ligações intersetoriais existentes. Assim, para avaliar a relação dessas estruturas de produção com as emissões geradas principalmente pelo setor AFOLU, foi realizada a simulação referente à adição de R\$ 1 bilhão na demanda final (valor que representa aproximadamente 0,5% do PIB do MATOPIBA em 2015, segundo dados do (IBGE, 2017)). A definição desse valor foi baseada no crescimento econômico que a região vem passando nos últimos anos. Por ser permitido legalmente a abertura de novas áreas para uso econômico, O MATOPIBA passou a ser alvo de investimentos do setor privado a partir da aquisição de grandes áreas para a produção.

Ademais, o setor público expandiu a concessão de financiamento, tais como os programas MODERINFRA (Programa de Incentivo à Irrigação e à Produção em Ambiente Protegido), MODERAGRO (Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais) e PCA (Programa para Construção e Ampliação de Armazéns), (EMBRAPA, 2017). Todas essas ações têm a capacidade de dinamizar o setor agrícola da região e tornar plausível a simulação do aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final.

É importante mencionar que esta pesquisa trabalha com emissões de CO₂eq brutas. Dessa forma, os valores de emissões obtidas para o setor Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, não levam em conta o seu poder mitigador. Segundo a Embrapa (2017), o elevado rendimento na captação de CO₂ que ocorre na produção da cana-de-açúcar e o processo eficiente já existente na conversão dessa cultura em biocombustível (etanol), permite reduzir de maneira expressiva as emissões dos GEE, em comparação com o uso de outras combustíveis fósseis. Mesmo com a liberação do CO₂ ocorrendo no processo de queima da palha e bagaço, fermentação e queima do etanol nos motores, todo o processo é capaz de mitigar até 90% das suas emissões brutas (EMBRAPA, 2017).

Ao analisar o aumento em R\$ 1 bilhão na demanda final dos setores, percebe-se que os setores de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e a Pecuária (inclusive apoio à Pecuária) na região do MATOPIBA produzem conjuntamente o maior efeito total adicional na economia de sua região, apresentando o valor de aproximadamente 11,5 mil tCO₂eq para o

primeiro setor e 10,5 mil tCO₂eq para o segundo o que representa aproximadamente 51% do total adicional emitido. Estes são os setores no MATOPIBA que mais contribuem com o aumento nas emissões de GEE através do aumento na demanda final, como pode ser visto na Figura 5.1.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.1. Efeito total nas emissões de CO₂eq em toneladas na região do MATOPIBA através de um aumento na demanda final em 1 bilhão de reais.

A média de emissões por setor em relação à simulação de aumento na demanda final foi em torno de 2,9 mil toneladas. Ao considerar essa média, observa-se que os setores da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) e Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, além do setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, são os que mais contribuiriam para o aumento total das emissões no MATOPIBA, como pode ser observado na Figura 5.1.

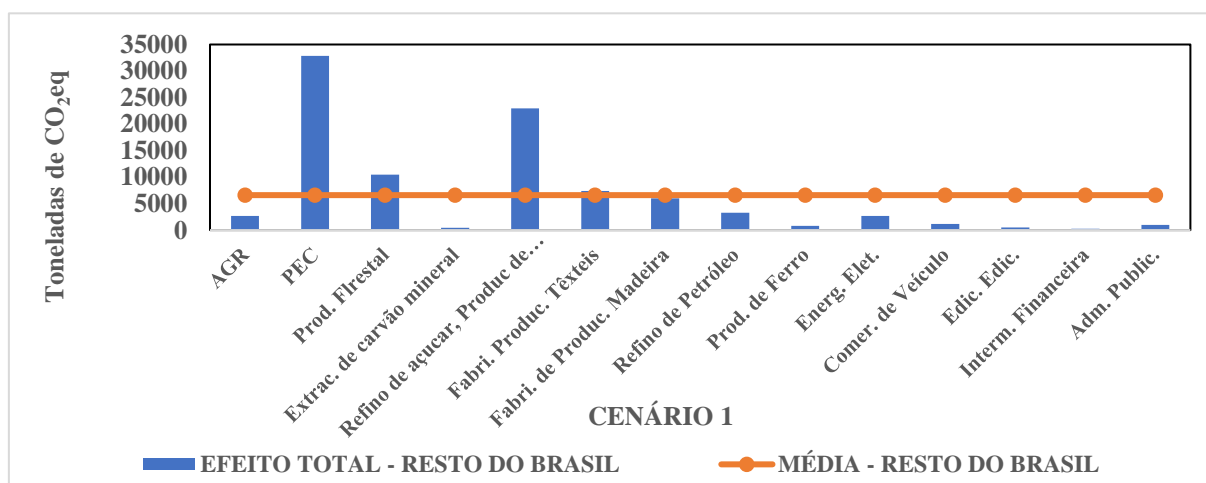
Entre 2003 e 2013 a área plantada com cana-de-açúcar no MATOPIBA aumentou cerca de 300%, o que tornou a terceira maior cultura em expansão na região (EMBRAPA, 2018). Por possuir meios de produção que envolvem o uso de grandes porções de terra, utilização intensiva da água e produtos químicos, o Refino de Açúcar acaba causando impactos negativos ao meio ambiente (SEEG, 2017). Dessa forma, todos processos que englobam a cultura do açúcar acabam se tornando grandes emissores de GEE da região, o que os tornam “potenciais candidatos” a sofrerem medidas de comando e controle pró-ambientais.

Além disso, informações da Embrapa (2016) indicam que havia mais de 26 milhões de cabeças de gado no Cerrado em 2015. Principalmente a partir da década de 1970, a atividade

pecuária extensiva, tem causado desmatamento e degradação dos solos no MATOPIBA (EMBRAPA, 2016). De modo geral, o crescimento da produção de commodities agrícolas e da pecuária em larga escala tem causado desmatamentos massivos, crescimento nas emissões de GEE, bem como mudanças nos regimes de chuvas e da temperatura em todo o Cerrado (SASSEN, 2016).

Para demonstrar a relevância do MATOPIBA em relação ao nível de emissões geradas pelo Brasil, foi construído para fins comparativos, o impacto total que o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) produz, através da simulação de aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final. O efeito total gerado ao inserir esse valor na demanda final no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) obteve a média de 6,6 mil toneladas de CO₂eq. Os setores que contribuíram com a maior parcela dessas emissões no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) foram a Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), com cerca de 33 mil tCO₂eq adicionais e o Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo com 23 mil tCO₂eq, representando conjuntamente 60% do total emitido pelo Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste): (Figura 5.2).

Em 2015, o rebanho brasileiro era composto por 193 milhões de cabeças, tornando-o o segundo maior produtor mundial de carne bovina e o maior exportador de carne do mundo. Mas, atrelado a esse fato, está a alta incidência de GEE para a atmosfera, causada tanto pela cadeia produtiva quanto pelo número elevado de ruminantes no país, correspondendo por aproximadamente 64% das emissões totais de CO₂eq oriundas da agropecuária brasileira em 2015 (SEEG, 2017).



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.2. Efeito total nas emissões de CO₂eq em toneladas através do aumento na demanda final em 1 bilhão de no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

Os outros setores com maiores níveis de emissões acima da média no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) foram Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Produção de Bebidas e Fumo, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e Fabricação de Produtos Têxteis (Figura 5.2).

Observa-se na Figura 5.2 que o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) apresenta maior número de setores intensivos em emissões, demonstrando que o aumento na demanda final de determinado setor faz essas atividades demandarem produções maiores dos demais setores e do MATOPIBA. Esse aumento na demanda desencadeia maior produção nos demais setores, acarretando efeitos amplificados nas suas emissões, o que gera impactos totais superiores em toda a economia. Porém, é importante ressaltar que esse impacto foi maior pelo fato das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste comporem a região em questão.

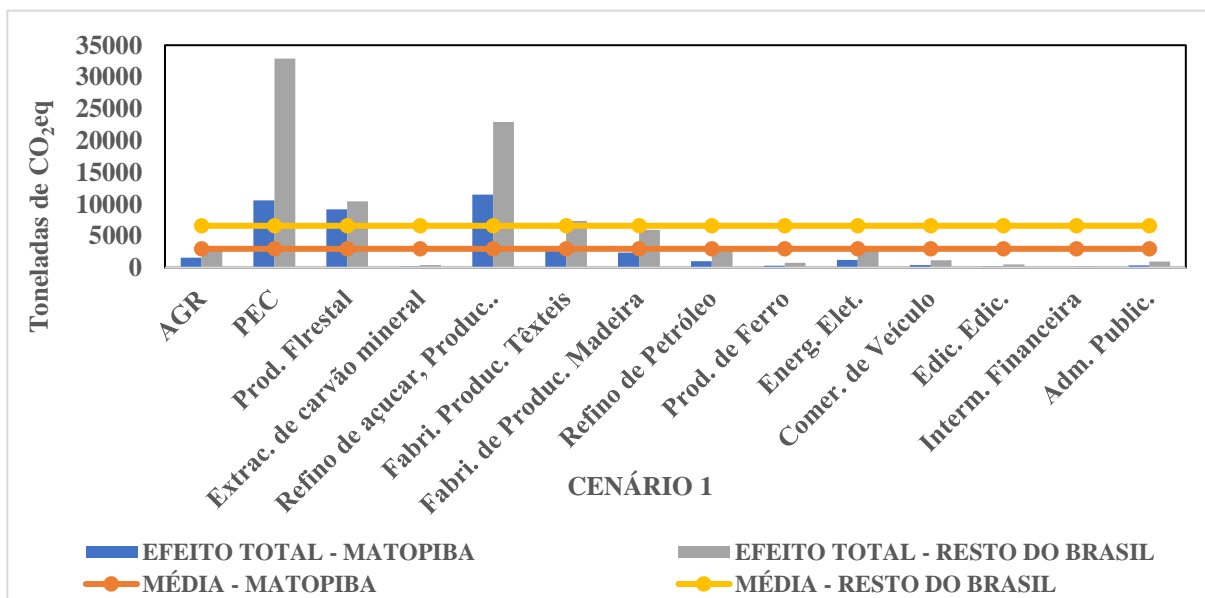
Feita essas considerações, a análise segue verificando qual é a participação que as emissões do MATOPIBA possuem no efeito total gerado. Optou-se por utilizar os setores que obtiveram o maior efeito total no MATOPIBA, comparando-os com os mesmos setores no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), afim de se obter qual foi o impacto total que os setores mais relevantes do MATOPIBA provocaram nas emissões adicionais brasileiras. A partir disso, constatou-se que o setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo bem como a Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) do MATOPIBA participaram com 16% nas emissões totais adicionais geradas em todo Brasil em 2015, evidenciando a importância dos mesmos para aplicação de políticas de controle das emissões.

Um dos principais gargalos nas emissões oriundas do setor de Refino de Açúcar se encontra em suas usinas, onde o processamento da cana-de-açúcar é realizado a partir do uso intensivo de água, reativos químicos e biológicos, resultando em resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A necessidade energética é suprida pela queima do bagaço da cana, contribuindo assim com a elevação dos níveis de GEE gerados por este setor (AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA - AGEITEC, 2015).

Dessa forma, é necessário a criação de métodos de controle de emissões nesse setor. Papp et al., (2016) apresentam orientações sobre a aplicação da técnica CCS (Carbon Capture and Storage), ação capaz de capturar o CO₂ proveniente do processo de fermentação da cana-de-açúcar em etanol e depositá-lo em aquíferos salinos que, a partir do balanço energético, reduzem-se as emissões a ponto de torná-las negativas. Porém, para que a técnica seja disseminada, faz-se necessário a presença de iniciativas governamentais para a viabilização dessa tecnologia.

Ao comparar o efeito total com o do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) em 2015, observa-se que a participação nas emissões adicionais do MATOPIBA corresponde a aproximadamente 22% do total gerado adicionalmente em todo o país, conforme pode ser visto na Figura 5.3. O que confirma a real importância dessa região para todo país, pois o nível elevado de emissões é reflexo da intensidade produtiva que o MATOPIBA está alcançando. Dessa maneira, esse resultado tem a capacidade de demonstrar, que as emissões não são geradas apenas pela produção direta dos setores, mas também pelas necessidades intersetoriais existentes.

É possível notar também que os setores que estão mais profundamente ligados aos segmentos que compõem o AFOLU no MATOPIBA possuem grande participação no impacto total, como observado em todo o Brasil (Figura 5.3). Esses resultados apresentam a importância que as ações pró-ambientais teriam no MATOPIBA, principalmente nos setores que compõem o AFOLU, para a mitigação das emissões de GEE, já que essa região contribui com quantidades consideráveis de emissões.

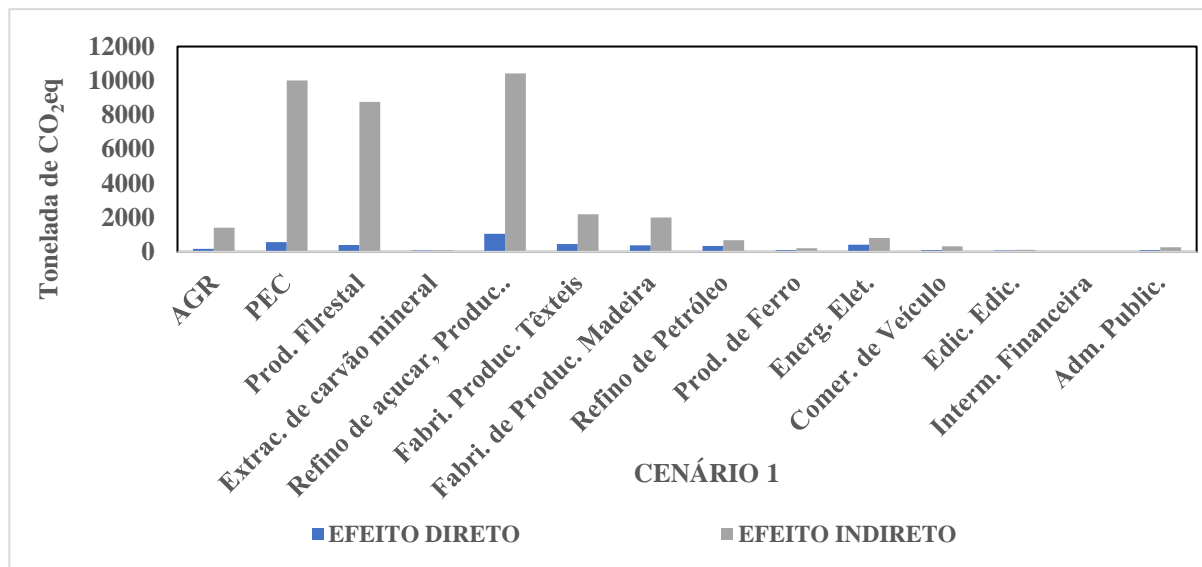


Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.3. Efeito total nas emissões de CO₂eq em toneladas através do aumento na demanda final em 1 bilhão de reais no MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

No entanto, para efeitos de política, é necessário realizar uma análise de processos. Ou seja, é importante avaliar não somente os efeitos totais, mas identificar os efeitos diretos e indiretos sobre as emissões causados pelo incremento simulado de R\$ 1 bilhão na demanda final. O impacto direto é referente ao efeito gerado a partir do crescimento nas emissões, através do aumento na produção total para atender diretamente ao consumo da demanda final. Já o

efeito indireto é o impacto nas emissões para atender ao consumo intermediário dos vários setores da economia nas regiões consideradas nesta pesquisa. É possível visualizar na Figura 5.4 cada um desses efeitos na região do MATOPIBA.

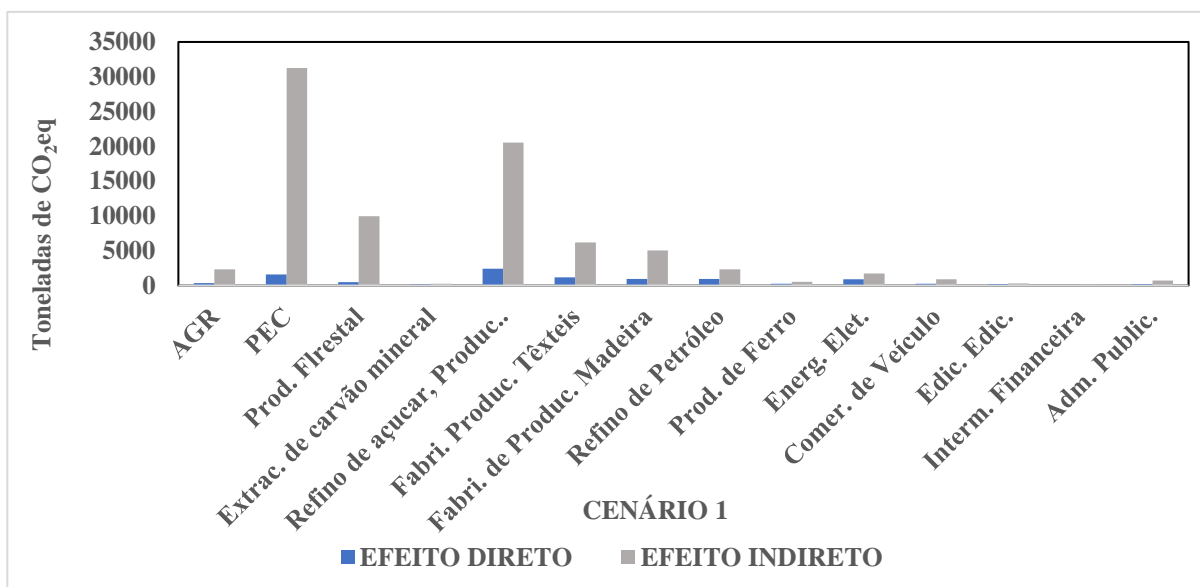


Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.4. Efeito direto e indireto nas emissões de CO₂eq em toneladas através do aumento na demanda final em R\$ 1 bilhão na região do MATOPIBA.

Ao considerar apenas os maiores poluidores, observa-se que os setores da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo no MATOPIBA possuem suas emissões adicionais determinadas, majoritariamente, para atender à demanda intermediária. Assim, a variação de R\$ 1 bilhão na demanda final faz com que 94% da geração adicional de CO₂eq no setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo por exemplo seja para satisfazer apenas à sua demanda intermediária. Nota-se que em todos os setores do MATOPIBA os efeitos diretos são baixos, evidenciando que pouco das emissões adicionais surgem para satisfazer à demanda final.

Os setores da Pecuária (inclusive o apoio à Pecuária), Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo mostraram-se como os principais emissores de GEE no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) a partir da inserção de R\$ 1 bilhão na demanda final. Esse resultado é semelhante àquele obtido para a região do MATOPIBA, como é possível verificar na Figura 5.5.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.5. Efeito direto e indireto nas emissões de CO₂eq em toneladas através do aumento na demanda final em R\$ 1 bilhão no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

Similar ao que ocorre no MATOPIBA, os setores do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) aumentam suas emissões principalmente para atender à sua demanda intermediária. Ao observar, por exemplo, o setor da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), verifica-se que produz adicionalmente cerca de 86% de CO₂eq para suprir a demanda final do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste). Ao mesmo tempo, de forma parecida ao que foi observado na região do MATOPIBA, pouco das emissões adicionais são geradas para compor a demanda final.

Dessa maneira, os resultados demonstram que caso sejam desenvolvidas novas políticas utilizando medidas pró-ambientais, seu foco deve priorizar a demanda intermediária, isto é, as ações devem ser setoriais. Conforme mostram os resultados desta pesquisa, tanto no MATOPIBA quanto no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), os setores que requerem maior atenção são aqueles que formam o AFOLU.

5.1.2 Efeitos diretos e indiretos nas emissões a partir do aumento na demanda final, uma análise através de cenários alternativos.

Esta pesquisa inovou ao analisar quais seriam os efeitos totais, diretos e indiretos, em termos de emissões de GEE, resultantes de expansão simulada de aumento da demanda em diferentes cenários de emissões com e sem o Plano ABC. Portanto, essa subseção apresentará como os efeitos diretos e indiretos se comportaram ao simular no modelo os cenários sem o

Plano ABC (Cenário 2) e com um plano contendo ações mais rígidas em relação as mitigações de CO₂eq (Cenário 3).

5.1.2.1 Cenários 2 e 3: análise dos Efeitos Totais – MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste)

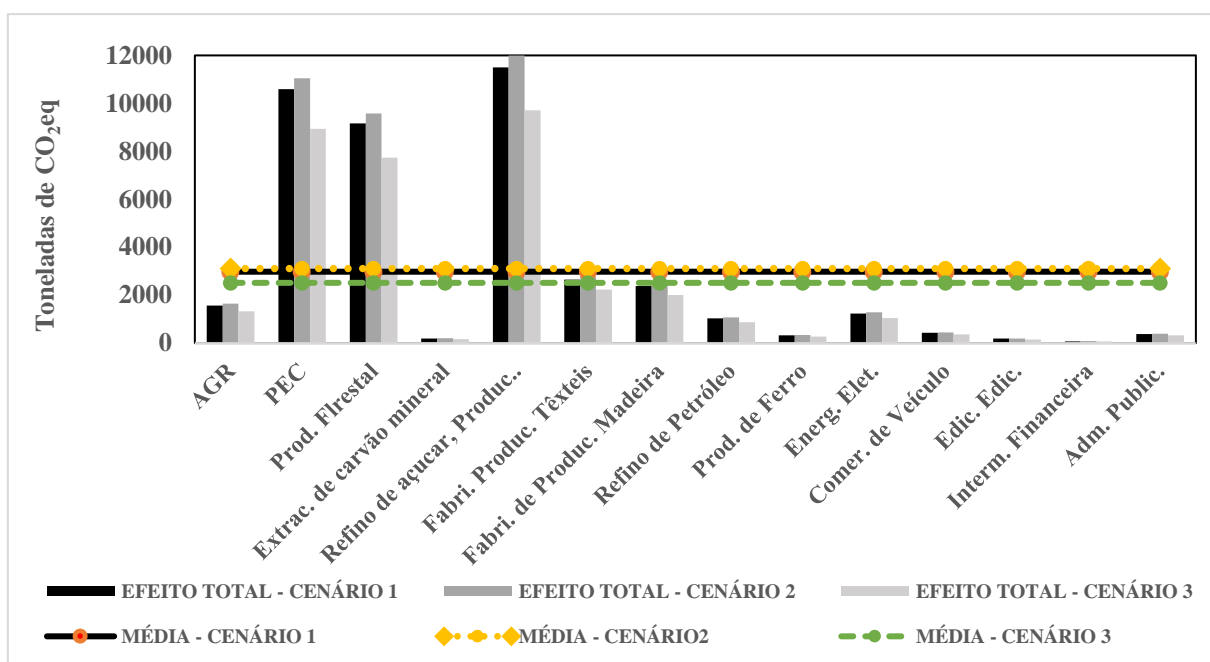
Em 2018, por meio do desenvolvimento das ações contidas no Plano ABC, mais de 150 milhões tCO₂eq já haviam sido mitigadas, ao custo de aproximadamente R\$ 17 bilhões advindos dos recursos do programa (MAPA, 2018). Os principais benefícios obtidos a partir do financiamento foram o cumprimento de 70% da meta estipulada para a recuperação das áreas degradadas, além da ampliação de área de florestas em 1,1 milhões de hectares. A partir dos dados citados, foi possível construir o cenário contrafactual, indicando quais seriam os níveis de emissões no ano de 2015 caso o Brasil não tivesse conseguido cumprir com as metas propostas. Nesse sentido, foi considerado para esse estudo que de 2010 a 2015 as ações do Plano ABC teriam conseguido mitigar cerca de 100 milhões de tCO₂eq.

Esse cenário contrafactual foi denominado nessa pesquisa como Cenário 2. Ele contém em suas emissões a quantidade emitida já existente no Cenário 1 (situação analisada na subseção anterior) acrescida desses 100 milhões de tCO₂eq, que teriam sido mitigados até 2015, a fim de se analisar quais seriam as consequências ocorridas nos efeitos totais ao considerar a política pró-ambiental no modelo. A distribuição dessa nova parcela de emissões foi realizada de maneira proporcional, considerando o total produzido pelos setores e, conseqüentemente, cada estado.

A partir do novo nível de emissões, realizou-se novamente a simulação de aumentos de R\$ 1 bilhão na demanda final. Nota-se que o setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e o setor da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) na região do MATOPIBA continuariam possuindo o maior efeito total nas emissões, como o encontrado no Cenário 1. No entanto, houve crescimento no efeito total gerado por esses setores em cerca de 4%, totalizando aumento nas emissões de 500 toneladas de CO₂eq. Houve também crescimento na média de emissões por setor em aproximadamente 132 toneladas ou 5% em relação ao que se verifica no Cenário 1, como pode ser visto na Figura 4.6. Esses resultados apresentam a importância de se utilizar ações sustentáveis nas várias formas de produção. Os dados evidenciam reduções nas emissões em todos os setores ao considerar no modelo as ações pró-ambientais do Plano ABC, comprovando a geração dos impactos positivos causados por suas medidas de mitigação.

A Figura 4.6 apresenta o comparativo entre os efeitos totais ocorridos no MATOPIBA nos Cenários 1 e 2 acrescidos de novo cenário, chamado de Cenário 3. Tal cenário foi

desenvolvido com o intuito de analisar quais seriam os impactos na geração de emissões caso o Brasil propusesse um plano de mitigação mais rigoroso. Sua principal diferença em relação aos outros dois cenários é a redução de 300 milhões de toneladas de CO₂eq, no modelo (a distribuição desse novo nível de emissões foi feita conforme os procedimentos realizados no Cenário 2). O objetivo principal aqui, foi verificar quais seriam os efeitos nas emissões setoriais de CO₂eq no MATOPIBA e no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), caso o país tivesse essa redução nos níveis de emissões (Figura 5.6).



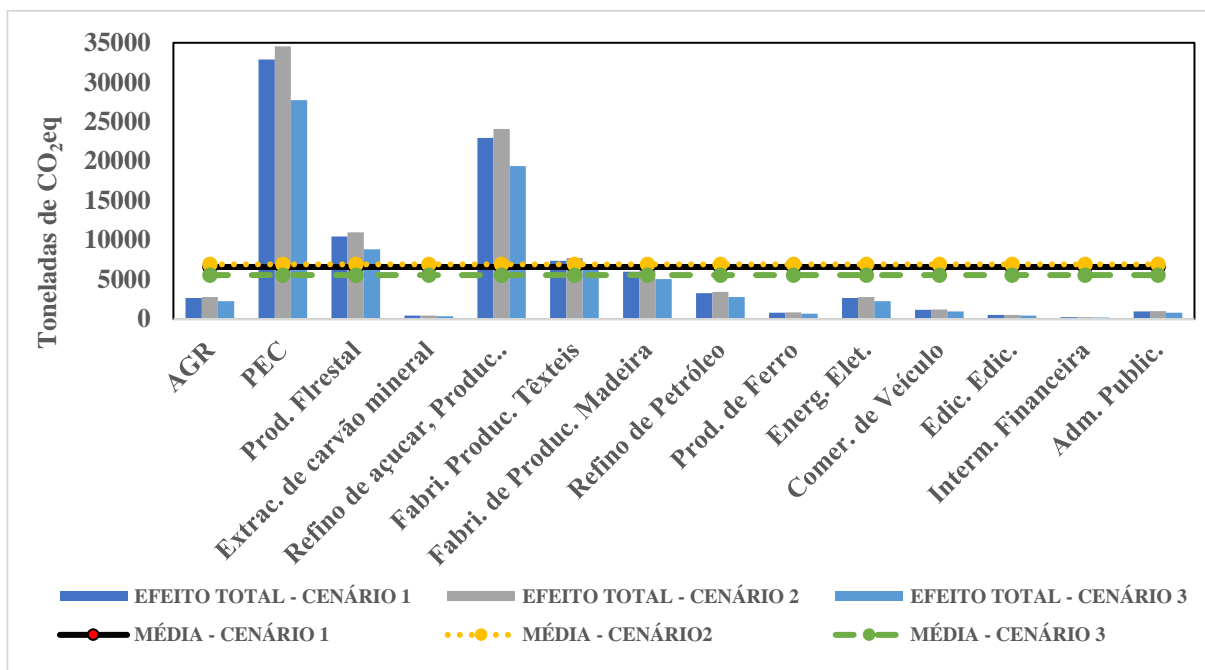
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.6. Efeito total nas emissões de CO₂eq em toneladas em todos os cenários através do aumento na demanda final em R\$ 1 bilhão no MATOPIBA.

É possível observar na Figura 5.6 que em todos os setores do MATOPIBA no Cenário 3 o efeito total nas emissões através do aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final seria menor. As principais quedas nas emissões ocorreriam nos setores da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, que de modo geral teriam emissões 19% menores em relação ao nível encontrado no cenário sem o Plano ABC (Cenário 2). Ademais, a média de emissões por setor cairia em cerca de 600 toneladas de CO₂eq ou aproximadamente 20%.

Realizado a mesma análise para o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), verificou-se que, ao aplicar o nível de emissões do Cenário 2, e comparando-o com o cenário com o Plano ABC, houve mudanças consideráveis no efeito total das emissões resultante do

aumento de R\$ 1 bilhão na demanda final. O efeito total no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) indicou aumentos nas emissões em torno de 4,8% nos quatro setores com maior nível de emissões e crescimento de 4% na média emitida por setor sendo o equivalente ao crescimento de 330 toneladas de CO₂eq, como pode ser observado na Figura 5.7. Ao verificar as alterações ocorridas ao confrontar os Cenários 2 e 3, observou-se redução nas emissões totais dos principais setores do cenário 3 em cerca de 18% representando queda de 6 mil tCO₂eq.



Fonte: Resultados da pesquisa.

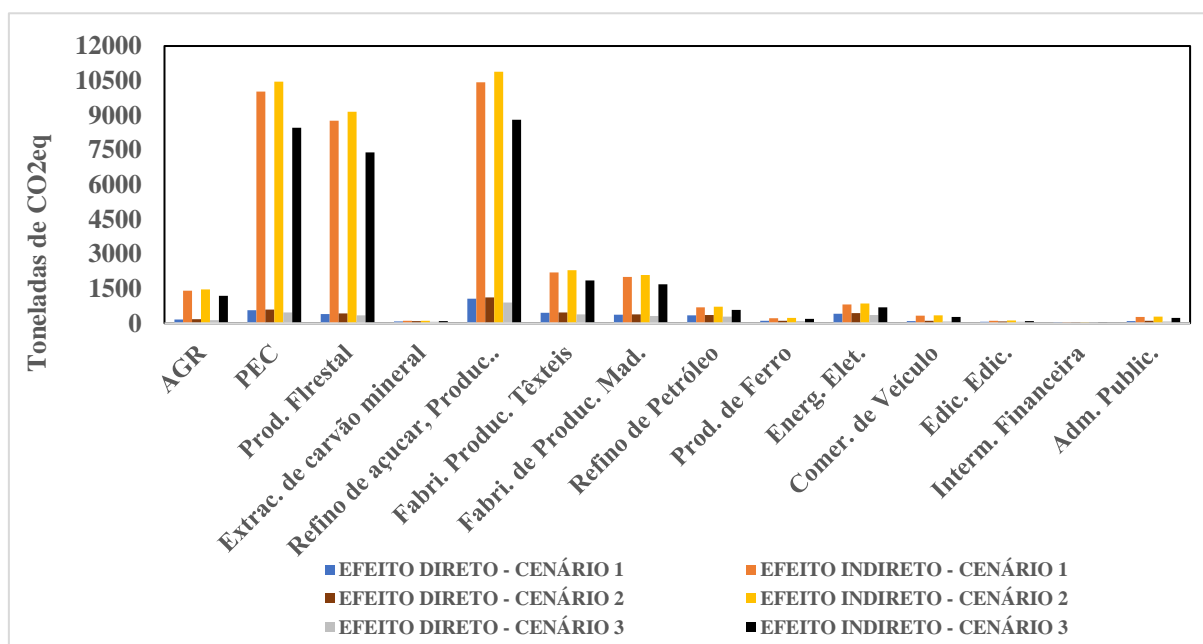
Figura 5.7. Efeito total nas emissões de CO₂ em toneladas em todos os cenários através do aumento na demanda final em R\$ 1 bilhão no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

Esses resultados comprovam a importância da intensificação das políticas pró-ambientais de mitigação das emissões de GEE. Observa-se que além da redução nas emissões gerais de CO₂eq imposta ao modelo, tanto o MATOPIBA quanto Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) obtiveram mudanças nos níveis de emissões setoriais separadamente, demonstrando a capacidade de transformação produtiva que os setores são levados a adquirir para o cumprimento das políticas ambientais.

5.1.2.2 Cenários 2 e 3, mensuração dos Efeitos Diretos e Indiretos – MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

É importante realizar também a análise sobre a magnitude dos efeitos diretos e indiretos para o MATOPIBA e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) nos Cenários 2 e 3. Isso possibilitará a melhor compreensão dos efeitos totais. Assim, verifica-se o comportamento das emissões na demanda final e intermediária no caso em que não haja a redução das emissões (Cenário 2) e caso houvesse uma política mais intensiva de redução de CO₂eq na economia, (Cenário 3).

Ao considerar novamente os maiores poluidores para os Cenários 2 e 3, observa-se que os setores da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo no MATOPIBA continuam gerando suas emissões adicionais para atender, majoritariamente, à demanda final intermediária. Ao considerar o setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo no Cenário 2, a geração adicional de CO₂eq para satisfazer à demanda intermediária é 4% maior em relação ao Cenário 1, como pode ser visto na Figura 5.8.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.8. Efeito direto e indireto nas emissões de CO₂eq em toneladas nos cenários 2 e 3 através do aumento na demanda final em R\$ 1 bilhão no MATOPIBA.

Ao mesmo tempo, é possível observar na Figura 5.8 que, no Cenário 3, a quantidade adicional de emissões para satisfazer à demanda intermediária do setor de Refino de Açúcar e

Produção de Bebidas e Fumo se reduz em 16% em relação ao cenário que não leva em conta o Plano ABC. Esse recuo nas emissões através de um plano mais rígido representa a necessidade que os setores da demanda intermediária, bem como os componentes da demanda final, terão caso ocorresse essa política. Seria necessário modificar suas estruturas produtivas ou modos operantes para o cumprimento das novas políticas. Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas produtivas sustentáveis ambientalmente apresenta-se como necessárias para o cumprimento das metas caso sejam definidos objetivos pró-ambientais mais acentuados.

Nota-se também a permanência dos níveis mais baixos dos efeitos diretos em todos os setores do MATOPIBA, mesmo havendo modificações nas quantidades emitidas de GEE (Figura 4.8). Isto é, os dados da Figura 5.8 evidenciam que as políticas não devem se preocupar apenas com a redução das emissões, mas também em quais setores essas ações deverão ser inseridas para se obter os melhores resultados.

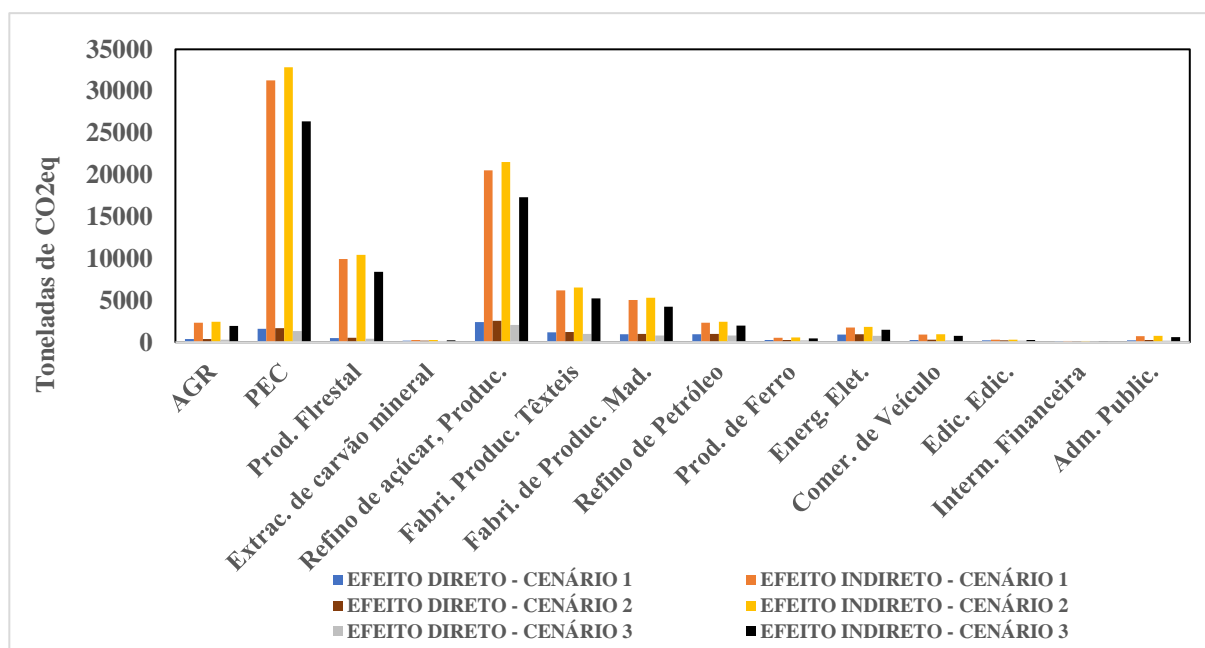
Esta pesquisa identificou que no ano de 2015, os maiores gargalos em relação às emissões vêm, principalmente, dos setores que compõem a demanda intermediária no MATOPIBA. Ou seja, ao considerar as emissões do setor AFOLU, a geração de CO₂eq é quase que completamente formada para compor os efeitos indiretos, como pode ser visto na Figura 5.8.

Em decorrência disso, ao analisar de maneira contrária, foi identificado também quais são os setores mais adequados para a aplicação de medidas pró-ambientais, por apresentarem os maiores níveis de emissões. Como os resultados demonstraram os setores ligados à agropecuária como os maiores poluidores, comprova-se que a continuidade das ações previstas no Plano ABC seria muito importante para o controle das emissões de GEE no MATOPIBA e em todo o país.

Ao utilizar os Cenários 2 e 3 para a verificação dos efeitos diretos e indiretos no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), observa-se que a inserção de R\$ 1 bilhão na demanda final dos setores causa também maiores efeitos indiretos do que diretos, isto é, os setores aumentam suas emissões principalmente para atender à demanda intermediária. Esses resultados podem ser visualizados na Figura 5.9.

A parcela destinada aos efeitos indiretos no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) sofre algumas alterações ao analisar os Cenários 2 e 3. Utilizando como exemplo o setor da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) no cenário sem Plano ABC, observa-se que cerca de 95% do CO₂eq emitido adicionalmente é gerado para suprir a demanda intermediária do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), comparando os níveis adicionais dos

Cenários com e sem Plano ABC, observa-se o crescimento de 5% nas emissões geradas para suprir as novas demandas. Ao considerar o Cenário 3, ocorre queda de 20% nas emissões indiretas em relação ao cenário sem Plano ABC, evidenciando melhores resultados ambientais em termos de demanda intermediária ao utilizar um objetivo mais rigoroso em relação à redução de emissões.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.9. Efeito direto e indireto nas emissões de CO₂eq em toneladas nos cenários 2 e 3 através do aumento na demanda final em R\$ 1 bilhão no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

Os cenários desenvolvidos nesta pesquisa são capazes de apresentar as possíveis implicações que políticas ambientais teriam nos setores. Nesse sentido, os Tabelas 4.1 e 4.2 foram gerados afim de apresentar os principais resultados encontrados nessa subseção em relação as medidas pró-ambientais.

Tabela 5.1. Principais resultados, Impacto Total – MATOPIBA.

MATOPIBA			
	C2. SEM PLANO ABC	C1. COM PLANO ABC	C3. COM PLANO ABC +
IMPACTO TOTAL (tCO₂eq)	43527,47	41687,35	35196,56
	↑ 4,5%	-	↓ 20%
PRICIPAL SETOR EMISSOR	ALTERAÇÕES NOS NÍVEIS EMITIDOS		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↑ 4,0%	-	↓ 19,0%
Pecuária	↑ 4,3%		↓ 19,2%
	IMPACTO INDIRETO		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↑ 4,5%	-	↓ 16,0%
Pecuária	↑ 4,2%		↓ 17,0%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 5.2. Principais resultados, Impacto Total – Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Resto Nordeste).

Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste)			
	C2. SEM PLANO ABC	C1. COM PLANO ABC	C3. COM PLANO ABC +
IMPACTO TOTAL (tCO₂eq)	96987,8	92333,2	77955,6
	↑ 5,1%	-	↓ 19,0%
PRICIPAL SETOR EMISSOR	ALTERAÇÕES NOS NÍVEIS EMITIDOS		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↑ 5,0%	-	↓ 18,0%
Pecuária	↑ 5,1%		↓ 20,0%
	IMPACTO INDIRETO		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↑ 4,5%	-	↓ 20,4%
Pecuária	↑ 4,9%		↓ 20,8%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

De modo geral, foram apresentados os impactos positivos do Plano ABC em relação à mitigação de GEE no Brasil. Nessa seção demonstrou-se que, ao impor restrições maiores nas emissões geradas tanto pelo MATOPIBA quanto pelo Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), o modelo exibiu queda substancial nos efeitos indiretos, ou seja, os setores que possuem maiores níveis de emissões tenderam a reduzir substancialmente suas emissões para cumprirem com o objetivo proposto. Mas a imposição de objetivos ambientalmente sustentáveis por si só não é capaz de fomentar a redução nos níveis de emissões. Para isso é necessário o desenvolvimento de técnicas de produção menos emissoras. Assim, é possível indicar que, os investimentos em pesquisas abordando práticas sustentáveis não pode cessar.

Na próxima seção as análises serão complementadas pela quantificação das elasticidades de emissões, isto é, das emissões resultantes de uma variação percentual na demanda final.

5.2 Elasticidades de emissões inter-regionais e identificação dos setores-chave

Como visto no Capítulo 4, o cálculo das elasticidades utiliza a matriz Insumo-Produto Inter-Regional Híbrida, na qual os valores são medidos em unidades monetárias e físicas. Dessa forma, essa análise apresenta resultados semelhantes, mas não idênticos, aos resultados obtidos para os efeitos diretos e indiretos realizados na subseção anterior.

O cálculo das elasticidades gera uma matriz na qual cada um dos elementos presentes em determinada coluna apresenta a parcela do impacto direto e indireto do aumento de um ponto percentual na demanda final pela produção realizada por um setor específico em cada um dos setores. Assim, a soma das entradas de determinada coluna permite auferir o impacto total nas emissões, ou seja, o efeito nas emissões da economia gerado pelo aumento de um ponto percentual na demanda final de algum outro setor.

De forma semelhante, cada elemento de dada linha da matriz de elasticidades representa a contribuição de determinado setor no crescimento das emissões do setor analisado. A soma ao longo de determinada linha apresenta o impacto distributivo, ou seja, a emissão que seria gerada em certo setor caso a demanda final de cada um dos setores fosse acrescida em um ponto percentual.

5.2.1 Mensuração dos Impactos Totais e Distributivos e identificação dos Setores-Chave nos Cenários 1, 2 e 3 – MATOPIBA.

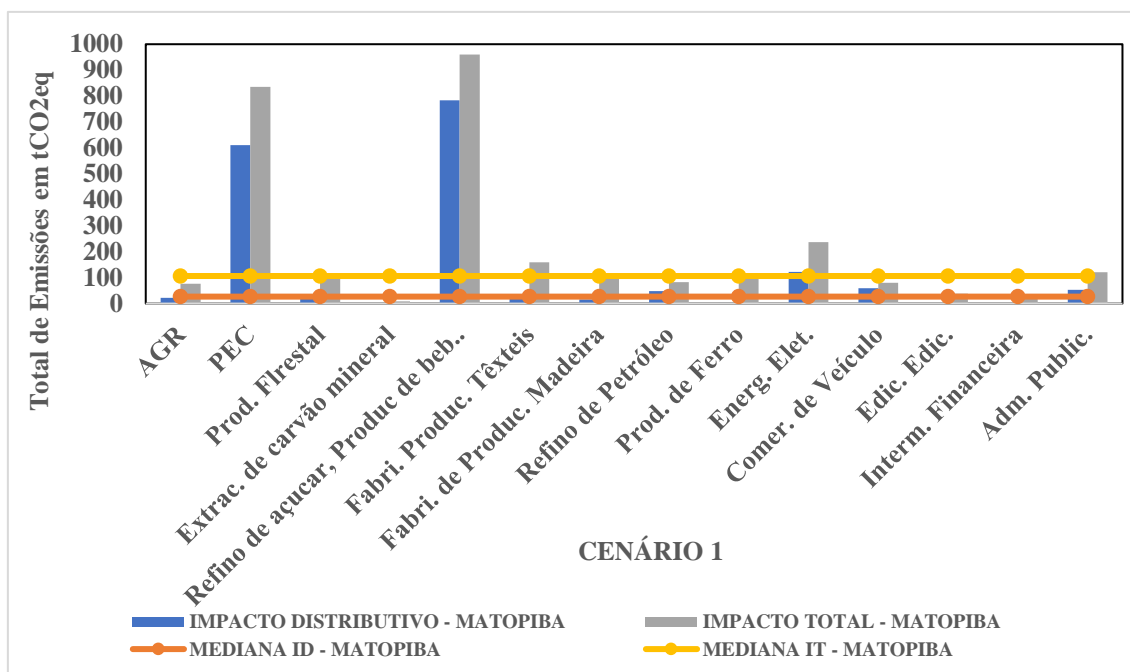
Conforme a seção 4.4.1 desta pesquisa, foram calculadas as equações (41), (42) e (43), demonstrando que os setores com maior impacto total são aqueles que carregam as emissões dos outros setores acima da mediana da economia, a partir do aumento de um ponto percentual na sua demanda final. Na região do MATOPIBA, ao considerar as emissões provenientes do setor AFOLU, para o Cenário 1, a mediana encontrada para o impacto distributivo (ID) foi 17,8 toneladas de CO₂eq adicionais em resposta ao acréscimo da demanda final, enquanto que para o impacto total (IT) a mediana ficou em 18,9 toneladas de CO₂eq. A Tabela 5.3 foi utilizada como referência para classificar as atividades no MATOPIBA no Cenário 1.

Tabela 5.3. Classificação dos setores no MATOPIBA, Cenário 1

MATOPIBA C.1	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Refino de petróleo e coquearias. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas. I	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Produção florestal pesca e aquicultura. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Administração pública, defesa e seguridade social. II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. III	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Fabricação de produtos têxteis. Fabricação de produtos da madeira. IV

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os setores Pecuária (inclusive Apoio à Pecuária), Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Energia Elétrica e Administração Pública, Defesa e Seguridade Social são os setores-chave no que diz respeito às emissões. Eles são pressionados a emitir mais quando a demanda dos demais setores aumenta e, ao mesmo tempo, forçam os outros setores a emitirem quando sua própria demanda aumenta. Conforme é possível observar na Figura 5.10, os setores-chave que mais emitem CO₂eq são os de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, com IT e ID iguais a 959,9 e 783 tCO₂eq, respectivamente, e a Pecuária, com IT igual a 835 tCO₂eq e ID igual a 611,4 tCO₂eq.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.10. Impactos total e distributivo para os setores da região do MATOPIBA, Cenário 1.

Os resultados obtidos têm respaldo nas informações apresentadas pelo IPEA (2017) e Agrosatélite (2015), segundo os quais em 2015 a cana-de-açúcar foi a terceira maior cultura anual produzida no Brasil, ficando atrás apenas da soja e do milho. Esse fato se mostrou verdadeiro também para a região do MATOPIBA, que vem se destacando na expansão dessa cultura para a produção de etanol desde 2003. Porém, tal crescimento produtivo trouxe consigo consequências negativas, como a grande quantidade emitida de GEE em suas etapas de produção. Segundo Papp et al., (2016), com a produção brasileira de etanol em torno de 30 bilhões de litros, gera-se aproximadamente 24 milhões de toneladas de CO₂eq. Daí a importância de fomentar tecnologias de produção mais limpas, como a Carbon Capture and Storage (CCS), o que poderia, inclusive, valorizar o etanol brasileiro.

Em 2015, cerca de cinco milhões de hectares do Cerrado foram destinados ao plantio de cana-de-açúcar (Agrosatélite, 2015). Assim, o aumento rápido das áreas cultivadas dessa cultura pode explicar os resultados encontrados neste trabalho, que o apontou como um dos setores-chave. Verifica-se, a partir da Figura 5.10, que esse setor possui os maiores impactos distributivos e totais encontrados na região do MATOPIBA.

O ID elevado evidencia que seus efeitos sobre as emissões da produção adicional para atender à demanda dos demais setores que necessitam satisfazer à nova demanda final, concentra-se nesse setor. Isso ocorre através da geração em larga escala do seu produto final, que apresenta grande importância econômica para o país. Além disso, o alto valor do IT

apresentado demonstra que esse setor aumenta suas emissões por conta do aumento da produção que atende diretamente à demanda final. Esse resultado comprova a importância que o segmento possui na região de estudo, por ser um dos mais importantes no atendimento da expansão exigida na demanda final. Esses resultados apresentados estão em acordo com as informações de aumento produtivo e de áreas cultivadas apresentadas por Agrosatélite (2015) e IPEA (2017) nos últimos anos por essa cultura na região do MATOPIBA.

Em 2015 o Brasil apresentou o maior rebanho bovino do mundo, com cerca de 193 milhões de cabeças, tornando esse setor um dos maiores emissores de GEE do país (EMBRAPA, 2017). As excelentes condições para a produção da bovinocultura de corte e de leite nos estados que compõem o MATOPIBA tornaram a região alvo importante para os produtores, o que pode explicar o fato desse setor ter se tornado setor-chave (EMBRAPA, 2017). Esse setor foi apontado no modelo como o segundo maior gerador de ID e IT, concedendo-lhe características semelhantes aos da produção de cana-de-açúcar.

Contudo, o desenvolvimento desses segmentos na região, somado à permissão legal que o Código Florestal confere aos produtores rurais em relação ao desmatamento de 80% da vegetação nativa, acabou causando sérios impactos ambientais na região. Isso pode ser confirmado pelo alto nível de emissões de GEE e a perda da biodiversidade local através do desmatamento para a criação dos mais de 26 milhões de cabeças de gado e para a produção da soja, milho e cana-de-açúcar (Vieira et al., 2017; e IPEA 2017). Dessa forma, pode-se entender que a importância econômica dos setores agropecuários na região acabou tornando-os também os maiores emissores adicionais de GEE.

Outra análise de setores-chave foi realizada utilizando o Cenário 2, afim de se verificar quais seriam as modificações na estrutura econômica dos setores e nos níveis de emissões caso o Brasil não tivesse se comprometido em reduzir os seus níveis de emissões através das ações do Plano ABC. A Tabela 5.4 foi usada como referência para classificar as atividades no MATOPIBA considerando as emissões provenientes do setor AFOLU no Cenário 2.

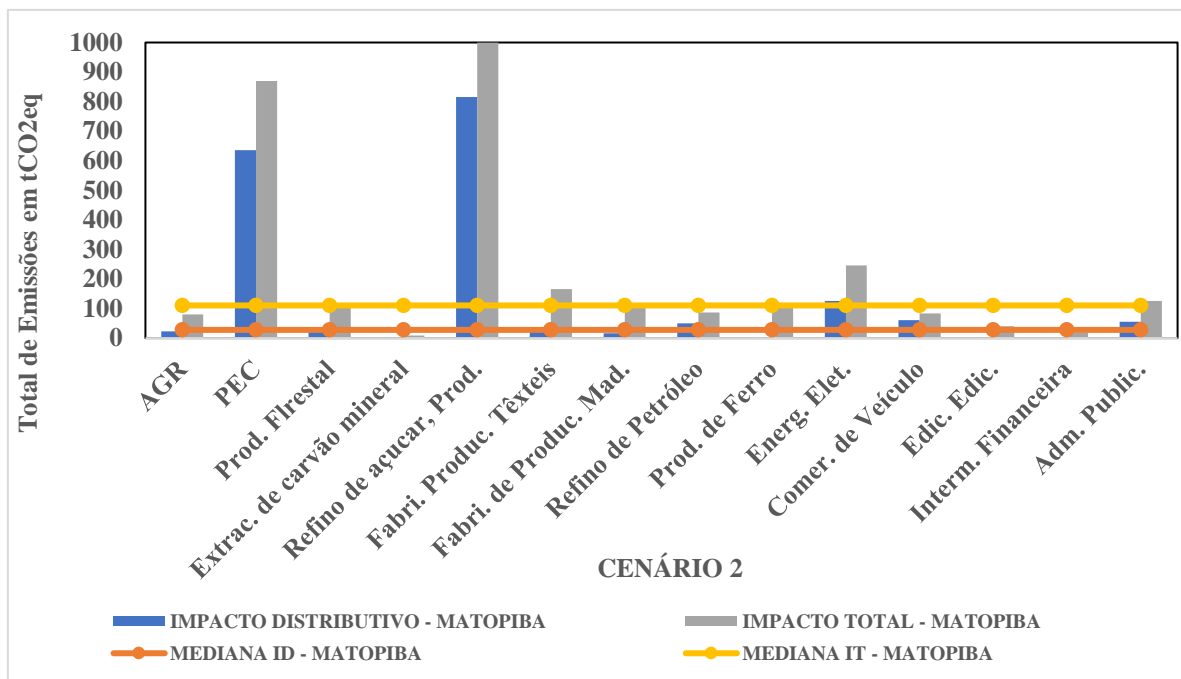
Tabela 5.4. Classificação dos setores no MATOPIBA, Cenário 2

MATOPIBA C.2	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Refino de petróleo e coquearias. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas. I	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Produção florestal pesca e aquicultura. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Administração pública, defesa e seguridade social. II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. III	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Fabricação de produtos têxteis. Fabricação de produtos da madeira. IV

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os setores Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Energia Elétrica e Administração Pública, desse novo cenário continuam sendo os mesmos setores-chave do Cenário 1. A análise demonstra que esses setores continuariam sendo os maiores poluidores caso não houvesse as ações do Plano ABC, mas de maneira mais acentuada, já que é possível observar aumentos em seus níveis de emissões.

Conforme mostra a Figura 5.11, o setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo possui valores de IT igual a 1000 e ID igual a 815 tCO₂eq, enquanto que a Pecuária possui valor de IT igual a 869 e ID igual a 636 tCO₂eq. Ao analisar os valores dos impactos total e distributivo dos Cenários 1 e 2, pode-se averiguar qual seriam as variações percentuais nas emissões caso não houvesse o Plano ABC. O setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo apresentou crescimento de 4,1% para o IT e 3,9% para o ID, enquanto que no setor Pecuário o aumento foi de 4% para ambos.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.11. Impactos total e distributivo para os setores da região do MATOPIBA, Cenário 2.

A elaboração desses cenários permitiu outras possibilidades de análises fora a classificação dos setores-chave e a mensuração dos impactos totais e distributivos. Como a MIP construída constitui-se de um modelo híbrido inter-regional, foi possível também classificar os setores-chave para as outras três regiões (Resto do Norte, Resto do Nordeste e Resto do Brasil) além da região do MATOPIBA. Seguindo ao foco principal da pesquisa, optou-se por apresentar apenas os dados da região de interesse, o MATOPIBA. Contudo, torna-se interessante identificar se houve ou não alterações na estrutura setorial ao considerar no modelo outros níveis de emissões.

Ao confrontar os resultados do Cenário 2 em relação ao Cenário 1, observou-se algumas modificações no sistema de classificação setorial. Retomando as observações contidas na Tabela 4.4 do Capítulo 4, a classificação dos setores é apresentada através de quatro quadrantes distintos, em que cada um deles é classificado conforme os valores dos impactos totais e distributivos em relação às suas medianas de emissões de cada região.

Dessa forma, ao comparar os resultados obtidos no Cenário 2, com os resultados encontrados no Cenário 1, nota-se modificações intersetoriais na região Nordeste, isto é, ocorreram alterações nas posições de certos setores em relação ao cenário base (Cenário 1), como pode ser visto na Tabela 5.5.

Tabela 5.5. Alteração do posicionamento em relação a classificação setorial

REGIÕES/SETORES	(C.1) QUADRANTE ANTERIOR - C.P. ABC	(C.2) QUADRANTE FIM - S.P. ABC
R. NDT. - Adm. Public.	Q2 COM ABC	Q4 SEM ABC
R. NDT. - Prod. De Ferro	Q3 COM ABC	Q4 SEM ABC
R. NDT. - Refino de açúcar, Produç de beb. e fum.	Q3 COM ABC	Q2 SEM ABC
R. NDT. - Fabri. Produç. Têxteis	Q3 COM ABC	Q2 SEM ABC

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com as alterações de posições ocorridas, alguns impactos negativos na classificação referente ao seu nível de emissões acabaram surgindo. O setor de Produção de Ferro, que pertencia ao quadrante 3 (setor não relevante) do Cenário 1, passou a pertencer ao quadrante 4 (setor com alto impacto total). Assim, ao considerar os novos níveis de emissões do cenário sem Plano ABC, esse setor passou a ser considerado grande emissor de poluentes.

Porém, as mudanças com maiores impactos negativos, se deram no posicionamento dos setores de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e Fabricação de Produtos Têxteis. Como é possível notar na Tabela 5.5, esses setores deixaram de pertencer ao quadrante 3 e passaram a compor o segundo quadrante. Isso os levou a serem classificados como setores-chave também no Resto do Nordeste, ou seja, setores altamente poluidores e que carregam os outros setores a emitirem mais.

Os dados supracitados mostram que a mitigação de emissões de CO₂eq resultante do Plano ABC pode ser explicada em parte pelas modificações intersetoriais surgidas no modelo e também pelas previstas no próprio plano. O modelo construído foi capaz de demonstrar que, sem os objetivos contidos na política pró-ambiental os níveis de emissões na região Nordeste e, conseqüentemente, em todo o Brasil, seriam mais elevados, principalmente devido ao maior número de setores com alta capacidade poluidora. Esse resultado oferece uma visão alternativa à Angelo (2012) na qual é mencionado o possível fracasso que o Plano ABC teria caso continuasse a existir.

Considerando os ganhos observados com a redução das emissões, o Cenário 3 propõe a redução de 300 milhões de toneladas de CO₂eq. Na Tabela 5.6 apresenta-se a classificação das atividades no MATOPIBA nesse novo cenário.

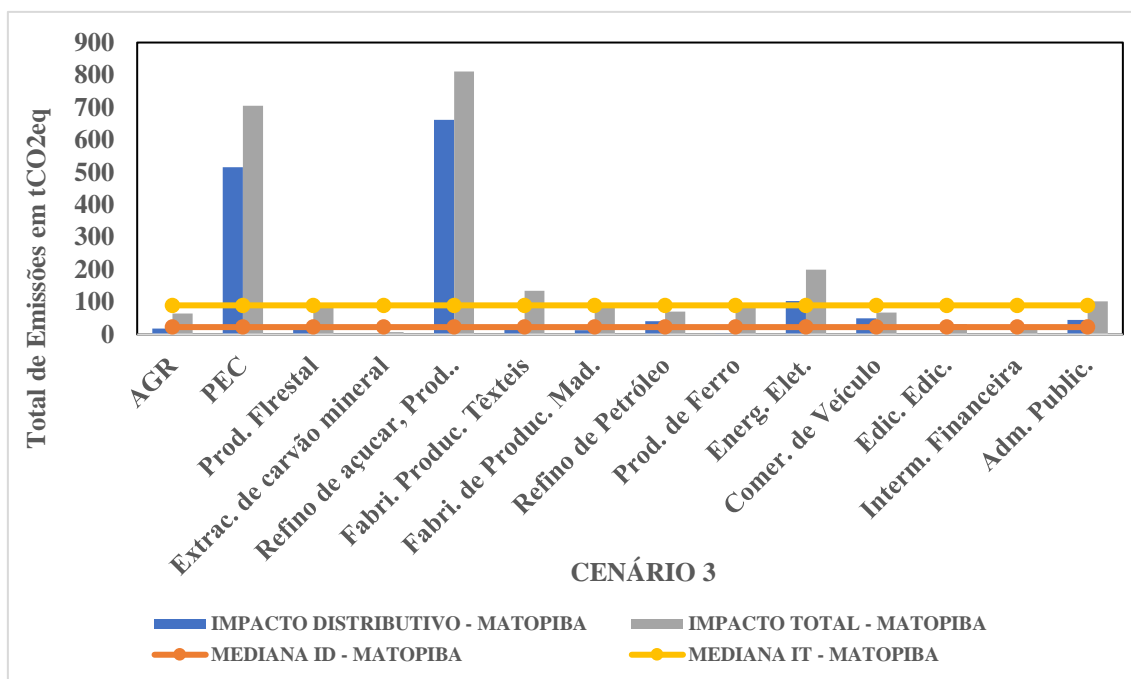
Tabela 5.6. Classificação dos setores no MATOPIBA, Cenário 3

MATOPIBA C.3	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Refino de petróleo e coquerias. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas. I	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Produção florestal pesca e aquicultura. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Administração pública, defesa e seguridade social. II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro- gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. III	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Fabricação de produtos têxteis. Fabricação de produtos da madeira. IV

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir dos resultados, verificou-se que os setores Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Energia Elétrica e Administração Pública continuariam sendo os setores-chave como nos outros dois cenários construídos. Esse resultado comprova que a redução de emissões por si só não é mecanismo eficaz para a intensificação produtiva sustentável. Dessa forma, o foco deverá se concentrar também em pesquisas que buscam novas técnicas sustentáveis de produção, ampliando o raio de ação para todos os setores do agronegócio e setores que compõem a economia.

Conforme é possível notar na Figura 5.12, os setores de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) continuariam apresentando os níveis mais elevados de impacto distributivo, bem como os maiores níveis de impacto total, com valores em torno de 661,5 e 810,5 tCO₂eq, para o primeiro representando queda nas emissões em 516 e 705 tCO₂eq para o segundo. Ao comparar os valores de impacto total e distributivos dos Cenários 2 e 3, pode-se verificar quais seriam as reduções em valores percentuais nas emissões em ambos os impactos caso houvesse ações mais intensas de mitigação. O setor de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo apresentou queda de 19% para o IT e 20% par o ID, enquanto que no setor Pecuário, a queda foi de 18,8% e 19,3% respectivamente.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.12. Impactos total e distributivo para os setores da região do MATOPIBA, Cenário 3.

Além desses resultados obtidos com a construção do Cenário 3, é possível analisar se ocorreu alguma modificação na estrutura setorial ao se classificar os setores-chave das quatro regiões do modelo. Para essa análise utilizou-se novamente o Cenário 2 como comparação. Observou-se os impactos ao se confrontar uma situação onde não houve qualquer mitigação através do Plano ABC (Cenário 2) com a redução das emissões de CO₂eq em cerca de 300 milhões de toneladas (Cenário 3). Foram verificadas algumas alterações, nas quais houve impactos nas regiões Resto do Nordeste, Resto do Norte e Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), como pode ser visto na Tabela 5.7.

Tabela 5.7. Alteração do posicionamento em relação a classificação setorial.

REGIÕES/SETORES	(C.2) QUADRANTE ANTERIOR - S.P. ABC	(C.3) QUADRANTE FIM - C.P. ABC +
R. NT. - Prod. Florestal	Q1 SEM ABC	Q4 NOVA AÇÃO
R. NT. - Comer. De Veículos	Q1 SEM ABC	Q4 NOVA AÇÃO
R.NDT. - Adm. Public	Q4 SEM ABC	Q3 NOVA AÇÃO
R. NDT. - Prod. De Ferro	Q4 SEM ABC	Q3 NOVA AÇÃO
R.B. - Adm. Public	Q2 SEM ABC	Q4 NOVA AÇÃO

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na região Norte os setores Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e Comércio de Veículos deixaram de pertencer ao quadrante 1, ou seja, setores que tem seu consumo de energia determinada pela demanda dos outros setores, para pertencerem ao quarto quadrante, passando a se tornar setores com alto conteúdo energético, isto é, com baixo impacto distributivo, mas

com considerável impacto total. Isso indica que na nova situação seus níveis de emissões são causados pelo aumento da produção com intuito de atender diretamente à demanda final.

As mudanças na Região Nordeste foram nos setores de Produção de Ferro e Administração Pública que deixaram de pertencer ao quadrante 4 para se tornarem setores irrelevantes do ponto de vista das emissões (quadrante 3). Demonstra-se que parte da redução das emissões de GEE ocorreram por essas transições de setores, partindo de enquadramentos altamente poluidores para enquadramentos pouco poluidores. Todos os exemplos citados possuem menor uso de energia ou alguma alteração em suas emissões, o que demonstra que quanto maior for a redução das emissões, maior será o número de setores preocupados em poluírem menos.

5.2.2 Impactos Totais e Distributivos e identificação dos Setores-Chave nos Cenários 1, 2 e 3 – Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste)

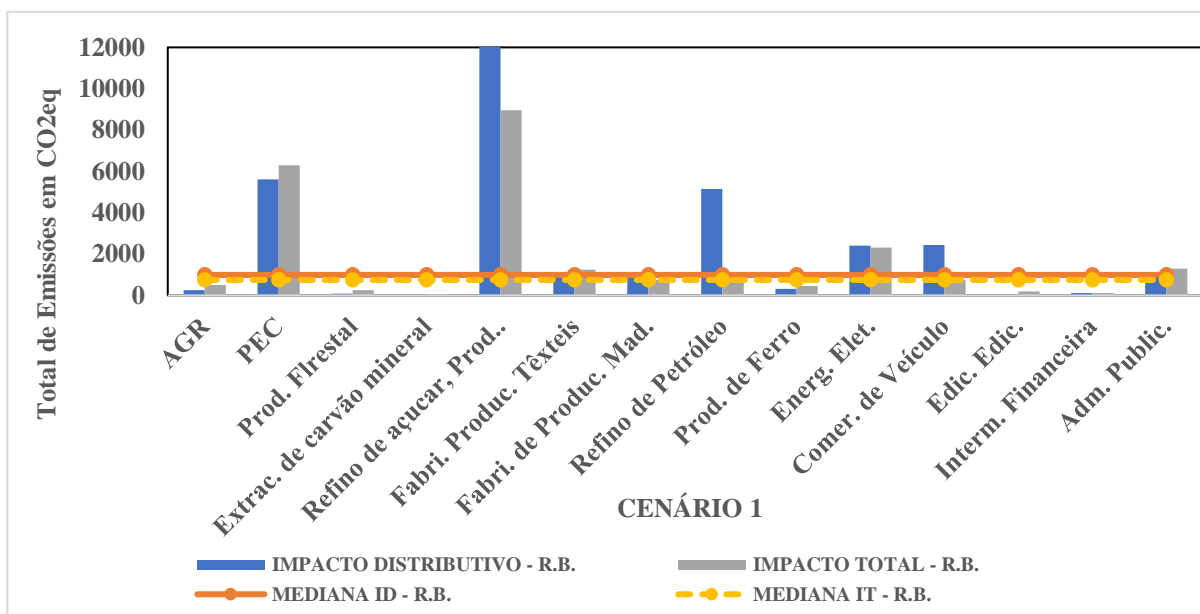
Com o intuito de demonstrar a importância do MATOPIBA em relação ao nível de emissões geradas pelo Brasil, identificou-se os setores com maior impacto total e distributivo na região Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), para que dessa maneira, fosse possível comparar a participação nas emissões que os setores do MATOPIBA possuem em relação as regiões mais emissoras. Na região Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), ao considerar as emissões provenientes do setor AFOLU, para o Cenário 1, a mediana encontrada para o impacto distributivo (ID) foi 993 tCO₂eq adicionais em resposta ao acréscimo da demanda final, enquanto que para o impacto total (IT) a mediana ficou em 747 tCO₂eq. A Tabela 5.8 apresenta a classificação dos setores referente ao Cenário 1 do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

Tabela 5.8. Classificação dos setores no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), Cenário 1

Resto do Brasil C.1	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Fabricação de produtos da madeira. I	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Refino de petróleo e coquerias. Fabricação de produtos têxteis. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas. II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Produção florestal pesca e aquicultura. Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. III	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Administração pública, defesa e seguridade social. IV

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os setores Pecuária (inclusive apoio à Pecuária), Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Energia Elétrica, Refino de Petróleo e Coquerias e Comercio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas são os setores-chave no que diz respeito às emissões. Eles são pressionados a emitir mais quando a demanda dos demais setores aumenta e, ao mesmo tempo, forçam os outros setores a emitirem quando sua própria demanda aumenta. Conforme é possível observar na Figura 5.13, os setores-chave que mais emitem CO₂eq são os de Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, com IT e ID iguais a 12400 e 9000 tCO₂eq, respectivamente, e a Pecuária, com IT igual a 6200 tCO₂eq e ID igual a 5600 tCO₂eq.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.13. Impactos total e distributivo para os setores da região do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), Cenário 1.

Os resultados obtidos comprovam que as informações apresentadas pelo IPEA (2017) e Agrosatelite (2015), sobre a produção da cana-de-açúcar em 2015 é verdadeira para o todo o país, por ser a terceira maior cultura anual produzida no Brasil em 2015, os seus níveis de geração de CO₂eq são consequentemente elevados. Pois, um dos principais gargalos dessa cultura em relação a geração de emissões se encontram no seu processo de refino, em que, segundo Papp et al., (2016), são métodos que demandam elevado uso de água e elementos químicos para sua produção bem como o uso de combustíveis fósseis e/ou a queima do bagaço para o funcionamento dos fornos, lançando assim grandes quantidades de poluentes na atmosfera.

O Brasil em 2015 possuía o maior rebanho bovino do mundo, tornando esse setor um dos maiores emissores de GEE do país (EMBRAPA, 2017). As excelentes condições para a produção da bovinocultura de corte e de leite nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste que compõem o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) tornaram essas grandes regiões alvo importante para os produtores, o que explica o fato de ter se tornado setor-chave (EMBRAPA, 2018). Esse setor foi apontado no modelo como o segundo maior gerador de ID e IT no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), concedendo-lhe características semelhantes aos da produção de cana-de-açúcar.

O impacto distributivo elevado demonstra que seus efeitos sobre as emissões da produção adicional para atender à demanda dos demais setores que necessitam satisfazer à nova

demanda final, concentra-se nesses setores. Isso ocorre através da geração em larga escala do seu produto final, que apresenta grande importância econômica para o país. Além disso, o alto valor do impacto total apresentado demonstra que esses setores aumentam suas emissões por conta do aumento da produção que atende diretamente à demanda final. Esse resultado comprova a importância que esses segmentos possuem no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), por ser um dos mais importantes no atendimento da expansão exigida na demanda final.

O crescimento desses segmentos em todo o Brasil, somado à autorização legal que o país confere aos produtores rurais em relação a porcentagem máxima de Reserva legal, acabou causando sérios impactos ambientais nos principais biomas do país. Isso pode ser confirmado pelo alto nível de emissões de GEE e a perda da biodiversidade no Cerrado, na Amazônia e Pantanal através do desmatamento para a criação das milhões de cabeças de gado e para a produção da soja, milho e cana-de-açúcar (Vieira et al., 2017; e IPEA 2017). Dessa forma, pode-se entender que a importância econômica dos setores agropecuários em todo o Brasil acabou tornando-os um dos principais emissores de GEE para o meio ambiente.

Outra análise de setores-chave foi realizada para a região Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) utilizando os Cenário 2 e 3, afim de se verificar quais seriam os impactos nos níveis de emissões caso o Brasil não tivesse se comprometido em reduzir os seus níveis de emissões através das ações do Plano ABC ou firmasse o compromisso de mitigar níveis mais elevados de CO₂eq. A tabela 5.9 foi usada como referência para classificar as atividades no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) considerando as emissões provenientes do setor AFOLU nos Cenário 2 e 3.

Tabela 5.9. Classificação dos setores no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), Cenário 2 e 3

Resto do Brasil C.2 e 3	$\sum_i \tau_{ij}^y < \Gamma_T$	$\sum_i \tau_{ij}^y > \Gamma_T$
$\sum_j \tau_{ij}^y > \Gamma_D$	Fabricação de produtos da madeira. I	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária. Refino de açúcar e produção de bebidas e fumo. Refino de petróleo e coquerias. Fabricação de produtos têxteis. Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Comercio e reparação de veículos automotores e motocicletas. II
$\sum_j \tau_{ij}^y < \Gamma_D$	Produção florestal pesca e aquicultura. Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos. Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura. Edição e edição integrada à impressão. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. III	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Administração pública, defesa e seguridade social ¹³ . IV

Fonte: Resultados da pesquisa.

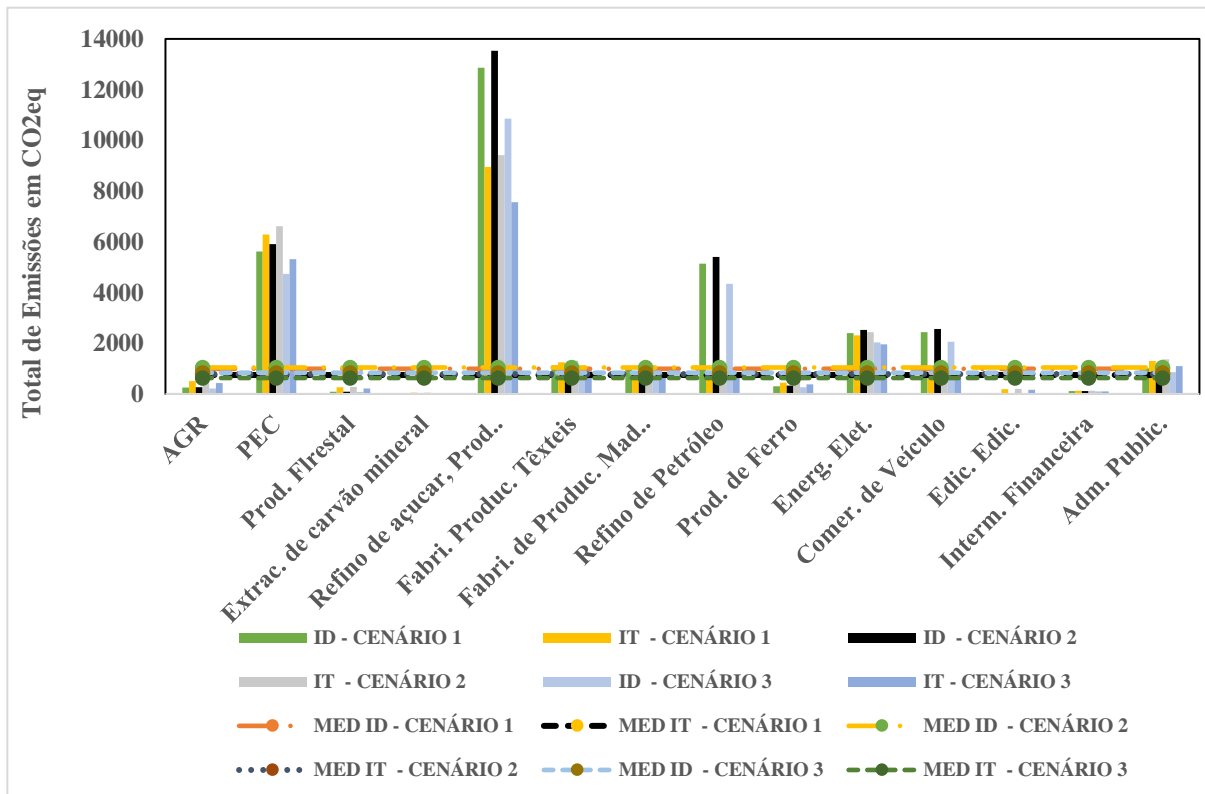
Os setores Pecuária (inclusive apoio à Pecuária), Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Energia Elétrica, Refino de Petróleo e Coquerias e Comercio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas, dos novos cenários continuam sendo os mesmos setores-chave do Cenário 1.

A análise da simulação sem Plano ABC demonstra a importância do uso do programa nas principais regiões do país. Pois ao verificar os impactos da não utilização do Plano ABC nos principais setores-chave do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) em relação ao primeiro cenário, observa-se que o setor Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo obteve aumentos de 5,2% no seu impacto distributivo e 4,95% no seu impacto total, também foi possível observar que o segundo setor-chave Pecuária (inclusive apoio à pecuária), apresentou crescimento de 5% para o impacto distributivo e 4,9% para o impacto total, como pode ser observado na Figura 5.14.

Ao analisar os impactos decorrentes da simulação que leva em conta o programa pró-ambiental mais intenso, observa-se quedas bem acentuadas nos principais setores-chave do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste) em relação ao segundo cenário. Para o setor Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo as quedas nos impactos distributivos e totais

¹³ Para não haver repetições, foi utilizado a mesma tabela representando a classificação dos setores em relação ao seu nível de emissões para os Cenários 2 e 3. Porém, ao considerar o cenário 2 o setor de Administração Pública sofre alteração no seu posicionamento, a tabela 4.9 apresenta o setor como pertencente ao quadrante 4, mas por se tratar de dois cenários é importante lembrar que ao considerar o Cenário 2 esse setor se encontra inicialmente no quadrante 2 como pode ser visto na Tabela 4.9.

foram respectivamente 19,75% e 20%. Já o setor da Pecuária (inclusive apoio à pecuária) apresentou quedas de 19,80% no seu impacto distributivo e 19,70% em seu impacto total, conforme mostra a Figura 5.14.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 5.14. Impactos total e distributivo para os setores da região do Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), Cenários 1, 2 e 3.

As principais alterações na estrutura econômica já foram apresentadas nas Tabelas 5.6 e 5.7, onde se observa apenas uma mudança no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste). Os cenários desenvolvidos nesta pesquisa são capazes de apresentar as possíveis implicações que políticas ambientais teriam nos setores. As Tabelas 5.10 e 5.11 apresentam os principais resultados encontrados nessa subseção.

Tabela 5.10. Principais resultados, Setores-Chave – MATOPIBA

MATOPIBA		
CENÁRIOS	IMPACTO DISTRIBUTIVO	IMPACTO TOTAL
C2. SEM PLANO ABC		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↑ 3,9%	↑ 4,0%
Pecuária	↑ 4,0%	↑ 4,0%
C1. COM PLANO ABC		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo (tCO ₂ eq)	783	960
Pecuária (tCO ₂ eq)	611	835
C3. COM PLANO ABC +		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↓ 20,0%	↓ 19,0%
Pecuária	↓ 19,0%	↓ 19,0%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 5.11. Principais resultados, Setores-Chave – Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste)

Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste)		
CENÁRIOS	IMPACTO DISTRIBUTIVO	IMPACTO TOTAL
C2. SEM PLANO ABC		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↑ 5,2%	↑ 5,0%
Pecuária	↑ 5,3%	↑ 5,2%
C1. COM PLANO ABC		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo (tCO ₂ eq)	5613,43	6290,26
Pecuária (tCO ₂ eq)	12864,29	8956,32
C3. COM PLANO ABC +		
Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo	↓ 18%	↓ 19%
Pecuária	↓ 18,6%	↓ 18,5%

Fonte: Resultados da pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo de sua trajetória de desenvolvimento, observa-se as altas taxas de emissões de GEE geradas pelo Brasil, as quais estão ligadas, direta ou indiretamente, aos níveis elevados de desmatamento e ao uso ainda incipiente de técnicas produtivas sustentáveis do ponto de vista ambiental. O setor AFOLU nacional tem papel de destaque nesse processo. Portanto, este trabalho analisou os impactos ambientais decorrentes da utilização do Plano ABC no Brasil, através da criação de cenários representativos contendo níveis diferentes de emissões de GEE, com destaque para a região do MATOPIBA e os respectivos impactos no restante do país.

O estudo contabilizou e analisou os efeitos na composição dos setores econômicos após a aplicação das ações contidas no Plano ABC. Identificou também quais setores deveriam ser priorizados para eventuais políticas pró-ambientais e, concomitantemente, identificou prováveis impactos na estrutura econômica caso o país propusesse diferentes níveis de reduções nas emissões de GEE do setor agropecuário. De modo geral, os resultados obtidos revelam a importância que as ações do Plano ABC tiveram para o MATOPIBA e, ao mesmo tempo, demonstram os impactos positivos que metas ambiciosas de redução de emissões poderiam vir a ter caso fossem consideradas nos planos brasileiros de mitigação voltados para a agropecuária.

As simulações realizadas para a região do MATOPIBA mostraram que, para cada R\$ 1 bilhão adicional na demanda final dos setores, o valor médio das emissões de CO₂eq decorrentes de um cenário hipotético sem o Plano ABC seriam 4,5% maiores em comparação ao caso com a implementação do referido plano. Ademais, os resultados obtidos através do cenário com níveis mais otimistas de mitigação de GEE, em relação ao caso sem Plano ABC, demonstraram queda na média emitida em aproximadamente 19,6%. Nos distintos cenários simulados, os setores Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) e Produção Florestal, Pesca e Aquicultura foram os que mais emitiram GEE acima da média, ou seja, são os que se apresentam mais requerentes em ações sustentáveis de produção.

Os resultados obtidos para as regiões que compõem o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), indicam que, ao se adicionar R\$ 1 bilhão na demanda final dos setores as emissões totais na simulação sem Plano ABC seriam, em média 5,1% maiores. Ao mesmo tempo, os resultados do cenário com níveis mais otimistas de emissões, demonstraram queda de 19,6% na média adicional emitida em relação aos resultados encontrados na simulação sem Plano ABC. Em todas as situações, os setores de Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e

Fabricação de Produtos Têxteis são os que mais colaboram para o crescimento nas emissões de GEE no Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

Considerando apenas os setores mais poluidores na região do MATOPIBA no cenário com Plano ABC, as emissões adicionais geradas por eles são predominantemente para suprir ao consumo intermediário ligado a Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária) e Produção Florestal, Pesca e Aquicultura. Nos demais setores esse efeito é sentido de maneira menos acentuada sendo que o consumo da demanda final ganha maiores projeções sobre as emissões adicionais. Para o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste), os efeitos diretos e indiretos classificam-se de maneira semelhante aos efeitos ocorridos no MATOPIBA. As emissões adicionais geradas pelos setores de maior impacto são majoritariamente provocadas para suprir o consumo intermediário dos setores Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Fabricação de Açúcar e Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, enquanto que, para os demais setores, esse efeito possui menor impacto em relação à demanda intermediária, tornando os efeitos provocados pela demanda final mais aparentes.

Assim, do ponto de vista da formulação de políticas de redução de emissões, os resultados revelaram que em todas as regiões o foco deve concentrar-se no efeito da produção adicional sobre o consumo dos setores (efeito indireto). Sugere-se direcionar as ações pró-ambientais na produção dos setores que participam diretamente do AFOLU, tanto para a região do MATOPIBA quanto para o Resto do Brasil (exceto Resto do Norte e Nordeste).

A análise das elasticidades no cenário com Plano ABC indicou que as emissões de GEE derivadas do consumo dos setores mais poluentes no MATOPIBA devem-se mais à demanda final do que ao consumo intermediário. Da mesma forma, os resultados obtidos para a simulação sem Plano ABC e para o caso com redução mais otimista nas emissões, mostraram que os níveis gerados de GEE devem-se mais à demanda final do que ao consumo intermediário. Para as três situações estudadas, os setores da Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Energia Elétrica e Administração Pública são os setores-chave no MATOPIBA. No entanto, foram observados aumentos na grandeza de 4,5% na mediana das emissões do Impactos Distributivo e Total em todos os setores da segunda simulação em comparação ao primeiro cenário e reduções de aproximadamente 19% nos Impactos Distributivos e Totais no terceiro caso em relação ao cenário sem Plano ABC.

Considerando as emissões oriundas do setor AFOLU, conclui-se que os setores-chave para o controle das emissões de GEE na região do MATOPIBA são Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo, Pecuária (inclusive o apoio a Pecuária), Energia Elétrica,

Produção Florestal, Pesca e Aquicultura e Administração Pública. A partir dessas informações, é razoável afirmar que as ações pró-ambientais decorrentes do Plano ABC, ou outro plano de mitigação que possa vir a ser implementando futuramente, serão mais eficientes se forem direcionadas a esses setores específicos. A maioria deles é altamente dependente do uso da terra e seus meios de produção levam os outros setores a emitirem muito mais.

Os resultados apresentaram também alterações nos enquadramentos ocupadas pelos setores em certas regiões. Comparando a simulação sem e com Plano ABC foram observadas trocas de posições na região Nordeste, onde os setores de Produção de Ferro, Refino de Açúcar e Produção de Bebidas e Fumo e Fabricação de Produtos Têxteis passaram a ter maiores níveis de emissões em relação ao cenário com Plano ABC, deixando de serem irrelevantes do ponto de vista das emissões para se tornarem setores-chave.

Por fim, ressalta-se que a principal contribuição deste trabalho consiste em fornecer aos formuladores de política informações para a tomada de decisão quanto à melhor estratégia, do ponto de vista ambiental, em relação ao controle de emissões, tanto a nível nacional quanto regional. Uma vez apresentada a importância do Plano ABC, incentiva-se a possível extensão de sua duração e estratégias ainda mais ambiciosas de redução de emissões. Sugere-se fomentar políticas de informação, garantindo que o programa tenha maior alcance entre os agricultores ou que sejam viabilizados novos mercados e valorização dos produtos oriundos de atividades que utilizarem as ações contidas no Plano ABC como técnica produtiva.

A discussão abordou principalmente os impactos positivos da aplicação do Plano ABC. Porém, compreende-se que apenas a aplicação desse plano não é suficiente para avançar nas metas ambientais do Brasil, incluindo o controle do desmatamento. É necessário a criação de medidas que sejam sustentáveis tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico, garantindo assim o interesse dos produtores na adoção. Dessa forma, a discussão sobre quais seriam as novas políticas que deveriam ser criadas e de como elas poderiam ser implementadas, constitui-se debate sobre quais trabalhos futuros deveriam se aprofundar.

Os resultados obtidos revelam a importância que as ações do Plano ABC tiveram para o MATOPIBA e, ao mesmo tempo, comprovam os impactos que outras políticas pró-ambientais com metas mais ambiciosas em termos de redução de GEE poderiam ter caso fossem consideradas nos planos brasileiros de mitigação. É possível concluir ainda que a agropecuária pode ser usada como ferramenta de conservação ambiental, através da redução das emissões de GEE, e ao mesmo tempo manter seu desempenho produtivo. Deve-se, portanto, aumentar o alcance do Plano ABC e estender sua duração, fazendo com que ele atue como exemplo de

solução do trade-off “produção agrícola comercial versus redução de emissões”. Isso poderia, futuramente, fazer com que todo o crédito agrícola do país fosse de “baixo carbono”, garantindo avanços nos três pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

7 REFERÊNCIA

- ABDALLAH P. R.; MONTOYA M. A. **Perspectivas da utilização de modelos insumo-produto na administração do meio ambiente**. In: MONTOYA, M.A. Relações intersetoriais do Mercosul e da economia brasileira: uma abordagem de equilíbrio geral do tipo insumo-produto. Passo Fundo: EDIUPF, cap.10, p.345-365. 1998.
- ALCÁNTARA V.; PADILLA E. **“Key” sectors in final energy consumption: an input-output application to the Spanish case**. Energy Economics, n.31, p.1673-1678, 2003.
- AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA Ltda. **Análise Geoespacial da Dinâmica das Culturas Anuais no Bioma Cerrado: 2000 a 2014**. Rudorff, B.; Risso, J. et al., 2015 Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2015.
- ANGELO C. **Brazil’s Fund Low-Carbon Agriculture Lies Fallow**. Nature. doi:10.1038/nature.2012.11111. Reino Unido, UK. 2012.
- Azevedo, T. R. et al. **SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015**. Sci. Data 5:180045 doi: 10.1038/sdata.2018.45 (2018).
- BROOKS J. **Brazilian Agriculture: Balancing Growth with the Need for Equality and Sustainability**. EuroChoices, 16(1), 32–36. doi:10.1111/1746-692x.12148, Ano 2017.
- CARVALHO T. S., PEROBELLI F. S. **Avaliação da Intensidade de Emissões de CO₂ Setoriais e na Estrutura de Exportações: um Modelo Inter-regional de Insumo-Produto São Paulo/Restante do Brasil**. Economia Aplicada. São Paulo. v. 13. n. 1. p. 99-120. Janeiro/Março 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA**. Brasília, DF. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **MATOPIBA, delimitação, caracterização, desafios e oportunidades para o desenvolvimento Bahia**. Brasília, DF. 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tipos de vegetação do bioma Cerrado**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html>. Acesso em: 01 junho 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira**. Brasília, DF. 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF. p. 212. 2018.
- FERRAZ R. P. D, SKORUPA, L. A. **Intensificação sustentável: desafios e oportunidades para a agricultura brasileira**. Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2017.
- FREITAS L. F. S., RIBEIRO L. C. S., SOUZA K. B., HEWINGS G. J. D. **The distributional effects of emissions taxation in Brazil and their implications for climate policy**. Energy Economics. v. 59, p. 37-44, 2016.
- GURGEL A. C., PALTSEV S. **Costs of reducing GHG emissions in Brazil**. Climate Policy. v. 14:2, p. 209-223, 2013.

Haddad, E. A., Gonçalves Jr, C.A., Nascimento, T. B. (2017). **Matriz Interestadual de Insumo-Produto para o Brasil: Uma Aplicação do Método IIOAS**. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU), v. 11, n. 4, p. 424-446.

HILGEMBERG E. M. **Quantificação e efeitos econômicos do controle de emissões de CO₂ decorrentes do uso de gás natural, álcool e derivados de petróleo no Brasil: um modelo interregional de insumo-produto**. 2005. 158f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Contas Regionais 2015: queda no PIB atinge todas as unidades da federação pela primeira vez na série**. Novembro de 2017. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/17999-contas-regionais-2015-queda-no-pib-atinge-todas-as-unidades-da-federacao-pela-primeira-vez-na-serie>>. Acesso em 25 de maio de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistemas de Contas Regionais – SCR**. Maio de 2018. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em 02 de junho de 2018.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Fronteira Agrícola: na Amazônia Legal**. Janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13575>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Dinâmica da Economia e da Agropecuária no MATOPIBA**. Rio de Janeiro, RJ. p. 64. 2017.

LIMA C. Z. **Impacts of low carbon agriculture in Brazil: a CGE application**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, p. 1. 2017.

LIMA C. Z., GURGEL A. C. **The role of double cropping modeling for policy assessment in Brazil**. In 21th GTAP Conference. p. 19, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Adoção e mitigação de Gases de Efeito Estufa pelas Tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)**. 2018.

MILLER R.; BLAIR P. **Input-output analysis: foundations and extensions**. New Jersey: Prentice-Hall, 2009. 746p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. **Estimativas Anuais De Emissões De Gases De Efeito Estufa No Brasil**. 4ª Edição. Brasília. 2017.

MONTOYA M. A., LOPES R. L., GUILHOTO J. J. M. **Desagregação Setorial Do Balanço Energético Nacional A Partir Dos Dados Da Matriz Insumo-Produto: Uma Avaliação Metodológica**. Economia Aplicada. v. 18, n. 3, p. 379-419, Ano 2014.

MUELLER C. C. **Dinâmica, condicionantes e impactos socioambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil**. Revista Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 26, n.3, p. 64-87, jul./set. 1992.

NOOJIPADY P., MORTON D. C., MACEDO M. N., VICTORIA D. C., HUANG C., GIBBS H. K., BOLFE E. L. **Forest Carbon Emissions From Cropland Expansion In The Brazilian Cerrado Biome**. Environmental Research Letters. v. 12, p. 1-11, 2017.

OBSERVATÓRIO ABC. **Invertendo o Sinal de Carbono da Agropecuária Brasileira - Uma Estimativa do Potencial de Mitigação de Tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023**. Relatório 5. São Paulo. p.114. Ano 2015.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012)**. São Paulo: Observatório do Clima, 2014.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Desmatamentos no Cerrado Anula Ganhos na Amazônia. São Paulo**. Março de 2017. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/desmate-no-cerrado-anula-ganhos-na-amazonia/>>. Acesso em 20 de Agosto de 2018.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE ALTERAÇÕES CLIMÁTICA – IPCC. 2014: **Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade** - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea e L.L. White (eds.)]. Organização Meteorológica Mundial (WMO), Genebra, Suíça, 34 págs. (em Árabe, Chinês, Inglês, Francês, Russo e Espanhol).

PAPP G. H., MOHR G., MORA P. C., NALI P. R., VELAZQUEZ S. M. S. G. **Captura e Armazenamento de Dióxido de Carbono em Usinas de Cana-de-Açúcar**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação. São Paulo. v. 16. n. 1. p. 87-111. 2016.

RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B. **Polices Undermine Brazil's GHG Goals**. Science. v. 350. n. 6260. p. 519. 2015.

ROCKSTRÖM, J.; WILLIAMS, J.; DAILY, G. **Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability**. *Ambio*, v. 46, n. 1, p. 4-17, 2017.

SASSEN, S. **Expulsões**. São Paulo: Paz e Terra, 2016

SILVA R. O., BARIONI L. G., PELLEGRINO G. Q., MORAN D. **The role of agricultural intensification in Brazil's Nationally Determined Contribution on emissions mitigation**. *Agricultural Systems*. v. 161, p. 102-112, 2018.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA – SEEG. **Estimativas de emissões de Gases de Efeito Estufa do Brasil 1970 – 2015**. Rio de Janeiro. p.54. Ano 2016.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA – SEEG. **Emissões do Setor de Agropecuária. Período 1970 – 2015**. Brasília. p.92. Ano 2017.

VIEIRA R. R. S.; RIBEIRO B. R.; RESENDE F.M.; BRUM F. T.; MACHADO N. SALES L. P.; MACEDO L.; SOARES-FILHO B.; LOYOLA R. **Compliance to Brazil's Forest Code Will Not Protect Biodiversity and Ecosystem Services**. *Diversity and Distributions*. <http://dx.doi.org/10.1111/DDI.12700>. p. 24: 434-438. 2017.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF. **Por dentro do MATOPIBA.** 2017.