

ANÁLISE DE IMPACTO ECONÔMICO-ECOLÓGICO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉ A PARTIR DE MODELOS DE INSUMO-PRODUTO AMBIENTAIS¹

Maíra Ferraz de Oliveira Silva², Mônica de Moura Pires³, Fernando Salgueiro Perobelli⁴,
Andrea da Silva Gomes⁵, Fábio Lúcio Martins Neto⁶

RESUMO

Esta pesquisa insere-se na área entre as ciências ambiental e econômica, fundamentada na Economia Ecológica e Bioeconomia, concepções teóricas transdisciplinares, que abrangem terminologias e conceitos que auxiliam na compreensão dos problemas ambientais decorrentes de distorções do sistema econômico. Baseando-se nesses conceitos o objetivo principal deste trabalho é analisar a dinâmica de interação econômico-ecológica do sistema de produção de café no Brasil, a partir da análise de impacto econômico-ecológico expressa através de uma matriz insumo-produto ambiental para a cafeicultura que permite identificar os elementos ecológicos inerentes à cafeicultura bem como quantificar o seu uso econômico (na forma de insumos ou na geração de produtos/resíduos) e o impacto econômico-ecológico da atividade. Os resultados obtidos a partir das primeiras simulações da matriz insumo-produto ambiental revelam o potencial deste método em captar a quantidade de insumos e produtos ecológicos requeridos/gerados bem como estimar os resíduos resultantes e suas respectivas possibilidades de aproveitamento/tratamento a partir das estimativas da produção cafeeira no Brasil para o ano de 2018. Na perspectiva de ampliação do escopo metodológico e desagregação regional pretende-se verificar os impactos intersetoriais e a dinâmica econômico-ecológica da cafeicultura considerando seus encadeamentos produtivos na Chapada Diamantina, Bahia e Brasil.

Palavras-chave: Bioeconomia, Insumo-produto, Cafeicultura.

ABSTRACT

This research falls in the area between environmental and economic sciences, based on Ecological Economics and Bioeconomics, transdisciplinary theoretical conceptions which covering terminologies and concepts that helps us understand the environmental problems caused by distortions of the economic system. Based on these concepts the main objective of this work is to analyze the dynamics of economic-ecological interaction of the coffee production system in Brazil, from the economic-ecological impact analysis expressed through an environmental input-output matrix for coffee growing that allows to identify the ecological elements inherent in coffee growing as well as to quantify its economic use (be it raw inputs or product/waste generation) and the economic-ecological impact of activity. The results obtained

¹ Tese de doutorado em andamento: resultados preliminares da pesquisa.

² Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Universidade Estadual de Santa Cruz). Professora da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. E-mail: mairaferraz@uesb.edu.br.

³ Doutora em Economia Rural (Universidade Federal de Viçosa). Professora da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia. E-mail: monicapires2009@gmail.com.

⁴ Doutor em Economia (Universidade de São Paulo). Professor da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: fernandosalgueiro.perobelli@gmail.com.

⁵ Doutora em Desenvolvimento Rural (*Institut National Agronomique Paris-Grignon*). Professora da Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: andreauesc@gmail.com.

⁶ Doutor em Fitotecnia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Viçosa). Consultor associado do Agrobiota. E-mail: fabio.martinsneto@agrobiota.com.br

from the first simulations of the environmental input-output matrix reveal the potential of this method to capture the amount of ecological inputs and products required/generated as well as estimate the resulting waste and the respective possibilities of use/treatment based on estimates of coffee production in Brazil for the year 2018. In the perspective of broadening the methodological scope and regional disaggregation, we intend to verify the intersectoral impacts and the economic-ecological dynamics of coffee production considering its supply chains in the Chapada Diamantina, Bahia and Brazil.

Keywords: Bioeconomy, Input-Output, Coffee Farming.

Área 1: Teoria, métodos e modelos de economia regional

Classificação JEL: C67, Q57, R15

1 INTRODUÇÃO

Os estudos no âmbito da economia ambiental neoclássica representam a tentativa de incorporar aspectos ambientais e critérios de sustentabilidade por parte do *mainstream* econômico baseando-se na noção de que o meio ambiente é neutro e passivo, voltando-se, quase que exclusivamente, à mensuração dos impactos negativos causados pelo subsistema econômico em determinado sistema de produção.

Para Romeiro (2012), na abordagem da economia ecológica há uma inversão na lógica de decisão em comparação à economia ambiental ao considerar que a quantidade de recursos naturais utilizada (escala) deve ser pré-definida a partir de parâmetros ecológicos de sustentabilidade, sendo estabelecidos limites de uso dos recursos naturais, e como sua distribuição deverá ocorrer no sistema.

Dentro dessas concepções, a presente pesquisa encontra-se inserida na área de interesse convergente entre a ciência ambiental e a ciência econômica, apoiada nos conceitos e hipóteses da Economia Ecológica, abordagem de maior amplitude nas análises sobre limites de uso dos recursos naturais pela atividade econômica na perspectiva da conservação ambiental. No contexto da argumentação teórica da Economia Ecológica a discussão sobre a Bioeconomia surge como proposição de um modelo econômico baseado na transição gradual do uso de matérias-primas fósseis para recursos renováveis.

No campo metodológico o presente estudo de impacto econômico-ecológico propõe a elaboração de uma matriz insumo-produto ambiental a fim de descrever a dinâmica econômico-ecológica do sistema de produção da cafeicultura brasileira. Dessa forma integra conhecimentos e dados diversos para a produção de um único produto (matriz insumo-produto ambiental) representado pela hibridação de distintas disciplinas e diferentes domínios linguísticos, assim como se observa na abordagem teórica utilizada.

No sistema agroalimentar o aumento do consumo e o conseqüente desenvolvimento industrial tem suscitado o debate sobre a escassez de recursos e geração de resíduos, o que leva a questionar não apenas a viabilidade das próprias atividades econômicas como também do planeta. Os princípios da economia ecológica têm apresentado alternativas produtivas que apresentam a possibilidade de dissociar o crescimento econômico da geração de resíduos na defesa da proteção ambiental, da prevenção da poluição e do desenvolvimento sustentável. Neste estudo pretende-se analisar a cafeicultura brasileira e baiana sob esta perspectiva.

A oferta mundial de café é composta por 15 países que comercializam cerca de 95% do volume negociado no mercado global sendo o Brasil o maior produtor e exportador atualmente. No contexto nacional, sete estados brasileiros se destacam (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia, nessa ordem de importância) responsáveis conjuntamente por 98,3% do café produzido no país no ano de 2019.

A efetivação dessa investigação orienta-se pela seguinte hipótese: a otimização dos processos econômico-ecológicos da produção brasileira de café permite que esta atividade produtiva possa alinhar-se às estratégias da bioeconomia, potencializada por um modelo produtivo pautado na valorização dos recursos ambientais e utilização/geração de insumos e subprodutos ecológicos, propiciando aproveitamento dos resíduos (biomassa) associados à atividade.

O presente trabalho apresenta os resultados preliminares relativos ao levantamento dos dados ambientais, estimação de coeficientes e fatores de ponderação utilizados na distribuição setorial das informações coletadas, com os quais foi estimada a matriz de fluxos econômico-ecológicos para a cafeicultura brasileira a partir da Matriz de Insumo-Produto para o Brasil de 2018, disponibilizada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS), conforme Guilhoto e Sesso Filho (2005) e Guilhoto *et al.* (2010), demonstrando a intensidade de uso de insumos e geração de produtos/resíduos ecológicos considerando a dinâmica setorial do café brasileiro para o ano de 2018. Destaca-se o ineditismo e pioneirismo do presente trabalho visto que não foram encontrados estudos com aplicação metodológica semelhante.

2 ECONOMIA ECOLÓGICA E BIOECONOMIA: mudança de paradigma e transição para uma economia baseada em recursos renováveis

A base teórica da economia ecológica fundamenta-se na análise das leis da termodinâmica e suas implicações para a dinâmica econômica, a saber, a lei da conservação da matéria e energia (primeira lei) e lei da entropia (segunda lei), e suas implicações para a escassez, considerada o principal problema da economia. Com isso contesta a lógica da economia neoclássica segundo a qual a lei da entropia é irrelevante para analisar o problema da escassez (ROMEIRO, 2012).

Segundo o autor, a economia ambiental neoclássica foca a problemática ambiental, tratando as questões ambientais sob a ótica das preferências individuais e da ecologia convencional; a economia ecológica propõe como premissa principal o fato de que o meio ambiente representa um limite à expansão da economia, que lhe é um subsistema. A partir desta constatação, oferece uma visão integrada e biofísica das interações meio ambiente-economia, que se efetiva na associação de diferentes abordagens analíticas de variadas áreas de conhecimento.

Pioneiro na abordagem da economia ecológica, Georgescu-Roegen (1971) centrou sua análise na constatação de que o aumento da entropia é inerente à dinâmica do sistema econômico ao extrair recursos ordenados de baixa entropia, e retornar resíduos de alta entropia (energia na forma de combustíveis fósseis, acumulada na crosta terrestre), e, portanto, o processo econômico altera qualitativamente o meio ambiente.

Costanza et al. (1997) identificaram como problemas ambientais mais fundamentais e de difícil solução o crescimento desordenado de populações humanas insustentáveis, tecnologias altamente dependentes de entropia e o uso inadequado das terras (erosão e desmatamento). Os autores recomendaram políticas inovadoras e instrumentos de gestão cujas estratégias estejam baseadas em uma alocação economicamente eficiente de recursos e adequada para proteger o estoque de capital natural a partir da elaboração de políticas e instrumentos capazes de lidar com esses problemas.

Neste escopo de análise alguns conceitos apresentam-se como alternativas de análise convergentes com essa estratégia teórica. A desmaterialização se constitui como um paradigma nas estratégias de conservação de recursos com foco na redução do fluxo de entradas e saídas de materiais no metabolismo industrial considerando os limites planetários sob o princípio da ecoeficiência (MÜLLER et al., 2017). Da mesma forma, emergem os conceitos de economia circular e ecologia industrial como estratégias para uma mudança de paradigma do modelo

econômico de uso intensivo de recursos, linear, “pegar, fazer, consumir e descartar” para uma economia circular eficiente em recursos (GALLAUD E LAPERCHE, 2016).

Especificamente relacionado ao sistema agroalimentar, tem sido discutido o tema da agrobiodiversidade, cuja definição, de acordo com Jäger; Loosen e Giuliani (2019), envolve o modelo produtivo de populações rurais pelo uso de conhecimentos tradicionais, de origem local num contexto de simplificação dos sistemas agroalimentares, reduzindo a diversidade dentro das espécies de plantas e animais. Zimmerer et al. (2019) aplicaram sua estrutura de conhecimento em agrobiodiversidade (com quatro enfoques: 1. ecologia e evolução; 2. governança; 3. alimentação, nutrição e saúde; e 4. mudanças ambientais e socioeconômicas globais) num estudo no Peru associado ao Projeto Agrobiodiversidade, Alimentação e Nutrição, verificando que tal estrutura permitiu elucidar uma definição de agrobiodiversidade que inclui interdependência em múltiplos fatores humanos e que responde a chamados urgentes para tratar de questões de sustentabilidade.

Cruz; Hoff e Andrade (2018) consideram a economia ecológica como uma abordagem econômica alternativa com alcance sobre as duas maiores distorções do esquema econômico vigente: as tradicionais formas de organização dos fluxos materiais e energéticos e a ideia de plena substituição de fatores nos processos econômicos. Os autores argumentam que, sendo complementares, não é possível substituição indefinida entre o capital natural e o capital construído além do fato de que a economia se constitui num subsistema da biosfera (finita e não crescente) o que implica um custo ecológico ao crescimento econômico determinando os seus limites.

Entendendo que ainda não há um conceito amplamente conhecido (ou ainda não amplamente aceito) sobre a Bioeconomia, Sillanpää e Ncibi (2017) destacam que no contexto mais amplo de análise das consequências do atual modelo econômico baseado em recursos fósseis (crise econômica, aquecimento global, agravados disparidades, incidentes recorrentes de poluição, etc.), há um consenso geral sobre a necessidade de um modelo econômico que considere a biomassa como elemento central para conduzir as diversas atividades agrícolas, florestais e industriais de maneira sustentável, tendo como foco principal o esforço em desenvolver alternativas viáveis para combinar sustentabilidade e lucratividade a fim de garantir uma transição bem-sucedida para a bioeconomia. Assim, diante da discussão recente sobre o tema os autores consideram que

(...) bioeconomia significa a extração sustentável, exploração, crescimento e produção de recursos renováveis da terra e do mar e sua conversão ecológica em alimentos, rações, combustíveis, fibras, produtos químicos e materiais, para serem consumidos e reciclados de forma sustentável (SILLANPÄÄ E NCIBI, 2017, p. 31).

Assim, nessa discussão, a economia ecológica traça o horizonte da mudança de paradigma da economia *mainstream* e a bioeconomia vislumbra estratégias para esta mudança e revela ações efetivas num movimento latente e em curso de transição para esse novo modelo econômico. Trabalhos aplicados dentro desta abordagem que traduzem a transição para um modelo econômico baseado em recursos renováveis tem se destacado, predominando estudos sobre as biorrefinarias, consideradas como cruciais no caminho para a implantação da bioeconomia, uma vez que a adoção da biomassa em uma série de produtos de valor agregado e vetores de energia pode reduzir os problemas atuais relacionados à geração de resíduos e às mudanças climáticas

Nessa perspectiva, Conteratto et al. (2021) propõem um conceito contemporâneo de biorrefinaria, ajustado à perspectiva da bioeconomia; Solarte-Toro e Alzate (2021) analisam a relação entre biorrefinarias, bioeconomia e os objetivos de desenvolvimento sustentável – ODS. Talan et al. (2021) revisam estudos sobre várias biorrefinarias de resíduos voltadas à produção de biopolímeros (plásticos verdes) como um caminho sustentável alinhado às estratégias

propostas pela bioeconomia. Yaashikaa; Senthil Kumar e Varjani (2022) revisam metodologias de valorização de resíduos agroindustriais e sua exploração para geração de produtos de energia renovável, entre diversos outros trabalhos sobre o tema.

No que se refere à relação entre bioeconomia e agricultura, Sarkar et al. (2018) destacam os principais impulsionadores de políticas no Canadá para a pesquisa e inovação agrícola, essenciais para promover um ambiente favorável à inovação e uma bioeconomia sustentável. O estudo de Fradj et al. (2020) sobre o estímulo à adesão ao cultivo do salgueiro na Polônia, associada a uma política de subsídios ao cultivo diversificado e multifuncional, demonstra uma redução do uso de nitrogênio e, conseqüentemente, das emissões de óxido nitroso (N_2O). Gogoi et al. (2020) destacam os avanços recentes do tema Bioeconomia no contexto dos setores econômicos agricultura, silvicultura e pesca na perspectiva da sustentabilidade. Egea et al. (2021) descrevem o potencial de sistemas de produção de horticultura intensiva para impulsionar a transição de sistemas de estufa intensivos de média e baixa tecnologia para cadeias de valor de economia circular de base biológica.

Em estudos para o Brasil Barbosa et al. (2021) analisam a bioeconomia como um caminho para a sustentabilidade na Amazônia e a consideram promissora para o cumprimento de objetivos ambientais por meio de atividades com baixo impacto desde que seja ampliado o conhecimento em bioeconomia, bioindústria e infraestrutura necessária para os avanços nessa área. Costa *et al.* (2021) apresentam uma análise pioneira da bioeconomia de uma área da Amazônia no estado do Pará com foco na bioeconomia enquanto estratégia de desenvolvimento sustentável por meio do manejo florestal e do cultivo em sistemas agroflorestais de produtos do bioma amazônico ou com ele compatíveis.

Diante do exposto essa discussão teórica se mostra singular no sentido de relacionar conceitos que se mostram convergentes aos princípios norteadores do campo transdisciplinar da economia ecológica e da bioeconomia. Considerando que estudos de impacto econômico-ecológico, especialmente no âmbito de insumo-produto, carecem de informações ambientais alinhadas com áreas de estudos afins às ciências ambientais, esses conceitos e aplicações terão fundamental importância para orientar o foco da análise e fornecer subsídios para a sistematização, estimação e ajustamento dos dados e informações ambientais ao estudo da cafeicultura em uma perspectiva inter-regional.

3 A CAFEICULTURA NO CONTEXTO INTERNACIONAL E BRASILEIRO

O café é uma das principais *commodities* negociadas mundialmente e oriundo de países em desenvolvimento, sendo a receita gerada pela sua exportação uma importante fonte de divisas desses países. Segundo dados da Organização Internacional do Café (OIC), no ano de 2019, entre os 55 países produtores e exportadores de café, 15 foram responsáveis por 96,4% das exportações mundiais totalizando 181,6 milhões de sacas equivalentes a 16,3 bilhões de dólares, conforme detalhado na Tabela 1. No Brasil a produção de café destina-se, principalmente, ao mercado interno, visto que, entre os principais países produtores, situa-se entre aqueles com as menores parcelas exportadas da produção (55%).

Tabela 1 – Mercado mundial de café, 2019

| Country | Produção ¹ (mil sacas – 60 kg) | % exportado da produção | Exportações (mil sacas – 60 kg) | % no total das exportações | Receita cambial estimada ² (US\$/Lb) |
|------------|---|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 Brasil | 73.104 | 55% | 40.511 | 31,9% | 5.386.622.612,75 |
| 2 Vietnam | 35.687 | 74% | 26.537 | 20,9% | 3.528.589.854,59 |
| 3 Colômbia | 14.516 | 87% | 12.639 | 10,0% | 1.680.626.499,52 |

¹A produção total foi somada aos estoques de cada país, conforme dados divulgados pela OIC para o ano de 2019.

²Para a estimativa das receitas foi utilizado o preço indicativo da OIC de 100,52 US cents/lb, para o ano de 2019.
Fonte: Elaborado por autores com base em dados do OIC

Tabela 1 – Mercado mundial de café, 2019 (conclusão)

| País | Produção ¹ (mil sacas – 60 kg) | % exportado da produção | Exportações (mil sacas – 60 kg) | % no total das exportações | Receita cambial estimada ² (US\$/Lb) |
|----------------------|---|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| 4 Indonésia | 11.933 | 56% | 6.627 | 5,2% | 881.170.336,06 |
| 5 Honduras | 6.131 | 90% | 5.506 | 4,3% | 732.150.268,06 |
| 6 Uganda | 6.409 | 84% | 5.355 | 4,2% | 712.063.345,93 |
| 7 Índia | 5.463 | 97% | 5.314 | 4,2% | 706.541.509,99 |
| 8 Etiópia | 7.993 | 48% | 3.812 | 3,0% | 506.931.028,86 |
| 9 Peru | 3.888 | 92% | 3.588 | 2,8% | 477.139.421,16 |
| 10 Guatemala | 3.616 | 89% | 3.213 | 2,5% | 427.194.394,10 |
| 11 Mexico | 5.121 | 58% | 2.955 | 2,3% | 392.866.973,60 |
| 12 Nicarágua | 3.007 | 90% | 2.697 | 2,1% | 358.656.844,05 |
| 13 Costa do Marfim | 2.279 | 73% | 1.662 | 1,3% | 221.018.797,93 |
| 14 Costa Rica | 1.560 | 71% | 1.104 | 0,9% | 146.765.026,24 |
| 15 Tanzânia | 951 | 87% | 831 | 0,7% | 110.548.478,22 |
| Total parcial | 181.659 | 67% | 122.352 | 96,4% | 16.268.885.391,06 |
| Outros países | 8.755 | 53% | 4.611 | 3,6% | \$613.177.890,56 |
| TOTAL | 190.414 | 67% | 126.963 | 100,0% | 16.882.063.281,62 |

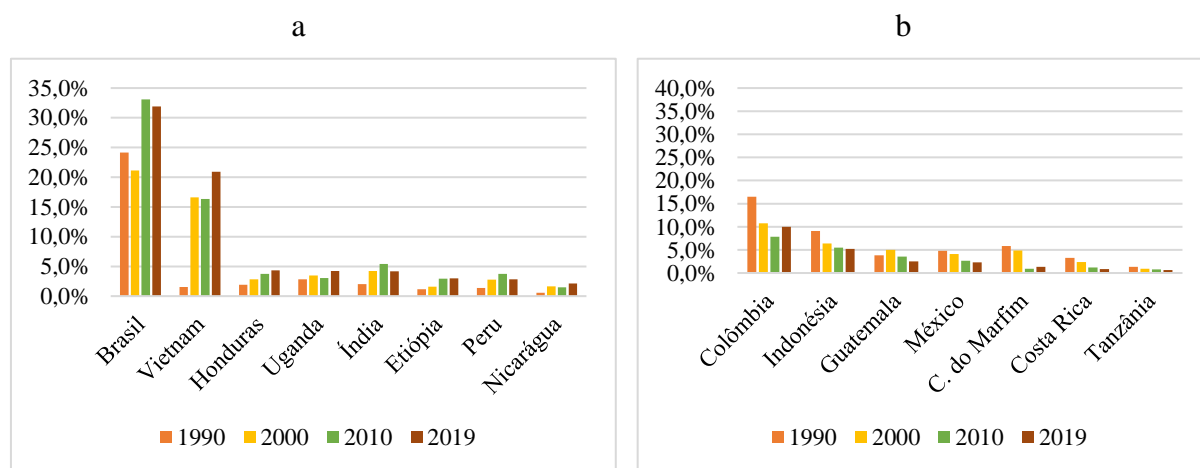
¹A produção total foi somada aos estoques de cada país, conforme dados divulgados pela OIC para o ano de 2019.

²Para a estimativa das receitas foi utilizado o preço indicativo da OIC de 100,52 US cents/lb, para o ano de 2019.

Fonte: Elaborado por autores com base em dados do OIC

Nas últimas três décadas, tanto no volume exportado quanto na produção mundial de café, o Brasil tem mantido a posição de liderança, embora outros países tenham ingressado no mercado, com participações menores, porém com taxas de crescimento maiores em alguns períodos (Figura 1).

Figura 1 – Evolução da participação dos principais países nas exportações mundiais de café, 1990-2019



Fonte: Elaborado por autores com base em dados do OIC

Destacam-se Vietnam, Honduras, Índia, Uganda, Etiópia, Peru e Nicarágua como países que ganharam importância no mercado, visto que apresentavam pouca participação nas exportações mundiais de café e foram ampliando essa participação ao longo das décadas seguintes (Figura 1a). Colômbia, Indonésia, Guatemala, México, Costa do Marfim, Tanzânia e Costa Rica que completam o grupo dos quinze países maiores produtores e exportadores mundiais, apesar de bem posicionados no ranking de exportações, vem apresentando declínio nos volumes exportados ao longo do período analisado (Figura 1b).

Na Tabela 2, apresentam-se os 15 países com maior média de produção no período de 1990-2017, e a evolução de crescimento no período e subperíodos.

Nota-se que à exceção de Colômbia, México, Costa do Marfim, Costa Rica e Tanzânia todos os demais países apresentaram crescimento da produção entre 1990 e 2017. Porém, nos quatro subperíodos analisados, a maioria apresenta taxa de crescimento da produção em declínio. Entre as taxas negativas, Costa do Marfim, Nicarágua, Colômbia e Indonésia apresentam os maiores decréscimos, em diferentes períodos.

Tabela 2 – Principais países produtores de café, produção média no período, em mil de sacos de 60kg e percentual, taxas de crescimento por períodos entre os anos de 1990 e 2019

| PAÍS | PRODUÇÃO MÉDIA | | TAXAS DE CRSCIMENTO (%) POR QUINQUÊNIO | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| | 1990 - 2019 | | 1990/94 | 1995/99 | 2000/04 | 2005/09 | 2010/14 | 2015/19 | 1990/2019 |
| | 1000 sacas | % | | | | | | | |
| 1 Brasil | 41.713 | 32,7 | 3,3 | 163,4 | 25,5 | 33,5 | -3,8 | 10,1 | 113,3 |
| 2 Vietnam | 16.002 | 11,7 | 177,2 | 193,0 | -3,2 | 28,8 | 36,2 | -1,9 | 2.226,8 |
| 3 Colômbia | 11.999 | 10,0 | -9,9 | -26,5 | 8,6 | -32,3 | 56,4 | 0,7 | -2,1 |
| 4 Indonésia | 8.558 | 6,8 | -27,9 | 43,4 | 7,9 | 24,2 | 19,9 | -9,2 | 53,6 |
| 5 Etiópia | 4.816 | 3,8 | -5,0 | 19,5 | 67,3 | 42,9 | 14,8 | 12,7 | 152,4 |
| 6 Honduras | 3.707 | 2,8 | 39,1 | 56,3 | -3,4 | 12,4 | 21,6 | 2,5 | 278,3 |
| 7 Uganda | 3.289 | 2,6 | 22,4 | -11,8 | -23,2 | 33,0 | 14,6 | 51,0 | 181,8 |
| 8 Índia | 4.568 | 3,7 | 6,1 | 21,3 | -8,5 | 5,7 | -2,7 | -14,5 | 76,3 |
| 9 Mexico | 4.363 | 3,7 | -11,0 | 17,3 | -19,7 | -2,7 | -9,1 | 43,7 | -14,8 |
| 10 Peru | 2.954 | 2,3 | 25,8 | 46,6 | 28,0 | 32,0 | -29,1 | 16,1 | 309,6 |
| 11 Guatemala | 3.900 | 3,2 | 15,8 | 28,0 | -25,0 | 4,3 | -16,2 | 5,7 | 10,3 |
| 12 Nicarágua | 1.527 | 1,2 | 48,1 | 57,8 | -32,1 | 30,7 | 15,9 | 35,3 | 525,1 |
| 13 Costa do Marfim | 2.645 | 2,3 | 2,2 | 149,6 | -55,9 | -5,3 | 106,5 | 49,7 | -34,4 |
| 14 Costa Rica | 1.998 | 1,7 | -3,1 | -12,6 | -22,4 | -10,6 | -8,6 | 2,2 | -42,6 |
| 15 Tanzânia | 819 | 0,7 | -27,1 | -6,1 | -5,6 | -16,1 | -11,0 | -0,4 | -0,6 |
| Total parcial | 112.860 | 89,1 | | | | | | | |
| Outros países | 12.549 | 10,9 | | | | | | | |
| TOTAL | 125.408 | 100 | | | | | | | |
| Média | | | 95.619 | 106.153 | 113.171 | 126.217 | 147.360 | 163.931 | 125.408 |
| Desvio padrão | | | 4.069 | 16.170 | 6.796 | 10.078 | 6.237 | 5.865 | 25.508 |
| Valor mínimo | | | 91.761 | 87.321 | 105.503 | 111.169 | 140.078 | 156.126 | 87.321 |
| Valor máximo | | | 101.267 | 131.383 | 122.625 | 135.400 | 153.910 | 172.461 | 172.461 |
| Coef. de variação | | | 4% | 15% | 6% | 8% | 4% | 4% | 20% |

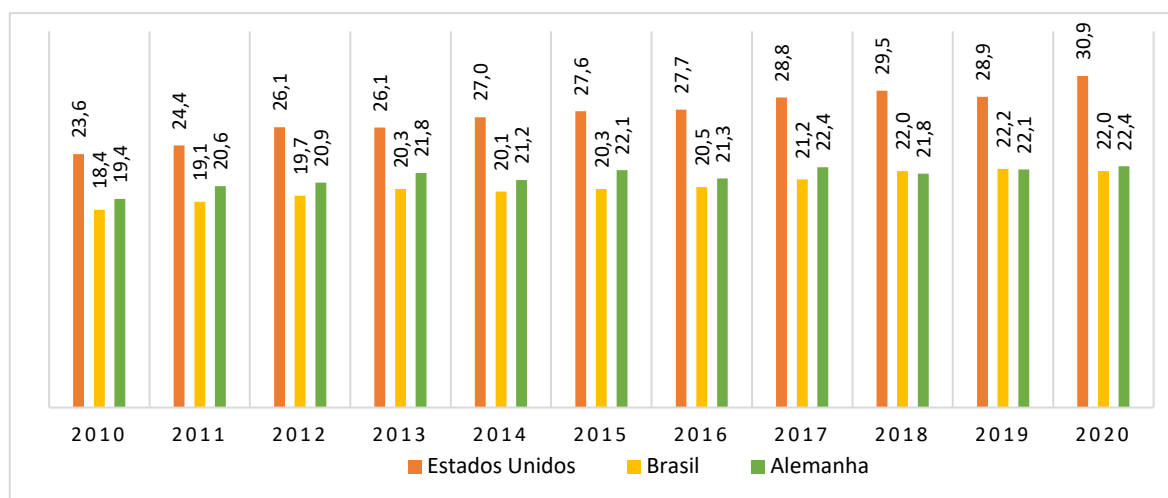
Fonte: Elaborado por autores com base em dados do OIC

No que se refere ao consumo mundial, os dados da OIC sobre importações de países membros e não membros e de consumo doméstico dos países exportadores de café demonstram que no período 2010-2020, o Brasil (Figura 2) posicionou-se entre os três maiores consumidores de café do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e Alemanha, e na segunda posição nos anos de 2017 e 2018, atrás apenas dos EUA nesses anos.

Historicamente, o modelo brasileiro de produção de café tem-se mostrado concentrador na região Sudeste do país, deslocando-se de seu eixo principal de São Paulo nos anos 1980 para a crescente produção e especialização do estado de Minas Gerais e ao mesmo tempo, aumentando também a participação do Espírito Santo, onde se concentra majoritariamente o volume total nacional da espécie conillon/robusta.

A expressividade da cafeicultura nacional pode ser ressaltada pela produção da região Sudeste do país, que representa mais de 4/5 do total nacional, alcançando, em média, mais de 80% da produção do Brasil no período de 1990-2017. Porém, nos últimos 20 anos, os plantios de café vêm se expandido em direção ao Nordeste, em particular para o estado da Bahia, especialmente nas regiões fronteiriças com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Figura 2 – Consumo doméstico de café, Estados Unidos, Brasil e Alemanha, em milhões de sacas de 60kg, 2010-2020



Fonte: Elaborado por autores com base em dados do Cecafé

Tal situação tem levado a Bahia a figurar entre os cinco maiores produtores (Tabela 3) com uma média de produção semelhante aos estados de Paraná e Rondônia e maior taxa de crescimento (43%) no período de 1990-2017, superando o maior estado produtor do país (Minas Gerais). A região da Chapada Diamantina, na Bahia, apesar de apresentar pequeno volume de produção com relação ao total estadual e taxa de crescimento negativa no período, possui destaque no mercado de cafés especiais, cuja característica principal é a comercialização de pequenos lotes de alta qualidade a preços significativamente elevados. De maneira geral, os anos 2000 mostram crescimento da produção de café no Brasil, exceto para Espírito Santo e Paraná.

Tabela 3 – Principais estados brasileiros produtores de café, produção média no período em toneladas e taxas de crescimento por períodos entre os anos 1990 e 2019

| Estados/Região | Média | %* | 1990-1994 | 1995-1999 | 2000-2004 | 2005-2009 | 2010-2014 | 2015-2019 | 1990-2019 |
|--------------------|------------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | 1990/19 | | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| Minas Gerais | 1.372.577 | 49,7% | 18,9% | 64,0% | -25,6% | 19,2% | -9,3% | 11,1% | 43,7% |
| Espírito Santo | 623.604 | 26,3% | -1,0% | 70,4% | -49,9% | 16,4% | 25,6% | 28,1% | 81,6% |
| São Paulo | 323.461 | 9,6% | -37,0% | 107,1% | -40,7% | -1,5% | 4,0% | 14,2% | -55,3% |
| Bahia | 143.525 | 6,0% | 19,3% | 29,2% | -0,2% | 37,6% | 31,6% | -13,8% | 60,2% |
| Chapada Diamantina | 29.961 | 13,2% | -32,8% | 87,8% | -34,6% | 50,1% | 8,0% | -48,7% | -18,7% |
| Rondônia | 125.920 | 4,6% | -6,1% | 10,5% | -51,0% | -14,1% | -40,7% | 61,9% | -21,3% |
| Paraná | 142.391 | 2,1% | -47,7% | 1328,9% | -44,0% | 3,8% | -73,6% | -21,1% | -79,8% |
| Outros estados | 80.575 | 1,7% | -63,2% | 21,1% | -6,8% | -16,6% | -27,8% | -4,1% | -74,0% |
| Brasil | 2.812.054 | 100% | -10,8% | 75,4% | -35,2% | 14,0% | -3,5% | 13,8% | 2,8% |

Nota: * participação de cada estado no total do Brasil e da Chapada Diamantina no total da Bahia, em relação ao ano de 2019.

Fonte: Elaborado por autores com base no Inquérito Agrícola Municipal do IBGE

O crescimento da produção baiana a partir de 1990 (Tabela 3) assenta-se nas especificidades de seu território relativas às distintas condições edafoclimáticas, as quais permitem diversidade de qualidade e potencial no mercado do café, diferenciando-a dos demais estados produtores no país.

A tendência de perda de participação no comércio mundial de café com a participação mais efetiva de outros países produtores indica que a evolução da produção brasileira de café

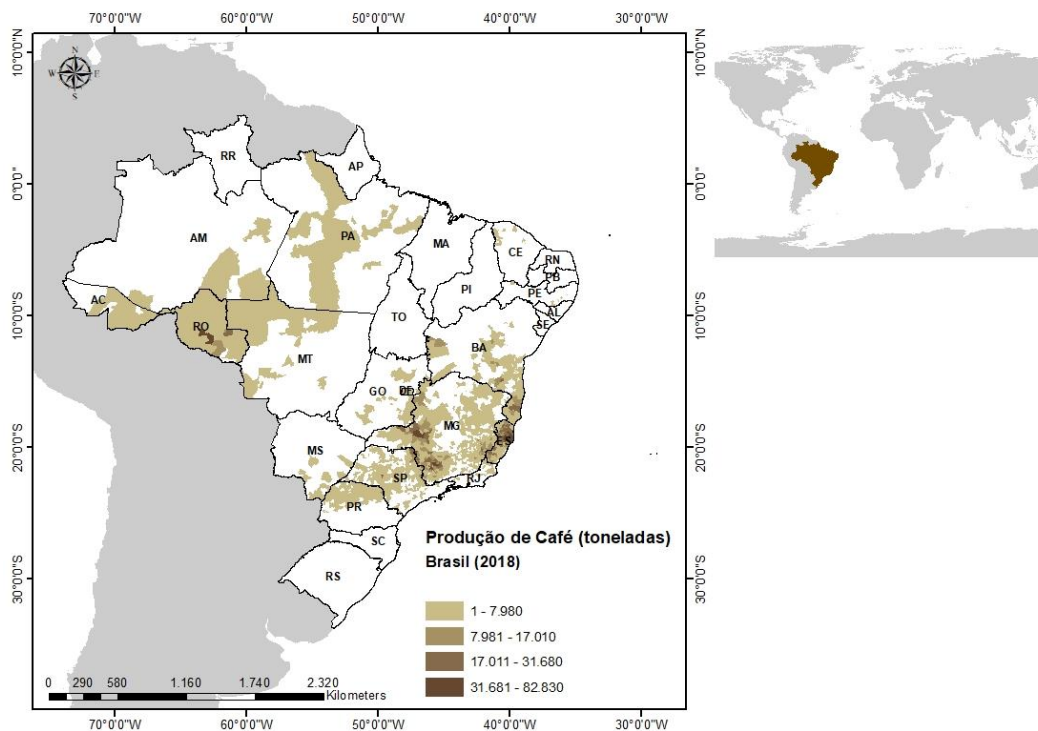
tende a especializar-se em dois segmentos principais: o segmento não familiar de alto nível tecnológico voltado à produção de café do tipo *commodity* e a pequena produção tradicional voltada aos nichos de mercado orgânico e *gourmet*.

4 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Introduzida no Brasil em 1760, a cultura do café é considerada uma das mais antigas explorações agrícolas do país cuja expansão, ocorrida no final do século XIX e início do século XX, consolidou o café como um dos principais produtos da pauta de exportação brasileira. Teve papel importante também na ocupação agrícola do território brasileiro, especialmente na diferenciação regional que hoje em dia compõe a Região Sudeste, inclusive a peculiar malha territorial de São Paulo. Atualmente, a produção brasileira de café está dispersa em diversos municípios, distintas regiões e condições produtivas (IBGE, 2016).

O Brasil, tendo a capital sediada em Brasília, possui uma área de 8.510.345.540 km² e população de 213.317.639 habitantes, segundo estimativa do IBGE para o ano de 2021, é composto por 5.570 municípios, e densidade demográfica de 22,43 hab./km² (IBGE, [s.d.]).

Figura 3 – Distribuição da produção cafeeira no Brasil, 2018



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do IBGE.

A área de estudo abrange os municípios nos quais existe registro da produção de café de acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE para o ano de 2018, em consonância com o ano de estimação da Matriz de Insumo-Produto para o Brasil (2018), disponibilizada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS).

5 ANÁLISE DE IMPACTO ECONÔMICO-ECOLÓGICO A PARTIR DE MODELOS DE INSUMO-PRODUTO

O estudo da cafeicultura sob a perspectiva econômico-ecológica será contemplado pela análise de insumo-produto com enfoque econômico-ecológico, cuja abordagem tem sido

descrita na literatura a partir das contribuições de Wassily Leontief, John Cumberland, Herman Daly, Walter Isard e Peter Victor, como uma forma de abranger o estudo de serviços ecossistêmicos em modelos de insumo-produto (HADDAD, 1989).

Constitui uma modelagem de impacto econômico e ecológico em estruturas produtivas regionais, mais especificamente o modelo de insumo-produto Isard-Victor, conforme descrito por (Haddad, 1989) que busca a compreensão da lógica interna de dinâmica e evolução do subsistema ecológico em suas interações com o subsistema econômico no âmbito de um determinado sistema de produção, a partir da ótica dos insumos, produtos e processos ecológicos gerados. Essas contribuições, em sua maioria, exigem certo nível de agregação em escala regional, a presente proposta de pesquisa se justifica pelo seu propósito de contribuir para os estudos de cunho econômico-ecológico em escala local (Chapada Diamantina, Bahia).

Cabe destacar que o método de insumo-produto tem sido aplicado em estudos de cunho ambiental como pode ser verificado nos trabalhos de Chen e Chen (2015); Wang e Chen (2016); Zhang *et al.* (2016); Brizga, Feng e Hubacek (2017); Esteves, Alves e Sesso Filho (2017); Castelão (2018), entre outros, que se limitaram a incorporar vetores relativos a fluxos de energia e emissões de gases do efeito estufa à matrizes de insumo-produto. Nesta pesquisa, pretende-se incorporar ao modelo geral duas matrizes, econômica e ambiental, buscando descrever suas interrelações, o que constitui o modelo Isard-Victor. O detalhamento do modelo analítico pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Detalhamento do modelo de matriz insumo-produto ambiental

| | | SETORES PRODUTIVOS | PROCESSOS ECOLÓGICOS |
|---|--|---|--|
| M E R C A D O R I A S | E C O N Ô M I C A S | – SISTEMA ECONÔMICO: Coeficientes intersetoriais A_{xx} | – PROCESSOS ECOLÓGICOS: Relações com mercadorias econômicas A_{xe} |
| | E C O L Ó G I C A S | – SETORES ECONÔMICOS: Relações com insumos e produtos ecológicos A_{ex} | – SISTEMA ECOLÓGICO: Coeficientes inter-processos A_{ee} |

Fonte: Adaptado de Haddad (1989)

Para Victor (1972) ao incluir o meio ambiente em um modelo de insumo-produto, permite, além da atividade industrial necessária para produzir as mercadorias destinadas ao consumo, estimar o impacto ambiental da atividade, a partir da retirada e devolução de materiais.

Destaca ainda, que a questão básica que pode ser respondida com modelos de insumo-produto adequadamente adaptados à inclusão de interações com os processos ecológicos está relacionada às implicações econômicas e ambientais de padrões alternativos de demanda final para encontrar, a partir destes padrões, uma forma de avaliar o próprio impacto ambiental resultante. A ênfase desses modelos está na identificação dos fluxos de materiais entre o sistema econômico e ecológico, tendo sido o único a especificar as identidades do equilíbrio de materiais em detalhes. Victor (1972) acrescenta que economistas como Daly e Isard foram além da identificação desse fluxo de materiais, pois buscaram incorporar as repercussões ambientais desses fluxos em seus modelos.

A representação desses processos requer a descrição explícita de uma série de mercadorias fora do sistema econômico, assim como as atividades que são os receptores diretos

de entradas para o sistema sócioeconômico exógeno. Nessa perspectiva, para este momento do estudo, foram selecionados alguns elementos ecológicos passíveis de estimação dos coeficientes técnicos por setor econômico que viabilizam a modelagem de insumo-produto ambiental, cuja coleta e métodos de estimação está devidamente descrita na próxima seção. Até que se esgotem as alternativas de inclusão de novos elementos ecológicos e sua devida estimação conforme os modelos econômico-ecológicos apresentados anteriormente, os dados coletados e mensurados nesta etapa foram calibrados e testados num modelo analítico preliminar, descrito a seguir.

O desenvolvimento de métodos de análise impacto econômico e ecológico em estruturas produtivas regionais permite retratar melhor a realidade estudada visto que o controle da perturbação dos processos ecológicos e físicos revelam especificidades ambientais locais que são elementos-chave do desenvolvimento econômico e do trabalho de planejamento, especialmente quando voltados à compreensão e análise de uma atividade econômica em particular, como o caso da cafeicultura brasileira.

5.1 Seleção dos elementos ecológicos e seu uso/produção pelos setores econômicos e pela cafeicultura: levantamento e estimação dos dados

Baseando-se em Isard *et al.* (1968) e Silva e Giunti (2014), apresenta-se a Tabela 4 com elementos ecológicos, selecionados nesta pesquisa, utilizados e produzidos pelos setores econômicos da economia brasileira e pelo sistema de produção do café, em suas respectivas unidades de medida.

Tabela 4 – Elementos ecológicos e não ecológicos inerentes à cafeicultura

| INSUMOS | | PRODUTOS E/OU RESÍDUOS | |
|---|-------------------|--|-------------------|
| Água: fluxo de consumo | m ³ /s | Água: fluxo de retorno | m ³ /s |
| Solo: área em uso | Hectares | Solo: área com vegetação nativa | Hectares |
| Adbos: Calcário | Toneladas | Resíduos do café: Água residual | Litros/ano |
| Adbos: Nitrogênio (N) | Toneladas | Resíduos do café: Casca | Toneladas |
| Adbos: Fosfato (P ₂ O ₅) | Toneladas | Resíduos do café: Pergaminho | Toneladas |
| Adbos: Potássio (K ₂ O) | Toneladas | Resíduos do café: Polpa | Toneladas |
| Agrotóxicos: Inseticidas | Toneladas | Resíduos do café: Pectina | Toneladas |
| Agrotóxicos: Herbicidas | Toneladas | Emissões de GEE's: CO ₂ | Toneladas |
| Agrotóxicos: Fungicidas e Bactericidas | Toneladas | Emissões de GEE's: CH ₄ | Toneladas |
| Agrotóxicos: Outros pesticidas | Toneladas | Emissões de GEE's: N ₂ O | Toneladas |
| Energia elétrica | Gwh | Emissões de GEE's: CO | Toneladas |
| Combustíveis: Etanol | Toneladas | Emissões de GEE's: COVNM's | Toneladas |
| Combustíveis: Gasolina C | Toneladas | Emissões de GEE's: Nox | Toneladas |
| Combustíveis: Gasolina de aviação | Toneladas | Emissões de GEE's: CF ₄ | Toneladas |
| Combustíveis: GLP | Toneladas | Emissões de GEE's: C ₂ F ₆ | Toneladas |
| Combustíveis: Óleo combustível | Toneladas | Emissões de GEE's: HFC-32 | Toneladas |
| Combustíveis: Óleo diesel | Toneladas | Emissões de GEE's: HFC-125 | Toneladas |
| Combustíveis: Querosene de aviação | Toneladas | Emissões de GEE's: HFC-134a | Toneladas |
| Combustíveis: Querosene iluminante | Toneladas | Emissões de GEE's: HFC-143a | Toneladas |
| | | Emissões de GEE's: SF ₆ | Toneladas |

Fonte: Elaborado pelos autores

Para a coleta dos dados utilizados nas estimações foram consultadas as bases de dados da Agência Nacional das Águas (ANA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), Agência Nacional de Mineração (ANM), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional do Petróleo (ANP) e do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), conforme descrito na Figura 5.

Figura 5 – Fonte de dados e fatores de ponderação para o cálculo e distribuição setorial dos elementos ecológicos selecionados

| ELEMENTOS ECOLÓGICOS | FONTE DOS DADOS | FATOR DE PONDERAÇÃO / DISTRIBUIÇÃO SETORIAL |
|---|---|---|
| ÁGUA | ANA | PAM e PPM (IBGE) |
| Fluxos de consumo e retorno | Coeficientes de uso da água | Área de culturas e pecuária |
| | | CETEM (MCTI) |
| | | Produção Mineral Bruta |
| | | RAIS (ME) |
| | | Pessoal ocupado na indústria |
| SOLO | EMBRAPA/SICAR | Censo Agropecuário (IBGE) |
| Área em uso e Área de vegetação nativa | Registro rural | Área dos estabelecimentos agropecuários |
| ADUBOS | ANM | Censo Agropecuário (IBGE) |
| Calcário | Produção beneficiada | Despesas com adubos |
| N, P, K | Fertilizantes por nutriente | |
| AGROTÓXICOS | FAO | Censo Agropecuário (IBGE) |
| Pesticidas | Uso de pesticidas | Despesas com agrotóxicos |
| ENERGIA | ANEEL | ANEEL |
| Energia Elétrica | Consumo em Gwh | Classes de consumo |
| COMBUSTÍVEIS | ANP | Censo Agropecuário, PIA, PAC, PAS, PAIC e POF (IBGE) |
| Etanol, Gasolina, GLP, Óleo combustível, Óleo diesel, | Vendas de derivados de petróleo | Painel de Custeio (ME) |
| | | Despesas com combustíveis e lubrificantes |
| EMISSIONES GEE's | SEEG | SEEG |
| CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO, COVNM's, NO _x , CF ₄ , C ₂ F ₆ , HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a e SF ₆ | Emissões e Remoções de gases de efeito estufa por atividade econômica | Atividades e setores econômicos |
| RESÍDUOS DA CAFEICULTURA | COEFICIENTES DA LITERATURA | PAM e PPM (IBGE) |
| Água residuária, Pergaminho, Polpa, Pectina | Vegro e Carvalho (1994) e Melo (2009) | Área cultivada com café |

Nota: Na estimação do uso do calcário, pesticidas, energia elétrica e combustível para o setor "Café em Grão" foram considerados os fatores de ponderação adotados para o agregado das culturas permanentes, uma vez que não estão disponíveis dados desagregados para a cultura do café. No caso das emissões de gases do efeito de estufa, a ponderação foi feita pela participação do setor no consumo intermédio total do setor agrícola. Nestes casos, está em análise literatura técnica especializada sobre coeficientes específicos do café para refinar as estimativas.

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 – Setores econômicos selecionados para o estudo

| SETOR |
|---|
| 1 Café |
| 2 Agricultura |
| 3 Pecuária |
| 4 Produção florestal; pesca e aquicultura |
| 5 Indústria extrativa |
| 6 Outras indústrias |
| 7 Manutenção de máquinas e equipamentos |
| 8 Energia elétrica, gás natural e outras |
| 9 Água, esgoto e gestão de resíduos |
| 10 Serviços |

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do IBGE.

O cálculo e a distribuição dos percentuais entre os setores econômicos foram realizados utilizando fatores de ponderação e classificações divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais especificamente o Censo Agropecuário, Pesquisa Agrícola

Municipal (PAM), Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), Pesquisa Industrial Anual (PIA), Pesquisa Anual do Comércio (PAC), Pesquisa Anual dos Serviços (PAS), Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) e Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF); além de informações coletadas nas bases de dados do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), e da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e Painel de Custeio do Ministério da Economia (Figura 5).

Neste estudo serão analisados indicadores de insumo-produto de 10 setores econômicos, conforme descritos na Figura 6.

5.2 Estrutura da matriz de insumo-produto ambiental para a cafeicultura brasileira: modelo preliminar

Ao tratarem dos modelos de insumo-produto ambientais Miller e Blair (2009) definem e distinguem as mercadorias ecológicas como insumos para um processo de produção da indústria (energia e emprego, por exemplo) e como produtos gerados por um processo de produção (um subproduto ou poluição, por exemplo). Em modelos de insumo-produto ambientais essas mercadorias ecológicas irão compor os fluxos de insumos e produtos do ecossistema no qual existe o sistema econômico interindustrial como insumos e produtos de produção ecológicos, podendo ser consideradas como comercializáveis ou não. Os autores salientam que as transações interindustriais são medidas em unidades monetárias, enquanto as mercadorias ecológicas (insumos, produtos e resíduos) são medidas em suas respectivas unidades físicas.

Na Tabela 5, estão identificadas as matrizes de insumos e de produtos e resíduos ecológicos, respectivamente, ou seja, M e N , bem como as transações interindustriais na matriz Z , o vetor de demandas finais totais, f , e o vetor de produtos totais da indústria, x .

Tabela 5 – Fluxos econômico-ecológicos para a cafeicultura brasileira: definições matriciais

| Transações Interindustriais | | | Demanda final | Produto total | Mercadorias Ecológicas | | | |
|-------------------------------|-----------|----------|---------------|---------------|------------------------|-------------------|--|--------------------------------|
| Setores consumidores | | | | | Subprodutos/Resíduos | | | |
| Agricultura | Indústria | Serviços | | | Água ¹ | Solo ¹ | Sub- produtos/ Resíduos ¹ | Emissões GEE's ¹ |
| Setores Produtores | | | | | | | | |
| Agricultura | Z | | | f | x | N | | |
| Indústria | | | | | | | | |
| Serviços | | | | | | | | |
| Mercadorias Ecológicas | | | | | | | | |
| Insumos | | | | | | | | |
| Água ¹ | M | | | | | | | |
| Solo ¹ | | | | | | | | |
| Aubos ¹ | | | | | | | | |
| Agrotóxicos ¹ | | | | | | | | |
| Energia Elétrica ¹ | | | | | | | | |
| Combustíveis ¹ | | | | | | | | |

¹ Como definido na Tabela 2.

Fonte: Adaptado de Miller e Blair (2009, p. 476)

Neste estudo, definimos como insumos ecológicos: a vazão de consumo de água por setores econômicos (m³/s), a área útil dos estabelecimentos agropecuários (hectares), o uso agrícola de calcário e dos nutrientes primários nitrogênio, fósforo e potássio (toneladas), de agrotóxicos (toneladas), de energia elétrica (Gwh) e de combustíveis derivados de petróleo (mil m³). Suas magnitudes estão detalhadas na matriz $M = [m_{kj}]$, na qual cada elemento reflete a

quantidade de mercadorias (insumos) ecológicas do tipo k usado na produção total do setor econômico j .

Da mesma forma, definimos um conjunto de produtos e resíduos ecológicos resultantes da atividade econômica, inclusive do processamento do café: a vazão de retorno de água decorrente do uso por setores econômicos (m^3/s), a área com vegetação nativa dos estabelecimentos agorpecuários (hectares), subprodutos (polpa e pectina em toneladas) e resíduos (casca, pergaminho e água residuária em toneladas) decorrentes do processamento do café, bem como as emissões de gases do efeito estufa (toneladas). A matriz correspondente de fluxos de produção de commodities ecológicas é $N = [n_{kj}]$, um elemento da qual especifica a quantidade de produção de mercadorias (subprodutos e resíduos) ecológicas k associada à produção do setor j .

As matrizes de coeficientes técnicos são estimadas da mesma maneira como são calculados os coeficientes de impacto direto nos modelos de insumo-produto tradicionais, dessa forma:

$$A = Z\hat{x}^{-1} \quad (1)$$

define a matriz de coeficientes técnicos das mercadorias econômicas

$$R = M\hat{x}^{-1} \quad (2)$$

define a matriz de coeficientes de insumos ecológicos

$$Q = N'\hat{x}^{-1} \quad (3)$$

define os coeficientes de produção de produtos e resíduos ecológicos

sendo N' a transposta da matriz de fluxos de produção de commodities ecológicas.

Tem-se,

$$R = [r_{kj}] \quad (4)$$

que especifica a quantidade de mercadoria k necessária por um real da produção da indústria j

$$Q = [q_{kj}] \quad (5)$$

que especifica a quantidade de commodity k gerada por um real de produção da indústria j

A partir do cálculo das matrizes R e Q conforme especificado, os coeficientes de impacto total, (ou coeficientes de insumo-produto de commodities ecológicas como uma função das demandas finais) podem ser estimados da seguinte forma,

$$R^* = R(I - A)^{-1} \quad (6)$$

$$Q^* = Q(I - A)^{-1} \quad (7)$$

Portanto, os elementos em $R^* = [r^*_{ij}]$ refletem a quantidade de insumo ecológico i necessária direta e indiretamente para entregar o valor de um real da produção da indústria j para a demanda final. Da mesma forma, os elementos em $Q^* = [q^*_{ij}]$ refletem a quantidade de produtos e resíduos ecológicos i associada à entrega de um real da produção da indústria j para a demanda final direta e indiretamente.

Para a modelagem preliminar, os elementos ecológicos foram calibrados na matriz brasileira de insumo-produto estimada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – NEREUS (2018), com base em Guilhoto e Sesso Filho (2005) e Guilhoto *et al.* (2010). A partir dessa matriz pretende-se calibrar e estimar a matriz inter-regional de insumo-produto (incluindo dados estimados para as regiões da Chapada Diamantina, Bahia e Brasil) de forma a

implementar o modelo econômico ecológico observando as especificidades e interrelações entre as regiões da Chapada Diamantina, restante da Bahia e restante do Brasil.

6 RESULTADOS PRELIMINARES

6.1 Impactos diretos, indiretos e totais da utilização de insumos e da geração de subprodutos e resíduos, ecológicos e não ecológicos associados à cafeicultura

A aplicação do modelo preliminar de análise descrito na seção 5.2, permitiu estimar o uso de insumos e geração de subprodutos e resíduos ecológicos, considerando os impactos diretos, indiretos e totais resultantes das interrelações entre os setores econômicos brasileiros para o ano de 2018. Na Tabela 6 apresentam-se os impactos diretos (extraídos da matriz de coeficientes de insumos ecológicos, R), ou seja, as quantidades físicas de insumos necessárias para suprir a demanda por insumos intermediários, dentro do próprio setor, no ano de 2018. Observando essa Tabela, é possível verificar a quantidade de insumos requerida por unidade monetária de produção, por setor econômico.

Constata-se, que para cada unidade monetária equivalente a bens produzidos no país, estima-se uma vazão de consumo de água por setor em $0,09\text{m}^3/\text{s}$, área útil disponível ao setor agropecuário (1.506,5ha), nutrientes primários: calcário (240,7ton), nitrogênio (30,2ton), fósforo (19,4 ton), potássio (36,9ton); agrotóxicos: inseticidas (0,27ton), herbicidas (1,05ton), fungicidas e bactericidas (0,27ton), outros pesticidas (0,10ton); energia elétrica (4,1Gwh) e combustíveis: etanol (135,0 mil m^3), gasolina C (267,0 mil m^3), gasolina de aviação (1,08 mil m^3), GLP (92,3 mil m^3), óleo combustível (16,1 mil m^3), óleo diesel (387,3 mil m^3), querosene de aviação (159,9 mil m^3), querosene iluminante (0,037 mil m^3), considerando a produção nacional.

Verifica-se que a cada unidade monetária equivalente à produção nacional entregue à demanda final no ano de 2018, considerando as relações intersetoriais, foram requeridos $0,26\text{m}^3/\text{s}$ de água, 2.552 hectares de área, 539,7; 56,7; 50,5 e 76,3 toneladas de calcário, nitrogênio, fósforo e potássio; 0,64; 2,48; 0,63 e 0,24 toneladas de inseticidas, herbicidas, fungicidas e bactericidas e outros pesticidas; 253,4; 501,3; 1,36; 173,3; 30,3; 727,2; 201,7 e 0,069 mil m^3 de etanol, gasolina C, gasolina de aviação, GLP, óleo combustível, óleo diesel, querosene de aviação e querosene iluminante, respectivamente, além de 6,21 Gwh de energia elétrica (Tabela 6).

Os impactos totais revelam o efeito multiplicador das relações intersetoriais na economia, e o uso de insumos ecológicos para atender à demanda de compra e venda dos diversos insumos e mercadorias econômicas a fim de atender à demanda dos setores econômicos. Essas informações estão detalhadas e podem ser analisadas individualmente, por setor econômico, Tabela 6.

Os impactos indiretos, que captam apenas o uso dos insumos decorrente das relações intersetoriais, retirando o efeito das demandas dentro do próprio setor, estão descritos na Tabela 6. Estes impactos revelam a intensidade das relações econômicas entre os setores econômicos e quais demandariam maior quantidade de insumos ecológicos para atender à produção de bens econômicos.

Observa-se que para a produção nacional do ano de 2018 foi requerido o consumo/utilização de $0,17\text{m}^3/\text{s}$ de água, 1045,4 hectares de área, 299,0; 26,5; 31,1 e 39,4 toneladas de calcário, nitrogênio, fósforo e potássio; 0,37; 1,43; 0,36 e 0,14 toneladas de inseticidas, herbicidas, fungicidas e bactericidas e outros pesticidas; 118,4; 234,3; 0,283; 81,0; 14,15; 339,8; 41,8 e 0,032 mil m^3 de etanol, gasolina C, gasolina de aviação, GLP, óleo combustível, óleo diesel, querosene de aviação e querosene iluminante, respectivamente, além de 2,09 Gwh de energia elétrica.

Tabela 6 - Insumos, ecológicos e não ecológicos, por setores econômicos, impactos diretos, totais e indiretos, Brasil, 2018

| INSUMOS ECOLÓGICOS | IMPACTOS DIRETOS (Matriz R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|------------------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|-------------------|----------------------|
| | ÁGUA (m3/s) | SOLO (ha) | ADUBOS (toneladas) | | | | AGROTÓXICOS (toneladas) | | | | (GWh) | COMBUSTÍVEL (1000 m3) | | | | | | | |
| | Consumo | Área útil | Calcário | N | P | K | Inseticidas | Herbicidas | Fungicidas/bactericidas | Outros pesticidas | Energia elétrica | Etanol | Gasolina C | Gasolina aviação | GLP | Óleo combustível | Óleo diesel | Querosene aviação | Querosene iluminante |
| Café | 0,017 | 91,952 | 68,90 | 15,34 | 1,51 | 14,60 | 0,090 | 0,347 | 0,088 | 0,034 | 0,028 | 0,08 | 0,16 | 0,000 | 0,05 | 0,009 | 0,23 | 0,000 | 0,000 |
| Agricultura | 0,069 | 173,017 | 110,39 | 9,69 | 11,63 | 14,53 | 0,144 | 0,556 | 0,140 | 0,055 | 0,045 | 5,54 | 10,96 | 0,000 | 3,79 | 0,662 | 15,90 | 0,000 | 0,002 |
| Pecuária | 0,000 | 914,987 | 42,08 | 3,55 | 4,26 | 5,33 | 0,028 | 0,107 | 0,027 | 0,011 | 0,065 | 6,62 | 13,09 | 0,000 | 4,53 | 0,790 | 18,99 | 0,000 | 0,002 |
| Produção florestal; pesca e aquicultura | 0,000 | 326,515 | 19,29 | 1,63 | 1,95 | 2,44 | 0,011 | 0,043 | 0,011 | 0,004 | 0,041 | 4,50 | 8,91 | 0,000 | 3,08 | 0,538 | 12,92 | 0,000 | 0,001 |
| Indústria extrativa | 0,002 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,212 | 15,96 | 31,58 | 0,000 | 10,92 | 1,907 | 45,80 | 0,000 | 0,004 |
| Outras indústrias | 0,002 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,315 | 39,86 | 78,86 | 0,000 | 27,26 | 4,761 | 114,38 | 0,000 | 0,011 |
| Manutenção de máquinas e equipamentos | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,028 | 0,07 | 0,15 | 0,000 | 0,05 | 0,009 | 0,21 | 0,000 | 0,000 |
| Energia elétrica, gás natural e outras | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| Água, esgoto e gestão de resíduos | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,020 | 2,26 | 4,46 | 0,000 | 1,54 | 0,270 | 6,48 | 0,000 | 0,001 |
| Serviços | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,347 | 60,08 | 118,86 | 1,082 | 41,09 | 7,177 | 172,41 | 159,890 | 0,016 |
| TOTAL | 0,090 | 1.506,5 | 240,7 | 30,2 | 19,4 | 36,9 | 0,27 | 1,05 | 0,27 | 0,10 | 4,11 | 135,0 | 267,0 | 1,08 | 92,3 | 16,1 | 387,3 | 159,9 | 0,037 |
| INSUMOS ECOLÓGICOS | IMPACTOS TOTAIS (Matriz R*) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ÁGUA (m3/s) | SOLO (ha) | ADUBOS (toneladas) | | | | AGROTÓXICOS (toneladas) | | | | (GWh) | COMBUSTÍVEL (1000 m3) | | | | | | | |
| | Consumo | Área útil | Calcário | N | P | K | Inseticidas | Herbicidas | Fungicidas/bactericidas | Outros pesticidas | Energia elétrica | Etanol | Gasolina C | Gasolina aviação | GLP | Óleo combustível | Óleo diesel | Querosene aviação | Querosene iluminante |
| Café | 0,019 | 98,720 | 71,77 | 15,61 | 1,80 | 14,99 | 0,093 | 0,361 | 0,091 | 0,036 | 0,053 | 1,2 | 2,4 | 0,001 | 0,82 | 0,143 | 3,44 | 0,154 | 0,000 |
| Agricultura | 0,071 | 182,240 | 113,62 | 9,97 | 11,96 | 14,95 | 0,148 | 0,572 | 0,144 | 0,056 | 0,083 | 7,2 | 14,2 | 0,002 | 4,91 | 0,858 | 20,62 | 0,240 | 0,002 |
| Pecuária | 0,005 | 974,916 | 51,73 | 4,42 | 5,25 | 6,60 | 0,039 | 0,150 | 0,038 | 0,015 | 0,101 | 8,8 | 17,4 | 0,002 | 6,03 | 1,052 | 25,28 | 0,233 | 0,002 |
| Produção florestal; pesca e aquicultura | 0,001 | 353,553 | 22,15 | 1,88 | 2,25 | 2,81 | 0,014 | 0,054 | 0,014 | 0,005 | 0,056 | 5,6 | 11,1 | 0,001 | 3,85 | 0,673 | 16,17 | 0,112 | 0,002 |
| Indústria extrativa | 0,003 | 7,033 | 2,76 | 0,25 | 0,29 | 0,36 | 0,004 | 0,014 | 0,003 | 0,001 | 0,334 | 23,0 | 45,5 | 0,021 | 15,74 | 2,750 | 66,07 | 3,061 | 0,006 |
| Outras indústrias | 0,147 | 828,648 | 254,48 | 22,56 | 26,53 | 33,55 | 0,317 | 1,226 | 0,309 | 0,121 | 2,581 | 116,6 | 230,8 | 0,091 | 79,76 | 13,932 | 334,71 | 13,467 | 0,032 |
| Manutenção de máquinas e equipamentos | 0,000 | 1,432 | 0,46 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,059 | 1,4 | 2,8 | 0,003 | 0,98 | 0,171 | 4,10 | 0,374 | 0,000 |
| Energia elétrica, gás natural e outras | 0,000 | 0,749 | 0,25 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,9 | 1,9 | 0,004 | 0,65 | 0,113 | 2,72 | 0,630 | 0,000 |
| Água, esgoto e gestão de resíduos | 0,000 | 0,951 | 0,31 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,038 | 3,2 | 6,3 | 0,002 | 2,18 | 0,380 | 9,13 | 0,270 | 0,001 |
| Serviços | 0,012 | 103,583 | 22,13 | 1,96 | 2,30 | 2,91 | 0,027 | 0,103 | 0,026 | 0,010 | 2,869 | 85,3 | 168,9 | 1,239 | 58,37 | 10,195 | 244,92 | 183,179 | 0,023 |
| TOTAL | 0,26 | 2.552 | 539,7 | 56,7 | 50,5 | 76,3 | 0,64 | 2,48 | 0,63 | 0,24 | 6,21 | 253,4 | 501,3 | 1,36 | 173,3 | 30,3 | 727,2 | 201,7 | 0,069 |
| INSUMOS ECOLÓGICOS | IMPACTOS INDIRETOS (Matriz R*- R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ÁGUA (m3/s) | SOLO (ha) | ADUBOS (toneladas) | | | | AGROTÓXICOS (toneladas) | | | | (GWh) | COMBUSTÍVEL (1000 m3) | | | | | | | |
| | Consumo | Área útil | Calcário | N | P | K | Inseticidas | Herbicidas | Fungicidas/bactericidas | Outros pesticidas | Energia elétrica | Etanol | Gasolina C | Gasolina aviação | GLP | Óleo combustível | Óleo diesel | Querosene aviação | Querosene iluminante |
| Café | 0,002 | 6,767 | 2,87 | 0,27 | 0,29 | 0,39 | 0,004 | 0,014 | 0,004 | 0,001 | 0,024 | 1,12 | 2,22 | 0,001 | 0,77 | 0,134 | 3,22 | 0,154 | 0,000 |
| Agricultura | 0,002 | 9,223 | 3,23 | 0,28 | 0,34 | 0,42 | 0,004 | 0,016 | 0,004 | 0,002 | 0,038 | 1,64 | 3,25 | 0,002 | 1,12 | 0,196 | 4,72 | 0,240 | 0,000 |
| Pecuária | 0,005 | 59,929 | 9,65 | 0,87 | 0,99 | 1,28 | 0,011 | 0,043 | 0,011 | 0,004 | 0,036 | 2,19 | 4,34 | 0,002 | 1,50 | 0,262 | 6,29 | 0,233 | 0,001 |
| Produção florestal; pesca e aquicultura | 0,001 | 27,038 | 2,87 | 0,25 | 0,29 | 0,37 | 0,003 | 0,011 | 0,003 | 0,001 | 0,015 | 1,13 | 2,24 | 0,001 | 0,77 | 0,135 | 3,24 | 0,112 | 0,000 |
| Indústria extrativa | 0,002 | 7,033 | 2,76 | 0,25 | 0,29 | 0,36 | 0,004 | 0,014 | 0,003 | 0,001 | 0,122 | 7,06 | 13,97 | 0,021 | 4,83 | 0,843 | 20,26 | 3,061 | 0,002 |
| Outras indústrias | 0,145 | 828,648 | 254,48 | 22,56 | 26,53 | 33,55 | 0,317 | 1,226 | 0,309 | 0,121 | 1,266 | 76,78 | 151,90 | 0,091 | 52,51 | 9,171 | 220,33 | 13,467 | 0,021 |
| Manutenção de máquinas e equipamentos | 0,000 | 1,432 | 0,46 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,031 | 1,36 | 2,68 | 0,003 | 0,93 | 0,162 | 3,89 | 0,374 | 0,000 |
| Energia elétrica, gás natural e outras | 0,000 | 0,749 | 0,25 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,023 | 0,95 | 1,87 | 0,004 | 0,65 | 0,113 | 2,72 | 0,630 | 0,000 |
| Água, esgoto e gestão de resíduos | 0,000 | 0,951 | 0,31 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,018 | 0,92 | 1,83 | 0,002 | 0,63 | 0,110 | 2,65 | 0,270 | 0,000 |
| Serviços | 0,012 | 103,583 | 22,13 | 1,96 | 2,30 | 2,91 | 0,027 | 0,103 | 0,026 | 0,010 | 0,522 | 25,27 | 49,99 | 0,158 | 17,28 | 3,018 | 72,51 | 23,289 | 0,007 |
| TOTAL | 0,17 | 1.045,4 | 299,0 | 26,5 | 31,1 | 39,4 | 0,370 | 1,43 | 0,36 | 0,14 | 2,09 | 118,4 | 234,3 | 0,283 | 81,0 | 14,15 | 339,8 | 41,8 | 0,032 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 7 - Subprodutos e resíduos, ecológicos e não ecológicos, por setores econômicos, impactos diretos, totais e indiretos Brasil, 2018

| PRODUTOS/RESÍDUOS ECOLÓGICOS | IMPACTOS DIRETOS (Matriz Q) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | ÁGUA (m3/s) | SOLO (ha) Veg. Nativa | RESÍDUOS (CAFEICULTURA) (toneladas) | | | | | EMISSIONES (toneladas) | | | | | | | | | | | | |
| | | | Retorno | ARC | Casca | Perga-minho | Polpa | Pectina | CO2 GWP-AR5 | CH4 | N2O | CO | COVNM | Nox | CF4 | C2F6 | HFC-32 | HFC-125 | HFC-134a | HFC-143a |
| Café | 0,01 | 91,92 | 8.661.812 | 74,24 | 37,12 | 43,06 | 44,55 | 758 | 0,02 | 0,00 | 0,15 | 0,06 | 0,25 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Agricultura | 0,01 | 172,95 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1.486 | 1,51 | 0,63 | 13,80 | 0,10 | 0,76 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Pecuária | 0,00 | 914,62 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 4.805 | 91,10 | 1,91 | 0,35 | 0,14 | 0,57 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Produção florestal; pesca e aquicultura | 0,00 | 326,38 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -13.914 | 37,63 | 1,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Indústria extrativa | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 70 | 0,01 | 0,00 | 0,43 | 11,39 | 0,27 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Outras indústrias | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1.555 | 2,96 | 0,09 | 54,31 | 46,51 | 5,60 | 0,001 | 0,00004 | 0,002 | 0,006 | 0,074 | 0,006 | 0,0001 |
| Manutenção de máquinas e equipamentos | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Energia elétrica, gás natural e outras | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 148 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,64 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Água, esgoto e gestão de resíduos | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1.071 | 36,87 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| Serviços | 0,00 | 0,00 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1.810 | 4,02 | 0,11 | 21,85 | 3,60 | 19,59 | 0,000 | 0,00000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 |
| TOTAL | 0,02 | 1.506 | 8.661.812 | 74,2 | 37,1 | 43,1 | 44,5 | -2.210 | 174,1 | 4,20 | 90,9 | 61,8 | 27,7 | 0,001 | 0,00004 | 0,002 | 0,006 | 0,074 | 0,006 | 0,0001 |
| PRODUTOS/RESÍDUOS ECOLÓGICOS | IMPACTOS TOTAIS (Matriz Q*) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ÁGUA (m3/s) | SOLO (ha) Veg. Nativa | RESÍDUOS (CAFEICULTURA) (toneladas) | | | | | EMISSIONES (toneladas) | | | | | | | | | | | | |
| | | | Retorno | ARC | Casca | Perga-minho | Polpa | Pectina | CO2 GWP-AR5 | CH4 | N2O | CO | COVNM | Nox | CF4 | C2F6 | HFC-32 | HFC-125 | HFC-134a | HFC-143a |
| Café | 0,01 | 98,68 | 8.677.417 | 74,38 | 37,19 | 43,14 | 44,63 | 844,21 | 0,41 | 0,03 | 0,77 | 0,43 | 0,48 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,0000 |
| Agricultura | 0,01 | 182,17 | 1.493 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1.552,15 | 2,19 | 0,66 | 14,57 | 0,75 | 1,11 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,001 | 0,006 | 0,000 | 0,0000 |
| Pecuária | 0,00 | 974,53 | 27.116 | 0,23 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 5.042,83 | 96,24 | 2,07 | 1,78 | 0,64 | 0,97 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,0000 |
| Produção florestal; pesca e aquicultura | 0,00 | 353,41 | 5.505 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | -14.640,13 | 40,47 | 1,45 | 0,41 | 0,16 | 0,19 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,0000 |
| Indústria extrativa | 0,00 | 7,03 | 3.537 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 384,64 | 1,38 | 0,04 | 2,81 | 13,86 | 2,15 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,001 | 0,007 | 0,001 | 0,0000 |
| Outras indústrias | 0,02 | 828,32 | 272.410 | 2,33 | 1,17 | 1,35 | 1,40 | 6.776,09 | 65,19 | 2,66 | 110,46 | 69,70 | 19,28 | 0,001 | 0,00001 | 0,003 | 0,013 | 0,145 | 0,012 | 0,0002 |
| Manutenção de máquinas e equipamentos | 0,00 | 1,43 | 486 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 56,44 | 0,30 | 0,01 | 0,56 | 0,93 | 0,21 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,0000 |
| Energia elétrica, gás natural e outras | 0,00 | 0,75 | 232 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 250,82 | 0,17 | 0,01 | 0,36 | 0,50 | 1,11 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,0000 |
| Água, esgoto e gestão de resíduos | 0,00 | 0,95 | 270 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1.127,92 | 37,50 | 0,11 | 0,31 | 0,32 | 0,18 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,0000 |
| Serviços | 0,00 | 103,54 | 29.924 | 0,26 | 0,13 | 0,15 | 0,15 | 3.180,59 | 19,56 | 0,47 | 33,31 | 11,29 | 25,25 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,001 | 0,010 | 0,001 | 0,0000 |
| TOTAL | 0,05 | 2.551 | 9.018.388 | 77,3 | 38,7 | 44,8 | 46,4 | 4.575,6 | 263,4 | 7,5 | 165,3 | 98,6 | 50,9 | 0,001 | 0,0001 | 0,004 | 0,015 | 0,178 | 0,014 | 0,0002 |
| PRODUTOS/RESÍDUOS ECOLÓGICOS | IMPACTOS INDIRETOS (Matriz Q*- Q) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ÁGUA (m3/s) | SOLO (ha) Veg. Nativa | RESÍDUOS (CAFEICULTURA) (toneladas) | | | | | EMISSIONES (toneladas) | | | | | | | | | | | | |
| | | | Retorno | ARC | Casca | Perga-minho | Polpa | Pectina | CO2 GWP-AR5 | CH4 | N2O | CO | COVNM | Nox | CF4 | C2F6 | HFC-32 | HFC-125 | HFC-134a | HFC-143a |
| Café | 0,00 | 6,76 | 15.604 | 0,13 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 86,39 | 0,39 | 0,02 | 0,61 | 0,37 | 0,23 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,0000 |
| Agricultura | 0,00 | 9,22 | 1.493 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 66,33 | 0,68 | 0,03 | 0,76 | 0,65 | 0,34 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,001 | 0,006 | 0,000 | 0,0000 |
| Pecuária | 0,00 | 59,90 | 27.116 | 0,23 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 237,59 | 5,14 | 0,15 | 1,43 | 0,49 | 0,40 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,0000 |
| Produção florestal; pesca e aquicultura | 0,00 | 27,03 | 5.505 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | -725,95 | 2,85 | 0,10 | 0,41 | 0,16 | 0,19 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,0000 |
| Indústria extrativa | 0,00 | 7,03 | 3.537 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 314,63 | 1,37 | 0,04 | 2,38 | 2,47 | 1,88 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,001 | 0,007 | 0,001 | 0,0000 |
| Outras indústrias | 0,02 | 828,32 | 272.410 | 2,33 | 1,17 | 1,35 | 1,40 | 5.220,65 | 62,23 | 2,58 | 56,16 | 23,19 | 13,68 | 0,000 | 0,00 | 0,002 | 0,006 | 0,071 | 0,006 | 0,0000 |
| Manutenção de máquinas e equipamentos | 0,00 | 1,43 | 486 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 55,82 | 0,30 | 0,01 | 0,56 | 0,92 | 0,21 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,0000 |
| Energia elétrica, gás natural e outras | 0,00 | 0,75 | 232 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 102,78 | 0,16 | 0,01 | 0,33 | 0,48 | 0,47 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,0000 |
| Água, esgoto e gestão de resíduos | 0,00 | 0,95 | 270 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 56,82 | 0,63 | 0,01 | 0,31 | 0,32 | 0,18 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,0000 |
| Serviços | 0,00 | 103,54 | 29.924 | 0,26 | 0,13 | 0,15 | 0,15 | 1.370,29 | 15,54 | 0,35 | 11,46 | 7,69 | 5,66 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,001 | 0,010 | 0,001 | 0,0000 |
| TOTAL | 0,03 | 1.044,9 | 356.576,0 | 3,06 | 1,53 | 1,77 | 1,83 | 6.785,4 | 89,3 | 3,30 | 74,4 | 36,8 | 23,2 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,009 | 0,104 | 0,008 | 0,000 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto aos resultados em termos de geração de subprodutos e resíduos ecológicos, constata-se em termos de impactos diretos (matriz de coeficientes de produtos/resíduos ecológicos Q) uma vazão de retorno de $0,02\text{m}^3/\text{s}$ de água e 1.506 hectares de vegetação nativa decorrentes da vazão de consumo de água e da área em hectares utilizada na produção nacional no ano de 2018.

Em termos de resíduos da produção de café no Brasil, para o mesmo período, foram gerados 8.661.812 litros de água residuária, 74,2; 37,1; 43,1 e 44,5 toneladas de casca, pergaminho, polpa e pectina, respectivamente, considerando a produção nacional. Os resultados setoriais e totais estão descritos na Tabela 7. No caso das emissões/remoções de gases do efeito estufa foram retiradas 2.210 toneladas de CO_2 , e emitidos 174,1; 4,20; 90,9; 61,8; 27,7; 0,001; 0,00004; 0,002; 0,006; 0,074; 0,006 e 0,001 de toneladas de CH_4 , N_2O , CO , $\text{COVNM}'\text{s}$, NO_x , CF_4 , C_2F_6 , HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, SF_6 , respectivamente, por unidade monetária de produção no país em 2018.

No que se refere aos impactos totais (matriz coeficientes de impacto total – Q^*), considerando os efeitos das relações intersetoriais, como resultado da produção nacional para o ano de 2018, houve uma vazão de retorno total de $0,05\text{m}^3/\text{s}$ de água aos corpos hídricos e a preservação de 2.551 hectares de vegetação nativa equivalentes à vazão de consumo de água e à área em hectares utilizada (não destinada legalmente à preservação) no ano de 2018.

Do processamento do café comercializado e consumido no período foram gerados 9.018.388 litros de água residuária, 77,3; 38,7; 44,8 e 46,4 toneladas de casca, pergaminho, polpa e pectina, respectivamente, considerando a produção nacional. No que se refere aos gases do efeito estufa foram emitidos 4.575,6; 263,4; 7,5; 165,3; 98,6; 50,9; 0,001; 0,0001; 0,004; 0,015; 0,178; 0,014 e 0,0002 toneladas de CO_2 , CH_4 , N_2O , CO , $\text{COVNM}'\text{s}$, NO_x , CF_4 , C_2F_6 , HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, SF_6 , respectivamente. Os resultados setoriais e totais estão descritos na Tabela 7, assim como os impactos indiretos correspondentes.

Os resultados expostos mostram a intensidade de uso de insumos e geração de produtos/resíduos ecológicos considerando a dinâmica setorial do café brasileiro para o ano de 2018. Na perspectiva de ampliação do escopo metodológico e desagregação regional do modelo proposto, pretende-se simular cenários, com base na literatura, acerca de eventos recentes (pandemia do Covid-19, entre outros) que possam ter causado efeitos diversos sobre a atividade econômica e setores específicos (cafeicultura brasileira) para assim sugerir determinadas medidas (choques) e verificar seus impactos sobre os setores econômicos e sua dinâmica econômico-ecológica relativa às variáveis (elementos ecológicos) em estudo.

A delimitação e estimação de outros elementos ecológicos ainda não considerados nesta etapa da pesquisa, assim como a possibilidade de ampliação do escopo do modelo analítico poderão fortalecer e consolidar o embasamento teórico do estudo nos conceitos da Economia Ecológica e Bioeconomia, ao contribuir com novas fontes de informações e instrumentos metodológicos capazes de promover novas perspectivas de enfrentamento das questões norteadoras em estudos e aplicações de interesse convergente na área de economia e meio ambiente, especialmente em um setor econômico, neste caso da cafeicultura, contribuição importante nas análises no âmbito do debate da sustentabilidade ambiental em determinada atividade econômica.

7 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

A elaboração da matriz insumo-produto ambiental para descrever a estrutura da produção do café em sua dinâmica de interação econômico-ecológica foi sistematizada de maneira preliminar. O detalhamento dos coeficientes relativos aos fluxos físicos e monetários entre os elementos econômicos e ecológicos que compõem a estrutura da matriz a ser desagregada regionalmente permitirá a elaboração de cenários simulando alternativas de

interação entre estes de forma a potencializar impactos positivos e minimizar os negativos no âmbito da gestão interna do sistema produtivo.

Os resultados preliminares estimados estão sendo refinados, tanto na delimitação quanto na estimação de outros elementos ecológicos a serem considerados como também o próprio modelo de análise, buscando incorporar mais elementos da estrutura de análise do modelo Isard-Victor, a fim de ampliar o potencial explicativo dos choques a serem implementados para observar os efeitos intersetoriais e inter-regionais de eventos recentes sobre a atividade econômica. Além dos indicadores de insumo-produto consolidados na literatura, os impactos (econômico-ecológicos) estimados neste estudo poderão ser demonstrados em termos de fluxos físicos dos elementos ecológicos na dinâmica intersetorial da atividade econômica em cada delimitação regional em análise.

Após os resultados consolidados pretendem-se elaborar documentos técnicos didáticos e/ou artísticos culturais direcionados a produtores, gestores públicos e comunidade de interesse, com a finalidade de promover conscientização sobre limites ambientais e consumo responsável; valorizar o saber local das comunidades alcançadas pela pesquisa oportunizando seu acesso tanto ao processo de pesquisa quanto aos seus resultados bem como subsidiar a ação de órgãos públicos e outros atores sociais no gerenciamento dos serviços ecossistêmicos identificados na pesquisa.

Espera-se, também, que a produção de conhecimento aprofundado acerca dos impactos relativos à interação econômico-ecológica do sistema de produção de café, seja utilizado para o recorte de cafés especiais, aplicando à região da Chapada Diamantina, Bahia, haja vista o crescimento de áreas com cafeicultura nesses moldes e pela paisagem local de grande apelo ecológico. Dessa forma, espera-se construir proposição de alternativas de gerenciamento por parte dos atores locais visando a racionalização dos resultados econômicos e ampliação dos benefícios sociais e ambientais da atividade.

As primeiras estimativas da matriz insumo produto ambiental para a cafeicultura revelam o potencial deste método em captar a quantidade de insumos e produtos ecológicos requeridos/gerados, bem como estimar os resíduos resultantes e suas respectivas possibilidades de aproveitamento/tratamento a partir das estimativas da produção econômica de determinada(s) região(ões) em um período específico, em nosso caso a produção brasileira para o ano de 2018.

No caso da cafeicultura, na perspectiva (inter)regional, vislumbra-se, no decorrer desta pesquisa, estimar o uso e a geração de elementos ecológicos que possam apontar sua forma de aproveitamento/tratamento a partir das características locais (Chapada Diamantina, Bahia) a fim de dinamizar a interação econômico-ecológica dessa atividade produtiva.

7 REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. DE O. *et al.* Bioeconomia: Um novo caminho para a sustentabilidade na Amazônia? **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e41101018545, 5 ago. 2021.

BRIZGA, J.; FENG, K.; HUBACEK, K. Household carbon footprints in the Baltic States: A global multi-regional input–output analysis from 1995 to 2011. **Applied Energy**, v. 189, p. 780–788, 2017.

CASTELÃO, R. A. **Análise econômica-ambiental no Estado de Mato Grosso do Sul a partir da matriz insumo-produto**. Tese de Doutorado. Campo Grande, MS: Universidade Anhanguera - Uniderp, 2018.

CHEN, S.; CHEN, B. Urban energy consumption: Different insights from energy flow analysis, input-output analysis and ecological network analysis. **Applied Energy**, v. 138, p. 99–107, 5 jan. 2015.

- COSTA, F. D. A. *et al.* **Bioeconomia da sociobiodiversidade no estado do Pará**. Brasília, DF: The Nature Conservancy (TNC Brasil), Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Natura, 2021.
- ESTEVES, E. G. Z.; ALVES, A. F.; SESSO FILHO, U. A. Análise da decomposição estrutural da emissão de CO₂: 1995 a 2009. **Análise**, v. 38, n. No. 42, 2017.
- GALLAUD, D.; LAPERCHE, B. **Circular Economy, Industrial Ecology and Short Supply Chain**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016. v. 4
- GUILHOTO, J. J. M. *et al.* Matriz de Insumo-Produto do Nordeste e Estados: Metodologia e Resultados (Input-Output Matrix of the Brazilian Northeast Region: Methodology and Results). **SSRN Electronic Journal**, 1 dez. 2010.
- GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimacão da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 2, p. 277–299, 2005.
- HADDAD, P. R. **Economia regional : teorias e métodos de análise**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1989.
- IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. A geografia do café: dinâmica territorial da produo agropecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.
- IBGE, I. B. DE G. E E. **IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba.html>>. Acesso em: 21 out. 2021.
- ISARD, W. *et al.* On the linkage of socio-economic and ecologic systems. *In: Papers of the Regional Science Association*. [s.l.] Springer-Verlag, 1968. p. 79–99.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: foundations and extensions**. [s.l.] Cambridge University Press, 2009.
- NEREUS. **NÚCLEO DE ECONOMIA REGIONAL E URBANA DA USP. Sistema de Matrizes de Insumo-Produto para o Brasil 2018 - 68 setores**. [s.l.] NEREUS, 2018. Disponível em: <<http://www.usp.br/nereus/?fontes=dados-matrizes>>. Acesso em: 1 dez. 2021.
- ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. No. 74, p. 65–92, 2012.
- SILLANPÄÄ, M.; NCIBI, C. **A sustainable bioeconomy: The green industrial revolution**. [s.l.] Springer International Publishing, 2017.
- SILVA, A. V.; GIUNTI, O. D. **Técnico em cafeicultura: cafeicultura agroecológica**. 1. ed. Muzambinho, MG: IFSul de Minas , 2014.
- VICTOR, P. A. **Economics of Pollution**. [s.l.] Macmillan International Higher Education, 1972.
- WANG, S.; CHEN, B. Energy–water nexus of urban agglomeration based on multiregional input–output tables and ecological network analysis: A case study of the Beijing–Tianjin–Hebei region. **Applied Energy**, v. 178, p. 773–783, 15 set. 2016.
- ZHANG, Y. *et al.* Urban energy flow processes in the Beijing-Tianjin-Hebei (Jing-Jin-Ji) urban agglomeration: Combining multi-regional input-output tables with ecological network analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 243–256, 15 fev. 2016.