



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Juliana Barboza do Nascimento

AVALIAÇÃO SOCIAL DO CICLO DE VIDA
DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Rio de Janeiro
2023



UFRJ

Juliana Barboza do Nascimento

AVALIAÇÃO SOCIAL DO CICLO DE VIDA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Cláudia do Rosário Vaz Morgado, D.Sc.

Coorientadora: Elisa Maria Mano Esteves, D.Sc.

Rio de Janeiro
2023

Nascimento, Juliana.

Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis/
Juliana Barboza do Nascimento – 2023.

f. : il. 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2023.

Orientadora: Cláudia R. V. Morgado e

Co-orientadora: Elisa M. M. Esteves

1. Avaliação Social do Ciclo de Vida. 2. Biocombustíveis .
3. Indicadores de Sustentabilidade Social. 4. Análise multicritério I. Morgado, Claudia e Esteves, Elisa II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis



AVALIAÇÃO SOCIAL DO CICLO DE VIDA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Juliana Barboza do Nascimento

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Nome, titulação, instituição

Prof. Nome, titulação, instituição

Prof. Nome, titulação, instituição

Prof. Nome, titulação, instituição

Prof. nome, titulação, instituição

Rio de
Janeiro
2023

Ao Lucas, por sempre me incentivar a buscar novos desafios.

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro, Lucas, pelo amor, compreensão e por sempre acreditar em mim.

À Fênix, pelos momentos fofos.

Ao meu pai, Dejalma, por ter me ensinado tanto.

À Simone, Vera e Paulo, pela torcida, risadas e principalmente pelo cuidado.

Aos meus amigos, pelos desabafos, pelos conselhos e acima de tudo pela companhia.

Às minhas orientadoras D.Sc Cláudia R.V. Morgado e D.Sc Elisa M.M Esteves, pela paciência e pela oportunidade de crescimento.

Aos professores do PEA que fizeram parte dessa jornada, por ampliarem meu conhecimento e visão de mundo.

À UFRJ, que foi palco de aprendizagens e momentos tão felizes.

Ao Apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015.

E a todos aqueles que, de alguma maneira, participaram do processo deste trabalho.

RESUMO

NASCIMENTO, Juliana. B. **Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Atualmente, os biocombustíveis aparecem como uma das principais alternativas energéticas de baixo carbono. No entanto, a maioria dos estudos foca apenas nos impactos ambientais dos biocombustíveis, desconsiderando seus impactos socioeconômicos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a Avaliação Social do Ciclo de Vida do biodiesel e etanol produzidos do Centro-Oeste brasileiro entre os anos de 2009 e 2019. A metodologia foi estruturada a partir da ISO 14040, que compõe as etapas Objetivo e Escopo, Análise de inventário, Avaliação dos impactos e Interpretação. A unidade funcional definida foi um ano de ciclo produtivo de biocombustíveis líquidos no Centro-Oeste brasileiro. Os stakeholders utilizados (trabalhadores, comunidade local e sociedade) foram definidos a partir da leitura da literatura existente. A análise dos impactos sociais da produção dos biocombustíveis foi realizada para cada atividade econômica existente nas fases agrícola e industrial do ciclo de vida. A fim de entender a sustentabilidade social do setor, foram calculados Índices de Sustentabilidade Social (ISS). Para tal, foi realizada a normalização dos dados, e posteriormente, uma análise multicritério com peso 1 para todas as categorias de impacto avaliadas. Os resultados indicam que houve uma evolução social positiva em ambas as fases do ciclo de vida produtivo dos biocombustíveis no período estudado, principalmente pelo aumento da escolaridade dos trabalhadores, empregabilidade e diminuição do trabalho escravo. Sabe-se que a Avaliação Social do Ciclo de Vida ainda encontra alguns obstáculos como a dificuldade de mensuração de dados qualitativos e agregação dos dados disponíveis, a fim de se adequar à realidade. Neste quesito, esse trabalho se mostra relevante, por ter sido capaz de aumentar a objetividade da avaliação de indicadores sociais, a partir de sua quantificação e da utilização de ferramentas estatísticas, como a análise multicritério.

Palavras-chave: Avaliação Social do Ciclo de Vida; Biocombustíveis; Indicadores de Sustentabilidade Social; Análise multicritério.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Juliana. B. **Social Assessment of the Life Cycle of Biofuels using Multicriteria Analysis.** Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Currently, biofuels appear as one of the main low-carbon energy alternatives. However, most studies focus only on the environmental impacts of biofuels, disregarding their socioeconomic impacts. Thus, the objective of this work was to carry out a Social Assessment of the Life Cycle of biodiesel and ethanol produced in the Brazilian Midwest between 2009 and 2019. The methodology was structured based on ISO 14040, which comprises the Objective and Scoping, Inventory Analysis, Impact Assessment and Interpretation. A defined functional unit was a year of production cycle of biofuel liquids in the Brazilian Midwest. The stakeholders used (worker, local community and society) were defined based on reading the existing literature. The analysis of the social impacts of biofuel production was carried out for each economic activity existing in the agricultural and industrial phases of the life cycle. To understand the sector's social sustainability, Social Sustainability Indexes (ISS) were calculated. To this end, data normalization was performed, and subsequently, a multicriteria analysis with weight 1 for all categories of impact assessments. The results indicate that there was a positive social evolution in both phases of the productive life cycle of biofuels in the period studied, mainly due to the increase in workers' education, employability and reduction of slave labor. It is known that the Social Life Cycle Assessment still encounters some obstacles, such as the difficulty of measuring qualitative data and aggregating available data, in order to adapt to reality. In this regard, this work is relevant, as it has been able to increase the objectivity of the evaluation of social indicators, based on their quantification and the use of statistical tools, such as multicriteria analysis.

Keyword: Social Life Cycle Assessment; Biofuels; Social Sustainability Indicators; Multi-criteria analysis

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais stakeholders avaliados na bibliografia analisada.....	52
Tabela 2 – Principais Categorias de Impacto Avaliadas na Literatura.....	54
Tabela 3 – Stakeholders, Categorias de Impacto e indicadores definidos para a avaliação social do ciclo de vida de biocombustíveis.....	57
Tabela 4 – Stakeholders, Categorias de Impacto e indicadores utilizados na avaliação social do ciclo de vida de biocombustíveis e sua respectiva referência.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Levantamento de literatura recente sobre diferentes métodos usados na Avaliação Social do Ciclo de Vida.....	24
Quadro 2 – Stakeholders e subcategorias identificadas pela UNEP/SETAC, 2009.....	29
Quadro 3 – Literatura acerca de Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis.....	47
Quadro 4 – Stakeholders e Categorias de Impacto definidas para Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis.....	56
Quadro 5 – Categorias da Classificação Nacional de Atividades Econômicas correspondente aos processos produtivos da fase Agrícola e Industrial do Ciclo de Vida de Biocombustíveis.....	67
Quadro 6 – Inventário para o indicador Média Salarial para as atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo.....	68
Quadro 7 – Inventário para o indicador igualdade salarial para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	68
Quadro 8 – Inventário para o indicador Igualdade de Oportunidades para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	69
Quadro 9 - Inventário para o indicador Analfabetos/Vínculos Ativos para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	69
Quadro 10 – Inventário para o indicador Ensino Médio/Vínculos Ativos para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	70
Quadro 11 – Inventário para o indicador Trabalho análogo ao Escravo para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	70
Quadro 12– Inventário para o indicador Vagas de Emprego por nível de Instrução para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	71
Quadro 13- Inventário para o indicador Vagas de Emprego por habitantes para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) distribuídos nos pilares: ambiental (biosfera), social (sociedade), econômico (economia) e transversalmente, o institucional (parcerias).....	17
Figura 2 – Etapas de um processo de Avaliação do Ciclo de Vida conforme ISO (2006) e ABNT (2009)	22
Figura 3a) - Oferta Interna de Energia no Brasil em 2020.....	32
Figura 3b) - Fontes Renováveis de energia utilizadas no Brasil em 2020.....	32
Figura 4 – Matéria-prima e vantagens das gerações de biocombustíveis.....	35
Figura 5 – Histórico da utilização de biocombustíveis no Brasil.....	37
Figura 6 – Série histórica da produção de Etanol no Brasil.....	39
Figura 7a) – Produção de etanol em m ³ nas regiões do Brasil em 2021.....	39
Figura 7b) – Matérias-Primas utilizadas na produção de etanol no Centro-Oeste brasileiro em 2021.....	39
Figura 8 – Série histórica da produção de biodiesel no Brasil.....	41
Figura 9a) - Produção de biodiesel em m ³ nas regiões do Brasil em 2021.....	42
Figura 9b) - Matérias-Primas utilizadas na produção de biodiesel no Centro-Oeste brasileiro em 2021.....	42
Figura 10 – Preço médio do biodiesel e diesel sem ICMS.....	43
Figura 11 – Série histórica da renda média anual em milhares de reais das famílias cadastradas no CBS.....	45
Figura 12 – Fronteira do Sistema produtivo de Etanol e Biodiesel.....	63
Figura 13 – Série histórica do Salário Médio (em salários-mínimos) entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	73
Figura 14a) – Série histórica da renda mensal de trabalhadores analfabetos nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019.....	75
Figura 14b) - Série histórica da renda mensal de trabalhadores com ensino médio completo nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019.....	75
Figura 14c) Série histórica da renda mensal de trabalhadores com ensino superior completo nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019.....	75
Figura 15 – Série histórica da Porcentagem de mulheres empregadas em relação ao total de trabalhadores entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades econômicas relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	76

Figura 16 – Série histórica da razão entre o Salário Feminino e Masculino entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	77
Figura 17 – Série histórica da razão de trabalhadores Analfabetos, em relação ao total de trabalhadores, entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	79
Figura 18 – Série histórica da razão de trabalhadores com Ensino Fundamental Completo entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	80
Figura 19 – Série histórica da porcentagem de trabalhadores com Ensino Médio Completo entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	81
Figura 20 – Série histórica do percentual de trabalhadores, resgatados em condições análogas à escravidão entre os anos de 2009 e 2019, em relação ao total de trabalhadores, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	82
Figura 21 – Série histórica do número de vínculos ativos, entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.....	83
Figura 22 – Índices de Sustentabilidade Social para as Fases Agrícola e Industrial e total da produção de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, nos anos de 2009 e 2019.....	84
Figura 23 – Análise multidimensional das categorias de Impacto para o Ciclo de Vida de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, referentes aos anos de 2009 e 2019.....	85
Figura 24 Índices de Sustentabilidade Social para a produção de Biodiesel e Etanol no Centro-Oeste brasileiro, nos anos de 2009 e 2019.....	86
Figura 25 – Índices de Sustentabilidade Social para as atividades econômicas relativas à produção de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, nos anos de 2009 e 2019.....	87
Figura 26 – Análise das categorias de Impacto para a fase agrícola do Ciclo de Vida de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, referentes aos anos de 2009 e 2019.....	88
Figura 27– Análise das categorias de Impacto para a fase Industrial do Ciclo de Vida de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, referentes aos anos de 2009 e 2019.....	89

LISTA DE SIGLAS

A- ACV	Avaliação Ambiental do Ciclo de Vida
S - ACV	Avaliação Social do Ciclo de Vida
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
ECO-92	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
ISO	Organização Internacional para Padronização
ISS	Índice de Sustentabilidade Social
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OD	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OSST	Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho
PIB	Produto Interno Bruto
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PRONAF	Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PSILCA	Product Social Impact Life Cycle Assessment Database
GEE	Gases de Efeito Estufa
SBS	Selo Biocombustível Social
SETAC	Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental

SHDB	Social Hotspots Database
STF	Supremo Tribunal Federal
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
WLC	Combinação Linear Ponderada

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1	RELEVÂNCIA/JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVO DO TRABALHO	19
1.2.1	Objetivos Específicos.....	19
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E BEM-ESTAR	21
2.1.1	Responsabilidade Social.....	24
2.2	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	26
2.2.1	Avaliação Social do Ciclo de Vida.....	29
2.2.1.1	Diferenças entre ACV-S e ACV-A	33
2.2.1.2	Indicadores Sociais.....	34
2.3	PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO	37
2.3.1	Biocombustíveis	38
2.3.1.1	Etanol no Brasil.....	43
2.3.1.2	Biodiesel no Brasil	44
2.3.1.2.1	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel	47
2.3.1.3	Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)	49
2.4	ACV SOCIAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS	50
3.	METODOLOGIA	53
3.1.	Objetivo e Escopo	53
3.2	Análise de inventário.....	60
3.2.1.	Análise multicritério.....	62
4.	ESTUDO DE CASO	64
4.1.	Objetivo e Escopo	64
4.2.	Análise de Inventário	65
4.2.1.	Análise multicritério.....	74
4.3	Avaliação de Impacto e Interpretação	74

4.3.1.1. Condições Salariais	74
4.3.1.2. Igualdade de Oportunidades	78
4.3.1.3 Capacitação	80
4.3.1.4. Condições de Trabalho.....	82
4.3.1.5 Empregabilidade.....	84
4.3.2 Análise Multicritério	85
5. CONCLUSÕES.....	91
6. REFERÊNCIAS	94
APÊNDICE I.....	100

1. INTRODUÇÃO

O elevado aumento populacional das últimas décadas impactou diretamente o consumo e conseqüentemente o aumento da demanda por recursos naturais e de liberação de gases do efeito estufa. Nesse sentido, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU lançou, em 2021, o relatório intitulado “Mudanças Climáticas 2021: A base das Ciências Físicas” no qual discute as projeções, conseqüências e possibilidades de mitigação do aumento da temperatura terrestre. Segundo o relatório do IPCC (2021), a menos que ocorram mudanças ‘profundas nas emissões de CO₂, até o final do século XXI, haveria um aumento na temperatura terrestre entre 1,5 C° e 2,0 C°. Tais aumentos na temperatura, por sua vez, causarão mudanças irreversíveis a curto prazo, como aumento das ondas de calor, alterações nos regimes de chuva, acidificação dos oceanos e aumento do nível do mar, que afetarão todas as partes do planeta (Zhongming et al., 2021). Nesse sentido, a diminuição da liberação de gases do efeito estufa na atmosfera é crucial para impedir que tais previsões aconteçam.

Sendo assim, resultou-se na necessidade de reconfiguração da indústria, levando à busca de processos mais ecoeficientes, que alinhassem eficiência aos pilares econômico e ambiental da sustentabilidade. Atualmente, o planeta ainda é extremamente dependente de fontes energéticas não renováveis. O petróleo e seus derivados são a principal fonte energética mundial, possuindo 31,3% de participação na matriz energética mundial em 2020, seguido do carvão mineral, com 27%, e o gás natural com 23% (IEA, 2021). Somando este fato com a necessidade da diminuição da liberação de CO₂ na atmosfera, a busca por fontes alternativas energéticas renováveis vem sendo encorajadas. Assim, surgem os biocombustíveis, que consistem em combustíveis derivados de biomassa renovável que possam substituir, parcial ou totalmente, os combustíveis de origem fósseis. Dessa forma, os biocombustíveis passam a ter o potencial de tornar a produção energética menos dependente de fontes não-renováveis, aumentando a sustentabilidade energética mundial (Luque et al., 2008).

Embora os combustíveis fósseis ainda sejam a principal fonte energética mundial, o Brasil conta com uma matriz energética diversificada. Em 2020, 48,4 % da oferta interna de energia no Brasil foi proveniente de fontes renováveis, contra apenas 14,9% mundiais (BEM, 2021; Costa e Bento et al., 2021). A importância de fontes renováveis na matriz brasileira se dá principalmente pela produção de biocombustíveis derivados de biomassa. Atualmente, segundo o governo federal, as agroenergias são a segunda fonte energética do país, sendo biocombustíveis líquidos predominantes o etanol, derivado da cana-de-açúcar e,

crescentemente, o biodiesel, derivado de vegetais oleaginosos e gordura animal. (Brasil, 2022; ANP, 2022 a e b).

Nesse sentido, estudos que visam à avaliação da ecoeficiência e sustentabilidade ambiental de combustíveis derivados de biomassa têm sido publicados. Devido à crescente importância desta temática, muitos trabalhos têm se proposto a estudar a sustentabilidade dos biocombustíveis, porém, tais trabalhos focam principalmente nos aspectos ambientais. Nesse sentido, Sieverding et al. (2015) realizaram uma revisão dos potenciais de eutrofização, acidificação e aquecimento global do biodiesel. Cerri et al. avaliaram a liberação de gases de efeito estufa da produção de biodiesel de soja no Brasil, enquanto Esteves et al. (2018) compararam a emissão de gases de efeito estufa na produção de biodiesel em fazendas tradicionais e Integradas Lavoura-Pecuária. Gabisa et al. estimaram o desempenho ambiental da produção de etanol na Etiópia. Brondani et al. (2015) realizaram, no Brasil, uma análise energética da produção de biodiesel de soja. Esteves et al. (2016) avaliaram o impacto causado pela produção de biodiesel de soja no Brasil, a partir da análise da alteração do uso do solo e da Avaliação do Ciclo de Vida.

Nesse sentido, a Avaliação do Ciclo de Vida se demonstra como uma excelente ferramenta para a apreciação de todo o sistema produtivo, desde a extração de materiais, até o fim da vida dos produtos. No entanto, para que se tenha um entendimento geral da sustentabilidade de tais produtos, além do aspecto ambiental, é necessário estudos que foquem também nos aspectos socioeconômicos dos biocombustíveis. Contudo, trabalhos com análises dos efeitos da produção de biocombustíveis na sociedade são escassos na literatura. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a realização da Avaliação Social do Ciclo de Vida de biocombustíveis, na região Centro-Oeste.

1.1. RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA

Atualmente, com o conceito de responsabilidade social, empresas vêm sendo estimuladas a ajustarem seus processos produtivos de forma que haja a diminuição de externalidades ambientais e socioeconômicas para a sociedade. Sendo assim, as companhias passam a ter responsabilidade pelos seus atos, participando ativamente da construção da sociedade.

O Brasil é referência mundial na produção de agroenergias, sendo o terceiro maior produtor de etanol do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e da Indonésia (IICA, 2021). Nesse sentido, por serem provenientes de fontes renováveis, os biocombustíveis passam a ter

alto potencial de substituição de combustíveis derivados de petróleo, resultando no aumento da sustentabilidade ambiental energética do planeta (Zindansek et al., 2019; Deora et al., 2022). Sendo assim, espera-se uma crescente demanda pelos biocombustíveis líquidos, etanol e biodiesel, nas próximas décadas, aumentando a oportunidade do Brasil se destacar ainda mais no segmento.

Por serem derivados de biomassa vegetal, o ciclo produtivo dos biocombustíveis possui duas fases: a fase agropecuária, na qual são produzidos a biomassa propriamente dita, e a fase industrial, na qual são realizadas as transformações da matéria-prima até o produto final. Devido ao fato do Brasil ser um país predominantemente agrícola, nas regiões interioranas, onde a produção é mais intensa, a agropecuária é uma das principais fontes de trabalho da população. Tal fato faz com que os biocombustíveis tenham impactos diretos no bem-estar da população, assim como, na geração de emprego e renda. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), em 2021, os postos de trabalho ocupados no agronegócio alcançaram 20,21% do total no Brasil, sendo o maior contingente desde 2016 (CEPEA, 2020). Além disso, em 2015, ano de crise econômica no país, a agropecuária foi o único setor com PIB positivo, impedindo uma recessão econômica ainda maior (IBGE, 2016).

Nesse sentido, a Avaliação Social do Ciclo de Vida dos biocombustíveis, que leve em conta diversos indicadores, permite a compreensão e a aferição dos impactos sociais positivos e negativos de uma cadeia produtiva, permitindo assim uma melhor visualização dos pontos críticos a serem priorizados no processo de tomada de decisão.

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é a realização da Avaliação Social do Ciclo de Vida de biocombustíveis líquidos, a partir de uma análise multicritério.

1.2.1. Objetivos Específicos

Esse trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar os principais indicadores sociais para a realização da avaliação social do ciclo de vida.
2. Elaborar uma metodologia específica para a avaliação social do ciclo de vida de biocombustíveis, bem como para o cálculo dos índices de sustentabilidade social.
3. Aplicação da metodologia elaborada em um estudo de caso no centro-oeste brasileiro.

4. Elaborar inventário e avaliar os impactos socioeconômicos do estudo de caso no Centro-Oeste brasileiro.
5. Calcular índices de Sustentabilidade Social para o ciclo produtivo do etanol e biodiesel no Centro-Oeste brasileiro, a partir de uma análise multicritério.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será realizado um levantamento bibliográfico dos principais temas relacionados ao estudo.

2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E BEM-ESTAR

A pauta ambiental ganhou extrema relevância no cenário atual, encontrando-se presente na grande maioria dos processos de tomada de decisões mundiais. No entanto, tal importância é recente e fruto de dezenas de discussões realizadas a partir da segunda metade do século XX. Até o início da década de 1970, o meio ambiente era percebido apenas como uma fonte ilimitada de recursos naturais, não havendo preocupações acerca dos impactos causados (ROCHA, 2006). Contudo, foi em 1972, na Conferência das Nações sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, que se iniciou a mudança de paradigma acerca do meio ambiente natural. Pela primeira vez, chefes de estado de diversos países se juntaram a fim de realizar debates acerca de assuntos antes não tratados, como a poluição atmosférica e a pressão do crescimento populacional sobre os recursos naturais. Sendo assim, a partir desta data, questionamentos relativos à importância de um ambiente sadio para o planeta, assim como a influência humana sobre sua qualidade passaram a se encontrar presentes nas tomadas de decisão (ROCHA, 2006).

Com o passar dos anos, as discussões acerca do meio ambiente foram amplamente estimuladas e efetuadas. Nesse sentido, em 1987, é lançado o documento “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório de Brundtland, que coloca a pobreza, os padrões de consumo e produção vigentes na época como os principais fatores impeditivos para um desenvolvimento igualitário entre os países, além de gerarem diversos problemas ambientais (Brundtland, 1987). Ainda no relatório, surge, pela primeira vez, o conceito de desenvolvimento sustentável, aceito até hoje, que passa a ser definido como:

“o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades” (Brundtland, 1987).

Um ano após o relatório de Brundtland, em 1988, a Constituição da República Federativa do Brasil inova, ao realizar pela primeira vez a constitucionalização do direito ambiental, dispondo expressamente acerca da proteção ao meio ambiente.

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de

defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (Brasil, 1988)

Tal dispositivo, a fim de obter a perenização dos recursos ambientais através da aplicação do desenvolvimento sustentável, adota expressamente o direito ao meio ambiente equilibrado, foi mais tarde reconhecido como direito fundamental pelo STF em 2005 (ADI/MC nº 3.540, 2005). Tal direito se classifica como imaterial, de terceira dimensão, transindividual e com aplicação imediata (Amado, 2017).

Em 1992, foi realizada a conferência ECO-92 na cidade do Rio de Janeiro, a qual possui como um dos principais resultados, a *Agenda 21*, um instrumento de planejamento voltado a chefes de estado, para a construção de cidades sustentáveis (ONU, 1992). Tal documento, por sua vez, dedica seu capítulo 4º à necessidade de alteração dos padrões de consumo, no qual dispõe que:

“A fim de que se atinjam os objetivos de qualidade ambiental e desenvolvimento sustentável será necessário eficiência na produção e mudanças nos padrões de consumo para dar prioridade ao uso ótimo dos recursos e à redução do desperdício ao mínimo. Em muitos casos, isso irá exigir uma reorientação dos atuais padrões de produção e consumo, desenvolvidos pelas sociedades industriais e por sua vez imitados em boa parte do mundo. (ONU, 1992)”

O modelo de produção vigente, orientado para o consumo excessivo, passa a ser entendido como algo a ser superado pela sociedade. Isso porque tais modelos não consideram a capacidade de suporte dos sistemas naturais, utilizando-se de processos não sustentáveis, resultando no esgotamento dos recursos naturais, e conseqüentemente tornando-os incompatíveis com o desenvolvimento sustentável do planeta.

Nesse sentido, em 1994, surge o conceito de *tripé da sustentabilidade*, criado pelo sociólogo britânico John Elkington, consiste na ideia de que o desenvolvimento sustentável é sustentado pelos três principais pilares de uma sociedade: o aspecto econômico, o ambiental e o aspecto social (Elkington, 1994). Tais perspectivas devem agir de forma harmônica entre si, a fim de se obter o pleno desenvolvimento sustentável. Sendo assim, no ano 2000, é lançada a *“Declaração do Milênio”*, realizada pela ONU (2000), com a assinatura de 191 Estados. No documento, foram definidos 8 objetivos a serem alcançados pelas nações até 2015, estando entre elas a meta de nº 7: Garantir a Sustentabilidade Ambiental. Embora os ODM tenham sido importantes para progressos a nível mundial, tais avanços não ocorreram de forma regular entre

as regiões e países (ONU, 2015). Assim, na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2015, foi definida uma nova agenda para o desenvolvimento sustentável mundial, que conta com 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com metas que devem ser alcançadas até 2030. (ONU, 2016).

Os ODS são separados em quatro pilares distintos, que se relacionam entre si, sendo eles: (1) ambiental, abordando temáticas relacionadas à proteção dos recursos naturais e à energia limpa; (2) econômico, se relacionando com aspectos de produção; (3) social, abordando temas relativos à melhoria da qualidade de vida das pessoas; e (4) institucional, que se relaciona à capacidade da formação de parcerias para que os objetivos sejam alcançados (Figura 1).

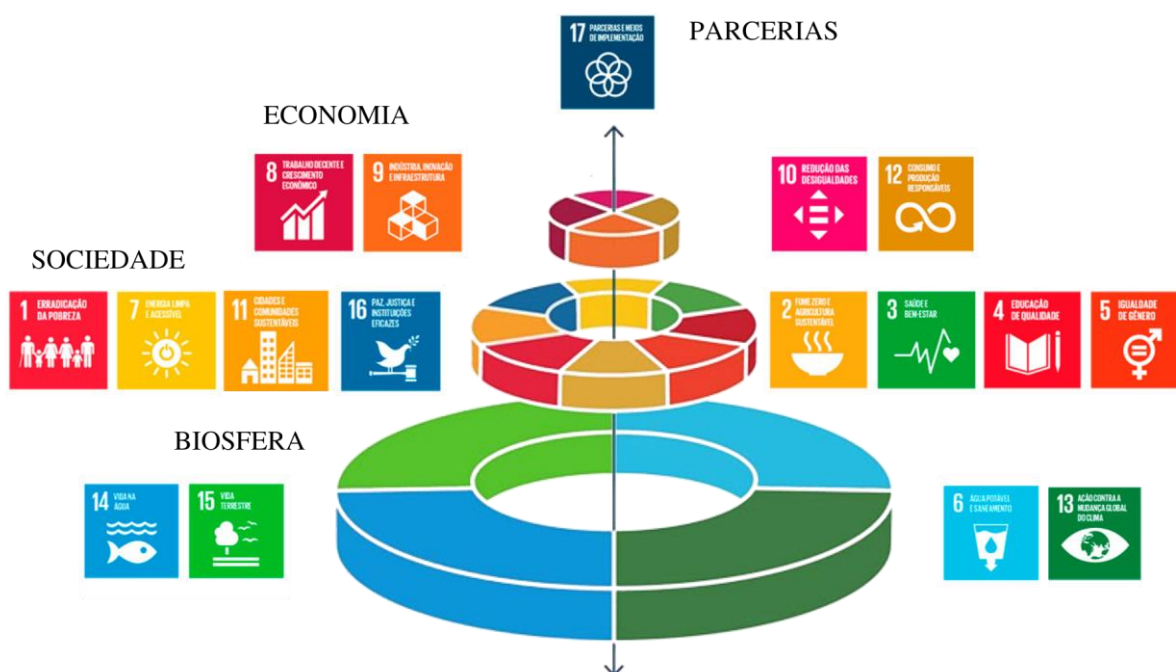


Figura 1: Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) distribuídos nos pilares: ambiental (biosfera), social (sociedade), econômico (economia) e transversalmente, o institucional (parcerias).

Fonte: Figura adaptada de *Rockström and Sukhdev, 2016 and Folke et al., 2016*;

Tais objetivos, em conjunto, são algumas condições capazes de preencher algumas das necessidades básicas para o bem-estar humano, resultando na qualidade de vida. Em 1948, a Declaração Universal dos Direitos Humanos dispôs expressamente sobre condições básicas para a saúde e para o bem-estar físico e mental, especificando que:

“Todo ser humano tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e à sua família saúde, bem-estar, inclusive alimentação, vestuário,

habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis e direito à segurança em caso de desemprego, doença invalidez, viuvez, velhice ou outros casos de perda dos meios de subsistência em circunstâncias fora de seu controle. (ONU, 1948)”

Nesse mesmo sentido, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 elenca a categoria de direitos e garantias individuais e coletivas, diversos aspectos como saúde, educação, segurança, entre outros (Brasil, 1988). Sendo assim, tais documentos demonstram a elevada importância do bem-estar humano para uma sociedade sadia. Nesse sentido, torna-se cada vez mais necessário que os processos decisivos levem em conta além das condições políticas e econômicas, mas também as sociais.

2.1.1. Responsabilidade Social

Com o aumento dos debates e da mobilização da sociedade acerca do desenvolvimento sustentável, surge o conceito de *responsabilidade social*, que pode ser definido em um *pensar e agir ético*, visando ao bem comum e conseqüentemente ao desenvolvimento da sociedade. Tal conceito estimula que, pessoas, governos e empresas, assumam as responsabilidades de suas ações nos âmbitos social e ambiental, ajustando seus atos de forma a se enquadrarem demonstrando aos seus stakeholders desempenho ambiental, social e econômicos adequados, a fim de diminuir a geração de externalidades negativas para a sociedade (Santos, 2004).

Dessa forma, o conceito de Responsabilidade Social se relaciona com os ODS, a partir da inserção de práticas que permitam o alcance dos objetivos e metas estipulados. Embora os ODS se relacionem de alguma forma com a Responsabilidade Social, há 6 objetivos que se relacionam diretamente com o aspecto humano, sendo eles, *Erradicação da Pobreza (ODS 1)*, *Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS 2)*, *Saúde e bem-estar (ODS 3)*, *Educação de Qualidade (ODS 4)*, *Igualdade de Gênero (ODS 5)* e *Redução das Desigualdades (ODS 10)*.

É importante ressaltar que ser socialmente responsável é benéfico não apenas à sociedade, mas à própria instituição, resultando em investimentos e maior satisfação da sociedade. Isso porque, os consumidores estão cada vez mais exigentes, não aceitando práticas empresariais “insustentáveis”. Sendo assim, ao agir com Responsabilidade Social, as empresas aumentam sua credibilidade perante os stakeholders e a sociedade, resultando na manutenção e valorização da instituição (Ethos, 2007).

No âmbito governamental, a Responsabilidade Social está atrelada principalmente à capacidade do Estado de cumprir com os objetivos fundamentais dispostos na constituição

federal de forma eficiente, impessoal, transparente e participativa. Tais objetivos devem estar permeados em todas e quaisquer ações do Estado como base para políticas públicas e desenvolvimento da sociedade.

“Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil:

I - Construir uma sociedade livre, justa e solidária;

II - Garantir o desenvolvimento nacional;

III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais;

IV - Promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação.” (Brasil, 1988)

Para estar em conformidade, não basta que instituições sigam apenas a legislação, mas devem agir de forma ética, com transparência e com entendimento de seu papel na sociedade (Ethos, 2007). Nesse sentido, a fim de estimular a adoção de práticas de responsabilidade social a partir do estabelecimento dos requisitos mínimos para sistemas de gestão de responsabilidade social, foi publicada, em 2010, a Norma Internacional ISO 26000, que por sua vez define o conceito de responsabilidade social como:

“Responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, por meio de um comportamento ético e transparente que:

1) Contribua para o desenvolvimento sustentável, inclusive a saúde e o bem-estar da sociedade;

2) leve em consideração as expectativas das partes interessadas;

3) esteja em conformidade com a legislação aplicável e seja consistente com as normas internacionais de comportamento; e

4) esteja integrada em toda a organização e seja praticada em suas relações.” (ABNT, 2010)

Para ser percebida como socialmente responsável perante a comunidade, a ISO26000 indicou alguns princípios de Responsabilidade Social a serem seguidos pela instituição, como exemplo (ABNT, 2010):

- 1) Responsabilização: Capacidade de responsabilização e prestação de contas às partes interessadas.
- 2) Transparência: Divulgação de forma clara e de fácil compreensão dos atos tomados dentro da instituição.
- 3) Comportamento ético: Comportamento de acordo com os princípios éticos e morais aceitos pela sociedade.
- 4) Respeito pelos interesses Stakeholders: Capacidade de ouvir e levar em consideração as diferentes partes interessadas.
- 5) Legalidade: Agir em conformidade com as normas legais.
- 6) Direito aos humanos: Agir de forma a não agredir, direta ou indiretamente, os direitos humanos, zelando pelo ambiente econômico, natural e social.
- 7) Respeito pelas Normas Internacionais de Comportamento: Adotar espontaneamente, mesmo sem obrigação legal, padrões e dispositivos de acordos internacionais que sejam favoráveis à responsabilidade social.

Dessa forma, a ISO 26000 procura, a partir de orientações e diretrizes, auxiliar ao desenvolvimento sustentável dentro das corporações, fazendo com que estas ultrapassem a conformidade estritamente legal, alcançando a conformidade social, ambiental, cultural, política e organizacional.

No Brasil, houve a formulação da ABNT NBR 16001, norma de sistema de gestão que, embora baseada na ISO 26000, possui requisitos verificáveis, permitindo a certificação pelas organizações. Tal norma, por sua vez, se fundamenta na metodologia PDCA (Plan-Do-Check-Act ou planejar, fazer, verificar e atuar), que consiste em uma metodologia de gerenciamento, que auxilia na execução estratégica e visa ao melhoramento contínuo do processo (Johnson, 2016; Mariani, 2005). No entanto, é necessário esclarecer que o atendimento à norma não pressupõe que a organização é socialmente responsável, mas que apenas possui um sistema de gestão para Responsabilidade Social (ABNT, 2012).

2.2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A mudança de paradigma acerca do meio ambiente natural e do papel das instituições resultou na necessidade de se avaliar os impactos negativos na natureza causados pela produção de produtos e serviços. Nesse sentido, surge o método de Avaliação do Ciclo de Vida, que consiste em uma ferramenta capaz de realizar o levantamento e a análise de dados acerca do

processo produtivo em todas suas fases, da extração, passando pela produção até a destinação final (UNEP/SETAC, 2009).

Por compreender diversas áreas do conhecimento para efetivação, a ACV é considerada uma ferramenta multidisciplinar. Além disso, possui uma metodologia quantitativa, permitindo a análise direta dos diferentes impactos relativos ao foco do estudo. Dessa forma, o método de Análise do Ciclo de Vida permite uma análise minuciosa das oportunidades de produção, ao ser capaz de identificar os pontos críticos, auxiliando no refinamento e aumentando a ecoeficiência do processo produtivo. Contudo, é importante salientar que o objetivo da Análise do Ciclo de Vida não é estabelecer qual produto deve ou não ser selecionado. Tal ferramenta apenas fornece dados permitindo a comparação e, conseqüentemente, a escolha consciente pelo próprio consumidor (UNEP/SETAC, 2009). Tal fator, por sua vez, resulta na maior especialização do consumidor, que passa a entender e buscar processos produtivos menos impactantes. Embora contenha alta capacidade de análise, a ferramenta de ACV foi primeiramente desenvolvida e especializada com o foco no meio ambiente, de modo a auxiliar o entendimento de alguns impactos como as emissões de CO², acidificação, esgotamento de recursos naturais, entre outros resultantes de processos produtivos.

Sendo assim, a ACV consiste em um instrumento de aplicabilidade abrangente, sendo utilizada em diversos setores da sociedade, como: (1) na academia científica, a fim de acumular conhecimento acerca dos processos;(2) no setor econômico, a fim de diminuir custos e aumentar a eficiência do processo; (3) no setor governamental, na condução de políticas públicas; e (4) no setor individual, permitindo o consumidor a selecionar o produto de menor impacto.

A fim de tentar consolidar os métodos utilizados na ACV, quatro normas da família ISO 14000 foram desenvolvidas (ISO 14040; ISO 14041; ISO 14042; ISO 14043) entre os anos de 1997 e 2000. Em 2006, houve uma alteração e as quatro normas anteriormente publicadas foram substituídas pela ISO 14040 e ISO 14044. Tais normas, utilizadas atualmente, padronizam e descrevem os elementos necessários para se realizar o método de Avaliação do Ciclo de Vida. De acordo com a ISO 14040 e ISO 14044, uma Avaliação do Ciclo de Vida deve conter (1) Definição de escopo e objetivos (2) Análise de inventário, (3) Avaliação dos impactos e (4) Interpretação dos Resultados (ABNT, 2009) (Figura 2).

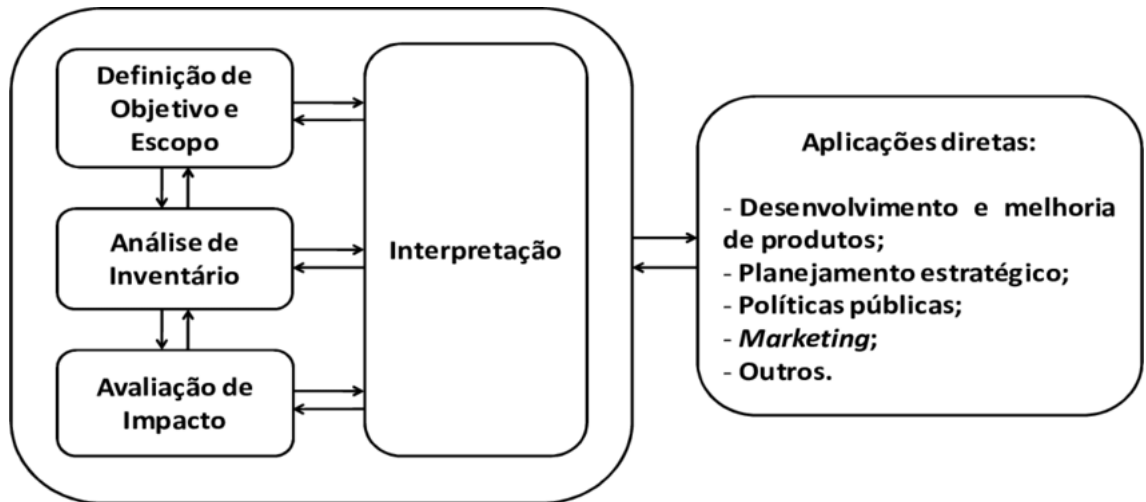


Figura 2: Etapas de um processo de Avaliação do Ciclo de Vida conforme ISO (2006) e ABNT (2009).

Fonte: Silva *et al.*, 2013.

- 1) Definição de Escopo e Objetivos: Por ser a fase inicial do estudo, é composta de processos preliminares a fim de se entender e preparar para o trabalho. Nesta fase ocorre a definição dos objetivos do estudo, a aplicação e o público-alvo. Além disso, é quando deve ocorrer o entendimento do ciclo de vida e a definição da fronteira do estudo, indicando quais processos do ciclo de vida vão estar inclusos no desenho. Também é nessa fase em que a unidade funcional do estudo deve ser definida, além da definição de metodologias, requisitos dos dados, suposições e limitações.
- 2) Análise do Inventário: Consiste na fase de coleta de dados relativos aos processos definidos na fronteira de estudo. Tais dados, por sua vez, podem ser primários, obtidos in loco ou a partir de bases de dados governamentais e privadas, ou secundários, sendo coletados a partir de dados disponibilizados na literatura ou bases de dados existentes. Nesta fase, ao conhecer cada vez mais o sistema e suas limitações, podem ser necessárias alterações para que os objetivos do trabalho sejam alcançados.
- 3) Avaliação de Impacto: Nesta fase ocorre a avaliação dos possíveis impactos ambientais resultantes do ciclo de vida, a partir da avaliação e correlação com os dados resultantes da análise de inventário.
- 4) Interpretação dos Resultados: Ocorre a integração dos resultados obtidos na análise de inventário e na análise de impacto a fim de gerar conclusões e recomendações, e assim, alcançar o objetivo pretendido. Nesta fase, deve-se discorrer acerca dos principais pontos, como limitações e descobertas realizadas durante o estudo.

2.2.1. Avaliação Social do Ciclo de Vida

A Avaliação do Ciclo de Vida foi criada a fim de permitir a mensuração dos impactos referentes ao processo produtivo. Contudo, apesar de ter extrema importância, tal ferramenta foca apenas nos impactos ambientais. Contudo, na década de 1990 houve a consolidação do conceito de *tripé da sustentabilidade*, no qual consiste no entendimento de que a sustentabilidade total está amparada em três pilares (ambiental, econômico e social) (ELKINGTON, 1994). Dessa forma, para se avaliar a sustentabilidade de um produto/serviço deve-se atentar não mais apenas para o aspecto ambiental, mas também para os aspectos social e econômico. Sendo assim, a criação de métodos que conseguissem captar os impactos socioeconômicos passou a ser de extrema importância, tornando-se imperativa a adaptação da ACV para que também fosse capaz de realizar análises sociais e econômicas.

Nesse cenário, surge o método de Avaliação Social do Ciclo de Vida (S -ACV) com o intuito de se atentar aos impactos sociais (positivos e negativos) da cadeia produtiva do produto/serviço na qualidade de vida da sociedade. Tal método se utiliza da avaliação de indicadores sociais relativos ao ciclo de vida estudado (UNEP/SETAC, 2009).

No entanto, assim como a Avaliação Ambiental do Ciclo de Vida, o método S - ACV não tem como objetivo a resolução de problemas, mas sim o fornecimento de informações para que as decisões possam ser tomadas. Além disso, tem como escopo toda a cadeia produtiva de um produto/serviço. Dessa forma, a Avaliação Social do Ciclo de Vida tem como objetivo analisar a performance socioeconômica de bens e serviços de modo a auxiliar na tomada de decisão (UNEP/SETAC, 2009, UNEP/SETAC, 2022). Em conjunto com a Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental e Econômica, é capaz de permitir um entendimento mais completo dos impactos causados pelo processo produtivo estudado.

Por se basear na mesma norma ISO, a ACV-S possui fases de elaboração similares ao processo original de ACV ambiental, consistindo em fases de definição dos objetivos e escopo do trabalho, no qual ocorrerá a definição da fronteira do estudo, de definição dos agentes da sociedade interessados e afetados pelo processo (“stakeholders”), assim como o levantamento de dados para a formação do inventário.

Em uma avaliação social, existem diversos interessados e afetados pelo processo produtivo, tal como, trabalhadores, governo, empresários e sociedade. Sendo assim, na Avaliação do Ciclo Vida Social, tenta-se levantar e apreciar os impactos sociais relativos a cada um dos stakeholders. Para isso, pode-se utilizar tantos dados quantitativos, isto é, dados discretos e contínuos, como por exemplo a renda média mensal, como qualitativos, no caso de

dados descritivos, obtidos a partir de entrevistas individuais ou discussões em grupos (UNEP/SETAC, 2009).

É importante ressaltar que, por ser uma adaptação do método original, o método e padronização da ACV-S ainda se encontra em fase de refinamento. Ao realizar um levantamento da literatura relacionada à Avaliação do Ciclo de Vida, percebe-se que ainda não há uma padronização, embora grande parte dos trabalhos sigam as etapas gerais definidas pela ISO 14040. O Quadro 1, apresenta os artigos encontrados na literatura em relação à Análise do Ciclo de Vida Social, assim como os principais métodos e diretrizes utilizadas.

Quadro 1: Levantamento de literatura recente sobre diferentes métodos usados na Avaliação Social do Ciclo de Vida.

Referência	Método		Tema
	UNEP/SETAC	SHDB	Biocombustíveis
Costa et al.. (2022)		x	x
Costa e Oliveira et al.. (2022)	x		x
Hariaty et al.. (2022)	x		-
Souza et al.. (2021)			-
Matiiodda et al.. (2020)			x
Osorio-Tejada et al.. (2020)	x		-
Rafiaani et al.. (2020)	x	x	-
Collota et al.. (2019)			x
Prassara et al.. (2019)	x		x
Du et al.. (2019)		x	x
Du et al.. (2018)		x	x
Prassara et al.. (2018)	x		x
Valente et al.. (2018)	x	x	x
Interlenghi et al.. (2017)			x
Corona et al.. (2017)	x	x	-

(Continuação)

Referência	Método		Tema
	UNEP/SETAC	SHDB	Biocombustíveis
Souza-Zomer et al.. (2015)	x	x	-
Ren et al.. (2015)	x		-
Benoit et al.. (2014)		x	-
Ramirez et al.. (2014)	x		-
Ekener et al.. (2014)		x	x
Macombe et al.. (2013)			x
Manik et al.. (2013)	x		x
Benoit et al.. (2013)		x	-

Legenda: UNEP/SETAC (Guia para a Avaliação Social do Ciclo de Vida de Produtos); SHDB (Social Hotspots Database).

Entre os métodos que vêm sendo mais utilizados nos estudos de ACV-S, destaca-se o da UNEP/SETAC. Através de seu documento “Guia para a Avaliação Social do Ciclo de Vida de Produtos” (UNEP/SETAC, 2009), o material divide o processo de ACV-S nas etapas preconizadas pela ISO 14040: Definição de escopo e objetivos, Análise de inventário do ciclo de vida, Avaliação de impactos sociais e interpretação dos resultados. Dessa forma, o guia indica instruções gerais para a realização e padronização da ferramenta, introduzindo conceitos e auxiliando cada etapa do estudo. Tais orientações iniciam pela definição dos *stakeholders* e subcategorias (indicadores) a serem avaliadas, a partir do contexto em que o ciclo produtivo está inserido, os quais serão mais bem explicados no item 2.2.1.2. Após, o guia traz definições de conceitos e características a serem observadas na hora da formulação dos objetivos e escopo. Nesta etapa, é necessário definir o propósito do estudo, assim como as intenções de utilização. Para tal, algumas perguntas podem ser levantadas como: Por que o estudo está sendo realizado? Como será utilizado? Por quem será utilizado? Após a definição, é necessário definir o escopo do trabalho a fim de que o objetivo seja realizado da melhor maneira possível. Nesta etapa são definidos a amplitude, a abrangência, os stakeholders, a base de dados e a fronteira do sistema.

Todo o escopo deve ser pensado a fim de ser capaz de refletir a realidade dos stakeholders e categorias de impactos escolhidos.

Na construção e análise do inventário, os dados serão coletados, validados e se for necessário, há o refinamento da fronteira do sistema e escopo. Nesta fase, o guia indica fontes de onde os dados podem ser coletados (literatura, entrevistas, bancos de dados na internet, questionários etc.), além de atentar para a qualidade e confiabilidade dos dados. Por fim, o documento auxilia na fase de interpretação do inventário. Nesta fase, alguns pontos devem ser abordados, como: (1) a identificação dos principais problemas, que consiste desde críticas a metodologias, limitações ou preocupações observadas durante o estudo; (2) conclusões e (3) recomendações.

Outro método bastante encontrado na literatura é o SHDB (Social Hotspots Database), desenvolvido por Benoit-Norris (Benoît Norris et al., 2013) que pode ser utilizado tanto para a modelagem do sistema estudado, quanto para uma pesquisa inicial dos principais pontos críticos (hotspots) sociais. Tal método consiste em um software de modelo input/output que utiliza dados sociais genéricos, agregados a nível de país, para calcular os impactos sociais de cadeias produtivas referentes a 57 setores econômicos. Para isso, o software estima riscos e oportunidades sociais, classificados entre baixo e muito alto, para mais de 100 indicadores diferentes. A análise é realizada a partir de dados de risco social juntamente com dados relativos à intensidade de horas trabalhadas no setor. Os temas de indicadores avaliados no SHDB, foram selecionados a partir das subcategorias definidas pela UNEP/SETAC.

Por fim, documento “Product Social Impact Assessment- Social Topics Report”, publicado pela Social Values Initiative (Harmens et al., 2022), é um método que propõe a utilização de uma escala comparativa de 5 pontos (+2 Melhor da classe, melhoria contínua; +1 Além da situação geralmente aceitável; melhoria contínua; 0 Situação geralmente aceitável; -1 Situação inaceitável, mas melhorando; -2 Situação inaceitável, sem melhoria), a fim de comparar os dados obtidos com padrões de qualidade internacionais, permitindo sua avaliação. Cada posição na escala indica um valor de desempenho, na qual uma pontuação de -2 indica um desempenho inaceitável e +2 indica um desempenho ideal. No entanto, por ter sido publicado recentemente, ainda não foram encontrados trabalhos na literatura que o utilizem como base.

Embora existam esforços para a padronização, limitações relativas à ACV-S ainda são encontradas. Devido ao fato da maioria dos dados sociais serem qualitativos, há uma maior dificuldade de categorização, quantificação e avaliação. Outro ponto a ser levantado, é relativo

à escassez de bases de dados privadas sobre aspectos sociais dos sistemas produtivos. Embora tal realidade venha se alterando a cada ano, ainda há um número pequeno de bases de dados sociais privadas disponíveis, incluindo SHBD, Soca e PSILCA, (SHDB, 2022; soca, 2022; PSILCA, 2022). Além disso, as bases de dados governamentais muitas vezes não possuem os dados necessários, ou não concentram os dados em um único lugar, gerando um alto dispêndio de tempo e esforço para a obtenção dos dados. Por fim, pelo fato de ser uma ferramenta nova, ainda há muitos pontos a serem desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo de novas publicações.

2.2.1.1 Diferenças entre ACV-S e ACV-A

Embora ambos os métodos de Avaliação do Ciclo de Vida (ambiental e social), possuam muito em comum, e utilizem como base a ISO 14040, existem alguns pontos em que tais métodos se diferenciam imensamente. Um exemplo, é a participação fundamental dos *Stakeholders* na ACV Social, enquanto na ACV Ambiental, a coleta de dados é baseada apenas nas categorias de impacto (UNEP/SETAC, 2009).

Em relação à unidade funcional, a ACV ambiental quase sempre divulgará os resultados encontrados com base na unidade funcional previamente definida, devido ao fato de se utilizar, na maioria das vezes, de dados quantitativos. Contudo, a ACV social, por trabalhar principalmente com atributos e características gerais de processos, utilizando-se muitas vezes de dados qualitativos, muitas vezes não é possível definir os resultados com base em uma unidade funcional (UNEP/SETAC, 2009).

Por fim, é relativa à necessidade da especificidade de uma região para o estudo da ACV Social. Isso ocorre devido ao fato de os indicadores sociais estarem em sua maioria das vezes relacionados à cultura local e a políticas públicas realizadas na região. Tal necessidade, por sua vez, não é imperiosa para a ACV Ambiental, pois independente da região escolhida, processos de produção com tecnologias similares geram impactos ambientais similares (UNEP/SETAC, 2009).

É notório que, enquanto a Avaliação de impactos ambiental utiliza como principal parâmetro o meio ambiente, a Avaliação Social do Ciclo de Vida utiliza como principal base os stakeholders e os indicadores sociais, que consistem em métricas capazes de traduzir as diferentes dimensões da realidade de uma sociedade.

2.2.1.2 Indicadores Sociais

Indicadores podem ser definidos como variáveis capazes de descrever o estado de um sistema (Walz, 2000) ou como índices capazes de medir a integridade de um sistema (Burguer, 2006). A partir dos indicadores, é possível realizar mensuração, análises e diagnósticos em várias escalas distintas, além de servir como base para o planejamento de mudanças e melhorias na sociedade. Sendo assim, durante a seleção dos indicadores a serem utilizados, é necessário se atentar a alguns fatores para que o indicador escolhido consiga cumprir seu papel (GPS, 2022). Os indicadores levantados devem provir de fontes confiáveis que possam ser verificadas, como bases governamentais, dados públicos e trabalhos científicos. Outro ponto de atenção é devido à precisão do indicador e à capacidade de comparação no tempo e espaço. Por exemplo, um mesmo indicador relativo a uma região, é capaz de ser comparado com outras regiões.

Nesse sentido, há inúmeras possibilidades de se avaliar a realidade social por meio de indicadores. Contudo, para a realização da ACV-Social, tais indicadores devem se relacionar prioritariamente com os stakeholders dos processos a serem analisados, a fim de se conhecer a realidade e impactos em cada parte interessada (UNEP/SETAC, 2009).

O Guia para Avaliação Social do Ciclo de Vida de Produtos da UNEP/SETAC (UNEP/SETAC, 2009) identifica cinco grupos de stakeholders (Quadro 2), sendo eles: (1) Trabalhadores, (2) Consumidores, (3) Comunidade Local, (4) Sociedade e (5) Atores da cadeia de valor. Os impactos sociais relativos ao stakeholder “trabalhadores” são avaliados a partir de indicadores que reflitam subcategorias como “trabalho escravo”, “trabalho infantil”, “pagamento justo”, “equidade de oportunidades”, entre outros. Os indicadores para o stakeholder “consumidores” devem estar relacionados a subcategorias como “transparência”, “Mecanismo de feedback”, “Privacidade do Consumidor”. Já o stakeholder “comunidade local” se relaciona principalmente com categorias como “Acesso a recursos materiais”, “Condições de vida seguras e saudáveis”, entre outras. Para a avaliação dos impactos sociais causados no stakeholder “sociedade” são avaliados indicadores que reflitam por exemplo, a “Corrupção” e “desenvolvimento tecnológico”. Por fim, para o stakeholder “atores da cadeia de valor”, são avaliados parâmetros tais quais a “justa competição”, “promoção de responsabilidade social” e “relacionamento com fornecedores”.

Quadro 2: Stakeholders e subcategorias identificadas pela UNEP/SETAC, 2009.

Stakeholders	Subcategorias
Trabalhadores	Liberdade de Associação e Negociação Coletiva
	Trabalho infantil
	Salário justo
	Jornada de trabalho
	Trabalho forçado
	Igualdade de oportunidades/discriminação
	Saúde e segurança
	Benefícios Sociais/Segurança Social
Consumidores	Saúde e Segurança
	Mecanismo de retorno
	Privacidade do consumidor
	Transparência
	Responsabilidade de fim de vida
Comunidade Local	Acesso a recursos materiais
	Acesso a recursos imateriais
	Deslocalização e migração
	Herança cultural
	Condições de vida seguras e saudáveis
	Respeito aos direitos indígenas
	Engajamento da comunidade
	Emprego local
	Condições de vida seguras
Sociedade	Compromissos públicos com questões de sustentabilidade
	Contribuição para o desenvolvimento econômico
	Prevenção e mitigação de conflitos armados

	Desenvolvimento de tecnologia
	Corrupção
Atores da Cadeia de Valor	Competição justa
	Promovendo a responsabilidade social
	Relações com fornecedores
	Respeito aos direitos de propriedade intelectual

O estudo da avaliação de impacto por stakeholder pode ser evidenciado em Manik (2013), que avaliou as implicações sociais da produção de biodiesel derivado do óleo de palma, a partir de um estudo de caso na Indonésia. Neste trabalho, o autor definiu 5 categorias de impactos a serem avaliadas sendo elas (1) Direitos Humanos, (2) Condições de Trabalho, (3) Herança Cultural, (4) Economia (5) Governança. Após a definição, pediu para que diferentes especialistas classificassem diferentes categorias de impacto. A partir dessa classificação, o autor calculou pesos para cada uma das categorias. Após, pediu para que stakeholders respondessem um questionário para entender as diferentes percepções e expectativas de cada um. Para as respostas foi utilizada a escala de Likert de sete pontos, no qual 1 significa pouco importante e 7 muito importante. Caso a diferença entre as percepções e expectativas seja positiva, quer dizer que a situação social excede a expectativa do interessado. Se for negativa, significa que a situação social está aquém. Após, os valores obtidos entre as percepções e expectativas foram multiplicados pelos pesos calculados anteriormente, a fim de obter uma comparação entre os critérios. Por fim, realizou uma análise multicritério com os dados. Como conclusão, Manik (2013) percebeu que a categoria de impacto social “condições de trabalho” era a que mais se encontrava aquém das expectativas dos stakeholders, devido às condições de exploração, sendo “associação e negociação coletiva”, “justo salário” e “benefícios sociais” as categorias que mais se destacaram.

Prasara (2018) realizou uma ACV-S para avaliar a indústria açucareira da Tailândia. Antes da coleta de dados, utilizou o Software SHDB (Social Hotspots Database) para acessar os principais hotspots sociais do processo produtivo, no qual foi definido que o setor de açúcar na Tailândia impactava principalmente a saúde e segurança, direitos trabalhistas e trabalho decente, passando a ser o foco do estudo. Os dados foram coletados a partir de entrevistas com diferentes stakeholders (trabalhadores, consumidores, comunidade local, sociedade e atores da

cadeia de valor). No questionário, os stakeholders responderam perguntas sobre diferentes categorias de impacto e definindo qual a mais importante para eles. Para os trabalhadores, a categoria mais relevante foi “salário justo”. Para os consumidores foi “saúde e segurança”. Para a comunidade local, “local de trabalho” foi a categoria mais relevante e para sociedade foi “desenvolvimento econômico”. Os atores da cadeia de valor escolheram “direitos sobre a água” e “Competição justa” como as principais categorias. A partir da análise das respostas, o autor concluiu que a produção de cana-de-açúcar beneficia o emprego local e o desenvolvimento econômico, no entanto, categorias como salário justo e saúde e segurança sofrem impactos negativos do ciclo de vida produtivo.

Valente (2018) testou indicadores sociais com objetivo de acessar os impactos sociais das biorrefinarias. Primeiramente, utilizou o Software SHDB (Social Hotspots Database) para acessar os principais problemas relacionados ao Stakeholder Trabalhadores. Após a definição das principais categorias afetadas (saúde e segurança e trabalho decente e direitos trabalhistas) realizou uma abordagem específica com stakeholders de uma biorrefinaria da Noruega, a fim de refutar ou corroborar os resultados do SHDB. Para tanto, realizou levantamento de dados específicos, além de introduzir questionários a serem respondidos acerca das categorias de impacto selecionadas anteriormente por meio do SHDB. A partir dos dados, a autora concluiu que embora o SHDB seja um bom ponto de partida, por ter dados genéricos, não regionalizados ou não específicos para a atividade, acabou não demonstrando indicadores percebidos pela análise feita com os stakeholders. Contudo, embora mais precisa, para a análise específica, muitas vezes não foram encontrados os dados necessários, indicando a dificuldade da avaliação social.

2.3. PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO

Atualmente, devido às mudanças climáticas, há uma elevada pressão mundial para que os governos e indústrias diminuam a liberação de gases de efeito estufa na atmosfera. De acordo com o último relatório do IPCC, as emissões globais de efeito estufa deve ser reduzidas até o ano de 2030 para que o aumento na temperatura terrestre fique limitado a 1,5°C (IPCC, 2021). Como uma das principais ações para diminuição das emissões de GEE, está a diminuição no uso de fontes energéticas derivadas de petróleo.

A matriz energética mundial ainda é dependente de combustíveis fósseis derivados de petróleo (BEN, 2022). Contudo, nas últimas décadas o Brasil vem desenvolvendo esforços significativos para a diminuição dessa dependência, a partir da diversificação da produção

energética. Embora tenha havido uma diminuição da parcela de renováveis na matriz energética brasileira entre os anos de 2020 e 2021, o Brasil continua sendo, em relação à matriz energética, muito mais renovável que o resto do mundo (BEN, 2021). Em 2020, 48,4 % da oferta interna de energia no Brasil foi proveniente de fontes energéticas renováveis, contra apenas 14,9% no mundo (Costa e Bento et al., 2021) (Figura 3).

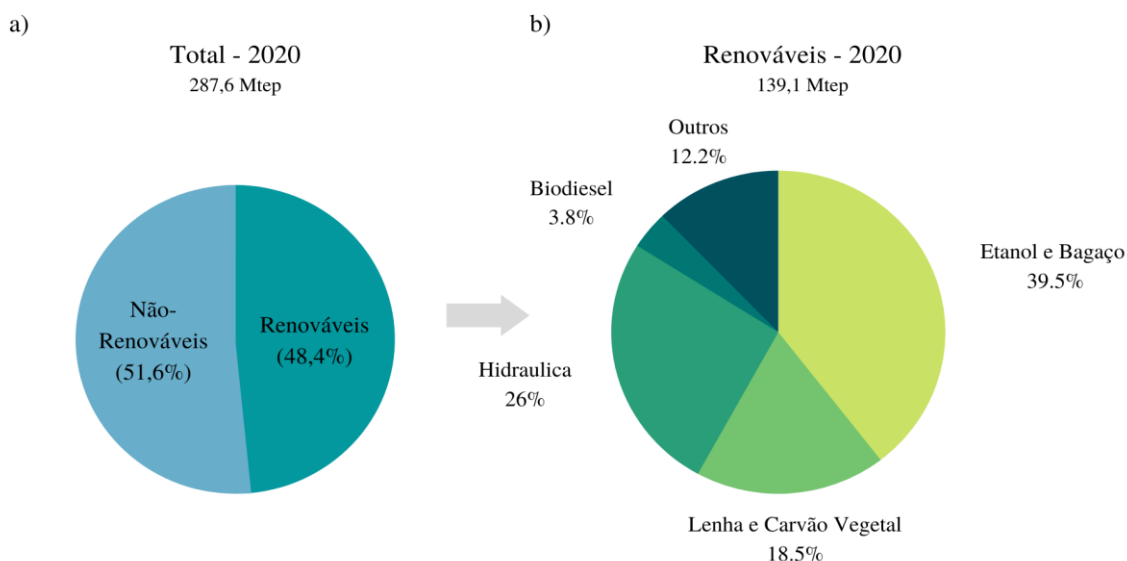


Figura 3: a) Oferta Interna de Energia no Brasil em 2020. b) Fontes Renováveis de energia utilizadas no Brasil em 2020.

Fonte: Resenha Energética Brasileira, 2020 (Costa L.L.A.J, Bento et al., 2021).

A alta produção energética renovável se dá principalmente devido às condições ambientais e climáticas do país, que permitem uma elevada produção de biomassa agrícola, uma das matérias-primas na produção de biocombustíveis. Segundo o Ministério da Agricultura, as agroenergias são a segunda fonte primária de energia no país (Brasil, 2022). Além disso, o Brasil também é um dos países com maior proporção de bioenergia líquida na matriz de transportes. Em 2020, a participação do etanol e biodiesel no transporte brasileiro foi de 24,5%, enquanto nos países da OCDE foi de apenas 5% (Costa L.L.A.J, Bento et al., 2021).

2.3.1. Biocombustíveis

Embora os combustíveis fósseis ainda sejam prioritariamente utilizados no setor de transportes (BEN, 2022), há o incentivo ao desenvolvimento de novas fontes energéticas que

sejam limpas, renováveis e que possam substituir os derivados de petróleo. Nessa toada, os biocombustíveis aparecem como a principal alternativa.

Os biocombustíveis podem ser definidos como fontes de energia alternativa de origem biológica não fóssil (biomassa). Devido ao fato de utilizarem biomassa como matéria-prima, tais combustíveis possuem baixo índice de emissão de poluentes na atmosfera, caracterizando-os como fontes limpas de energia (Luque et al., 2008). Sendo assim, por terem uma baixa liberação de carbono na atmosfera, são considerados ótimas alternativas para a substituição dos combustíveis fósseis. Por serem produzidos a partir da biomassa, o ciclo produtivo dos biocombustíveis possui duas fases: a fase agropecuária e a fase industrial.

Atualmente, ao observar a produção mundial de biocombustíveis, nota-se que o Etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar e milho, e o Biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais e animais, são destaque. Nesse contexto, o Brasil aparece como o principal produtor de etanol de cana-de-açúcar e como o segundo maior produtor de biodiesel do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos (IICA, 2021). Tal destaque deve-se principalmente ao fato do Brasil ser um país predominantemente agrícola e com terras propícias para a plantação de tais culturas.

Dentre as energias renováveis, a biomassa de cana, matéria prima do etanol, aparece como a principal fonte energética, tendo alcançado 19,1% em 2020, com um aumento de 5,5% relativo ao ano anterior. A produção de etanol, por sua vez, com a pandemia de COVID-19, sofreu em 2020, retração no mercado em relação a 2019 devido ao isolamento social, que diminuiu a demanda de combustíveis (EPE, 2021). Ainda assim, o Brasil se posiciona como o principal produtor de etanol derivado de cana-de-açúcar do mundo. Já o biodiesel teve participação de 3,8% na matriz nacional em 2020, o que representou um aumento de 8,6% em relação ao ano de 2019 (EPE, 2021).

Contudo, ainda há muito espaço para o crescimento dos biocombustíveis no Brasil. Por ser um país predominantemente agrícola, com extensas áreas subutilizadas, o Brasil possui o potencial de aumentar ainda mais a produção de biomassa, abastecendo o mercado energético, sem que para isso seja necessário o desabastecimento do mercado primário de alimentos para consumo.

Embora os biocombustíveis estejam atualmente em destaque no cenário mundial, seu descobrimento não é recente, sendo a transesterificação de óleos vegetais empregados desde o século XIX. Em 1898, Rudolph Diesel, inventor do motor a diesel, utilizou óleo de amendoim como combustível em seu motor de ignição por compressão na Exposição Mundial em Paris. Além disso, a partir de 1908, Henry Ford passou a desenvolver automóveis que fossem capazes

de utilizar etanol além da gasolina (Luque, 2008). No entanto, mesmo já sendo utilizados, os biocombustíveis perderam espaço no mercado devido ao seu alto custo em relação ao petróleo. Dessa forma, foi apenas na década de 1970, com a crise do petróleo, que os biocombustíveis ressurgiram no mercado mundial. No Brasil, se deu pelo lançamento do Proálcool, em 1975. Em 1978, foi criada pela OCDE, a Agência Internacional de Energia com objetivo incentivar trocas de informações entre países que realizassem pesquisa e desenvolvimento de biocombustíveis.

Além de serem mais limpos, os biocombustíveis também oferecem independência e segurança energética, já que o mundo não terá mais dependência plena de algumas poucas regiões que produzem petróleo. Além disso, a alta aceitação da sociedade em relação às agroenergias, apresentam uma oportunidade de crescimento para o mercado de bioenergias. Sendo assim, nos últimos anos o foco foi desenvolver biocombustíveis que pudessem ser utilizados no transporte.

Com o tempo, o interesse e pesquisas voltados para os biocombustíveis fez com que houvesse um avanço tecnológico, visando o melhoramento dessas fontes energéticas. Dessa forma, os biocombustíveis passaram a ser classificados em 4 gerações distintas de acordo com a biomassa utilizada e seu respectivo processo de produção. Vale destacar que todas as gerações possuem vantagens e desvantagens (Silva, Da Silva, 2019; Luque, 2008) (Figura 4).

Geração de Biocombustíveis	Matéria-Prima	Vantagens
1° Geração	Vegetais Oleaginosos, Cana-de-açúcar, Milho, outros.	Baixo custo de produção
2° Geração	Resíduos Agrícolas, culturas não comestíveis.	Não competição com alimentos
3° Geração	Macroalgas	Não competição com alimentos, curto ciclo produtivo
4° Geração	Macroalgas geneticamente modificadas	Alta produtividade e menor emissão de CO ²

Figura 4: Matéria-prima e vantagens das gerações de biocombustíveis.

Fonte: Silva et al., 2019.

1ª Geração: São os biocombustíveis que utilizam culturas prontas para o consumo humano, como por exemplo o açúcar, amido e soja, como matéria-prima. Os principais biocombustíveis de 1ª geração são o etanol e o biodiesel tradicional. No entanto, tais biocombustíveis também trazem desvantagens como a perda de terras cultiváveis para alimentos, podendo gerar o aumento no preço dos alimentos para consumo humano (Luque, 2008).

2ª Geração: São os biocombustíveis que tentam superar as principais desvantagens da produção de biocombustíveis de 1ª geração. Sendo assim, tais combustíveis utilizam matéria-prima não comestível em seu processo produtivo, como óleos e gorduras vegetais não residuais e culturas não comestíveis. São exemplos da 2ª geração de biocombustíveis, bioetanol de madeira, gorduras e resíduos da agricultura, o biogás, entre outros. Embora possam ser cultivados com menos esforços e em áreas que não competem com áreas de agricultura para consumo humano, ainda são necessários estudos que consigam entender os impactos globais causados pelos combustíveis de 2ª geração. Além disso, tais combustíveis ainda se encontram no início, sendo necessários ainda anos de pesquisa e desenvolvimento para que sejam capazes de sustentar a cadeia de transporte (Luque, 2008).

3ª Geração: São os biocombustíveis que utilizam espécies de macroalgas como matéria-prima. Devido à proteína e à clorofila, são compostos por elevado teor de hidrogênio. Além disso, possuem poder calorífico maior, baixa densidade e viscosidade, o que os tornam aptos para a produção de biocombustíveis. As principais vantagens desses combustíveis é o fato de a matéria-prima utilizada não competir com a alimentação humana e possuírem o curto ciclo de produção. São exemplos de biocombustível de 3ª geração o etanol e o biodiesel derivados de macroalgas. Embora possua vantagens, os biocombustíveis de 3ª geração também possuem desvantagens como a grande necessidade de água e energia. Outro ponto é a necessidade de desenvolvimento da tecnologia para que a produção possa ser viável em escala industrial Silva et al., 2019.

4ª Geração: São biocombustíveis que utilizam macroalgas geneticamente modificadas para alta captação solar em sua produção. Tais biocombustíveis possuem a vantagem de terem maiores rendimentos e menores emissões de CO² para a atmosfera, quando comparados com as outras gerações. No entanto, por ser uma tecnologia recente, seu preço ainda é muito elevado Silva et al., 2019.

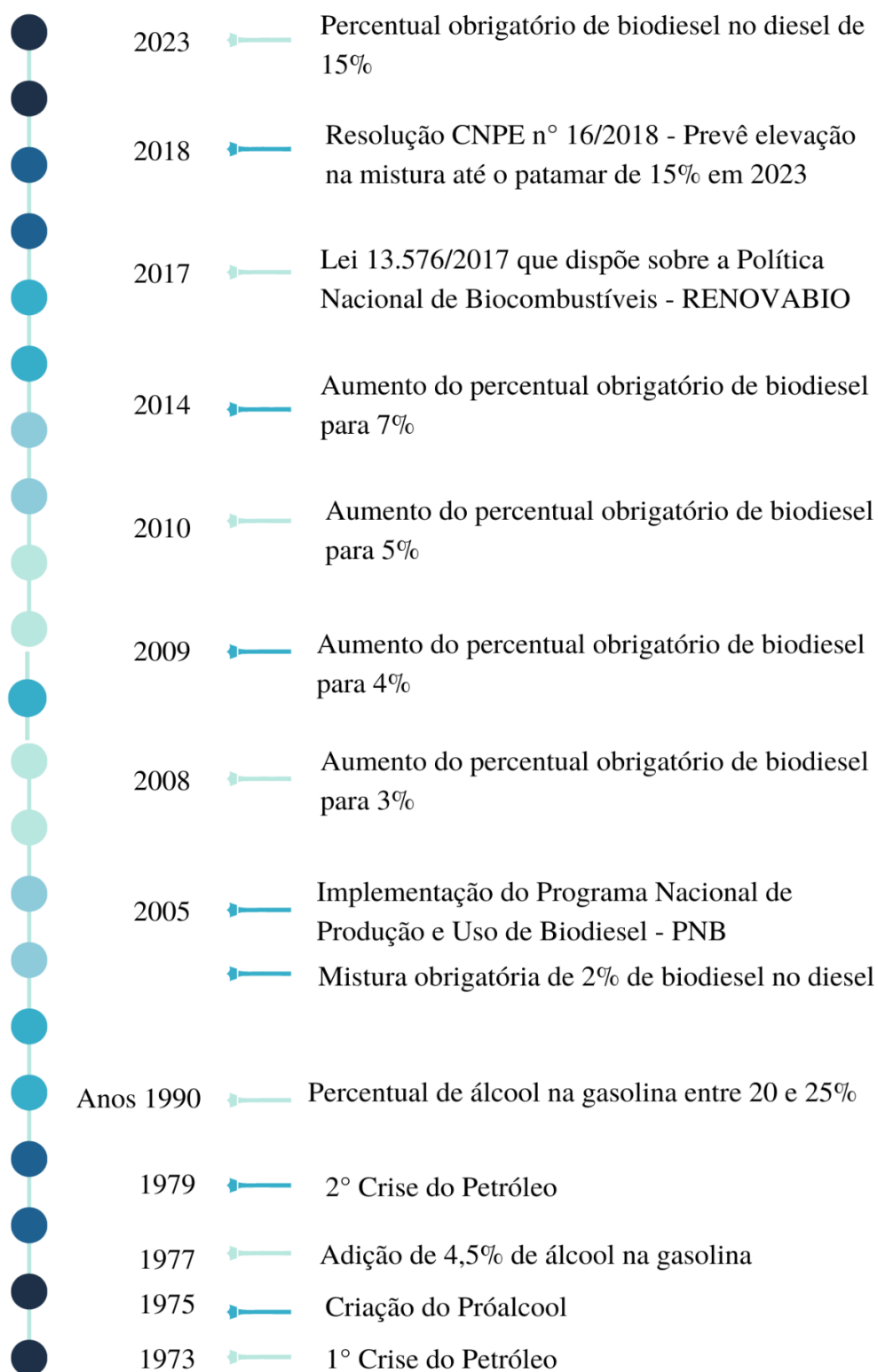


Figura 5: Histórico da utilização de biocombustíveis no Brasil.

Fonte: Távora, 2011; EPE, 2021

2.3.1.1 Etanol no Brasil

O Etanol, também chamado de álcool etílico, é um biocombustível produzido a partir da fermentação alcoólica do milho e da cana-de-açúcar. São produzidos dois tipos de etanol, que se diferenciam pela proporção de água utilizada em sua composição, sendo eles o etanol anidro, com 0,5% de água, e o etanol hidratado, com 5% de água (Dutra, 2017; Cavalcanti, 2018). Atualmente, o Etanol é o biocombustível mais utilizado no mundo, sendo o Brasil, segundo o Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA), o 2º maior produtor de etanol do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, que produz etanol derivado de milho (IICA, 2021). No Brasil, a principal matéria-prima do Etanol é a cana-de-açúcar, devido à sua alta produtividade e às condições ideais de solo e clima para sua plantação (Luque, 2008).

A intensificação do Etanol no mercado brasileiro se deu em virtude da crise do petróleo. Em 1975, a partir da publicação do decreto nº 76.593, foi instituído o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), formulado pelo governo federal, com objetivo de incentivar a produção de etanol no país visando ao atendimento das necessidades do mercado interno e externo (Luque, 2008). A partir do Proálcool, foram oferecidos subsídios e investimentos à pesquisa, à produção de cana-de-açúcar e às destilarias de álcool, gerando um elevado crescimento na oferta do combustível no país.

Na década de 1990, devido à diminuição do preço do barril de petróleo juntamente com a elevação do preço do açúcar, ocorreu uma regressão da produção de etanol. Nesse sentido, foi apenas a partir do início do século XXI, com a intensificação dos debates acerca da necessidade da diminuição da liberação de gases do efeito estufa, que a necessidade de biocombustíveis voltou a ser discutida, resultando, dessa forma, novamente no crescimento da produção do etanol (Figura 6).

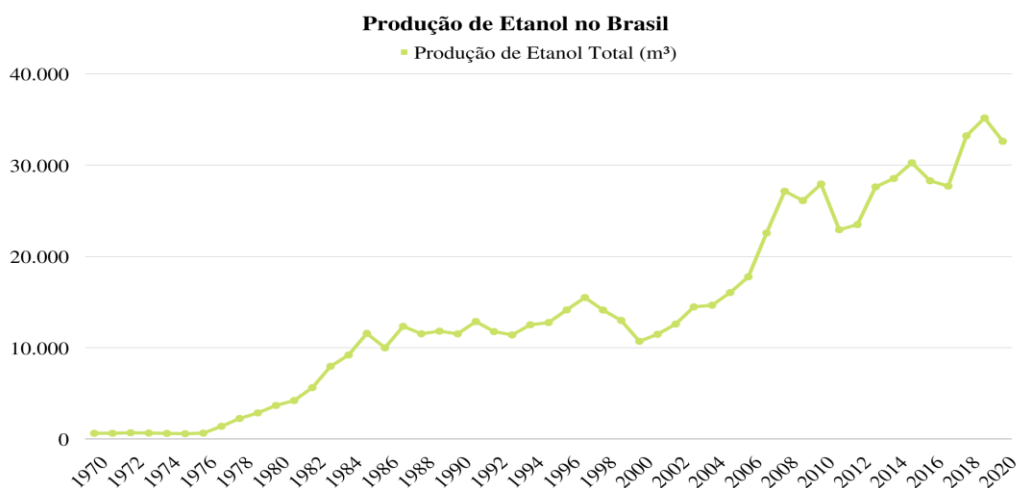


Figura 6: Série histórica da produção de Etanol no Brasil.

Fonte:

Em 2021, foram produzidos 29.980 mil m³ de etanol no Brasil, sendo 38,5% da produção realizada no Centro-Oeste. Por ser a principal região produtora de milho no país, 7,5% do etanol produzido no Centro-Oeste foi derivado de milho, enquanto 91,5% foram derivados da cana-de-açúcar (ANP, 2022a).

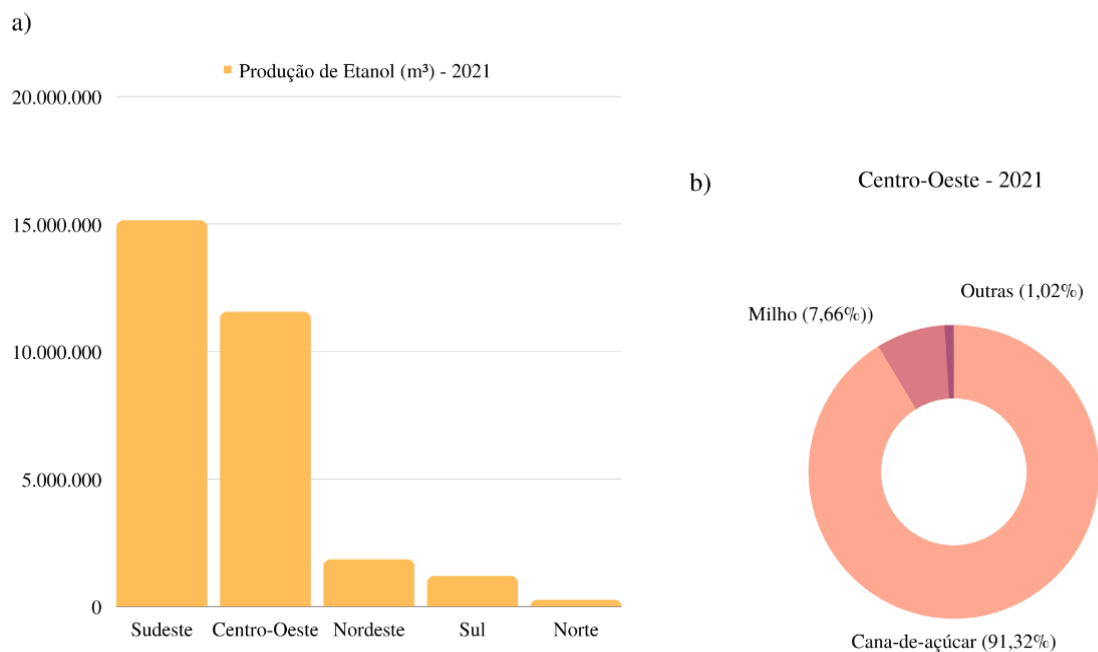


Figura 7: a) Produção de etanol em m³ nas regiões do Brasil em 2021. b) Matérias-Primas utilizadas na produção de etanol no Centro-Oeste brasileiro em 2021.

2.3.1.2 Biodiesel no Brasil

O biodiesel é um biocombustível produzido a partir da transesterificação de óleos vegetais provenientes de plantas oleaginosas, como a soja. A introdução do biodiesel no mercado brasileiro se deu a partir de políticas públicas como o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, instituído pela lei 11.097/2005. Nesse sentido, a lei n° 11.097/2005 traz a definição legal de biodiesel como sendo um

“biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (Brasil, 2005).

O objetivo inicial desta lei consistiu na inserção do biodiesel na matriz energética brasileira (Brasil, 2002). Nesse sentido, foi definido o percentual de 2%, em volume, de biodiesel a ser adicionado no diesel a partir da assinatura do decreto nº 5448/2005 (Brasil, 2005).

No entanto, com o passar dos anos houve uma evolução no marco legal do biodiesel a partir da elevação gradual dos percentuais mínimos obrigatórios. Atualmente, a Resolução nº 16/2018 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) definiu um cronograma no qual, até 2023, o percentual mínimo obrigatório de biodiesel adicionado na mistura deve ser de 15%. Tal percentual é destinado ao consumidor final em todo o território nacional (CNPE, 2018).

Nos últimos anos ocorreu um elevado aumento na produção e consumo de biodiesel no Brasil (ANP, 2022b) (Figura 8). Atualmente, o Brasil se encontra como o terceiro maior produtor de biodiesel, atrás apenas da Indonésia e dos Estados Unidos (IICA, 2021). Em dezembro de 2020, foram computadas um total de 49 usinas produtoras sendo a produção concentrada principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul, devido à grande disponibilidade de matéria prima nesses lugares (Soja e Sebo) (EPE, 2021). Contudo, a produção de biodiesel foi equivalente a apenas 62% da sua capacidade de produção total, o que evidencia a possibilidade de expansão do biodiesel no país (EPE, 2021; ANP, 2021a).

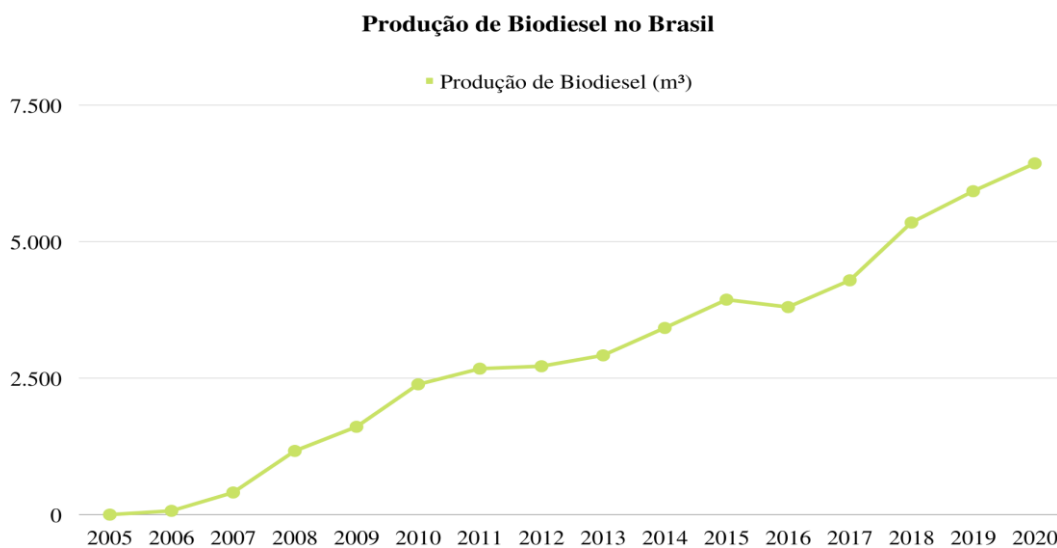


Figura 8: Série histórica da produção de biodiesel no Brasil.

Fonte: Baseado em ANP (2022b).

A produção de biodiesel no Brasil em 2021 foi de 6.758 mil m³, com 37,8% da produção realizada na região Centro-Oeste. As principais matérias-primas utilizadas na produção de

biodiesel do Centro-Oeste foram a soja (79,3%) e a gordura bovina (2,25%). O restante (18,50%) foi derivado de diferentes tipos de materiais como outras oleaginosas e matérias gordurosas (ANP, 2022b) (Figura 9). Espera-se que pelos próximos anos a soja ainda permaneça em destaque como uma das principais matérias-primas utilizadas no processo de produção de biodiesel, devido ao fato de possuir uma cadeia produtiva consolidada, além ser altamente difundida no país (EPE, 2021).

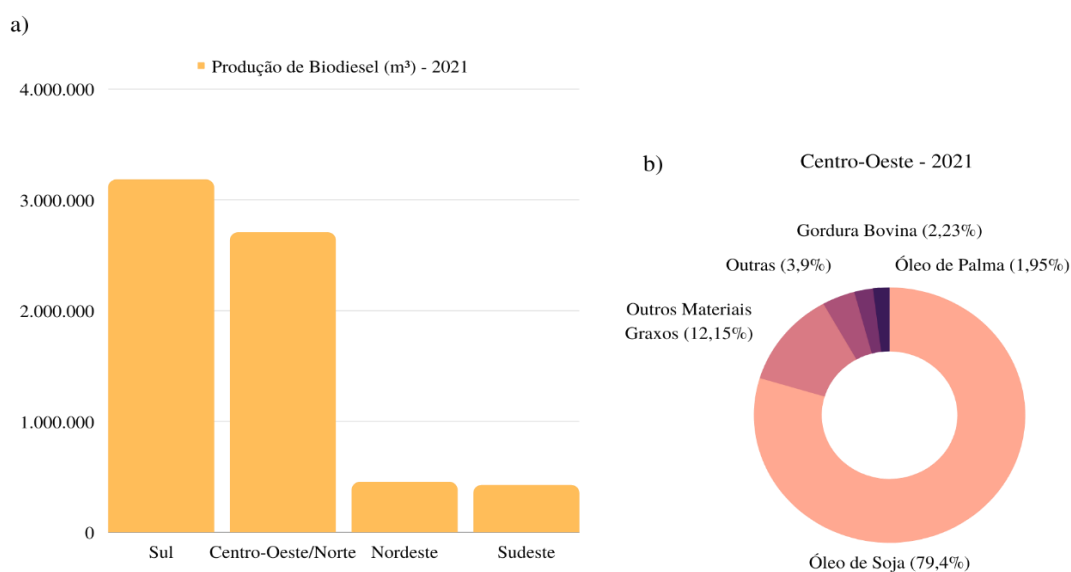


Figura 9: a) Produção de biodiesel em m³ nas regiões do Brasil em 2021. b) Matérias-Primas utilizadas na produção de biodiesel no Centro-Oeste brasileiro em 2021.

Fonte: ANP (2022b)

O biodiesel produzido é vendido para refinarias e para importadores de diesel. Desde 2007 a comercialização do biodiesel no país tem sido realizada por meio de leilões públicos organizados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). Em 2020, notou-se uma elevação no preço do biodiesel em leilão, devido ao aumento de preço das commodities e à desvalorização do real perante o dólar (EPE, 2021; ANP, 2021b) (Figura 10). Embora a maior parte do biodiesel brasileiro seja produzido nas regiões Sul e Centro-Oeste, o maior comprador é a região Sudeste (EPE, 2021).

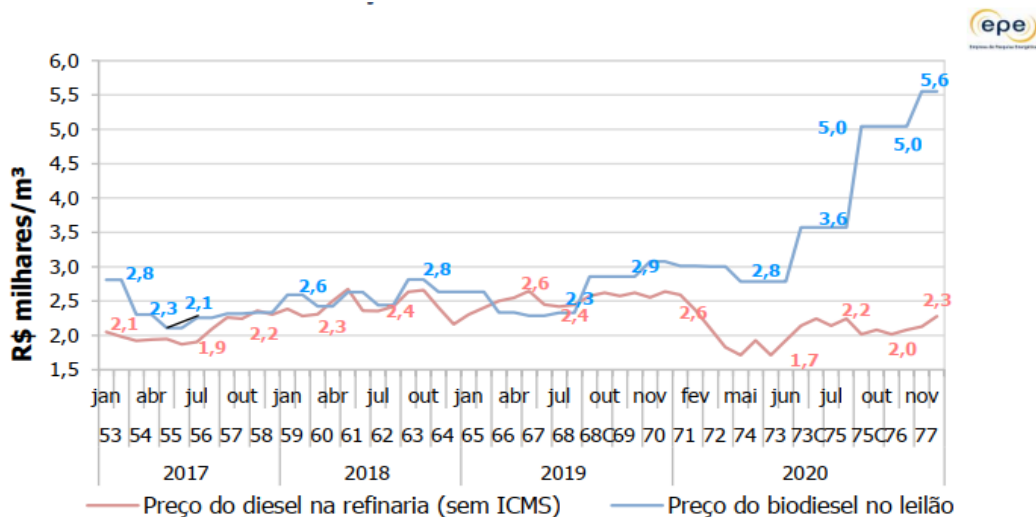


Figura 10: Preço médio do biodiesel e diesel sem ICMS.

Fonte: EPE, 2021

2.3.1.2.1 Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

A matriz energética brasileira é altamente diversificada, com alta proporção de fontes renováveis, resultando na segurança energética do país. Com o principal objetivo de inserir o biodiesel na matriz energética brasileira, foi criado o programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), instituído pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 (Brasil, 2002). Visando englobar os três pilares da sustentabilidade, o PNPB tem como objetivos o aumento da sustentabilidade da matriz energética brasileira, a diminuição de poluentes atmosféricos e gases do efeito estufa, o atendimento de demandas de mercado do biodiesel, assim como a inclusão social e o desenvolvimento regional do país. Sendo assim, tal política resultou no desenvolvimento da produção de biodiesel no país e na melhora dos indicadores sociais relativos aos agricultores familiares produtores de matérias-primas para a produção de biodiesel (EPE, 2021).

Nesse sentido, em 2004, foi criado o Selo Biocombustível Social (SBS), monitorado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que consiste em uma certificação dada aos produtores de biodiesel que adquirirem uma porcentagem mínima (51%) de matéria-prima a partir de agricultores familiares (MAPA, 2022).

Além de adquirirem a matéria-prima, as empresas produtoras de biodiesel participantes do SBS também devem prestar assistência técnica necessária aos agricultores familiares. Em contrapartida, a essas empresas são concedidos benefícios fiscais, direitos, além de prioridade nos leilões de comercialização de biodiesel organizados pela ANP. Quanto maior for a

diversificação da matéria-prima adquirida, e seu local de origem, maiores os benefícios fiscais (MAPA, 2019). As famílias participantes do programa devem estar enquadradas no Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e inscritas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), a fim de facilitar o monitoramento e o combate à degradação ambiental. Em 2020, foram registradas 74 mil famílias participantes do programa, e estima-se que pelo menos 80% do biodiesel comercializado no Brasil esteja vinculado à agricultura familiar (ANP, 2020).

Nesse sentido, além do desenvolvimento da agricultura familiar, o SBS também contribui para a sustentabilidade ambiental, assim como para a capacitação técnica dos produtores, resultando na dinamização da atividade econômica, no aumento da renda familiar e na qualidade de vida. Em relação à renda anual, notou-se um forte crescimento ao longo dos anos, evoluindo de R\$18,5 mil em 2008 para R\$80 mil em 2020 (EPE, 2021). Tal crescimento se relaciona com o crescimento da demanda de biodiesel, a partir do aumento da proporção obrigatória do combustível no diesel nos últimos anos. Este fato resultou no aumento do volume de matéria-prima fabricado ao longo dos anos para a produção de biocombustíveis. Além disso, notou-se que houve um aumento no valor da matéria-prima comercializada, resultando no aumento de renda dos agricultores familiares (EPE, 2021). Af11 demonstra a série histórica da renda média recebida pelas famílias cadastradas no CBS desde 2008.

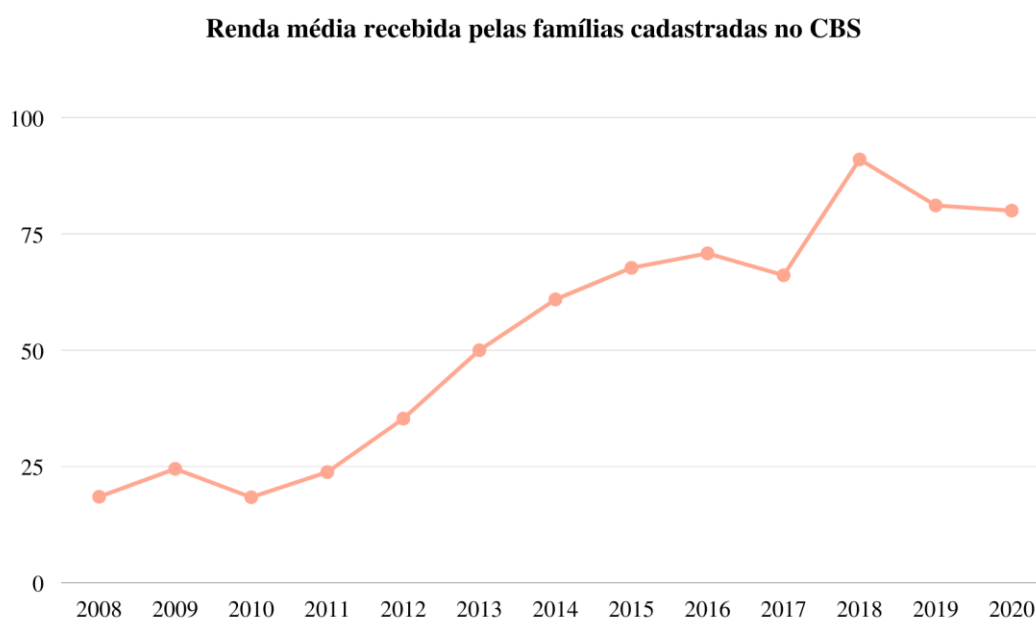


Figura 11: Série histórica da renda média anual em milhares de reais das famílias cadastradas no CBS.

Figura com base em EPE, 2021

2.3.1.3 Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)

Com base nas alterações climáticas vividas nos últimos anos e nas orientações definidas nos relatórios da ONU sobre mudanças climáticas, em dezembro de 2017, por meio da Lei 13.576, foi instituída a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) (Brasil, 2017). Tal política integra a Política Energética Nacional e possui os seguintes objetivos expressos:

“I - Contribuir para o atendimento aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima;

II - Contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida;

III - Promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e

IV- Contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis.”

A fim de realizar os objetivos citados, a RenovaBio dispõe de alguns instrumentos como a definição de metas anuais de descarbonização até o ano de 2029, conforme pela Resolução CNPE N° 15 DE 24/06/2019 (CNPE, 2019). Estas metas são desmembradas em metas individuais a serem cumpridas pelos distribuidores de biocombustíveis. Outro instrumento é a certificação voluntária de Eficiência Energético-Ambiental de produtores e importadores de biocombustíveis, a fim de realizar o rastreamento da liberação atmosférica de carbono nas cadeias produtivas. Além disso, a lei também criou o CBIO (Crédito de descarbonização), ativo financeiro comercializado na bolsa de valores a fim de incentivar a descarbonização do processo produtivo dos biocombustíveis.

Com o RenovaBio, o Brasil traça, pela primeira vez, uma política de Estado visando estratégias conjuntas para todos os biocombustíveis na matriz energética brasileira, a fim de se obter segurança energética atrelada à diminuição da liberação de gases do efeito estufa na atmosfera. Sendo assim, tal política confirma a importância das energias renováveis para o país, assim como seu compromisso com a sustentabilidade do planeta.

2.4. ACV SOCIAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Embora chamem atenção por seus impactos econômicos e ambientais, os biocombustíveis também geram impactos diversos na sociedade. Por estarem intimamente ligados à agropecuária, os biocombustíveis se apresentam como um dos grandes responsáveis pela geração de renda no campo, especialmente nas pequenas glebas rurais. Com a crescente importância dada aos biocombustíveis, seus diversos impactos na sociedade, desde as etapas de plantio e colheita, até a transformação química na qual o combustível passa a ser efetivamente constituído, passaram a ser notados. Devido a isso, diversos trabalhos se propuseram a analisar e avaliar os impactos sociais causados no ciclo produtivo de biocombustíveis. O quadro 3 demonstra as referências levantadas da literatura que realizam ACV-S de biocombustíveis.

Quadro 3: Literatura acerca de Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis.

Nome	UNEP/ SETAC	SHDB	Outros
Costa e Oliveira (2022)	x		
Souza (2021)			X
Prassara (2019)	x		
Du (2019)		x	
Du (2018.b)		x	x
Prassara (2018)	x		
Valente (2018)	x	x	
Ren (2015)	x		
Ekener et al.. (2014)		x	
Manik (2013)	x		

Legenda: UNEP/SETAC (Guia para a Avaliação Social do Ciclo de Vida de Produtos); SHDB (Social Hotspots Database).

Du (2018) realizou uma ACV-S para a produção de cana-de-açúcar no Brasil a fim de avaliar e aprimorar o processo de triagem dos dados para ACV-S. Primeiramente, o autor realizou uma modelagem no SHDB a fim de definir as principais categorias de impacto afetadas pela produção de cana-de-açúcar. Após, o autor realizou a comparação com levantamento de dados a partir da análise da literatura. Foram definidos 15 temas sociais a partir do SDHB, sendo “Saúde e segurança” e “direitos trabalhistas e trabalho decente” as categorias com maior

impacto na produção de cana-de-açúcar. No entanto, quando comparado com a análise pela literatura, 22 temas sociais foram definidos, sendo apenas 9 iguais ao SHDB. O autor concluiu que o SHDB é um bom ponto de partida para a triagem a nível de país, no entanto, a análise da literatura permite uma diferenciação de métodos de produção e de impactos positivos e negativos. Sendo assim, o autor recomenda a utilização de ambos os métodos para um melhor refinamento da triagem e definição das categorias de impactos na ACV-S.

Ekener-Petersen (2014) realizou uma ACV-S para diversos biocombustíveis e combustíveis fósseis de diferentes países utilizados na cadeia de transporte mundial. Para tanto, realizou um levantamento dos principais pontos críticos do processo produtivo pelo SHDB, para as cinco categorias de impacto (Saúde e Segurança, Direitos humanos, Trabalho, Comunidade e Governança). Tais pontos foram separados entre “risco alto” e “risco muito alto” de acordo com sua capacidade de impacto. Os resultados demonstraram que a gasolina Russa é a que possui maior grau de risco de impactos sociais, enquanto a gasolina da Noruega é a que tem menor risco. Além disso, percebeu-se que “trabalho”, “direitos humanos” e “saúde e segurança” são as categorias mais impactadas pela produção de combustíveis.

Prasara (2019) realizou uma ACV-S a fim de identificar os pontos críticos sociais de produtos derivados de cana-de-açúcar. Foram utilizados para o estudo, apenas dois stakeholders (trabalhadores e donos de fazendas). As subcategorias avaliadas foram baseadas nas diretrizes estipuladas pela UNEP/SETAC. Os dados foram obtidos a partir de entrevistas com cada stakeholder e posteriormente comparou-se o resultado obtido com os padrões levantados para cada categoria. A partir da análise dos resultados, o autor concluiu que os principais pontos críticos da indústria de produtos derivados da cana-de-açúcar são salários baixos, saúde e segurança, impacto da queima da cana, baixos rendimentos, baixa receita líquida de vendas de produtos e falta de trabalhadores na colheita.

Ren (2015) determinou o cenário mais sustentável para a produção de bioetanol na China, a partir da Análise do Ciclo de Vida, juntamente com uma análise multicritério. A SACV proposta, levava em consideração três cenários de produção de etanol (à base de trigo, milho e à base de mandioca). Para isso o autor definiu 24 critérios a partir de 5 categorias de impacto (Direitos Humanos, Condições de Trabalho, Herança Cultural, Repercussão Social-Econômica e Governança). Após, diferentes stakeholders (trabalhadores, atores da cadeia de valor, comunidade local e sociedade) avaliaram os critérios definidos a partir de termos linguísticos (péssimo, ruim, meio ruim, justo, meio bom, bom e ótimo). Posteriormente, os termos linguísticos foram transformados em números triangulares e a performance média de cada

critério foi calculada. Após, os números triangulares foram transformados em números reais para a comparação. O etanol à base de mandioca foi considerado o mais sustentável pelo autor, seguido do etanol à base de milho e por fim, a base de trigo.

Du (2019) comparou os impactos sociais entre o ciclo de vida manual e mecanizado de cana-de-açúcar. Primeiramente, o autor realizou uma modelagem no SHDB a fim de encontrar os principais hotspots do ciclo da cana-de-açúcar no Brasil. Após, análise da literatura foi feita de acordo com 8 temas (saúde e segurança, emprego, salário justo, acesso a recursos materiais, deslocalização e migração, compromisso público com questões de sustentabilidade, condições de vida seguras e saudáveis e igualdade de oportunidades e discriminação). Após, foi realizada a normalização dos dados e análise multicritério. O autor concluiu que o ciclo de vida mecanizado da cana-de-açúcar tem o impacto social mais positivo em 6 das 8 categorias estudadas, incluindo: Saúde e segurança, Salário justo, Deslocalização e migração, Compromisso público com questões de sustentabilidade, condições de vida seguras e saudáveis e igualdade de oportunidades e discriminação.

Costa e Oliveira (2022) avaliaram os impactos sociais da produção de matérias-primas do biodiesel a partir da Análise Social do Ciclo de Vida. Para tanto, foram utilizados dados qualitativos e quantitativos. Para os dados qualitativos, foi realizado um levantamento na literatura, a fim de entender os principais impactos causados em 4 stakeholders (trabalhadores, comunidade local, sociedade e atores da cadeia de valor). Os dados quantitativos foram obtidos de bases governamentais e apenas o stakeholder *trabalhadores* foi avaliado. Os autores concluíram que nenhuma das matérias-primas analisadas cumpriu totalmente os direitos trabalhistas analisados. Além disso, a produção de gado e milho apresentaram mais trabalhadores em condições análogas à escravidão, e recebendo menos de um salário-mínimo.

Souza (2021) desenvolveu um Índice do Desenvolvimento Humano dos Trabalhadores, que leva em conta a média geométrica da taxa de acidentes, média de anos estudados e média salarial anual. Para testá-lo, foi realizado um estudo de caso na indústria de cana-de-açúcar no Brasil. O autor concluiu que o uso de tecnologia em biorrefinarias de cana-de-açúcar é responsável pelo melhor desenvolvimento humano dos trabalhadores.

3. METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada de acordo com a norma ISO 14040 (2006), que dispõe acerca das etapas da Avaliação do Ciclo de Vida. De acordo com a norma, a Avaliação do Ciclo de Vida é dividida em (1) Objetivo e Escopo (2) Análise de Inventário (3) Avaliação dos Impactos e (4) Interpretação dos resultados. Além disso, por fornecer diretrizes acerca da Avaliação Social do Ciclo de Vida, o *Guia para Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S) de um Produto* (UNEP/SETAC, 2009) foi utilizado como base para a criação da metodologia.

3.1. Objetivo e Escopo

Ao realizar um levantamento na literatura de ACV-Ss relacionadas a biocombustíveis (seção 2.4), percebe-se que os stakeholders “trabalhadores”, “comunidade local”, “sociedade” e “atores da cadeia de valor” possuem grande importância, e por serem diretamente afetados pela cadeia produtiva, são frequentemente avaliados. A pesquisa dos stakeholders avaliados de acordo com a literatura levantada está evidenciada na tabela 1.

Tabela 1: Principais stakeholders avaliados na bibliografia analisada.

Stakeholders	Trabalhadores	Comunidade local	Sociedade	Atores da cadeia de valor	Consumidores
Costa e Oliveira (2022)	x	x	x	x	
Souza (2021)	x				
Prassara (2019)	x			x	
Du (2019)	x	x	x	x	
Prassara (2018)	x	x	x	x	x
Du (2018.b)	x	x	x	x	
Valente (2018)	x				
Ren (2015)	x	x	x	x	
Ekener et al.. (2014)	x	x	x	x	
Manik (2013)	x	x	x	x	

Categorias de impacto e Indicadores

A fim de entender quais os principais pontos críticos da produção de biocombustíveis, foi realizado o levantamento das principais categorias de impacto avaliadas em artigos da literatura que versam acerca de ACV-S de biocombustíveis (seção 2.4). Os resultados da pesquisa realizada estão demonstrados na tabela 2. Nela, pode-se perceber que as Categorias de Impacto *Saúde e Segurança*, *Salário Justo* e *Emprego Local* foram as mais frequentes.

Tabela 2: Principais Categorias de Impacto Avaliadas na Literatura.

Categorias de Impacto	Costa e Oliveira (2022)	Souza (2021)	Prassara (2019)	Du (2019)	Prassara (2018)	Du (2018.b)	Valente (2018)	Ren (2015)	Ekener et al.. (2014)	Manik (2013)	Total
Saúde e segurança		x	x	x	x	x	x	x	x	x	9
Salário justo		x	x	x	x	x		x	x	x	8
Emprego local			x	x	x		x	x	x	x	7
Liberdade de Associação e Negociação Coletiva					x	x	x	x	x	x	6
Trabalho forçado					x	x	x	x	x	x	6
Igualdade de oportunidades/discriminação				x	x	x	x	x		x	6
Trabalho infantil					x		x	x	x	x	5
Jornada de trabalho					x		x	x	x	x	5
Deslocalização e migração				x	x	x		x		x	5
Benefícios Sociais/Segurança Social					x		x	x		x	4

Respeito aos direitos indígenas				x		x	x	x	4
Acesso a recursos materiais	x	x				x		x	4
Transparência			x			x		x	3
Corrupção						x	x	x	3
Compromissos públicos com questões de sustentabilidade	x					x		x	3
Acesso a recursos imateriais						x		x	2
Herança cultural						x		x	2
Engajamento da comunidade						x		x	2
Contribuição para o desenvolvimento econômico						x		x	2
Competição justa						x		x	2
Mecanismo de retorno				x					1
Privacidade do consumidor					x				1
Responsabilidade de fim de vida					x				1

Com base no levantamento da literatura, definiu-se 8 categorias de impacto social a serem avaliadas. Tais categorias refletem alterações para os três stakeholders definidos, sendo cinco para o stakeholder *trabalhadores*, duas para o stakeholder *comunidade local* e uma para o stakeholder *sociedade*. O quadro 4 apresenta as categorias de impacto selecionadas na metodologia para a avaliação e seus correspondentes stakeholders.

Quadro 4: Stakeholders e Categorias de Impacto definidas para Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis.

Stakeholder	Categoria de Impacto
Trabalhadores	Condições de Trabalho Capacitação Condições Salariais Equidade nas condições trabalhistas Saúde e Segurança
Comunidade Local	Empregabilidade Êxodo
Sociedade	Melhora na economia

Para uma análise mais detalhada e precisa, as categorias de impacto definidas foram subdivididas em 12 indicadores, a depender da disponibilidade de dados da região a ser estudada, como explicitado na Tabela 3.

Tabela 3. Stakeholders, Categorias de Impacto e indicadores definidos para a avaliação social do ciclo de vida de biocombustíveis.

Stakeholders	Categoria de Impacto	Indicadores
1.1 Trabalhadores	1.1.1 Condições Salariais	1.1.1.1 Média salarial
		1.1.2.1 Igualdade salarial
	1.1.2 Equidade nas condições trabalhistas	1.1.2.2 Igualdade de oportunidades
		1.1.3.1 Analfabetos/Vínculos Ativos
	1.1.3 Capacitação	1.1.3.2 Ensino Médio/ Vínculos Ativos
		1.1.4.1 Trabalho Análogo ao escravo
	1.1.4 Condições de trabalho	1.1.4.2 Trabalho Infantil
		1.1.5.1 Acidentes de Trabalho
	1.1.5 Saúde e Segurança	1.2.1.1 Vagas de emprego por Instrução
		1.2.1.2 Vagas de emprego por habitantes
1.2 Comunidade Local	1.2.2 Êxodo	1.2.2.1 Pessoas deixando sua cidade por habitantes
		1.3.1.1 PIB
1.3 Sociedade	1.3.1 Melhora na Economia	

3.2. Análise de inventário

Os dados quantitativos para os indicadores sociais podem ser obtidos a partir de bases nacionais ou regionais de dados estatísticos. Contudo, devem ser posteriormente normalizados, a fim de permitir a comparação.

Para refletir a realidade, os dados sociais devem ser local-dependentes, pois dependem da cultura, condições e legislação local. Sendo assim, a fim de permitir uma melhor regionalização dos dados e uma avaliação mais precisa da região escolhida, devem ser coletados dados primários não-agregados a partir de bases de dados estatísticos para cada indicador definido. A fim de padronização, serão definidas equações para cada indicador a ser avaliado, conforme Tabela 3.

Para obtenção do indicador *média salarial*, realiza-se a razão entre a soma dos salários de um determinado período e o número de meses trabalhados (Equação I).

$$\text{Média Salarial: } \frac{\sum \text{salários recebidos}}{\text{n}^\circ \text{ meses trabalhados}} \quad (I)$$

Para a categoria equidade nas relações trabalhistas, foram definidos dois indicadores, sendo eles, igualdade salarial e igualdade de oportunidades. Ambos os indicadores avaliam a diferença nas condições laborais entre homens e mulheres. Para o indicador igualdade salarial, realiza-se a razão entre o salário médio feminino e o salário médio masculino, como indicado na Equação II.

$$\text{Igualdade salarial: } \frac{\text{Salário Médio Feminino}}{\text{Salário Médio Masculino}} \quad (II)$$

Em relação ao indicador igualdade de oportunidades, realiza-se a razão entre o número de mulheres empregadas pelo número total de trabalhadores no setor (Equação III).

$$\text{Igualdade de oportunidades: } \frac{\text{Número de vínculos ativos femininos}}{\text{Total de vínculos ativos}} \quad (III)$$

A categoria de impacto de capacitação foi dividida em dois indicadores: Analfabetos/Vínculos Ativos e Ensino Médio/Vínculos Ativos. Para ambos os indicadores se realiza a razão entre o número de empregados analfabetos e com ensino médio completo no ano, respectivamente, pelo número de empregados com vínculo ativo respectivamente (Equação IV e V).

$$\text{Analfabetos/Vínculos Ativos: } \frac{\text{n}^\circ \text{ de analfabetos empregados}}{\text{n}^\circ \text{ de Empregados}} \quad (IV)$$

$$\text{Ensino Médio/ Vínculos Ativos: } \frac{\text{n}^\circ \text{ de empregados com Ensino médio}}{\text{n}^\circ \text{ de Empregados}} \quad (V)$$

Para a categoria condições de trabalho, foram definidos dois indicadores, sendo eles, trabalho análogo ao escravo e trabalho infantil. Em relação ao indicador trabalho análogo ao escravo, realiza-se a proporção entre o número de trabalhadores resgatados na atividade econômica, pela quantidade total de vínculos na atividade econômica, em determinado ano (Equação VI). Já para o indicador trabalho infantil, realiza-se a razão entre o número de crianças resgatadas pela quantidade total de vínculos trabalhistas (Equação VII)

$$\text{Trabalho análogo ao escravo: } \frac{\text{n}^\circ \text{ de trabalhadores resgatados}}{\text{total de vínculos ativos na atividade}} \quad (\text{VI})$$

$$\text{Trabalho infantil: } \frac{\text{n}^\circ \text{ de crianças resgatadas no trabalho infantil}}{\text{total de vínculos ativos na atividade}} \quad (\text{VII})$$

Para o indicador acidentes de trabalho, deve-se realizar a razão entre o número de acidentes e o número de vínculos ativos em determinado período (Equação VIII).

$$\text{Acidentes de trabalho: } \frac{\text{n}^\circ \text{ de acidentes}}{\text{total de vínculos ativos na atividade}} \quad (\text{VIII})$$

Para a categoria de impacto empregabilidade, realiza-se a razão entre o número de empregados com Ensino Médio, e o total de vínculos, para estimar o valor do indicador “vagas de emprego por nível de instrução” (Equação IX).

$$\text{Vagas de emprego por instrução: } \frac{\text{n}^\circ \text{ de trabalhadores com E.M}}{\text{total de vínculos ativos na atividade}} \quad (\text{IX})$$

Já em relação ao indicador vagas de emprego por habitantes, deve se fazer a proporção de número de vínculos ativos, com o número de habitantes na região, de acordo com o censo IBGE de 2010 e 2021 (Equação X) e conforme demonstrado no quadro 12.

$$\text{Vagas de emprego por habitantes: } \frac{\text{Total de vínculos ativos}}{\text{Habitantes}} \quad (\text{X})$$

O indicador relacionado ao êxodo de pessoas deve ser calculado a partir da razão entre o número de trabalhadores deixando a cidade a fim de buscar novas oportunidades em outros locais, pelo número de habitantes da cidade (Equação XI).

$$\hat{\text{Êxodo: }} \frac{\text{n}^\circ \text{ trabalhadores deixando cidade}}{\text{Habitantes}} \quad (\text{XI})$$

Por fim, o cálculo para o PIB da região estudada deve ser realizado a partir da multiplicação do valor agregado por m³ de biocombustível produzido pela quantidade de m³ de biocombustível vendido (Equação XII).

$$\text{PIB: Valor agregado } \times \text{ m}^3 \text{ de biocombustíveis vendidos} \quad (\text{XII})$$

Onde: Valor agregado = Valor consumidor final – Valor dos insumos utilizados na produção.

3.2.1. Análise multicritério

Para permitir uma comparação adequada entre os indicadores, os valores calculados devem ser normalizados em uma escala entre 0 e 1, utilizando a seguinte equação XIII (Eastman, 1997).

$$X \text{ normalizado} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (\text{XIII})$$

Onde:

X: Valor bruto do indicador.

X_{mín}: Menor valor entre os valores brutos.

X_{máx}: Maior valor entre os valores brutos.

No caso do indicador *equidade nas relações de trabalho*, deve ser utilizado 0,5 como valor máximo (X_{max}), pois a sustentabilidade máxima do sistema seria se homens e mulheres representassem metade dos trabalhadores do setor, alcançando a equidade de gênero.

É importante notar que para a maioria dos indicadores avaliados (Salário Médio, Igualdade de Remuneração, Igualdade de Oportunidades, Vagas de Emprego por Educação, Vagas de Emprego por Habitante, PIB) quanto mais próximo de 1, maior a sustentabilidade do indicador para uma determinada atividade e ano.

No entanto, alguns indicadores são inversamente proporcionais à sustentabilidade. Por exemplo, em relação ao indicador “Trabalho análogo ao de escravo”, quanto menor o valor, significa que, nas operações de fiscalização, menos trabalhadores da respectiva categoria foram resgatados de trabalho análogo ao de escravo, indicando uma maior sustentabilidade. Sendo assim, é necessário tornar todos os indicadores diretamente proporcionais à sustentabilidade, em que quanto maior o valor, melhor a situação do indicador, a fim de permitir a comparação entre eles. Para tal, nos indicadores “Analfabetos/Vínculos Ativos” e “Trabalho análogo ao de escravo”, “Trabalho infantil”, “Acidentes de Trabalho” e “Pessoas deixando a cidade”, deve ser realizada a equação (Equação XIV):

$$X' = 1 - X \text{ normalizado} \quad (\text{XIV})$$

Onde:

X': Valor dos indicadores inversamente proporcionais (Analfabetos/Vínculos Ativos e Trabalho análogo ao de escravo), no qual quanto maior o valor bruto, pior a situação do indicador.

X normalizado: Valor do indicador após normalização dos dados.

Para calcular o índice de sustentabilidade social, realiza-se uma análise multicritério do tipo Combinação Linear Ponderada (WLC) com pesos iguais para as diferentes categorias avaliadas. Pesos iguais são utilizados, por se entender que todas as categorias de impacto possuem igual relevância na qualidade de vida dos stakeholders avaliados. Assim, cada categoria de impacto tem peso 1, sendo esse valor dividido pelo número de indicadores específicos. Por exemplo, se uma categoria de impacto possui dois indicadores específicos, cada indicador terá peso 0,5.

Após calcular o índice para todas as atividades econômicas envolvidas no processo produtivo, realiza-se o cálculo do índice de sustentabilidade para cada fase do processo produtivo, assim como para todo o ciclo de vida. Para este cálculo, as fases produtivas devem receber pesos iguais (1), dividindo-se entre as atividades econômicas existentes em cada fase.

4. ESTUDO DE CASO

Para exemplificar a metodologia exposta, foi realizado um estudo de caso a fim de avaliar a sustentabilidade social do ciclo produtivo dos principais biocombustíveis líquidos produzidos no Centro-Oeste brasileiro entre os anos de 2009 e 2019.

4.1. Objetivo e Escopo

O estudo tem como objetivo avaliar os impactos socioeconômicos resultantes do ciclo de vida dos principais biocombustíveis líquidos produzidos no Centro-Oeste brasileiro. Por estar intimamente ligada às atividades agropecuárias, o Centro-Oeste brasileiro é expressivo na produção de matérias-primas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis.

Para a seleção dos biocombustíveis e das atividades econômicas analisadas realizou-se o levantamento dos principais biocombustíveis líquidos produzidos na região Centro-Oeste, assim como, as principais matérias-primas utilizadas para sua produção na região. Os principais biocombustíveis líquidos obtidos na região são o etanol e biodiesel, conforme está explicitado na seção 2.3.1. Em relação às matérias primas, o biodiesel, no Centro-Oeste, é produzido principalmente a partir da soja e da gordura bovina, enquanto as principais matérias primas do etanol são a cana-de-açúcar e o milho.

Para atingir o objetivo proposto, foi realizada a delimitação da fronteira do estudo. Por serem derivados de biomassa, a produção de biocombustíveis possui duas fases distintas: agrícola e industrial. A Figura 12 mostra a delimitação da fronteira do estudo incluindo desde a etapa agropastoril até a etapa industrial dos principais biocombustíveis líquidos produzidos no Centro-Oeste brasileiro (bioetanol e biodiesel) a partir das matérias-primas mais utilizadas no processo produtivo: soja, gordura bovina, milho e cana-de-açúcar. (seção 2.3.1).

No ciclo de vida, o biodiesel é comumente produzido tanto a partir de gordura bovina, por meio de processos de criação e abate de bovinos, quanto de óleo vegetal, por meio do cultivo de soja e extração do óleo. Em seguida, os produtos (sebo ou óleo de soja) passam pelo processo de transesterificação no qual o biodiesel é produzido. O etanol, por outro lado, é comumente produzido a partir da destilação e fermentação do milho ou cana-de-açúcar.

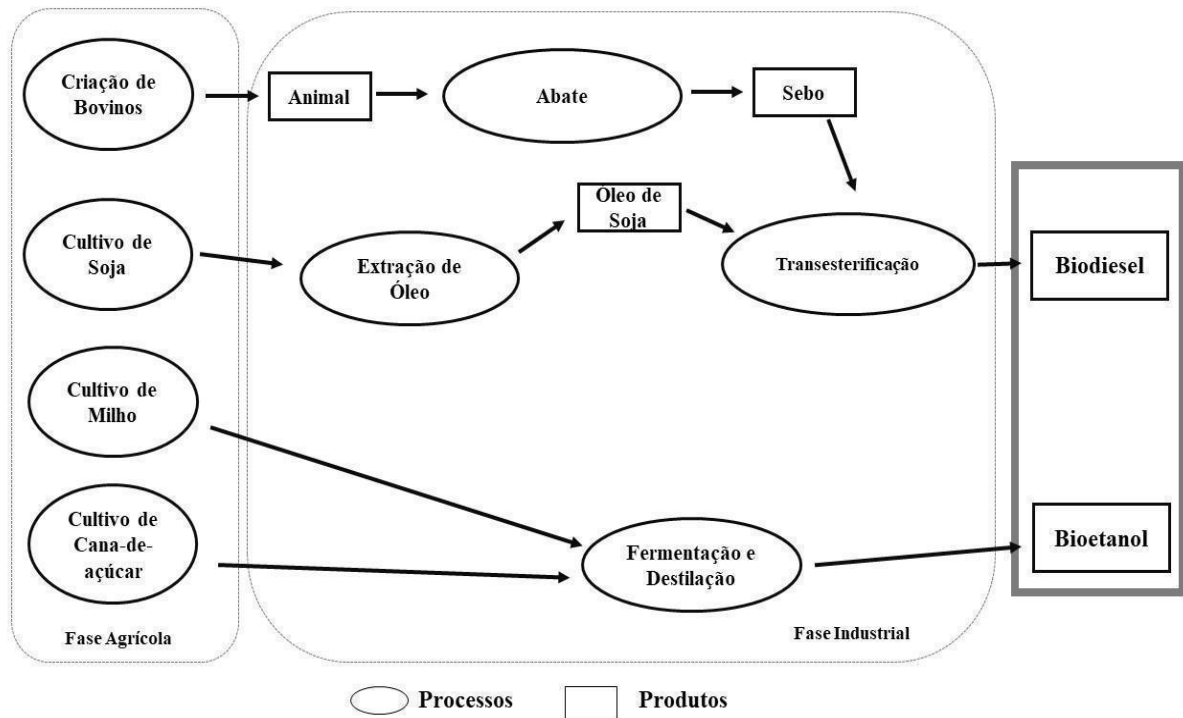


Figura 12. Fronteira do Sistema produtivo de Etanol e Biodiesel.

Em função dos objetivos do presente estudo, a unidade funcional definida foi “um ano de ciclo produtivo de biocombustíveis líquidos no Centro-Oeste brasileiro”. Devido ao fato de a avaliação social do ciclo de vida ter como base diferentes indicadores com unidades distintas, foi necessária a padronização dos dados para que a comparação entre eles fosse possível. Dessa forma, o estudo utilizou dados quantitativos que foram padronizados a partir de um índice multicritério.

Em relação aos stakeholders, selecionou-se, para o estudo de caso, os stakeholders “trabalhadores”, “comunidade local” e “sociedade”. O stakeholder “atores da cadeia de valor” se relaciona principalmente com os donos dos meios de produção, como por exemplo, a relação com fornecedores, propriedade intelectual entre outros. Dessa forma, entende-se que, por serem individualizadas, a obtenção de dados para análises precisaria ser realizada *in loco*. Nesse sentido, este stakeholders não foi utilizado no estudo de caso.

4.2. Análise de Inventário

Os dados quantitativos, para cada indicador, foram coletados para cada atividade econômica (CNAE) entre os anos de 2009 e 2019. Para tal, foram utilizadas bases de dados estatísticos, como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e SmartLab. Não foram encontrados dados suficientes para a

avaliação de todos os indicadores e categorias de impacto definidas na metodologia, seja pela falta de dados estatísticos, descontinuação do monitoramento, ou até mesmo mudança no método de pesquisa ao longo dos anos. A tabela 4 demonstra os indicadores para os quais foram coletados dados, e as respectivas bases de dados utilizadas.

Tabela 4: Stakeholders, Categorias de Impacto e indicadores utilizados na avaliação social do ciclo de vida de biocombustíveis e sua respectiva referência.

Stakeholders	Categoria de Impacto	Indicadores	Referências	
1.1 Trabalhadores	1.1.1 Condições Salariais	1.1.1.1 Média salarial	RAIS/CAGED	
	1.1.2 Equidade nas condições trabalhistas	1.1.2.1 Igualdade salarial	RAIS/CAGED	
		1.1.2.2 Igualdade de oportunidades	RAIS/CAGED	
	1.1.3 Capacitação	1.1.3.1 Analfabetos/Vínculos Ativos	RAIS/CAGED	
		1.1.3.2 Ensino Médio/ Vínculos Ativos	RAIS/CAGED	
	1.1.4 Condições de trabalho	1.1.4.1 Trabalho Análogo ao escravo	SmartLab; RAIS/CAGED	
		1.1.4.2 Trabalho Infantil	-	
	1.1.5 Saúde e Segurança	1.1.5.1 Acidentes de Trabalho	-	
	1.2 Comunidade Local	1.2.1 Empregabilidade	1.2.1.1 Vagas de emprego por Instrução	RAIS/CAGED
			1.2.1.2 Vagas de emprego por habitantes	RAIS/CAGED; IBGE
1.2.2 Êxodo		1.2.2.1 Pessoas deixando sua cidade por habitantes	-	
1.3 Sociedade	1.3.1 Melhora na Economia	1.3.1.1 PIB	-	

Legendas: IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; RAIS: Relação Anual de Informações Sociais; OSST: Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho.

Para uma melhor especificação na coleta de dados, os processos agrícolas e industriais do ciclo de vida dos biocombustíveis apresentados, foram relacionados às atividades econômicas correspondentes na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0 subclasses), produzido pelo IBGE (2017), conforme apresentado no Quadro 5. Neste processo, as etapas de “Criação de bovinos” (código 0151-2/01), “Cultivo de Soja” (código 0115-6/00), “Cultivo de Milho” (código 0111-3/02), “Cultivo de Cana-de-açúcar” (código 0113-0/0) e “Abate de bovinos” (código 1011-2/01) foram relacionadas às atividades econômicas de nomenclatura similar. As etapas de “transesterificação”, “extração de óleo” e “fermentação e destilação” foram relacionadas às atividades intituladas de “Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool” (código 1932-2/00), “Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho (código 1041-4/00)” e “Fabricação de álcool” (código 1931-4/00), respectivamente.

Os dados coletados para inventário, assim como os cálculos realizados, encontram-se no Anexo I.

Quadro 5: Categorias da Classificação Nacional de Atividades Econômicas correspondente aos processos produtivos da fase Agrícola e Industrial do Ciclo de Vida de Biocombustíveis.

Fase	Processo	CNAE	Código
Industrial	Cultivo de Milho	Cultivo de Milho	0111-3/02
	Cultivo de cana-de-açúcar	Cultivo de cana-de-açúcar	0113-0/0
	Cultivo de Soja	Cultivo de Soja	0115-6/00
	Criação de bovinos	Criação de bovinos para corte	0151-2/01
Agropecuária	Abate de bovinos	Frigorífico - Abate de bovinos	1011-2/01
	Extração de óleo	Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	1041-4/00
	Fermentação e destilação	Fabricação de Álcool	1931-4/00
	Transesterificação	Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	1932-2/00

Prezando a confiabilidade, dados primários não-agregados foram coletados para o estudo (Anexo I). No entanto, cálculos foram realizados a fim de estimar os indicadores avaliados.

Devido ao fato do indicador Média Salarial ter sido coletado na unidade de preferência, salários-mínimos (sm), não foram realizados cálculos para este indicador, sendo utilizados os dados brutos. O quadro 6 apresenta os valores obtidos no RAIS para o indicador.

Quadro 6 – Inventário para o indicador Média Salarial para as atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo.

Atividades Econômicas	Renda média mensal										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de milho	2	2	2	2	2	2	2	2,31	2,43	2,43	2,31
Cultivo de cana-de-açúcar	3	3	3	3	3	3	3	2,77	2,63	2,7	2,59
Cultivo de soja	2	2	2	2	3	3	3	2,53	2,53	2,58	2,58
Criação de bovinos para corte	2	2	2	2	2	2	2	1,91	1,9	1,93	1,91
Frigorífico - abate de bovinos	2	2	2	2	2	2	2	2,05	2,02	2,05	1,97
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	3	3	3	3	3	3	3	3,07	3,11	3,06	2,99
Fabricação de álcool	3	3	3	3	3	3	3	3,23	3,24	3,06	3,18
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	4	3	3	3	3	3	3	3,02	2,96	2,89	2,9

Fonte: RAIS/CAGED (2022)

No quadro 7, observa-se os valores calculados para o indicador igualdade salarial, a partir dos cálculos apresentados na Equação II no capítulo 3.

Quadro 7 - Inventário para o indicador igualdade salarial para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividades Econômicas	Igualdade Salarial										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de milho	0,667	0,667	0,667	1,000	1,000	0,667	1,000	0,749	0,679	0,678	0,690
Cultivo de cana-de-açúcar	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,713	0,719	0,734	0,740
Cultivo de soja	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,683	0,698	0,686	0,700
Criação de bovinos para corte	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,693	0,697	0,701	0,698
Frigorífico - abate de bovinos	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,757	0,765	0,776	0,786
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,825	0,828	0,831	0,802

Fabricação de álcool	1,000	1,000	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,731	0,743	0,744	0,741
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,750	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	1,048	0,845	0,872

O quadro 8 apresenta os valores calculados para o indicador Igualdade de Oportunidades, conforme Equação III.

Quadro 8 - Inventário para o indicador Igualdade de Oportunidades para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividade Econômica	Igualdade de Oportunidades										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de milho	0,166	0,195	0,311	0,283	0,304	0,270	0,286	0,271	0,225	0,185	0,183
Cultivo de cana-de-açúcar	0,090	0,100	0,096	0,105	0,111	0,110	0,112	0,107	0,094	0,101	0,090
Cultivo de soja	0,137	0,140	0,143	0,144	0,151	0,152	0,151	0,153	0,152	0,149	0,150
Criação de bovinos para corte	0,116	0,119	0,121	0,125	0,132	0,136	0,137	0,134	0,133	0,132	0,131
Frigorífico - abate de bovinos	0,319	0,326	0,334	0,346	0,355	0,363	0,335	0,312	0,299	0,296	0,289
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	0,121	0,106	0,111	0,132	0,148	0,147	0,154	0,153	0,144	0,142	0,139
Fabricação de álcool	0,086	0,089	0,102	0,116	0,120	0,122	0,120	0,120	0,121	0,123	0,122
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,166	0,157	0,192	0,189	0,197	0,203	0,211	0,205	0,194	0,183	0,164

A categoria de impacto capacitação é dividida em dois indicadores (Analfabetos/Vínculos Ativos e Ensino médio/Vínculos Ativos). Os quadros 9 e 10 demonstram os valores calculados para cada um dos indicadores, conforme Equações IV e V.

Quadro 9 - Inventário para o indicador Analfabetos/Vínculos Ativos para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividades Econômicas	Analfabetos/ Vínculos Ativos										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de milho	0,027	0,008	0,014	0,010	0,010	0,007	0,008	0,007	0,014	0,013	0,015
Cultivo de cana-de-açúcar	0,032	0,023	0,017	0,019	0,015	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,019
Cultivo de soja	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,011
Criação de bovinos para corte	0,032	0,030	0,029	0,028	0,026	0,025	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022
Frigorífico - abate de bovinos	0,006	0,008	0,007	0,008	0,009	0,006	0,008	0,006	0,005	0,005	0,011
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	0,005	0,006	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002

Fabricação de álcool	0,012	0,010	0,008	0,006	0,007	0,006	0,007	0,006	0,005	0,005	0,006
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,007	0,010	0,005	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001

Quadro 1

0 - Inventário para o indicador Ensino Médio/Vínculos Ativos para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividades Econômicas	Médio Completo/Vínculos Ativos										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de milho	0,199	0,251	0,259	0,284	0,312	0,314	0,332	0,348	0,345	0,338	0,366
Cultivo de cana-de-açúcar	0,153	0,185	0,217	0,231	0,257	0,260	0,276	0,300	0,291	0,316	0,322
Cultivo de soja	0,175	0,203	0,217	0,238	0,255	0,270	0,286	0,302	0,319	0,326	0,345
Criação de bovinos para corte	0,109	0,134	0,155	0,184	0,207	0,224	0,237	0,255	0,276	0,287	0,306
Frigorífico - abate de bovinos	0,260	0,271	0,275	0,268	0,291	0,199	0,316	0,211	0,536	0,541	0,374
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	0,372	0,422	0,384	0,422	0,422	0,444	0,458	0,465	0,481	0,493	0,506
Fabricação de álcool	0,242	0,259	0,280	0,290	0,308	0,316	0,328	0,351	0,373	0,385	0,401
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,497	0,480	0,486	0,508	0,446	0,443	0,425	0,405	0,469	0,485	0,497

O quadro 11 demonstra os valores encontrados para o indicador Trabalho análogo ao escravo, conforme Equação VI.

Quadro 11 - Inventário para o indicador Trabalho análogo ao Escravo para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividades Econômicas	Trabalho escravo										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de milho	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cultivo de cana-de-açúcar	0,001	0,007	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cultivo de soja	0,001	0,000	0,003	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Criação de bovinos para corte	0,006	0,003	0,001	0,002	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Frigorífico - abate de bovinos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fabricação de álcool	0,016	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

No quadro 12, se encontram os valores calculados para o indicador Vagas de Emprego por nível de instrução, conforme Equação IX.

Quadro 12 - Inventário para o indicador Vagas de Emprego por nível de Instrução para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividade Econômica	Vagas de Emprego por Instrução										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cultivo de Milho	0,199	0,251	0,259	0,284	0,312	0,314	0,332	0,348	0,345	0,338	0,366
Cultivo de cana-de-açúcar	0,153	0,185	0,217	0,231	0,257	0,260	0,276	0,300	0,291	0,316	0,322
Cultivo de soja	0,175	0,203	0,217	0,238	0,255	0,270	0,286	0,302	0,319	0,326	0,345
Criação de bovinos para corte	0,109	0,134	0,155	0,184	0,207	0,224	0,237	0,255	0,276	0,287	0,306
Frigorífico - abate de bovinos	0,260	0,271	0,275	0,268	0,291	0,199	0,316	0,211	0,536	0,541	0,374
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	0,372	0,422	0,384	0,422	0,422	0,444	0,458	0,465	0,481	0,493	0,506
Fabricação de álcool	0,242	0,259	0,280	0,290	0,308	0,316	0,328	0,351	0,373	0,385	0,401
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,497	0,480	0,486	0,508	0,446	0,443	0,425	0,405	0,469	0,485	0,497

Por fim, o quadro 13 demonstra os valores para o indicador Vagas de emprego por habitantes, conforme Equação X.

Quadro 13 - Inventário para o indicador Vagas de Emprego por habitantes para atividades econômicas relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Atividade Econômica	Vagas por habitante	
	2009	2019
Cultivo de milho	0,001	0,013
Cultivo de cana-de-açúcar	0,234	0,135
Cultivo de soja	0,508	0,798
Criação de bovinos para corte	1,000	0,972
Frigorífico - abate de bovinos	0,476	0,476
Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho	0,054	0,062
Fabricação de álcool	0,296	0,313
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0,000	0,005

4.2.1. Análise multicritério

A análise foi realizada para cada atividade econômica definida no ciclo de vida, para os anos de 2009 e 2019. Os cálculos realizados para a análise multicritério para os anos de 2009 e 2019 estão disponíveis no Apêndice I.

4.3. Avaliação de Impacto e Interpretação

A partir dos valores levantados no inventário (capítulo 4.2) para os diferentes indicadores e atividades econômicas definidas na metodologia (capítulo 3), foi possível avaliar o comportamento das diferentes categorias de impacto selecionadas durante os anos de 2009 e 2019. Além disso, foram estimados Índices de Sustentabilidade Social (ISS) para as diferentes atividades econômica

4.3.1. Avaliação por categoria de impacto

Nessa seção, será realizada uma análise do comportamento de cada uma das categorias de impacto e seus respectivos indicadores.

4.3.1.1. Condições Salariais

A partir da série histórica do salário médio para as atividades econômicas relacionadas ao ciclo de vida, percebe-se que, em geral, o salário médio se manteve estável ao longo dos anos. A Figura 13 representa a série histórica da média salarial nas diferentes atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019.

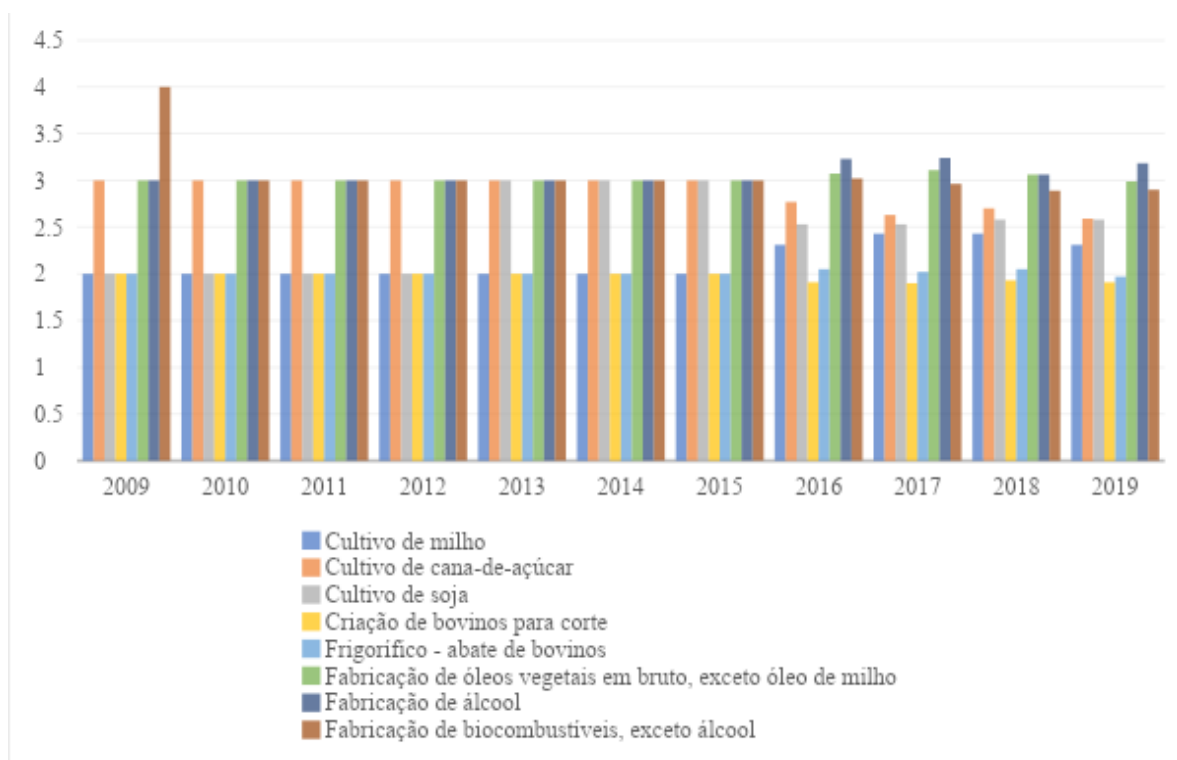


Figura 13: Série histórica do Salário Médio (em salários-mínimos) entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

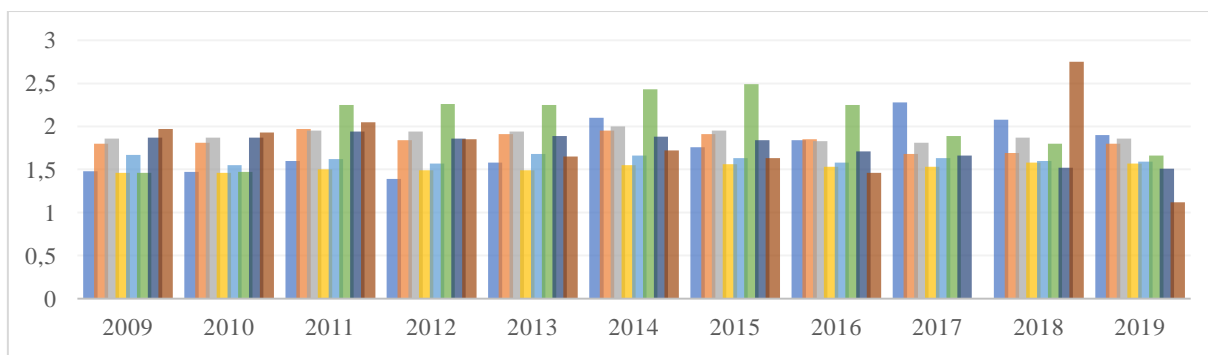
Na fase agrícola, as atividades de *Cultivo de cana-de-açúcar* (CNAE 0113-0/0) e *Cultivo de soja* (CNAE 0115-6/00) foram as que apresentaram maior salário médio (3 salários-mínimos), enquanto as outras duas atividades econômicas (*Criação de bovinos* e *Cultivo de milho*) apresentaram uma média de 2 salários-mínimos mensais. Os rendimentos mais elevados dessas atividades podem ser explicados pelo fato de a soja e a cana-de-açúcar serem commodities de grande valor para exportação brasileira. Segundo a Organização de Alimentos e Agricultura dos Estados Unidos (FAOSTAT), entre os anos de 2009 e 2019 o Brasil foi o maior exportador de soja e açúcar do mundo, com uma média de 50 milhões e 5 milhões de toneladas exportadas, respectivamente (FAOSTAT, 2022). No entanto, a partir de 2016, época da instalação da crise econômica no Brasil, nota-se uma diminuição de tais rendimentos para cerca de 2,6 salários-mínimos.

Na fase industrial, três das quatro atividades analisadas obtiveram uma média de 3 salários-mínimos, sendo elas: *Fabricação de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho* (CNAE 1041-4/00), *Fabricação de álcool* (CNAE 1931-4/00) e *Fabricação de*

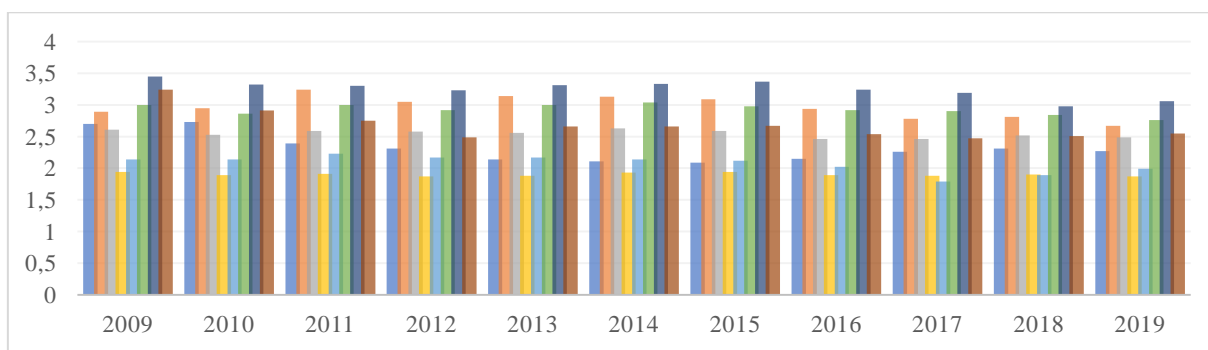
biocombustíveis, exceto álcool (CNAE 1932-2/00). Já a atividade de *Frigorífico-Abate de bovinos* (CNAE 1011-2/01) pagou uma média de 2 salários-mínimos ao longo dos anos estudados. Tal diferença pode ser explicada pelo fato de que as atividades de abate demandam menor grau de instrução e capacitação de seus trabalhadores quando comparadas às outras atividades industriais, como demonstrado na seção 4.3.1.3.

Em relação à renda média mensal por escolarização, nota-se, como esperado, que quanto maior a escolaridade, maior a renda média mensal. Sendo assim, a figura 14 (a,b e c) representa a série histórica da renda média dos trabalhadores analfabetos, com ensino médio completo e com ensino superior completo, respectivamente, no ciclo de vida de biocombustíveis.

a)



b)



c)

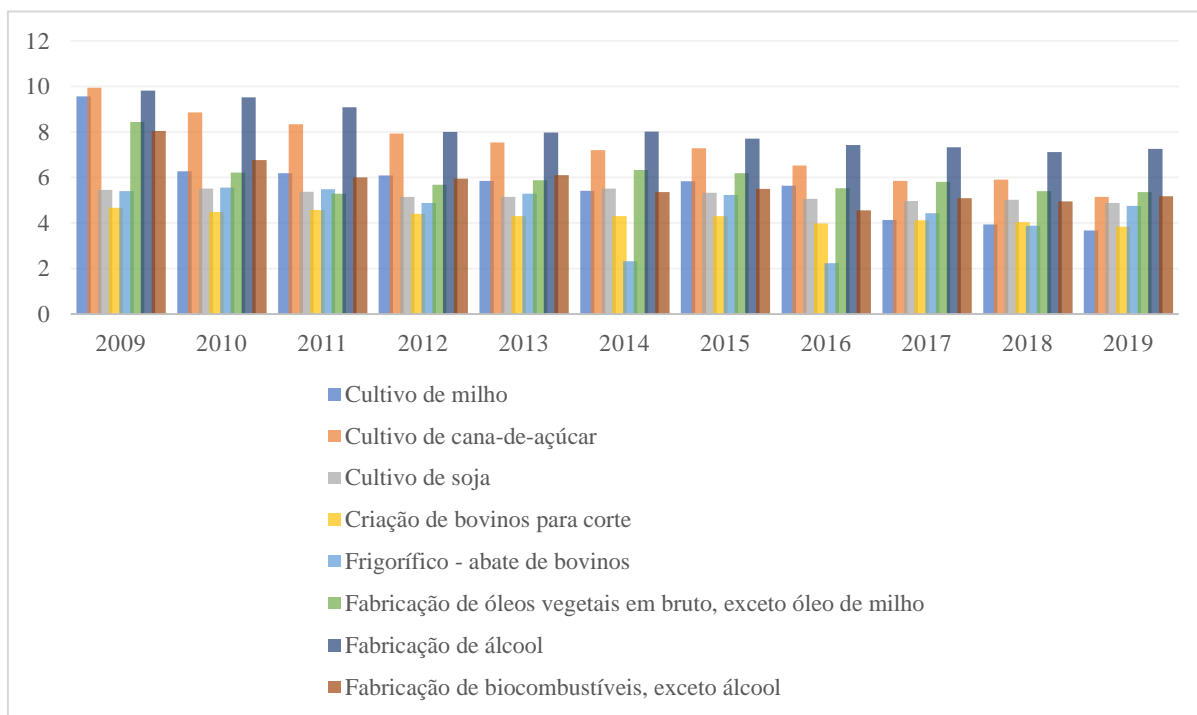


Figura 14: A) Série histórica da renda mensal de trabalhadores analfabetos nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019. B) Série histórica da renda mensal de trabalhadores com ensino médio completo nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019. C) Série histórica da renda mensal de trabalhadores com ensino superior completo nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis entre os anos de 2009 e 2019.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

Nesse sentido, os analfabetos aparecem com uma renda média de até 2 salários-mínimos, que se manteve estável ao longo dos anos. Contudo, entre os anos de 2011 e 2015, a atividade “produção de óleos vegetais em bruto, exceto óleo de milho” pagou mais de 2 salários-mínimos para seus empregados, voltando ao padrão anterior a partir de 2015. Os trabalhadores com Ensino Médio completo ao longo dos anos de estudo, apresentaram uma média salarial entre 2 e 3,5 salários-mínimos, sendo as atividades relacionadas à pecuária “criação de bovinos para corte” e “frigorífico-abate de bovinos”, as de menores valores pagos. Já em relação aos trabalhadores com ensino superior completo, o salário médio se encontrou na faixa entre 5 e 10 salários-mínimos em 2009, contudo, houve uma redução ao longo dos anos, alcançando entre 4 e 8 salários-mínimos em 2019. As atividades “fabricação de álcool” e “cultivo de cana de açúcar” foram as que pagaram maiores salários ao longo dos anos, respectivamente. Percebe-se, assim, que aquelas atividades mais simples, que dependem menos da educação formal, como

as atividades relacionadas à pecuária, pagam em média salários mais baixos, com menores diferenças entre os salários de diferentes níveis de escolaridade.

4.3.1.2. Igualdade de Oportunidades

A igualdade de oportunidades em relação ao gênero é fator crucial para o aumento da sustentabilidade social, por estar diretamente ligada à diminuição da discriminação e ao aumento da qualidade de vida das mulheres. Na produção de biocombustíveis, as mulheres ainda ocupam, em média, apenas de 10 a 20% dos cargos existentes, não havendo diferenças significativas entre as atividades das fases agrícola e industrial. Tal fato se deve ainda por tradicionalmente existir o preconceito de que o trabalho no campo e na indústria são masculinos por demandarem esforços físicos, tornando a entrada de mulheres no setor mais difícil. A Figura 15 retrata a porcentagem de mulheres empregadas nas atividades do ciclo de vida de biocombustíveis.

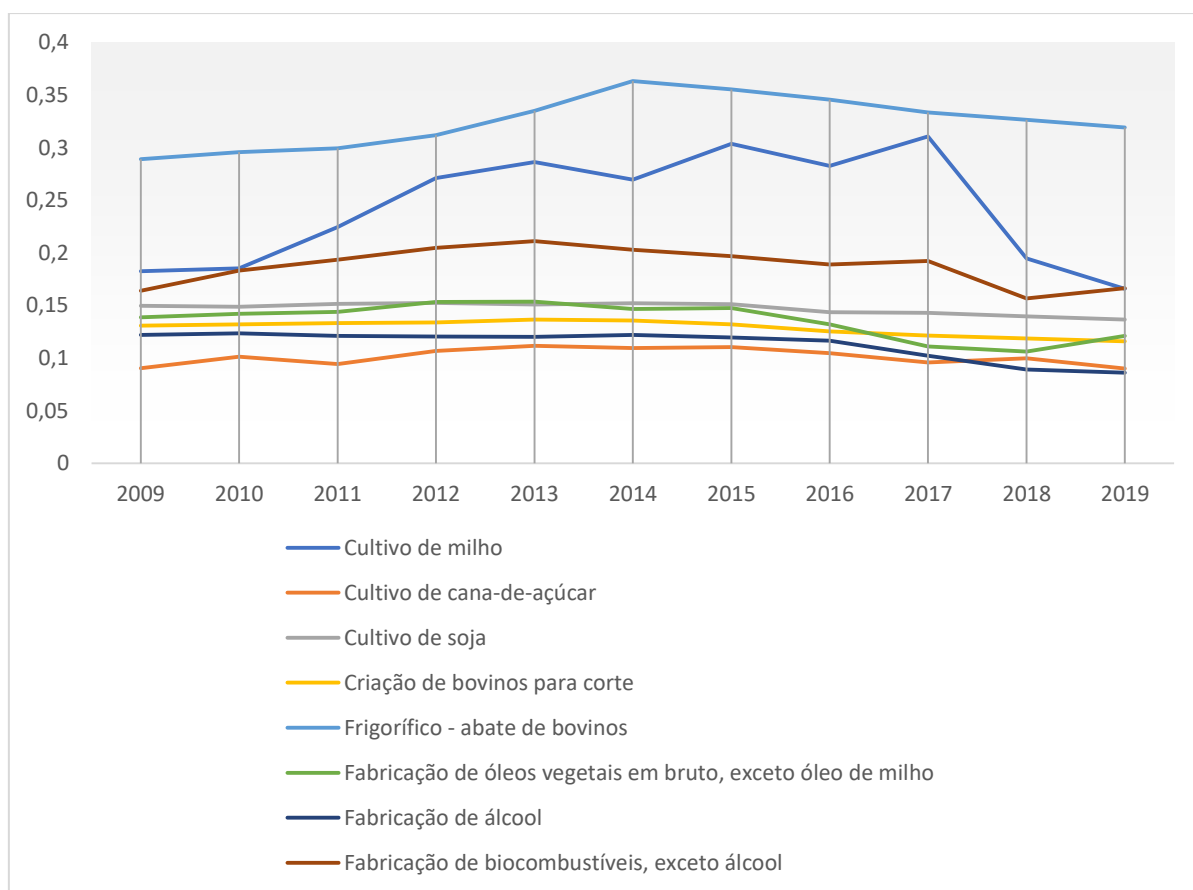


Figura 15: Série histórica da Porcentagem de mulheres empregadas em relação ao total de trabalhadores entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades econômicas relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

A partir da análise do gráfico, percebe-se que apenas duas atividades econômicas ultrapassam essa faixa, sendo elas *Frigorífico-Abate de bovinos*, com cerca de 30% de mulheres empregadas ao longo de todo período estudado, e *Cultivo de milho*, que entre os anos de 2010 e 2017 saiu da faixa de 20% para a faixa de 30% de mulheres empregadas. No entanto, a partir do ano de 2017, esse número caiu, chegando em 2019 com apenas 16,6% de trabalhadoras do sexo feminino. Dessa forma, de maneira geral, nota-se que até o ano de 2015 houve uma tendência no aumento da equidade, no entanto, a partir deste ano, o número de mulheres empregadas no setor diminuiu. Tal fato pode ser explicado devido à crise econômica iniciada no Brasil entre 2014 e 2015, resultando do desligamento de trabalhadoras do sexo feminino.

A figura 16 representa a razão entre o Salário Feminino e Masculino entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

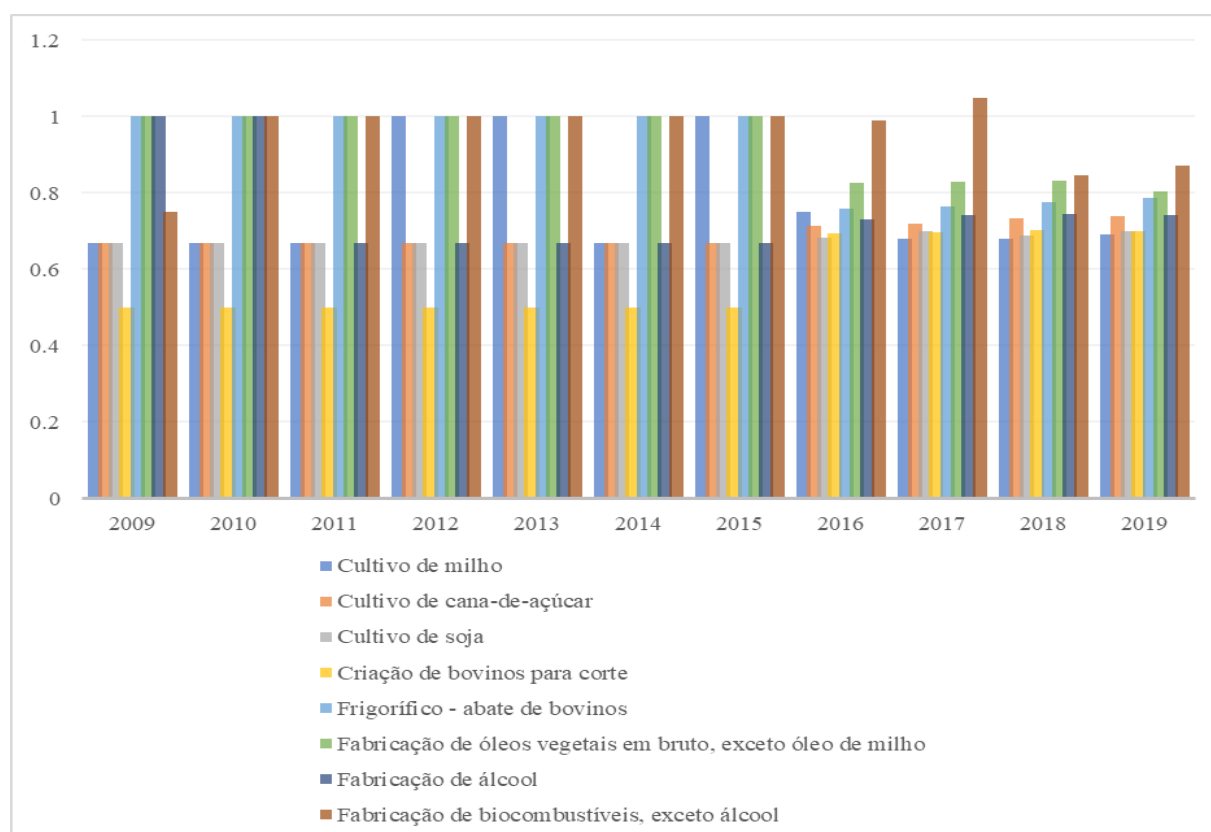


Figura 16: Série histórica da razão entre o Salário Feminino e Masculino entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

Em relação à igualdade de oportunidades na remuneração, nota-se que em 2009, o salário feminino possuía grande variação entre as diferentes atividades econômicas, sendo a

equidade maior em relação às atividades relacionadas ao setor industrial. A proporção entre os salários se mostra estável até o ano de 2016, no qual há um aumento da equidade nas atividades do setor agrícola, e uma redução da igualdade salarial nas atividades do setor industrial, provavelmente devido à recessão. Contudo, em 2019, a equidade salarial entre as atividades se tornou mais homogênea, se concentrando em cerca de 75% em todas as atividades. Tal mudança pode ser correlacionada à luta, por igualdade, travada pelas mulheres na última década, levando à uma diminuição da diferença salarial entre os trabalhadores do sexo masculino e feminino. Ao longo dos anos, a atividade de *Criação de bovinos para corte* foi a que teve maior evolução positiva, saindo de 50% para 70%.

4.3.1.3. Capacitação

A partir dos dados demonstrados na Figura 17, é possível notar uma diminuição de trabalhadores analfabetos ao longo dos anos nas atividades relacionadas ao ciclo produtivo de biocombustíveis no Centro-Oeste Brasileiro, com exceção da atividade de *Frigorífico – Abate de bovinos*, que se manteve estável. Nota-se também que em 2009, as atividades agropecuárias possuíam maior proporção de analfabetos do que as atividades industriais, reduzindo essa proporção até o ano de 2019. As atividades de Cultivo de Cana-de-açúcar e Criação de Bovinos para corte foram as que tiveram diminuições mais significativas.

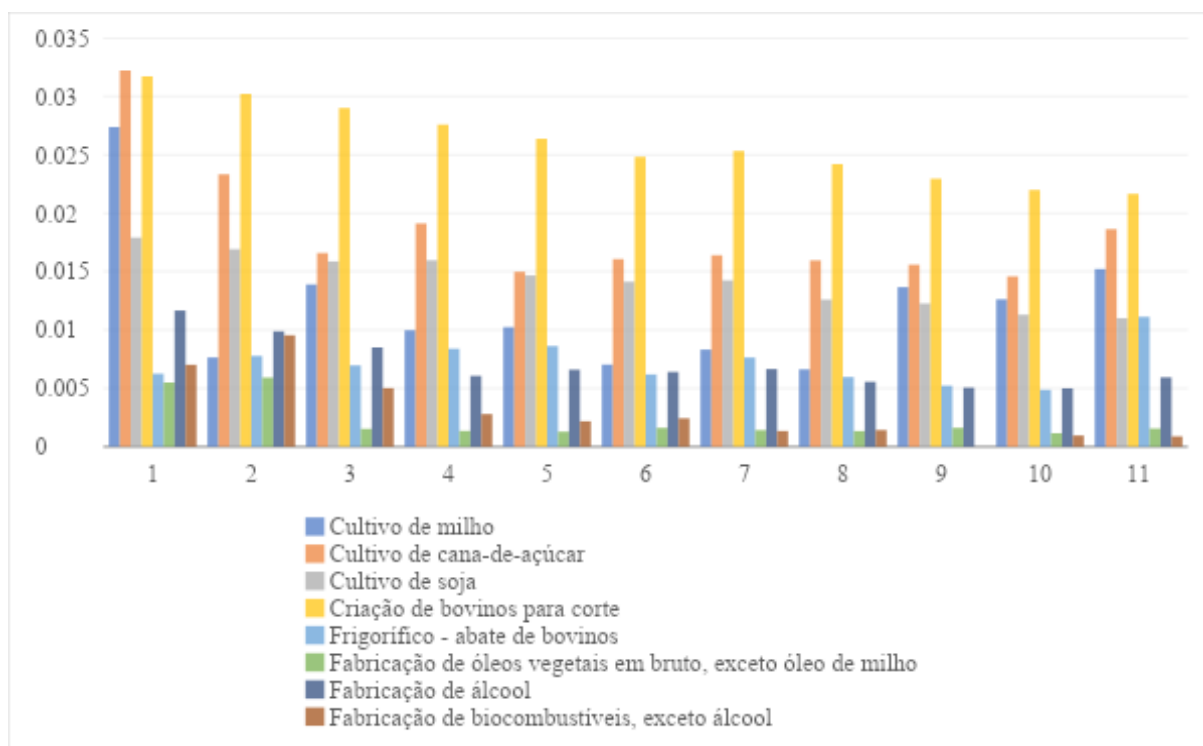


Figura 17: Série histórica da razão de trabalhadores Analfabetos, em relação ao total de trabalhadores, entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

Em relação aos trabalhadores com Ensino Fundamental, nas atividades de Cultivo de Milho, Criação de bovinos para corte e Frigorífico- Abate de bovinos, a proporção de trabalhadores com ensino fundamental completo permaneceu estável ao longo dos anos. Já as atividades econômicas de Cultivo de Cana-de-açúcar, Cultivo de Soja, Fabricação de Óleos Vegetais, Fabricação de Álcool e Fabricação de Biocombustíveis, exceto Álcool, tiveram tendência de queda, como demonstrado na Figura 18. Contudo, dentre tais atividades, a Fabricação de Álcool foi a que obteve maior queda, com 17% em 2009 e 10% em 2019.

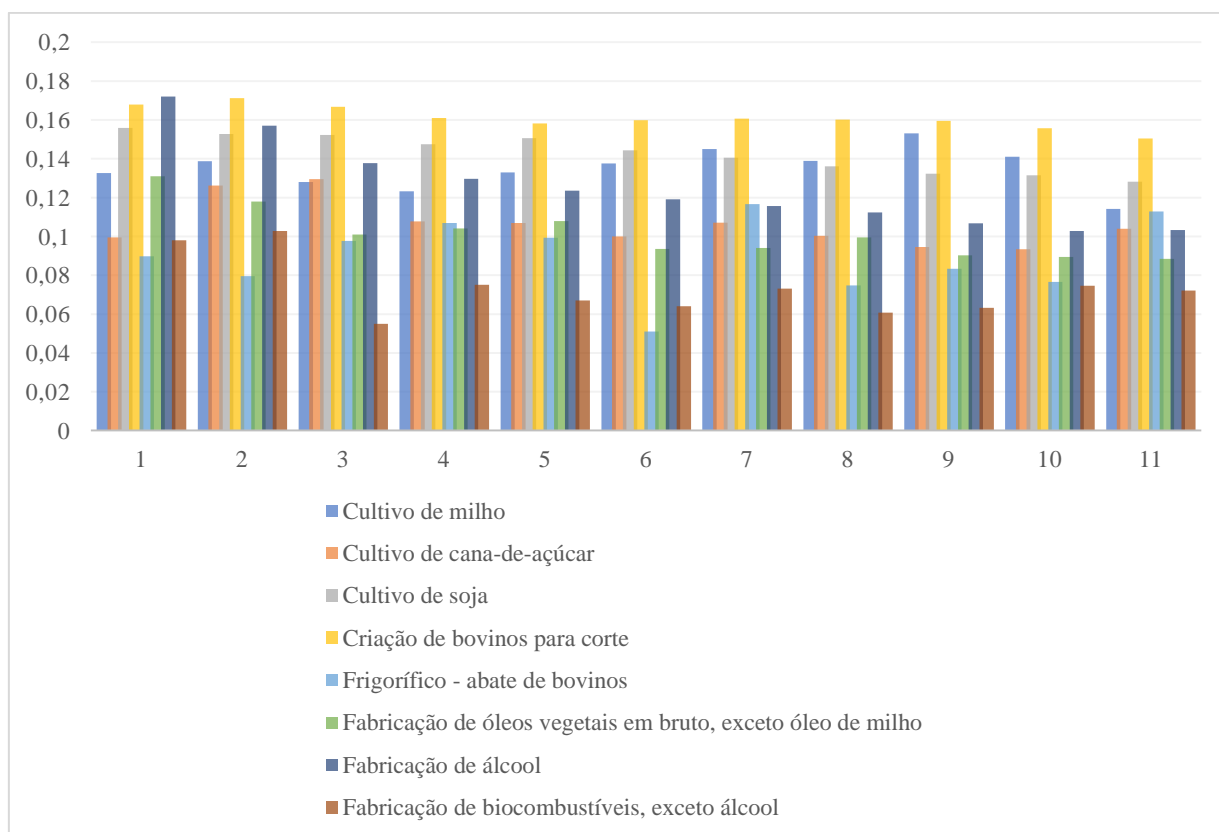


Figura 18: Série histórica da razão de trabalhadores com Ensino Fundamental Completo entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

Relativo aos trabalhadores com Ensino Médio Completo, notou-se uma evolução positiva geral entre as atividades econômicas avaliadas, com exceção da Fabricação de Biocombustíveis, exceto álcool, que permaneceu com cerca de 50% dos trabalhadores com

Ensino Médio Completo ao longo dos anos. As atividades rurais em 2009, possuíam entre 10 e 15% de trabalhadores com Ensino Médio Completo, no entanto, em 2019, esse número ficou entre 30 e 40%. Tais valores podem ser explicados pelo aumento de acesso à educação nas regiões mais interioranas do país.

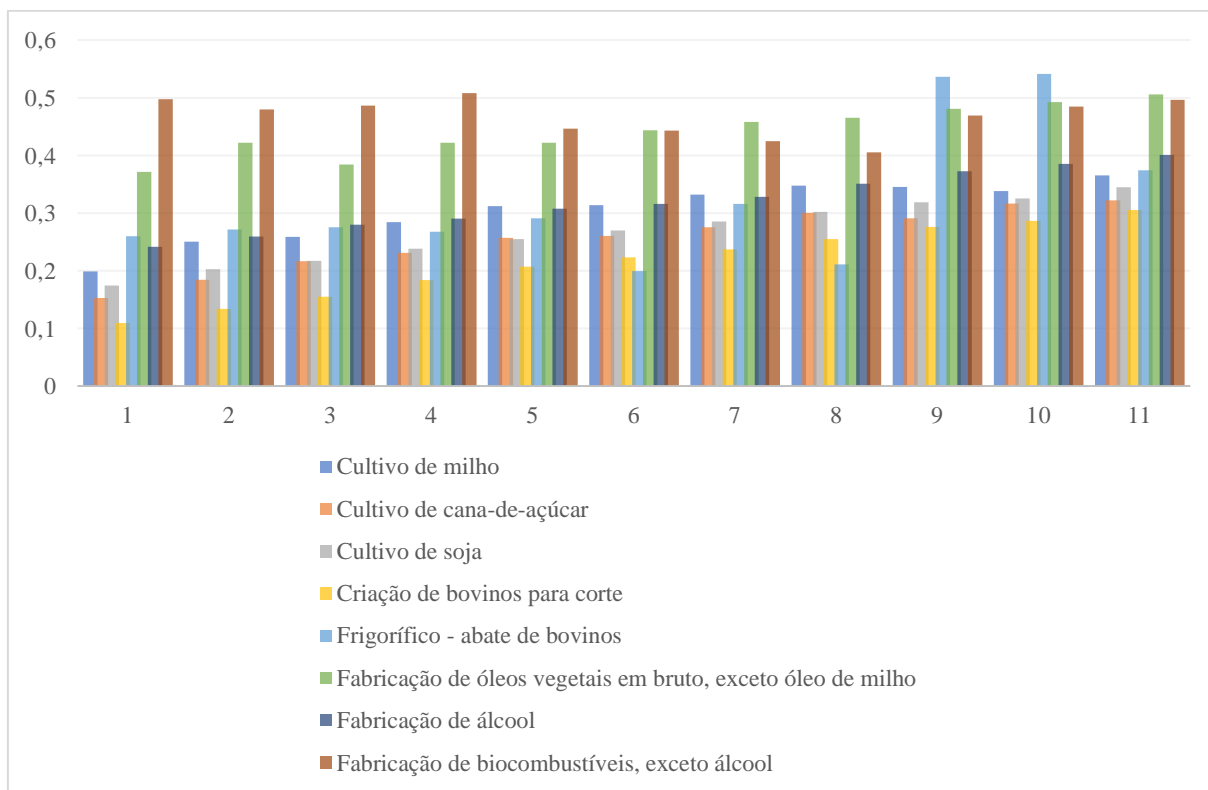


Figura 19: Série histórica da porcentagem de trabalhadores com Ensino Médio Completo entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

4.3.1.4. Condições de Trabalho

As condições de trabalho estão diretamente ligadas à dignidade da pessoa humana, princípio fundamental da constituição brasileira. A figura 20 demonstra a porcentagem de trabalhadores resgatados em condições análogas à escravidão.



Figura 20: Série histórica do percentual de trabalhadores, resgatados em condições análogas à escravidão entre os anos de 2009 e 2019, em relação ao total de trabalhadores, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: SmartLab (2022).

Embora em valores pequenos, quatro atividades econômicas do ciclo de vida de biocombustíveis tiveram resgatados em condições análogas à escravidão, sendo elas: *Criação de bovinos para corte*, *Cultivo de Soja*, *Cultivo de Cana-de-açúcar* e *Fabricação de Álcool*. Nota-se que três das quatro atividades econômicas da fase agropecuária tiveram empregados resgatados. Uma possível justificativa para terem mais casos de trabalhadores em condições análogas à escravidão na fase agrícola é que, por estarem mais longe dos centros a fiscalização é dificultada. Além disso, no meio rural há trabalhadores com menor grau de instrução e renda, tornando-se mais vulneráveis.

Contudo, com o passar dos anos, nota-se uma diminuição significativa dos casos, tendo, em 2019, casos relativos apenas à atividade de *Criação de bovinos para corte*, com menos de 0,01% de trabalhadores escravizados. Tal redução pode ser explicada pela fiscalização realizada pelo Ministério Público do Trabalho (MPT), que segundo dados coletados no Portal de Inspeção do Trabalho (Radar SIT), ao longo dos 10 anos estudados, realizou 343 operações na região. Contudo, houve uma diminuição nos esforços de fiscalizações, com uma média de 37

fiscalizações por ano entre 2009 e 2013, 28 fiscalizações por ano entre 2014 e 2018 e apenas 15 fiscalizações no ano de 2019, o menor do período (SIT, 2022).

4.3.1.5. Empregabilidade

A empregabilidade está diretamente atrelada à capacidade dos indivíduos gerarem renda, e assim, terem mais oportunidades e condições de vida mais digna. Além disso, a empregabilidade também demonstra a evolução da situação econômica da região. Sendo assim, a figura 21 traz dados referentes à série histórica dos vínculos empregatícios do ciclo de vida de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

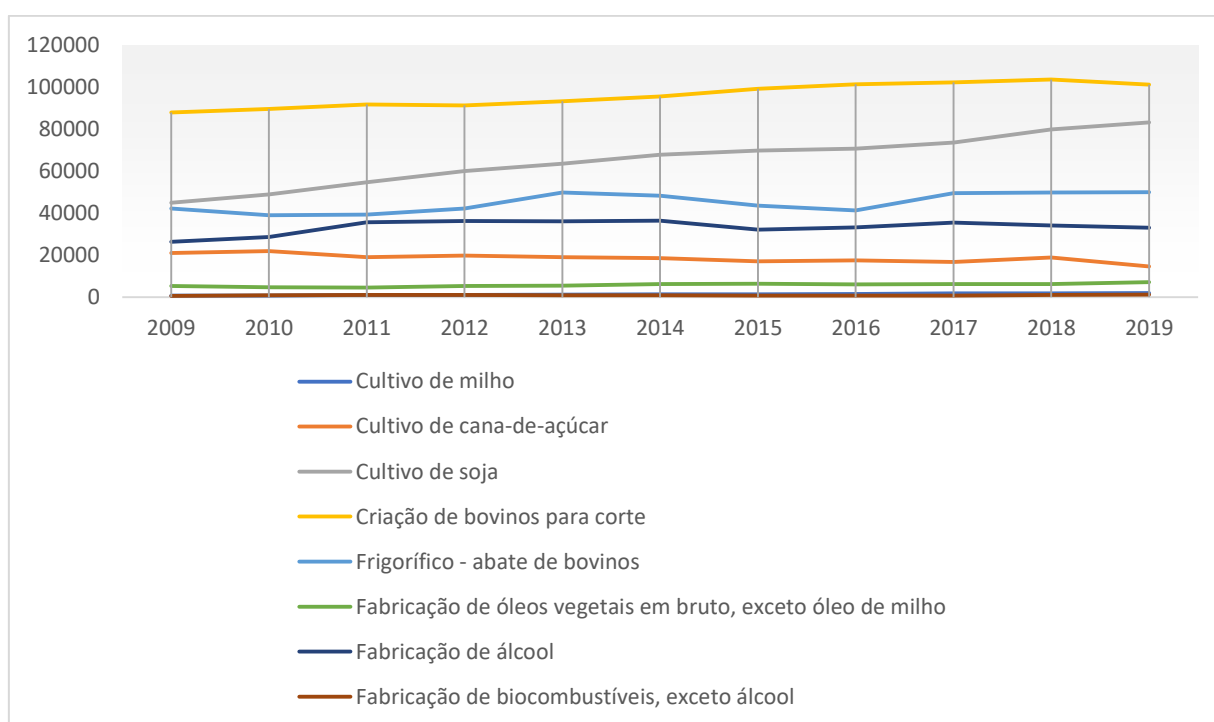


Figura 21: Série histórica do número de vínculos ativos, entre os anos de 2009 e 2019, para as atividades relativas ao ciclo produtivo de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

Fonte: RAIS/CAGED (2022).

A partir dos dados, é possível perceber uma estagnação no número de empregados contratados nas atividades de *Cultivo de Milho*, *Fabricação de Óleos Vegetais em bruto, exceto óleo de Milho*, *Fabricação de Álcool* e *Fabricação de Biocombustíveis, exceto álcool*, mantiveram o número de empregados estável ao longo dos anos de estudo. Uma possível explicação para essa estagnação é que o Brasil é um dos principais produtores mundiais de tais insumos. Esse cenário propicia ao Brasil a possibilidade de alterar o foco de sua produção para o mercado externo, caso o mercado interno não esteja em condições favoráveis, resultando na

mitigação dos impactos negativos da crise econômica brasileira, no setor agropecuário, a partir de 2015. Contudo, é notada uma evolução positiva no número de empregados nas atividades de *Cultivo de Soja*, *Criação de bovinos para corte*, e *Abate de bovinos* ao longo dos anos. Interessante atentar, que, as três atividades que tiveram aumento no número de empregados estão relacionadas com carne e soja, que tiveram aumento na exportação com o aumento da crise financeira no país e consequente aumento do dólar.

4.3.2. Análise Multicritério

Ao realizar a análise multicritério com os indicadores levantados, a fim de obter um índice de relativo à Sustentabilidade Social (ISS) do ciclo produtivo de biocombustíveis, percebeu-se que houve uma evolução positiva entre os anos estudados. Contudo, a variação dos índices entre os anos foi maior na fase agrícola com um aumento de 38,4% (2009= 0,352; 2019=0,487), que na fase industrial, com um aumento de 12,4% (2009 =0.458; 2019= 0.515). Em relação ao ciclo de vida total, houve uma variação de 0,091 entre os anos, como é possível observar na Figura 22.

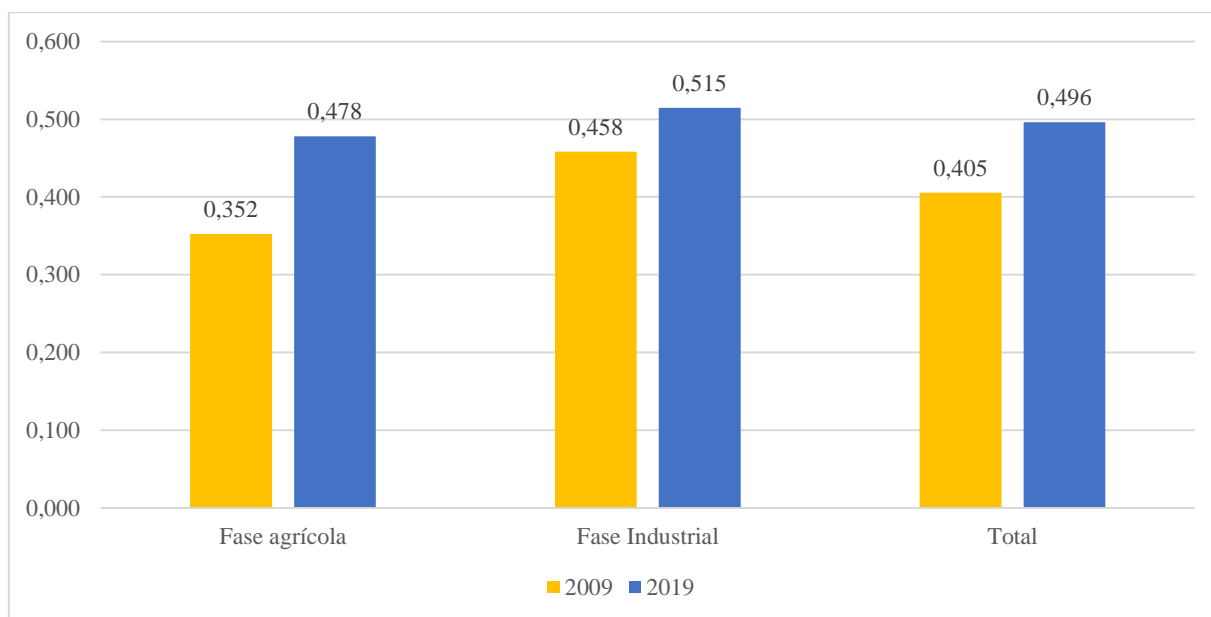


Figura 22: Índices de Sustentabilidade Social para as Fases Agrícola e Industrial e total da produção de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, nos anos de 2009 e 2019.

A figura 23 apresenta uma representação multidimensional das principais categorias de impacto influenciadoras no aumento do Índice de Sustentabilidade Social para o Ciclo de Vida total da produção de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro.

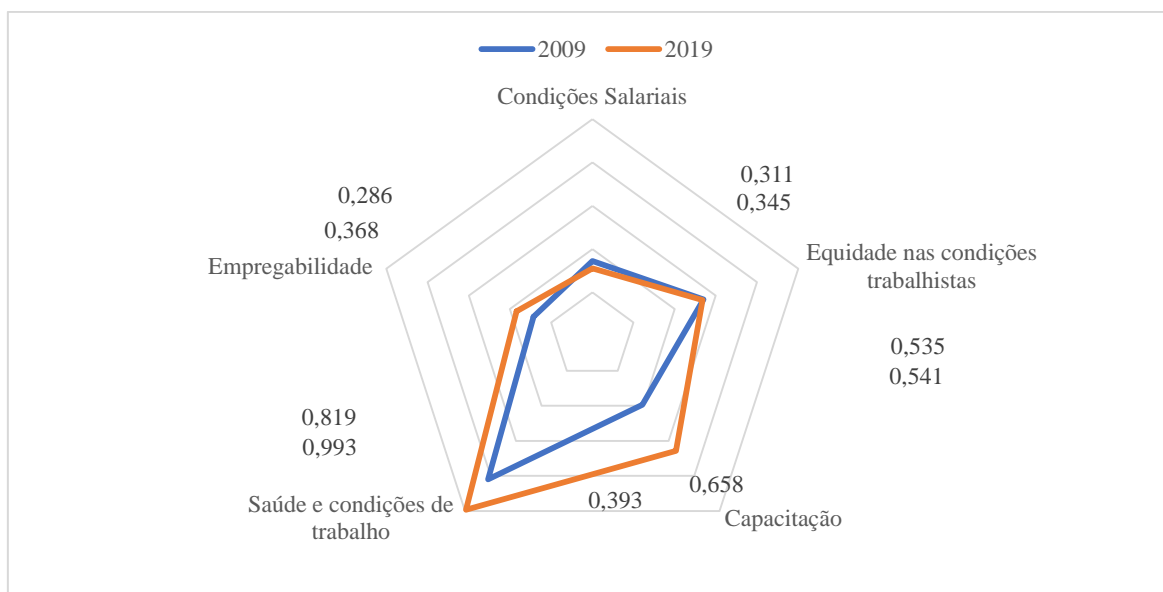


Figura 23: Análise multidimensional das categorias de Impacto para o Ciclo de Vida de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, referentes aos anos de 2009 e 2019.

Ao analisar a figura 23, percebe-se que as principais mudanças ocorreram nas categorias de impacto *Condições de Trabalho*, que avalia a proporção de trabalhadores em condições análogas à escravidão, *Empregabilidade e Capacitação*. Tais evoluções podem ser explicadas (1) pela fiscalização contínua do ministério do trabalho a fim de diminuir os casos de escravidão, (2) pelos investimentos e pesquisas constantes em novas tecnologias produtivas, tanto nas fases agrícolas e industrial, que permita o aumento da produção de biocombustíveis no país, e (3) por políticas públicas visando ao aumento da educação básica em regiões interioranas do país, tendo como consequência a diminuição de trabalhadores analfabetos na fase agrícola, assim como o aumento de trabalhadores com ensino médio completo.

Não houve diferenças significativas entre os anos para as categorias de *Condições Salariais e Equidade nas Condições Trabalhistas*. Tais fatos podem ser consequência, respectivamente, da crise econômica que se iniciou no Brasil entre 2014 e 2015, e do fato de que ainda há o estigma na sociedade de que trabalhos agrícolas e industriais possuem funções masculinizadas, resultando na menor procura por mulheres, assim como uma menor remuneração.

A figura 24 representa os Índices de Sustentabilidade Social para o Biodiesel e o Etanol, separadamente.

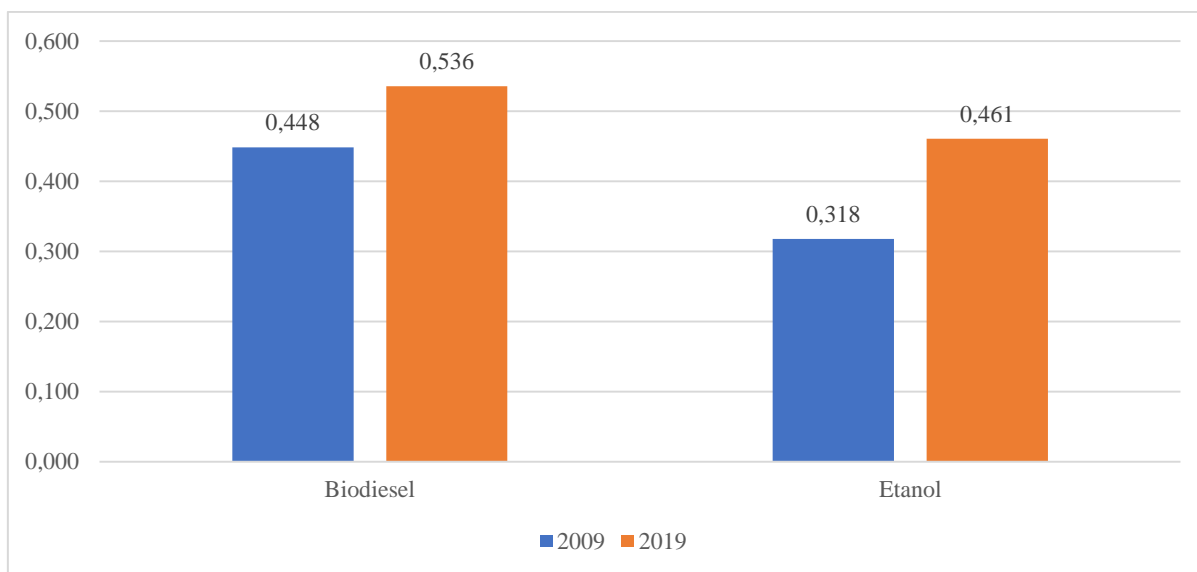


Figura 24: Índices de Sustentabilidade Social para a produção de Biodiesel e Etanol no Centro-Oeste brasileiro, nos anos de 2009 e 2019.

Quando analisados os biocombustíveis separadamente, nota-se que ambos apresentaram evoluções positivas. Contudo, nota-se também que embora a evolução do Etanol (2009 = 0,318; 2019 = 0,461) tenha sido mais expressiva, tal combustível ainda apresenta Índice de Sustentabilidade menor em 2019, que o biodiesel (2009 = 0,448; 2019 = 0,536).

É importante salientar que a produção de biodiesel no Brasil é muito mais recente, quando comparada ao etanol. O ciclo produtivo do etanol se consolidou no país em uma época em que a grande preocupação era apenas o fator econômico, negligenciando-se assim as questões sociais. Dessa forma, é de se esperar que as evoluções positivas no ciclo do etanol se deem lentamente, por ter que reformular a cultura preexistente. Além disso, a evolução positiva do biodiesel se deu principalmente nas atividades agrícolas de cultivo de soja e na criação de bovinos. Tais atividades por sua vez, tiveram alta relevância econômica no período estudado, devido ao aumento de suas exportações. Além das fases do ciclo produtivo, também foram realizadas análises multicritérios para as atividades econômicas estudadas. A Figura 25 mostra as variações dos índices de sustentabilidade entre os anos de 2009 e 2019 para as diferentes atividades econômicas.

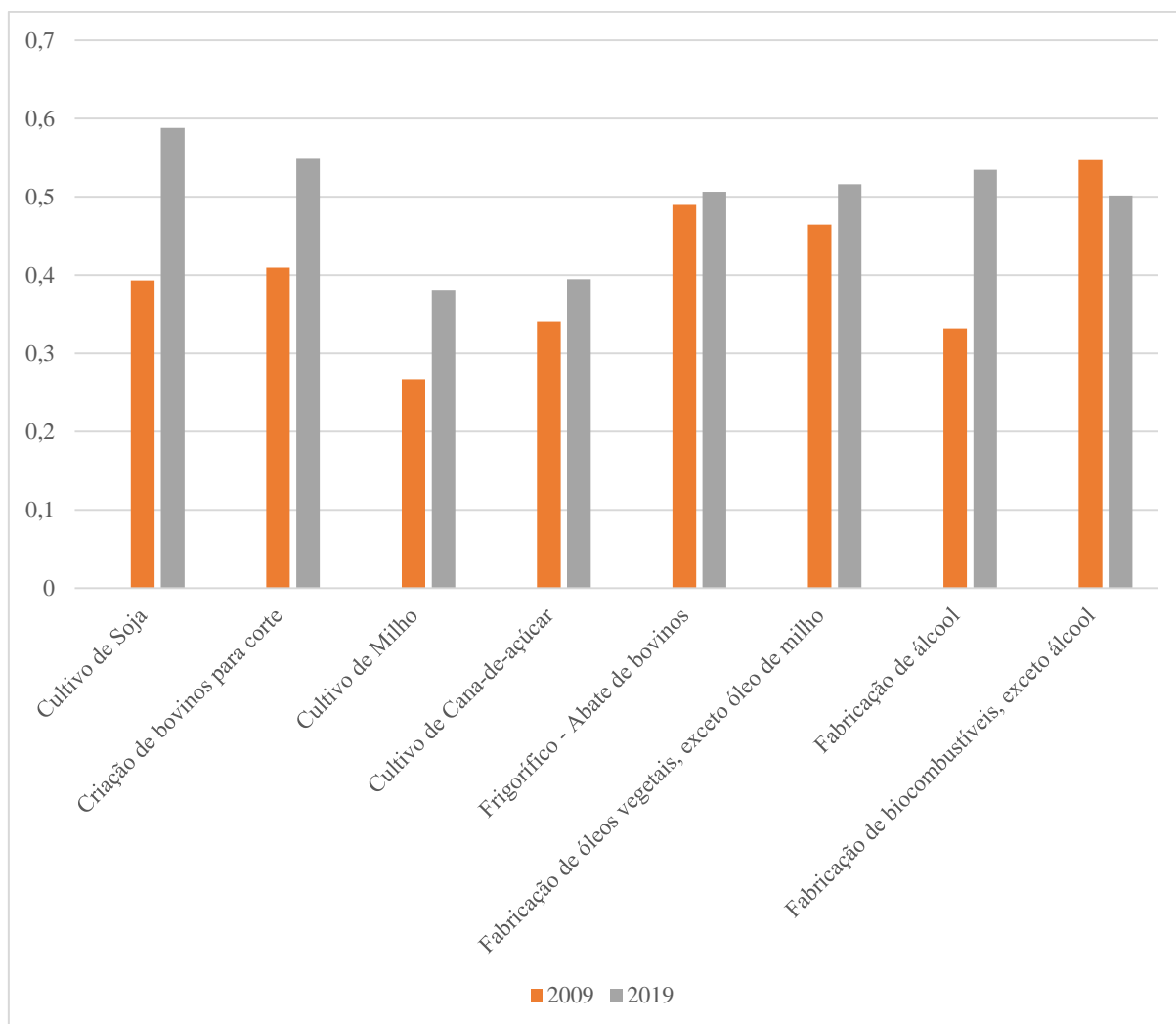


Figura 25: Índices de Sustentabilidade Social para as atividades econômicas relativas à produção de biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, nos anos de 2009 e 2019.

A partir da figura, nota-se que as maiores evoluções da sustentabilidade foram em relação ao *Cultivo de soja* (2009 = 0,393; 2019 = 0,588), à *Criação de bovinos para corte* (2009 = 0,410; 2019 = 0,548) e à *Fabricação de Álcool* (2009 = 0,332; 2019 = 0,534). Essa evolução pode ser decorrente dos programas de incentivo à agricultura familiar, como por exemplo o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e o Selo de Biocombustível Social (SBS), criado em 2004, que incentiva a compra de produtos de pequenos agricultores, pelos produtores de biocombustíveis, a partir de incentivos fiscais (MAPA, 2019). Além disso, segundo as estatísticas da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), no período houve o aumento da demanda externa pela soja e carne bovina, resultando em um aumento da exportação e do preço de tais produtos (SECEX, 2022). além da crescente demanda do mercado por esses produtos. Por outro lado, não houve alteração significativa nas atividades de *Cultivo*

de Cana-de-açúcar (2009 = 0,341; 2019 = 0,395), Frigorífico - Abate de bovinos (2009 = 0,490; 2019 = 0,506), Fabricação de óleo vegetal, exceto óleo de milho (2009 = 0,464; 2019 = 0,516). Tal fato pode ser explicado porque, mesmo com um aumento em relação à escolaridade dos trabalhadores, houve uma diminuição da renda mensal média e do salário das mulheres em relação aos homens nessas atividades. A atividade de *Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool* (2009 = 0,547; 2019 = 0,502) foi a única com variação negativa ao longo dos anos. É interessante notar, contudo, que em 2009, tal atividade tinha a maior sustentabilidade social dentre as atividades estudadas. Ao analisar os indicadores para tais atividades, percebe-se que esse decaimento entre os anos se deu principalmente pelo indicador salário médio. Em 2009, a Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool, possuía o maior salário dentre as atividades (4 salários-mínimos), e em 2019, a atividade se igualou com as demais com um salário médio de cerca de 3 salários-mínimos. Tal fato pode ser explicado pelo fato de que, em 2009, a produção de biodiesel em grande escala ainda estava iniciando, com poucas pessoas capacitadas para trabalho, resultando em um salário mais atrativo. Contudo, com o passar do tempo e com a crise econômica brasileira, o salário médio foi reduzido, se aproximado das demais atividades econômicas.

As figuras 26 e 27, demonstram as categorias de impacto que influenciaram os resultados das fases agrícola e industrial, respectivamente.

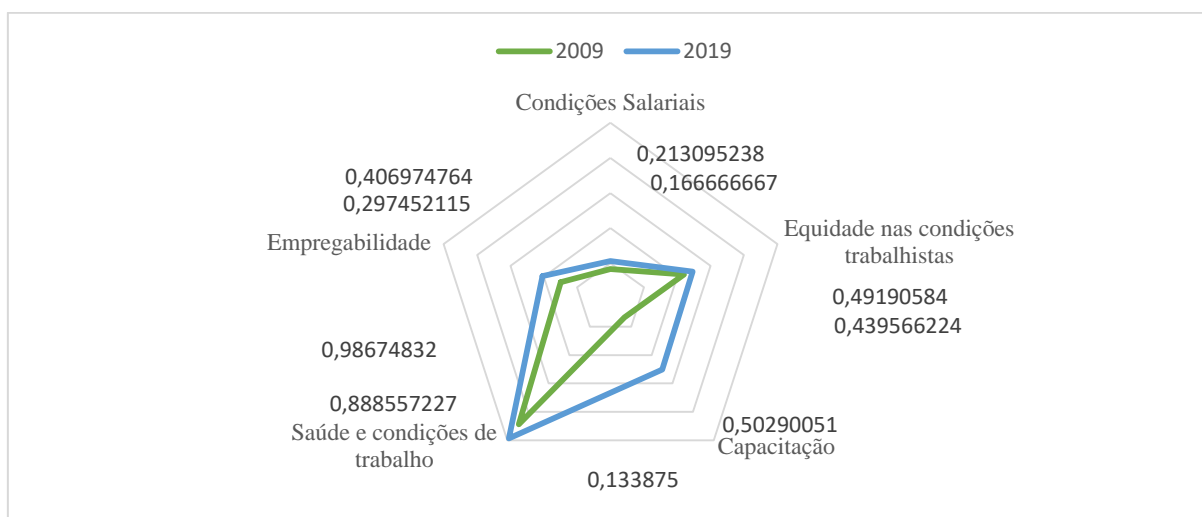


Figura 26: Análise das categorias de Impacto para a fase agrícola do Ciclo de Vida de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, referentes aos anos de 2009 e 2019.

Ao analisar a Figura 26, nota-se que a evolução positiva das atividades agropecuárias se deve principalmente pelas categorias de Empregabilidade, a partir do aumento da

empregabilidade no setor agrícola ao longo dos anos, Condições de Trabalho, com a diminuição dos casos de trabalho análogo à escravidão e pela Capacitação a partir do aumento de empregados com ensino médio completo evolução da escolaridade no campo. O aumento da escolaridade dos trabalhadores pode ser explicado pelo aumento do número de alunos que frequentam o ensino fundamental e médio entre 2009 e 2019. Por outro lado, a queda no número de pessoas em condição de escravidão é provavelmente decorrente do aumento de informação difundida, assim como da constante fiscalização realizada pelo Ministério Público do Trabalho. Em relação às categorias de Condições Salariais e Equidade nas Condições Trabalhistas, embora tenha havido um aumento, a variação foi muito discreta.

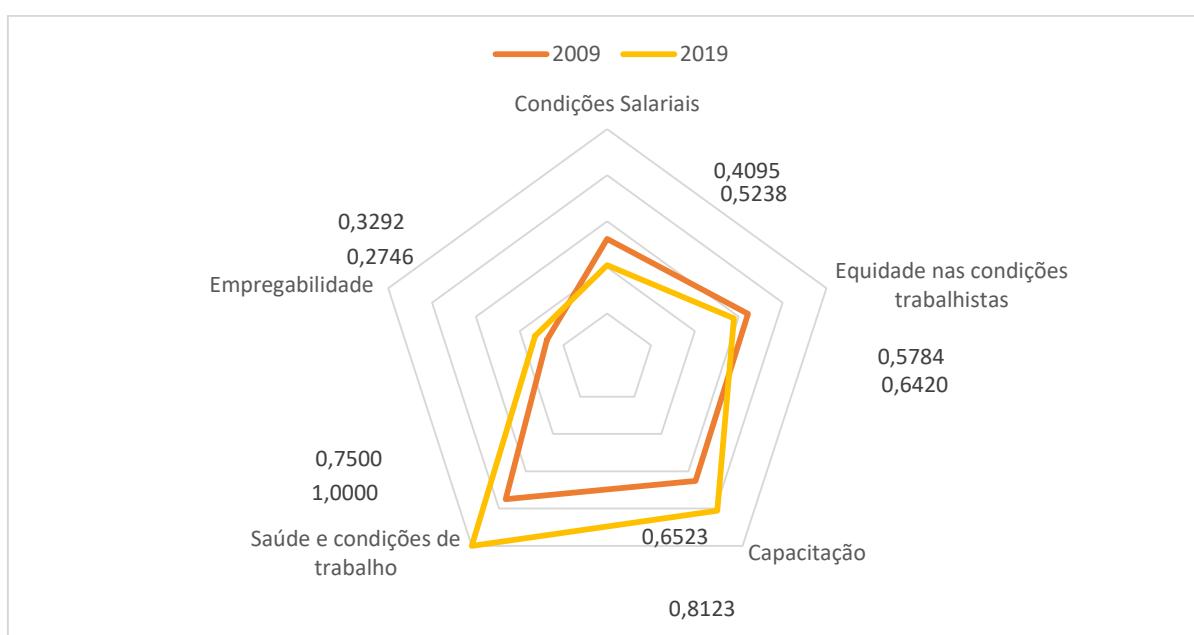


Figura 27: Análise das categorias de Impacto para a fase Industrial do Ciclo de Vida de Biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, referentes aos anos de 2009 e 2019.

Já em relação à fase Industrial, notou-se que houve o aumento da sustentabilidade na categoria de *Condições de Trabalho*, na *Capacitação* e na *Empregabilidade*, mesmo que baixo. No entanto, diferentemente da fase agrícola, que não houve evoluções negativas nas categorias de impacto avaliadas, na fase industrial, houve um decaimento dos índices tanto para a categoria de *Condições Salariais*, possivelmente tendo relação com a crise econômica instalada no país em 2015, quanto para a categoria de *Oportunidades nas Condições de Trabalho*. Sendo assim, devido a influência negativa das duas categorias, entende-se o porquê de o Índice de Sustentabilidade Social para a fase industrial ter tido uma variação menor que a fase agrícola, ao longo dos anos.

5. CONCLUSÕES

Os objetivos desse trabalho foram identificar as principais categorias de impacto sociais e realizar a avaliação dos impactos sociais no ciclo de vida de biocombustíveis. Para tal, foi realizada uma metodologia de Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S) que foi aplicada em um estudo de caso no Centro-Oeste brasileiro entre os anos de 2009 e 2019.

A Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S) realizada neste estudo indica alguns pontos de divergência com a ACV ambiental. Primeiramente, enquanto a ACV ambiental se baseia principalmente nas categorias de impacto, a ACV Social necessita incluir também nos stakeholders encontrados no processo produtivo. Além disso, diferentemente da ACV ambiental, a ACV social utiliza muitas vezes dados qualitativos, fazendo com que, muitas vezes seja difícil a definição de resultados em unidades funcionais tradicionais. Por fim, pelo fato de indicadores sociais estarem intrinsecamente correlacionados com a cultura e leis locais, é necessário especificar uma região para o estudo da ACV Social.

No estudo de caso realizado, as análises permitiram observar que ao longo dos anos de 2009 e 2019 houve evoluções positivas nas categorias de impacto social dos biocombustíveis produzidos no Centro-Oeste brasileiro. Contudo, a evolução da sustentabilidade na fase agrícola foi cerca de três vezes maior do que na fase industrial. Tal diferença se deu principalmente devido às categorias de impacto capacitação e empregabilidade. O elevado aumento da capacitação dos trabalhadores da fase agrícola pode ser explicado pelo aumento no acesso de informações nas regiões mais interioranas do país, e pelos incentivos à educação básica dos governos, com a drástica diminuição do analfabetismo. Já o aumento da empregabilidade pode ser explicado pela existência contínua de investimentos em tecnologia no setor agropecuário, aumentando a produtividade e as oportunidades de empregos.

Além das categorias de impacto mencionadas, a melhora das condições de trabalho, a partir da diminuição do trabalho escravo, também foi responsável pela evolução positiva geral do ciclo de vida dos biocombustíveis. Tal melhora, pode ser explicada pela fiscalização realizada pelo ministério público do trabalho, assim como, pelo aumento da escolaridade dos trabalhadores. Em contrapartida, as condições salariais e a equidade nas relações trabalhistas se mantiveram estagnadas. Uma possível explicação para a não progressão das condições salariais é a crise econômica no Brasil, que se iniciou por volta de 2015, reduzindo o crescimento do país. Já a estagnação da categoria de impacto equidade nas relações trabalhistas, pode estar correlacionada ao fato de que no ciclo de biocombustíveis algumas atividades demandam esforços físicos, gerando uma falsa impressão de que tais atividades sejam mais apropriadas a

pessoas do sexo masculino e assim, diminuindo tanto a procura de mulheres pelas vagas, como a escolha do empregador por trabalhadoras do sexo feminino.

No que diz respeito aos biocombustíveis individualmente, ambos obtiveram evoluções positivas nos Índices de Sustentabilidade Social (ISS), sendo a evolução do etanol cerca de 2 vezes maior do que a evolução do biodiesel. No entanto, nota-se que em 2009, o ISS do biodiesel era cerca de 40% maior do que o etanol, permanecendo maior no ano de 2019. Tal realidade, pode ser correlacionada ao fato de que a produção de etanol ser mais antiga que a produção de biodiesel, se estruturando em fatores culturais anteriores. Em relação às atividades econômicas, as atividades de cultivo de soja, abate de bovinos e fabricação de álcool foram as que obtiveram maiores evoluções sociais, o que pode estar relacionado tanto com as políticas de incentivo à agricultura familiar, como pela política de exportação de tais produtos.

É sabido que muitas vezes o aspecto social de sistemas produtivos é negligenciado no Brasil. Contudo, políticas públicas, como o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, demonstram um esforço na busca da melhoria das condições sociais da população. Tal política, consiste no fornecimento de créditos aos pequenos agricultores a fim de que produzam matéria-prima a ser utilizada no processo produtivo, e subsídios aos produtores de biodiesel que adquirem uma porcentagem mínima de insumos provenientes da agricultura familiar. No caso do ciclo de vida dos biocombustíveis no Centro-Oeste brasileiro, apesar das conquistas, ainda há um longo caminho pela frente, a fim de aumentar a sustentabilidade da produção, tornando-a, além de ambientalmente, socialmente sustentável.

O ciclo de vida de produção de biocombustíveis apresenta um sistema complexo, com múltiplas relações interpessoais, sendo necessário serem feitas algumas suposições e simplificações. Por abranger diferentes aspectos da sociedade, a Avaliação Social do Ciclo de Vida abarca diversos obstáculos, como a dificuldade para encontrar dados relativos aos indicadores sociais definidos, pois não existem muitas bases de dados sociais disponíveis e há dificuldade de se avaliar indicadores qualitativos. Outro ponto relevante é o conflito de conseguir ponderar e agregar dados sociais de forma que representem fielmente a realidade socioeconômica do ciclo de vida avaliado, pois diferentes indicadores impactam pessoas de diferentes maneiras e proporções. Sendo assim, a análise multicritério utilizada no estudo se mostrou como uma excelente ferramenta, capaz de dar mais objetividade, permitindo assim, uma comparação mais eficaz dos indicadores/categorias de impacto sob investigação.

O ciclo de Vida Social dos Biocombustíveis é um sistema com diversas nuances e com diversos atores e demandas. Sendo assim, entende-se que quanto mais dados de atividades

econômicas e stakeholders utilizados no estudo, mais completo e próximo da realidade este estará. Estudar os impactos sociais de sistemas produtivos é de grande importância para a tomada de decisão a fim de melhorar as condições sociais de qualquer atividade econômica.

O estudo de caso comprovou que a metodologia adotada foi eficaz na Avaliação Social do Ciclo de Vida de Biocombustíveis. Assim, outros estudos podem ser realizados para se atentar em avaliar outros stakeholders e indicadores, gerando análises mais robustas, a fim de aumentar o conhecimento sobre o sistema global, não só na região centro-oeste brasileira como também em outras partes do Brasil e do mundo.

Estudos futuros, que realizem conjuntamente avaliações ambientais e socioeconômicas do ciclo de vida de biocombustíveis, podem auxiliar no entendimento global da sustentabilidade do ciclo de vida produtivo.

6. REFERÊNCIAS

_____. STF. ADI nº 3.540- MC/DF. Relator: Celso de Mello.

ABNT. ISO. (2010) ABNT NBR ISO 26000. Diretrizes sobre responsabilidade social. 1ª ed.

ABNT. ISO. (2012) ABNT NBR ISO 16001. Responsabilidade Social - Sistemas de Gestão. 2ª ed.

Amado, Frederico. (2017) Direito ambiental. **Salvador: Juspodium**. ANP. (2021, a) Informações de Mercado- Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro.

ANP (2021, b) Leilões de Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro.

ANP. (2020). Informações de Mercado - Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 18 de fevereiro de 2020, disponível em <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>

ANP. (2021, a) Informações de Mercado- Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro.

ANP. (2022, a) Dynamic Panel of Ethanol Production. <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZWU1MTc0ZjYtMjVhYi00YTEwLWJhODMtODQ0MDdhNmJiMWYwIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>> [Accessed: March, 2022]

ANP. (2022, b) Dynamic Panel Biodiesel Producers. <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWItNGJlNDg0ZTg5NjBlIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>> [Accessed: March, 2022]

ABNT. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.

Atlas dos biocombustíveis líquidos 2020 - 2021 / Agustín Torroba, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. – São José, C.R.: IICA, 2021.

EPE 2021: Ano base 2020 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2021.

Benoît Norris, Catherine et al. (2020). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020.

Benoît Norris, Catherine (2014). "Data for social LCA." The International Journal of Life Cycle Assessment 19.2: 261-265.

BRASIL (2005). Lei 11.097. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e

10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. 13 de janeiro de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20042006/2005/lei/111097.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.097%2C%20DE%2013%20DE%20JANEIRO%20DE%202005.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20introdu%C3%A7%C3%A3o%20do,2002%3B%20e%20%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs.

BRASIL. (2005, b). Decreto 5.448. Regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências. 20 de maio de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5448.htm

BRASIL. (2017) Lei 13.576. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 26 de dezembro de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm

BRASIL. (2022) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Agroenergia. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia>. [Acesso em: 2022]

BRASIL. **Constituição** (1988). **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado **Federal**: Centro Gráfico, 1988.

Brondani, M., et al. (2015). Environmental and energy analysis of biodiesel production in Rio Grande do Sul. Brazil. Clean Technol. Envir. 17 (1), 129e143.

BRUNDTLAND, G. H., & Comum, N. F. (1987). Relatório Brundtland. *Our Common Future: United Nations*.

Cavalcanti, C. J. D. S. (2018). Simulação e otimização da produção de etanol anidro combustível (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).

Cerri CEP et al. (2017) Assessing the greenhouse gas emissions of Brazilian soybean biodiesel production. PLoS ONE 12, e0176948. ([doi:10.1371/journal.pone.0176948](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176948))

CNPE. RESOLUÇÃO Nº 15. (2019) Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. 24 DE JUNHO DE 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2019>

CNPE. RESOLUÇÃO Nº 16. (2018) Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. 29 DE OUTUBRO DE 2018. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941

Collotta, M., et al. (2019) "Critical indicators of sustainability for biofuels: An analysis through a life cycle sustainability assessment perspective." Renewable and Sustainable Energy Reviews 115: 109358.

- Corona, Blanca, et al. (2017) "Social life cycle assessment of a concentrated solar power plant in Spain: a methodological proposal." *Journal of Industrial Ecology* 21.6: 1566-1577.
- Costa L.L.A.J, Bento et al. (2021) Ministério de Minas e Energia (MME). Governo Federal. *Resenha Energética Brasileira. Ano base 2020.*
- Costa, M. W., & Oliveira, A. A. (2022). Social life cycle assessment of feedstocks for biodiesel production in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 112166.
- Costa, Marina Weyl, and Amir AM Oliveira. (2022) "Social life cycle assessment of feedstocks for biodiesel production in Brazil." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 159: 112166.
- DE JORNALISTAS, Rede Ethos. (2007) *Conceitos Básicos e Indicadores de Responsabilidade Social Empresarial.* 2007.
- Deora, Prayagraj Singh et al. (2022) *Biofuels: An alternative to conventional fuel and energy source. Materials Today: Proceedings*, v. 48, p. 1178-1184.
- Du, Chongyang, et al. (2019). "Robust multi-criteria weighting in comparative LCA and S-LCA: a case study of sugarcane production in Brazil." *Journal of Cleaner Production* 218: 708-717.
- Dutra, M. D. S. (2017). *Destilação de mostos da fermentação alcoólica para produção de etanol hidratado.*
- Eastman, J.R. (1997). *IDRISI for Windows: User's Guide. Version 2.0.* Clark University – Graduate School of Geography, Worcester, MA, USA.
- Ekener-Petersen, Elisabeth, et al. (2014) "Screening potential social impacts of fossil fuels and biofuels for vehicles." *Energy Policy* 73 (2014): 416-426.
- Elkington, J. (1994) *Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium.* Australian CPA, v. 69, p. 75.
- EPE. (2021) *Análise da Conjuntura de Biocombustíveis - Ano 2020.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. 2021.
- Esteves E. M. M, et al. (2018) Greenhouse gas emissions related to biodiesel from traditional soybean farming compared to integrated crop-livestock systems. *J. Clean. Prod.* 179, 81–92. (doi: [10.1016/j.jclepro.2017.12.262](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.262))
- Esteves, V. P. P., et al (2016). Land use change (LUC) analysis and life cycle assessment (LCA) of Brazilian soybean biodiesel. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18, 1655-1673.
- Folke, Carl et al. (2016) Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, v. 21, n. 3.
- Gabisa E. W, et al. (2019) Life cycle environmental performance and energy balance of ethanol production based on sugarcane molasses in Ethiopia. *J. Cleaner Prod.* 234, 43–53.

GPS. Guia de Indicadores para a Gestão Pública. Programa Cidades Sustentáveis. Disponível em: https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/Publicacoes/Guia_de_Indicadores_para_a_Gestao_Publica.pdf. Acessado em: maio de 2022

Harmens, R.; et al. Product (2022) Social Impact Assessment- Social Topics Report - 2022, Amersfoort, April 1st.

Haryati, Zainal, et al. (2022) "Social life cycle assessment of crude palm oil production in Malaysia." *Sustainable Production and Consumption* 29: 90-99.

HUMANOS, DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS. (2015) Declaração universal dos direitos humanos. **Acesso em**, v. 13.

Interlenghi, Stefano Ferrari, et al. (2017) "Social and environmental impacts of replacing transesterification agent in soybean biodiesel production: multi-criteria and principal component analyses." *Journal of Cleaner Production* 168: 149-162.

IPCC. (2021). Sumário para Formuladores de Políticas. Em: *Mudança do Clima 2021: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. No Prelo.

Johnson, Corinne N. (2016) The benefits of PDCA. **Quality Progress**, v. 49, n. 1, p. 45.

LUQUE, Rafael et al. (2008) Biofuels: a technological perspective. *Energy & Environmental Science*, v. 1, n. 5, p. 542-564...

Macombe, Catherine, et al. (2013) "Social life cycle assessment of biodiesel production at three levels: a literature review and development needs." *Journal of Cleaner Production* 52: 205-216.

Manik, Yosef, et al. (2013). "Social life cycle assessment of palm oil biodiesel: a case study in Jambi Province of Indonesia." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18.7: 1386-1392.

MAPA. PORTARIA SAF/MAPA Nº 280. (2022) Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão e manutenção do direito de uso do Selo Biocombustível Social. 27 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-saf/mapa-n-280-de-27-de-maio-de-2022-403689855>

Mariani, Celso Antonio. (2005) Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. *RAI-Revista de Administração e Inovação*, v. 2, n. 2, p. 110-126.

Norris, Catherine Benoit, et al. (2013) "Social hotspots database." Online: <http://socialhotspot.org>.

ONU. (1948) Declaração Universal dos Direitos Humanos (217 [III] A). Paris, dez.

ONU. (1992) CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.

ONU. (2000). United nations millennium declaration. *U. Nations (Ed.)*.

ONU. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations: New York, NY, USA. Osorio-Tejada, Jose Luis, et al.. (2020) "An integrated social life cycle assessment of freight transport systems." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 25.6: 1088-1105.

Prasara-A, Jittima, and Shabbir H. Gheewala. (2018) "Applying social life cycle assessment in the Thai sugar industry: challenges from the field." *Journal of Cleaner Production* 172: 335-346.

Prasara-A, Jittima, et al. (2019) "Environmental and social life cycle assessment to enhance sustainability of sugarcane-based products in Thailand." *Clean Technologies and Environmental Policy* 21.7: 1447-1458.

PSILCA (2022) PSILCA home page. <https://psilca.net/>.

Ramirez, Paola Karina Sanchez, et al. (2014) "Subcategory assessment method for social life cycle assessment. Part 1: methodological framework." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19.8: 1515-1523.

Ren, Jingzheng, et al. (2015) "Prioritization of bioethanol production pathways in China based on life cycle sustainability assessment and multicriteria decision-making." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20.6: 842-853.

Rocha, J. M. (2009). Política internacional para o meio ambiente: avanços e entraves pós conferência de Estocolmo. *Revista Ciências Administrativas*, 9(2). <https://doi.org/10.5020/2318-0722.9.2.%p>

Santos, E. R. (2004). Responsabilidade social ou filantropia. *Revista FAE Business*, Curitiba, (9), 32-34.

SHDB (2022) Social Hotspots Database home page. [Acesso em: março, 2022] Disponível em: www.socialhotspot.org.

Sieverding HL, et al. (2015) Meta-analysis of soybean-based biodiesel. *J. Environ. Qual.* 44, 1038–1048. (doi:10.2134/jeq2014.07.0320)

Silva, Beatriz Matias; da Silva, Wilson Sotero Dália. (2019) Um panorama da implantação do etanol de 3ª geração como uma fonte de energia sustentável. *Engevista*, v. 21, n. 1, p. 176-192.

Silva, D., et a. (2013). Análise energética do ciclo de vida produtivo do painel de madeira MDP no Brasil. In 4th International Workshop Advances in Cleaner Production (pp. 1-10).

Sousa-Zomer, et al. (2018) "The main challenges for social life cycle assessment (SLCA) to support the social impacts analysis of product-service systems." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23.3: 607-616.

Souza, Alexandre, et al. (2021) "A novel social life cycle assessment method for determining workers' human development: a case study of the sugarcane biorefineries in Brazil." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 26.10: 2072-2084.

Távora, Fernando Lagares. (2011) *História e economia dos biocombustíveis no Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal.

UNEP, SETAC (2009) *Guidelines for social life cycle assessment of products*. UNEP/SETAC, Nairobi

Valente, Clara, et al. (2018) "Testing environmental and social indicators for biorefineries: Bioethanol and biochemical production." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23.3: 581-596.

Zhongming, Zhu et al. (2021) *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.

Zidansek, Aleksander et al. (2009) Climate changes, biofuels and the sustainable future. *international journal of hydrogen energy*, v. 34, n. 16, p. 6980-6983, 200

APÊNDICE I

Quadro 1 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de cultivo de milho em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Cultivo de Milho	1.1.1.1	0.048	1.000	0.048	1.1.1	0.048	0.250	0.012	1.1	0.431	0.500	0.266
	1.1.2.1	0.667	0.500	0.333	1.1.2	0.499	0.250	0.125				
	1.1.2.2	0.331	0.500	0.166								
	1.1.3.1	0.151	0.500	0.076	1.1.3	0.179	0.250	0.045				
	1.1.3.2	0.207	0.500	0.104								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250				
	1.2.1.1	0.199	0.500	0.099	1.2.1	0.100	1.000	0.100				
	1.2.1.2	0.001	0.500	0.001								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 2 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de cultivo de cana-de-açúcar em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Cultivo de cana-de-açúcar	1.1.1.1	0.524	1.000	0.524	1.1.1	0.524	0.250	0.131	1.1	0.488	0.500	0.341
	1.1.2.1	0.667	0.500	0.333	1.1.2	0.423	0.250	0.106				
	1.1.2.2	0.180	0.500	0.090								
	1.1.3.1	0.000	0.500	0.000	1.1.3	0.051	0.250	0.013				
	1.1.3.2	0.101	0.500	0.051								
	1.1.4.1	0.954	1.000	0.954	1.1.4	0.954	0.250	0.239	1.2	0.194	0.500	
	1.2.1.1	0.153	0.500	0.077	1.2.1	0.194	1.000	0.194				
	1.2.1.2	0.234	0.500	0.117								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 3 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de cultivo de soja em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Cultivo de soja	1.1.1.1	0.048	1.000	0.048	1.1.1	0.048	0.250	0.012	1.1	0.445	0.500	0.393
	1.1.2.1	0.667	0.500	0.333	1.1.2	0.470	0.250	0.117				
	1.1.2.2	0.273	0.500	0.137								
	1.1.3.1	0.445	0.500	0.223	1.1.3	0.298	0.250	0.075				
	1.1.3.2	0.151	0.500	0.076								
	1.1.4.1	0.964	1.000	0.964	1.1.4	0.964	0.250	0.241	1.2	0.341	0.500	
	1.2.1.1	0.175	0.500	0.087	1.2.1	0.341	1.000	0.341				
	1.2.1.2	0.508	0.500	0.254								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 4 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de criação de bovinos para corte em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Criação de bovinos para corte	1.1.1.1	0.048	1.000	0.048	1.1.1	0.048	0.250	0.012	1.1	0.264	0.500	0.409
	1.1.2.1	0.500	0.500	0.250	1.1.2	0.366	0.250	0.091				
	1.1.2.2	0.232	0.500	0.116								
	1.1.3.1	0.016	0.500	0.008	1.1.3	0.008	0.250	0.002				
	1.1.3.2	0.000	0.500	0.000								
	1.1.4.1	0.636	1.000	0.636	1.1.4	0.636	0.250	0.159	1.2	0.555	0.500	
	1.2.1.1	0.109	0.500	0.055	1.2.1	0.555	1.000	0.555				
	1.2.1.2	1.000	0.500	0.500								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 5 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Frigorífico - Abate de bovinos em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Frigorífico	1.1.1.1	0.048	1.000	0.048	1.1.1	0.048	0.250	0.012	1.1	0.611	0.500	0.490
	1.1.2.1	1.000	0.500	0.500	1.1.2	0.819	0.250	0.205				
	1.1.2.2	0.639	0.500	0.319								
	1.1.3.1	0.807	0.500	0.404	1.1.3	0.578	0.250	0.145				
	1.1.3.2	0.349	0.500	0.175								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250	1.2	0.368	0.500	
	1.2.1.1	0.260	0.500	0.130	1.2.1	0.368	1.000	0.368				
	1.2.1.2	0.476	0.500	0.238								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 6 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Fabricação de óleo vegetal, exceto óleo de milho em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice	
Fabricação de óleo vegetal, exceto óleo de milho	1.1.1.1	0.524	1.000	0.524	1.1.1	0.524	0.250	0.131	1.1	0.716	0.500	0.464	
	1.1.2.1	1.000	0.500	0.500	1.1.2	0.621	0.250	0.155					
	1.1.2.2	0.242	0.500	0.121									
	1.1.3.1	0.830	0.500	0.415	1.1.3	0.719	0.250	0.180					
		1.1.3.2	0.607	0.500	0.304								
		1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250				
		1.2.1.1	0.372	0.500	0.186	1.2.1	0.213	1.000	0.213	1.2	0.213	0.500	
		1.2.1.2	0.054	0.500	0.027								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 7 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Fabricação de álcool em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice	
Fabricação de álcool	1.1.1.1	0.524	1.000	0.524	1.1.1	0.524	0.250	0.131	1.1	0.396	0.500	0.332	
	1.1.2.1	1.000	0.500	0.500	1.1.2	0.586	0.250	0.147					
	1.1.2.2	0.172	0.500	0.086									
	1.1.3.1	0.638	0.500	0.319	1.1.3	0.472	0.250	0.118					
		1.1.3.2	0.306	0.500	0.153								
		1.1.4.1	0.000	1.000	0.000	1.1.4	0.000	0.250	0.000				
		1.2.1.1	0.242	0.500	0.121	1.2.1	0.269	1.000	0.269	1.2	0.269	0.500	
		1.2.1.2	0.296	0.500	0.148								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 8 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool em 2009.

2009	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	1.1.1.1	1.000	1.000	1.000	1.1.1	1.000	0.250	0.250	1.1	0.845	0.500	0.547
	1.1.2.1	0.750	0.500	0.375	1.1.2	0.541	0.250	0.135				
	1.1.2.2	0.333	0.500	0.166								
	1.1.3.1	0.783	0.500	0.392	1.1.3	0.841	0.250	0.210				
	1.1.3.2	0.898	0.500	0.449								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250				
	1.2.1.1	0.497	0.500	0.249	1.2.1	0.249	1.000	0.249	1.2	0.249	0.500	
	1.2.1.2	0.000	0.500	0.000								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 9 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de cultivo de milho em 2019.

2019	ID	Valor	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Cultivo de Milho	1.1.1.1	0.195	1.000	0.195	1.1.1	0.195	0.250	0.049	1.1	0.571	0.500	0.380
	1.1.2.1	0.690	0.500	0.345	1.1.2	0.527	0.250	0.132				
	1.1.2.2	0.365	0.500	0.183								
	1.1.3.1	0.528	0.500	0.264	1.1.3	0.561	0.250	0.140				
	1.1.3.2	0.593	0.500	0.297								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250				
	1.2.1.1	0.366	0.500	0.183	1.2.1	0.189	1.000	0.189	1.2	0.189	0.500	
	1.2.1.2	0.013	0.500	0.006								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 10 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de cultivo de cana-de-açúcar em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Cultivo de cana-de-açúcar	1.1.1.1	0.329	1.000	0.329	1.1.1	0.329	0.250	0.082	1.1	0.562	0.500	0.395
	1.1.2.1	0.740	0.500	0.370	1.1.2	0.460	0.250	0.115				
	1.1.2.2	0.181	0.500	0.090								
	1.1.3.1	0.422	0.500	0.211	1.1.3	0.458	0.250	0.114				
	1.1.3.2	0.493	0.500	0.247								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250				
	1.2.1.1	0.322	0.500	0.161	1.2.1	0.228	1.000	0.228	1.2	0.228	0.500	
	1.2.1.2	0.135	0.500	0.067								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 11 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de cultivo de soja em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Cultivo de soja	1.1.1.1	0.324	1.000	0.324	1.1.1	0.324	0.250	0.081	1.1	0.605	0.500	0.588
	1.1.2.1	0.700	0.500	0.350	1.1.2	0.500	0.250	0.125				
	1.1.2.2	0.300	0.500	0.150								
	1.1.3.1	0.659	0.500	0.330	1.1.3	0.603	0.250	0.151				
	1.1.3.2	0.546	0.500	0.273								
	1.1.4.1	0.992	1.000	0.992	1.1.4	0.992	0.250	0.248				
	1.2.1.1	0.345	0.500	0.173	1.2.1	0.572	1.000	0.572	1.2	0.572	0.500	
	1.2.1.2	0.798	0.500	0.399								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social)

Quadro 12 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de criação de bovinos para corte em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice			
Criação de bovinos para corte	1.1.1.1	0.005	1.000	0.005	1.1.1	0.005	0.250	0.001	1.1	0.458	0.500	0.548			
	1.1.2.1	0.698	0.500	0.349	1.1.2	0.480	0.250	0.120							
	1.1.2.2	0.262	0.500	0.131											
	1.1.3.1	0.328	0.500	0.164	1.1.3	0.392	0.250	0.098							
	1.1.3.2	0.455	0.500	0.228											
	1.1.4.1	0.955	1.000	0.955	1.1.4	0.955	0.250	0.239							
	1.2.1.1	0.306	0.500	0.153	1.2.1	0.639	1.000	0.639					1.2	0.639	0.500
	1.2.1.2	0.972	0.500	0.486											

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 13 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Frigorífico – Abate de bovinos em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice			
Frigorífico	1.1.1.1	0.033	1.000	0.033	1.1.1	0.033	0.250	0.008	1.1	0.587	0.500	0.506			
	1.1.2.1	0.786	0.500	0.393	1.1.2	0.682	0.250	0.170							
	1.1.2.2	0.578	0.500	0.289											
	1.1.3.1	0.655	0.500	0.328	1.1.3	0.635	0.250	0.159							
	1.1.3.2	0.614	0.500	0.307											
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250							
	1.2.1.1	0.374	0.500	0.187	1.2.1	0.425	1.000	0.425					1.2	0.425	0.500
	1.2.1.2	0.476	0.500	0.238											

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 14 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Fabricação de óleo vegetal, exceto óleo de milho em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Fabricação de óleo vegetal, exceto óleo de milho	1.1.1.1	0.519	1.000	0.519	1.1.1	0.519	0.250	0.130	1.1	0.748	0.500	0.516
	1.1.2.1	0.802	0.500	0.401	1.1.2	0.540	0.250	0.135				
	1.1.2.2	0.277	0.500	0.139								
	1.1.3.1	0.952	0.500	0.476	1.1.3	0.935	0.250	0.234				
	1.1.3.2	0.918	0.500	0.459								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250	1.2	0.284	0.500	
	1.2.1.1	0.506	0.500	0.253	1.2.1	0.284	1.000	0.284				
	1.2.1.2	0.062	0.500	0.031								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 15 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Fabricação de álcool em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Fabricação de álcool	1.1.1.1	0.610	1.000	0.610	1.1.1	0.610	0.250	0.152	1.1	0.712	0.500	0.534
	1.1.2.1	0.741	0.500	0.370	1.1.2	0.492	0.250	0.123				
	1.1.2.2	0.244	0.500	0.122								
	1.1.3.1	0.816	0.500	0.408	1.1.3	0.746	0.250	0.186				
	1.1.3.2	0.675	0.500	0.338								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250	1.2	0.357	0.500	
	1.2.1.1	0.401	0.500	0.200	1.2.1	0.357	1.000	0.357				
	1.2.1.2	0.313	0.500	0.157								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 16 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para a atividade de Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool em 2019.

2019	ID	Score Normalizado	Peso	WLC	ID	Score	Peso	WLC	ID	Score	Peso	Índice
Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	1.1.1.1	0.476	1.000	0.476	1.1.1	0.476	0.250	0.119	1.1	0.753	0.500	0.502
	1.1.2.1	0.872	0.500	0.436	1.1.2	0.600	0.250	0.150				
	1.1.2.2	0.328	0.500	0.164								
	1.1.3.1	0.973	0.500	0.487	1.1.3	0.935	0.250	0.234				
	1.1.3.2	0.896	0.500	0.448								
	1.1.4.1	1.000	1.000	1.000	1.1.4	1.000	0.250	0.250				
	1.2.1.1	0.497	0.500	0.248	1.2.1	0.251	1.000	0.251	1.2	0.251	0.500	
	1.2.1.2	0.005	0.500	0.002								

Legenda: ID (código de identificação de das categorias e indicadores avaliados); Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 17 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social na fase Agrícola e Industrial para as atividades econômicas do ciclo de vida de biocombustíveis em 2009.

Ano	Atividade Econômica	Valor	Peso	WLC	ISS	
2009	Fase Agrícola	Cultivo de Soja	0.3932	0.25	0.3523	0.4053
		Criação de bovinos para corte	0.4095	0.25		
		Cultivo de Milho	0.2658	0.25		
		Cultivo de Cana-de-açúcar	0.3408	0.25		
	Frigorífico - Abate de bovinos	0.4897	0.25	0.4583		
	Fase industrial	Fabricação de óleos vegetais, exceto óleo de milho	0.4643		0.25	
		Fabricação de álcool	0.3322		0.25	
		Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0.5471		0.25	

Legenda: Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 18 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social na fase Agrícola e Industrial para as atividades econômicas do ciclo de vida de biocombustíveis em 2019.

	ID	Value	Weigth	WLC	ISS	
2019	Fase Agrícola	Cultivo de Soja	0.5880	0.25	0.4778	0.4962
		Criação de bovinos para corte	0.5484	0.25		
		Cultivo de Milho	0.3799	0.25		
		Cultivo de Cana-de-açúcar	0.3950	0.25		
	Fase industrial	Frigorífico - Abate de bovinos	0.5063	0.25	0.5146	
		Fabricação de óleos vegetais, exceto óleo de milho	0.5162	0.25		
		Fabricação de álcool	0.5344	0.25		
		Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0.5016	0.25		

Legenda: Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 19 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para as atividades econômicas do ciclo de vida do Biodiesel e Etanol no Centro-Oeste brasileiro em 2009.

	ID	Value	Weigth	WLC	ISS	
2009	biodiesel	Cultivo de Soja	0.3932	0.5	0.4013	
		Criação de bovinos para corte	0.4095	0.5		
		Frigorífico - Abate de bovinos	0.4897	0.33		
		Fabricação de óleos vegetais, exceto óleo de milho	0.4643	0.33		0.4484
		Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0.5471	0.33		
	Etanol	Cultivo de Milho	0.2658	0.5	0.3033	
		Cultivo de Cana-de-açúcar	0.3408	0.5		0.3177
		Fabricação de álcool	0.3322	1.00		

Legenda: Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).

Quadro 20 - Cálculos dos índices de Sustentabilidade Social para as atividades econômicas do ciclo de vida do Biodiesel e Etanol no Centro-Oeste brasileiro em 2009.

	ID	Value	Weigth	WLC	ISS	
2019	Biodiesel	Cultivo de Soja	0.5880	0.5	0.5682	
		Criação de bovinos para corte	0.5484	0.5		
		Frigorífico - Abate de bovinos	0.5063	0.33		
		Fabricação de óleos vegetais, exceto óleo de milho	0.5162	0.33		0.5356
		Fabricação de biocombustíveis, exceto álcool	0.5016	0.33		
	Etanol	Cultivo de Milho	0.3799	0.5	0.3874	
		Cultivo de Cana-de-açúcar	0.3950	0.5		0.4609
		Fabricação de álcool	0.5344	1.00		

Legenda: Valor (Valores normalizados); Índice (resultado da multiplicação entre o valor e o peso); ISS (Índice de Sustentabilidade Social).