



EVENTO
ON-LINE



estga
universidade
de aveiro

ConBREpro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Identificando os Aspectos Sociais dos Biocombustíveis Avançados: Uma revisão de literatura

Diego Alexis Ramos Huarachi

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Micaela Inés Castillo Ulloa

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Cleiton Hluszko

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Vinicius Moretti

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Antonio Carlos de Francisco

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Resumo: A produção de biocombustíveis avançados é uma alternativa que pode ajudar a satisfazer a grande e crescente demanda energética global. Porém, os aspectos sociais deles foram pouco estudados. Portanto, este estudo visa identificar os aspectos sociais dos biocombustíveis avançados, por meio de uma revisão sistemática de literatura. Foi analisado um portfólio de 17 artigos. Como resultados principais, demonstrou-se que grande parte dos estudos foram encaminhados só em Europa e Ásia, analisando só biodiesel ou bioetanol, não tendo estudos sobre outros biocombustíveis avançados. Dez aspectos sociais foram identificados: geração de emprego, desenvolvimento econômico, saúde e segurança ocupacional, saúde pública (saúde humana), participação da comunidade, igualdade de oportunidades, segurança alimentar, horários de trabalho justos, e educação fornecida à comunidade local. Estudos futuros, devem focar na inclusão destes aspectos para avaliar o desempenho social dos biocombustíveis avançados e considerar outros tipos além do biodiesel e o bioetanol.

Palavras-chave: bioeconomia, biocombustíveis avançados, biocombustíveis de segunda-geração, aspectos sociais.

Identifying the Social Aspects of Advanced Biofuels: A literature review

Abstract: The production of advanced biofuels is an alternative that can help satisfy the large and growing global energy demand. However, their social aspects have been neglected in literature. Therefore, this study aims to identify the social aspects of advanced biofuels through a systematic literature review. A portfolio of 17 articles was analyzed. As main results, it was demonstrated that most of the studies were carried out only in Europe and Asia, analyzing only biodiesel or bioethanol, with no studies on other advanced biofuels. Ten social aspects were identified: job creation, economic development, occupational health and safety, public health (human health), community participation, equal opportunities, food security, fair working hours, and education provided to the local community. Future studies should focus on including these aspects to evaluate the social performance of advanced biofuels and consider types other than biodiesel and bioethanol.

Keywords: Article, CONBREPRO, CIGELUBRA.

1. Introdução

A grande e crescente demanda energética global deu origem à necessidade de uma transição energética (IEA, 2022). Tema que atualmente é um desafio, mas ao menos tempo, uma prioridade para atingir o desenvolvimento sustentável, desde que foi adicionada na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 – Energia limpa e acessível (ONU, 2015). Esta transição energética, portanto, inclui a substituição da geração e consumo de energia com base em combustíveis de origem fóssil (não renovável) por fontes renováveis e sustentáveis (BERNAL *et al.*, 2017). Onde se destaca a bioenergia, como a terceira fonte renovável só atrás da energia eólica e solar (EMBER, 2022).

A obtenção de bioenergia implica a geração de biocombustíveis feitos a partir de biomassa, mediante processos de biorrefinaria (VANCE *et al.*, 2022). Esta produção de biocombustíveis é uma prática usual, destacando-se a produção de biocombustíveis a partir de cana de açúcar, milho, palma oleaginosa, e ensilagens de grama, chamados de biocombustíveis regulares ou de primeira geração (SILVA *et al.*, 2024). Contudo, a produção destes biocombustíveis gera uma grande quantidade de resíduos, como bagaços e vinhaça, que, por sua vez, podem ser aproveitados como novas fontes para produzir biocombustíveis com emissões de carbono inclusive menores que os biocombustíveis regulares (ETIP, 2024).

Neste contexto, surge a ideia dos biocombustíveis avançados, estes são produzidos a partir de matérias lignocelulósicas, cultivos não comestíveis e resíduos agrícolas ou industriais, inclusive aqueles gerados na produção de biocombustíveis regulares, visando uma menor pegada de carbono e ajudando, portanto, a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater a mudança climática (ETIP, 2024). Portanto, os benefícios ambientais que os biocombustíveis avançados podem trazer ficam mais explícitos que os sociais.

De fato, a produção de biocombustíveis avançados enfrenta diversas barreiras sociais, sendo a principal a sua aceitação em todos os níveis (WUSTENHAGEN *et al.*, 2007): (1) aceitação sócio-política, os criadores de políticas públicas desconhecem os benefícios que os biocombustíveis avançados podem trazer; (2) aceitação do mercado, o público geral possui receio de usar produtos feitos a partir de resíduos e; (3) aceitação da comunidade, devido ao temor dos moradores locais aos impactos ambientais que podem acarretar os processos de biorrefinaria (emissões, escassez de recursos e mudanças no uso do solo). Sendo necessário, portanto, a obtenção de uma “licença social” para operar para evitar conflitos com as comunidades (ROSTAN *et al.*, 2021) e um melhor gerenciamento dos *stakeholders*.

A pesar da importância das questões sociais que afronta a produção de biocombustíveis avançados, desde o melhor conhecimento dos autores, existe uma carência de estudos que identifiquem quais são, de fato, as questões sociais de maior importância para a produção de biocombustíveis. Sendo que usualmente é a dimensão social da sustentabilidade a mais negligenciada na hora de avaliar a sustentabilidade, inclusive em produtos da bioeconomia (HUARACHI *et al.*, 2023). Portanto, este estudo tem por objetivo identificar os aspectos sociais dos biocombustíveis avançados, por meio de uma revisão sistemática de literatura.

A seções restantes deste manuscrito compreende os seguintes tópicos: uma breve definição de biocombustíveis avançados (Seção 2); a metodologia da revisão sistemática de literatura (Seção 3); os resultados da revisão e discussão (Seção 4) e, finalmente, uma última seção com conclusões e sugestões de estudos futuros (Seção 5).

2. Biocombustíveis Avançados

Para que um biocombustível seja considerado como avançado, ele deve cumprir os seguintes requisitos (ETIP, 2024): (1) tem que ser gerado a partir de uma matéria que não possa ser aproveitada como comida para humanos ou ração animal, podendo ser utilizados resíduos de atividades agrícolas, pecuárias, florestais ou industriais, tais como palhas, cascas, bagaços, vinhaças, lodos ou estrumes, inclusive resíduos urbanos como a porção orgânica de resíduos sólidos municipais ou óleo de cozinha usado; (2) tem que ter uma pegada de carbono significativamente menor que o combustível fóssil que eles substituem e de um biocombustível equivalente. Portanto, a produção de biocombustíveis avançados é um grande aliado para a bioeconomia circular e para a mitigação de impactos ambientais (JUSAKULVIJIT et al., 2021).

A produção de biocombustíveis usa diferentes processos de biorrefinaria para poderem ser produzidos, que podem ser os mesmos que para produzir biocombustíveis regulares, tais como a fermentação, a transesterificação ou a digestão anaeróbica; ou diferentes, como a fermentação escura ou a desidratação catalítica (EUROPEAN PARLAMENT, 2017). Os principais tipos de biocombustíveis avançados são (ETIP, 2024):

- *Biodiesel de segunda geração*: produzido pelo hidrotratamento e transesterificação de óleos vegetais e ácidos graxos;
- *Etanol celulósico ou de segunda (ou terceira) geração*: produzido pela hidrólise e fermentação de resíduos da agricultura ou do mesmo etanol de primeira geração;
- *Biogás natural sintético*: produzido pela gasificação e condicionamento, resultando em um gás sintético (*syngas*);
- *Metanol*: produzido pela conversão catalítica do *syngas*;
- *Dimetil éter*: produzido pela desidratação catalítica do metanol ou diretamente do *syngas*;
- *Biobutanol*: álcool produzido para combustível de transporte, usando novas técnicas de fermentação utilizando novas cepas de levedura;
- *Combustíveis parafínicos*: produzidos pela catálise química ou usando micro-organismos específicos para produzir bio petróleo ou biocombustível para aviação;
- *Biohidrogênio*: pode ser produzido por várias rotas, atualmente não é produzido em volume, porém, mostra-se como um combustível importante no futuro;
- *Biocombustíveis de algas*: produzidos por várias rotas, utilizando macro algas (ervas marinhas), porém precisam-se ainda desenvolvimentos tecnológicos para escalar a produção.

Os biocombustíveis avançados, então, mostram-se como uma alternativa para atender a grande demanda energética de uma maneira mais circular e sustentável.

3. Metodologia

Para atingir o objetivo deste manuscrito de identificar os aspectos sociais dos biocombustíveis avançados, será conduzida uma revisão sistemática da literatura utilizando o método ROSES (HADDAWAY et al., 2018), que é utilizado para revisar e mapear sistematicamente literatura em ciências ambientais.

As bases selecionadas para buscar documentos foram a *Scopus* e *Web-of-Science*. Estas bases de dados reúnem o maior número de revistas de alto impacto em temas relacionados à sustentabilidade. A Tabela 1 apresenta a estratégia de busca de documentos adotada neste manuscrito.

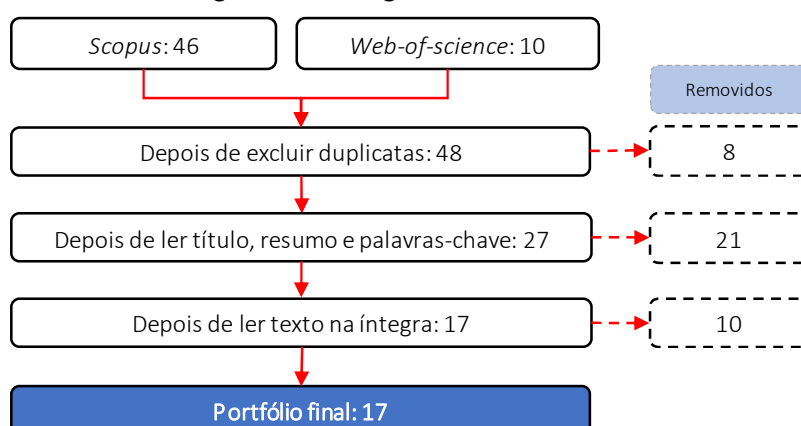
Tabela 1 – Estratégia de busca

Parâmetro	Descrição
1. String de busca	("social aspect*" OR "social issue*" OR "social indicator*" OR "social life cycle" OR "social implication*" OR "social impact*" OR "social sustainab*" OR "social effect*" OR "social justice") AND ("advanced biofuel*" OR "second-generation biofuel*")
2. Data de busca	01 de setembro de 2024
3. Opções de busca	Por título, resumo e palavras-chave (<i>Scopus</i>) e por tópico (<i>Web-of-Science</i>)
4. Limite temporal	Até agosto de 2024
5. Tipo de documentos	Artigos e revisões

Fonte: Os autores (2024)

A Figura 1 mostra o fluxo documentário desta revisão, desde o resultado bruto das buscas nas bases de dados; passando pela eliminação de duplicatas; e duas filtragens, uma por leitura de título, resumo e palavras-chave, onde foram descartados os artigos totalmente desalinhados com o tema de pesquisa, e a leitura do texto completo dos artigos, seguindo os seguintes critérios de inclusão, definidos pelas perguntas: (1) o objeto de estudo é a produção de um biocombustível avançado? (2) o estudo aborda aspectos sociais relacionados aos biocombustíveis avançados? Se ambas as respostas foram positivas o artigo é selecionado para fazer parte do portfólio final.

Figura 1 – Fluxograma documentário



Fonte: Os autores (2024)

O portfólio final foi de 17 artigos demonstrando verdadeiramente uma carência de literatura que aborde os temas de aspectos sociais dos biocombustíveis avançados. Estes artigos foram analisados, extraindo deles os seguintes dados e metadados: (1) autores; (2) revista; (3) ano de publicação; (4) país de aplicação; (5) biocombustível avançado em estudo; (6) matéria-prima usada para a produção do biocombustível avançado; (7) objetivo do estudo; (8) métodos; (9) aspectos sociais considerados. Estes dados foram organizados em tabelas, a partir das quais foram realizados gráficos utilizando o Power BI Desktop.

4. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta o resultado da revisão do portfólio final. Constatando que a temática abordada é relativamente recente. Vinyes *et al.* (2013) foram os primeiros a incluir questões sociais na produção de biodiesel produzido a partir de óleo de cozinha usado. O uso do óleo de cozinha usado é uma prática não tão recente, que surgiu como uma solução à grande quantidade de óleo produzido no nível doméstico e ao potencial de poluição deste resíduo (ZHANG; JIANG, 2017).

Tabela 2 – Revisão de literatura

Bio combustível avançado	Matéria-prima	Objetivo e métodos	Aspectos sociais	País	Citação
Biodiesel	Óleo de cozinha usado.	Uma avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida comparativo de três sistemas de coleta de óleo de cozinha usado, aplicando, portanto, avaliação social do ciclo de vida.	Geração de emprego. Horário de trabalho justo. Igualdade de oportunidades. Desenvolvimento de capacidades. Educação fornecida à comunidade local. Compromissos públicos com questões de sustentabilidade. Desenvolvimento econômico	Espanha	(VINYES <i>et al.</i> , 2013)
		Método de otimização misto, integrando um modelo de programação linear a cadeia de suprimento do biodiesel e minimizar os resíduos de óleo em cozinhas	Saúde humana. Governança	China	(ZHANG; JIANG, 2017)
		Um sistema social de logística reversa, chamado de <i>InnovOleum</i> , para a coleta e reciclagem de óleo de cozinha usado, implementado em escolas.	Educação fornecida à comunidade local	Chipre	(LOIZIDES <i>et al.</i> , 2019)
		Uma análise multicritério probabilístico para avaliar quatro cenários de produção de biodiesel, incluindo critérios energéticos, ambientais, econômicos e sociais.	Saúde humana	Itália	(MENDECKA <i>et al.</i> , 2020)
		Uma avaliação de sustentabilidade da estratégia atual de recuperação e exploração utilizando a avaliação do ciclo de vida e vários critérios de sustentabilidade, incluindo três critérios sociais.	Geração de emprego. Saúde e segurança ocupacional. Aceitação social.	Colômbia	(CASAS <i>et al.</i> , 2024)
	Resíduos de gordura animal	Um modelo matemático multiobjetivo para otimizar a cadeia de fornecimento de biodiesel considerando como	Geração de emprego. Desenvolvimento econômico.	Paquistão	(HABIB <i>et al.</i> , 2020)

Bio combustível avançado	Matéria-prima	Objetivo e métodos	Aspectos sociais	País	Citação
		objetivos as dimensões econômica, ambiental e social.	Geração de emprego	Índia	(SINGH <i>et al.</i> , 2023)
			Geração de emprego. Desenvolvimento econômico.	Índia	(SINGH <i>et al.</i> , 2024a)
			Geração de emprego. Desenvolvimento econômico.	Índia	(SINGH <i>et al.</i> , 2024b)
	Resíduos de jatropa	Uma função multiobjetivo para o desenho da cadeia de fornecimento de biodiesel, considerando critérios sociais.	Geração de emprego. Desenvolvimento econômico. Saúde e segurança ocupacional.	Irã	(MOHTASHAMI <i>et al.</i> , 2021)
	Casca e licor negro (resíduos da indústria de celulose)	Uma avaliação do ciclo de vida, avaliação técnico-econômica e avaliação do ciclo de vida social de resíduos de celulose.	Saúde e segurança ocupacional. Acesso a recursos materiais. Promoção da responsabilidade social. Desenvolvimento econômico. Desenvolvimento tecnológico.	Suécia	(HANSSON <i>et al.</i> , 2024)
Bioetanol	Resíduos de café	Um quadro de quatro etapas para verificar a viabilidade de uma planta de bioetanol, considerando na última etapa uma avaliação ambiental e social	Saúde humana. Geração de emprego. Segurança alimentar.	Colômbia	(DUARTE <i>et al.</i> , 2021)
	Gramma	Um modelo possibilístico multiobjetivo para o desenho de uma cadeia de abastecimento de bioetanol considerando objetivos econômicos, ambientais e sociais	Geração de emprego. Desenvolvimento econômico.	Irã	(GHADERI <i>et al.</i> , 2018)
	Não especifica	Priorização de critérios sustentáveis para produção de bioetanol utilizando análise de decisão multicritério (Delphi-AHP) considerando critérios sociais.	Geração de emprego. Segurança alimentar. Desenvolvimento econômico.	Tailândia	(JUSAKULVI JIT <i>et al.</i> , 2021)

Bio combustível avançado	Matéria-prima	Objetivo e métodos	Aspectos sociais	País	Citação
Biodiesel e bioetanol	Macro algas	Uma pesquisa para medir as percepções sociais sobre o cultivo de matérias-primas e a produção de biocombustíveis.	Geração de emprego. Desenvolvimento econômico.	Reino Unido, Irlanda	(ROSTAN <i>et al.</i> , 2022)
Biodiesel e gasolina	Resíduos de tamareira	Uma avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida, aplicando, portanto, a avaliação do ciclo de vida social.	Trabalho infantil. Trabalho forçado. Igualdade de oportunidades. Desenvolvimento econômico. Saúde e segurança ocupacional.	Tunísia	(HNICH <i>et al.</i> , 2021)
Biodiesel e querosene	Resíduos de madeira e palhas	Uma avaliação do ciclo de vida social utilizando a estrutura RESPONSA.	Saúde e segurança ocupacional. Salários justos. Horários de trabalho justos. Geração de emprego. Capital de conhecimento. Igualdade de oportunidades.	Alemanha	(YUPANQUI <i>et al.</i> , 2024)

Fonte: Os autores (2024)

É possível constatar que a maioria dos estudos são recentes, sendo, portanto, a inclusão de aspectos sociais na produção de biocombustíveis avançados um tema novo e que ainda está ganhando popularidade entre pesquisadores e praticantes da sustentabilidade.

4.1. Análise por país

Visando os países que publicaram sobre o tema (Figura 2), quase todos os estudos foram desenvolvidos na Ásia (8 estudos) e na Europa (7 estudos). Sendo estas regiões do mundo as que mais se preocupam com a inclusão de aspectos sociais nos biocombustíveis avançados. No caso dos países da Europa, Hasan et al. (2023) argumentam que são a única região do mundo que está um passo à frente para atingir uma economia sustentável de biocombustíveis.

Figura 2 – Publicações por países



Fonte: Os autores (2024)

Enquanto, em Ásia, o potencial que tem o continente para gerar biocombustíveis avançados é grande, sobretudo em países como Índia, China, Paquistão, Irã e o Sudeste Asiático (HABIB *et al.*, 2020). Portanto, estes países estão cada vez mais considerando os aspectos sociais da produção dos biocombustíveis, o que é um excelente sinal para atingir o desenvolvimento sustentável de uma maneira total nesta parte do mundo.

Fora da Europa e Ásia, só existem três estudos, dois na Colômbia (DUARTE *et al.*, 2021; CASAS *et al.*, 2024) e um na Tunísia (HNICH *et al.*, 2021). A Colômbia é uma país com grande potencial também para a geração de biocombustíveis avançados; porém, tem problemas sociais que estão começando a serem abordados. Porém, outros países do continente americano que tem um potencial muito grande para gerar biocombustíveis avançados como o Brasil, Argentina, ou México, entre outros, carecem de estudos que incluam questões sociais; fato que se repete na África Subsaariana. Nestas regiões, a falta de políticas adequadas, fraqueza das instituições, e falta de compromisso com a sustentabilidade debilitam o desenvolvimento regional de uma produção sustentável de biocombustíveis (KICHONGE; KIVEVELE, 2024).

4.2. Análise por biocombustível avançado

Considerando os biocombustíveis avançados que foram objeto de estudo dos artigos do portfólio em análise, dois foram achados: biodiesel e bioetanol (de segunda geração). De fato, a maioria de estudos (14 de um total de 17) consideraram os aspectos sociais da produção de biodiesel. Apenas dois artigos consideram biocombustíveis diferentes, como a gasolina (HNICH *et al.*, 2021) e querosene (YUPANQUI *et al.*, 2024); porém, sempre associados à produção de biodiesel.

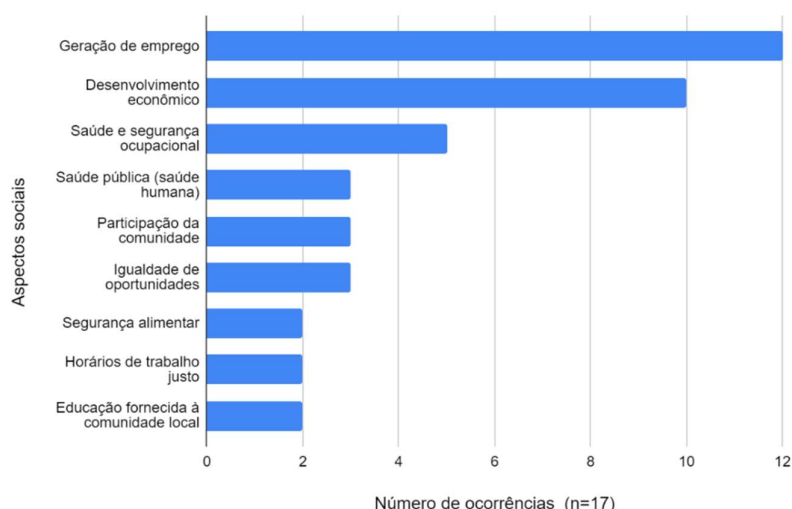
Considerando as matérias-primas usadas para a produção de biocombustíveis, a mais utilizada é o óleo de cozinha usado. A disposição final deste resíduo é um problema para a sociedade, sobretudo no âmbito urbano, devido aos seus potenciais impactos ambientais negativos. Igualmente, considerar os aspectos sociais de reaproveitar este produto é importante e, atualmente, é trans esterificado para produzir biodiesel (LOIZIDES *et al.*, 2019). A inclusão de aspectos sociais do reaproveitamento de óleo de cozinha usado é um problema global, assim diversos estudos focaram neste tópico em distintas partes do mundo como na Europa (VINYES *et al.*, 2013; LOIZIDES *et al.*, 2019; MENDECKA *et al.*, 2020), Ásia (ZHANG; JIANG, 2017) ou América do Sul (CASAS *et al.*, 2024).

No entanto, é necessário a consideração de aspectos sociais na produção e o ciclo de vida de outros biocombustíveis avançados, tais como o metanol, biobutanol, biodimetil éter, combustíveis parafínicos, e, inclusive, o biohidrogênio, que se mostra como uma das principais fontes de energia no futuro (ETIP, 2024) para poder falar de uma verdadeira produção sustentáveis de biocombustíveis avançados.

4.3. Aspectos sociais dos biocombustíveis avançados

Produto da revisão, vários aspectos sociais principais dos biocombustíveis avançados foram identificados. A Figura 3 apresenta dez aspectos sociais que são os que se repetem duas ou mais vezes na Tabela 2.

Figura 3 – Principais aspectos sociais dos biocombustíveis avançados



Fonte: Os autores (2024)

Os aspectos sociais que se mostram mais importantes para os biocombustíveis são:

- **Geração de emprego:** É o aspecto social com maior número de ocorrências na literatura (12 de 17 artigos). Criar novos empregos é uma das principais consequências sociais de toda atividade produtiva, sobretudo quando são usadas novas tecnologias. Contudo, a consideração da geração de emprego é uma espécie de “coringa” nos estudos de avaliação social em muitos setores (HUARACHI *et al.*, 2023) por isso seu uso gera controvérsia, pois existem estudos que consideram avaliar a sustentabilidade de um produto considerando apenas a geração de emprego na dimensão social da sustentabilidade, sem considerar outros *stakeholders*, outros aspectos sociais, nem sequer avaliando a qualidade do posto de trabalho gerado;
- **Desenvolvimento econômico:** A produção de biocombustíveis avançados permite o desenvolvimento regional, contribuindo à paridade de distribuição de renda tanto na área rural quanto urbana (JUSAKULVIJIT *et al.*, 2021). Os biocombustíveis avançados utilizam em muitos casos resíduos da agricultura, portanto, os produtores agrícolas podem virar fornecedores desses resíduos, gerando uma renda adicional para eles e dar maior qualidade de vida para eles e as respectivas famílias;
- **Saúde e segurança ocupacional:** Cuidar da integridade física e mental de todos os trabalhadores é um tópico prioritário para qualquer organização. A falta de uma boa gestão da saúde e segurança ocupacional pode levar a perdas econômicas nas empresas, tanto por pago de multas e indenizações, como por perdas de tempo operativo. Portanto, é de extrema importância identificar e reduzir os riscos à saúde, fornecer os equipamentos de proteção individual necessários a todos os trabalhadores, e controlar a saúde dos trabalhadores periodicamente, sobretudo na produção de biocombustíveis avançados que muitas vezes utiliza resíduos que podem estar contaminados, além de outros componentes químicos;
- **Saúde pública (saúde humana):** A saúde humana é um dos tópicos que misturam tanto aspectos sociais quanto ambientais, pois a toxicidade humana, utilizada usualmente como uma das categorias de impacto na avaliação ambiental do ciclo de vida dos produtos, é utilizada também como medida para avaliação social. Portanto, o uso deste tópico gera controvérsia também. Neste sentido, existem estudos, por exemplo, Mendecka *et al.* (2020) que utilizam apenas esta medida para avaliar a dimensão social da sustentabilidade, sem considerar outros aspectos sociais;

- *Participação da comunidade*: A aceitação da comunidade é crucial para evitar conflitos tanto com representantes quanto com os habitantes da comunidade (WÜSTENHAGEN *et al.*, 2007). Sobretudo, quando as tecnologias de produção são novas e usam matérias-primas alternativas (resíduos), pois a comunidade pode pensar que o processo produzidos e a cadeia de suprimentos envolvida será prejudicial. Portanto, a visão da comunidade tem que ser necessariamente considerada para atingir engajamento, e comunicar de maneira efetiva os benefícios da produção de biocombustíveis avançados, como uma redução da quantidade de lixo disposto em aterros ou o fornecimento de energia mais barata para a comunidade, garantindo a segurança e justiça energética das comunidades;
- *Igualdade de oportunidades*: A diversidade e não discriminação é um dos temas atualmente de maior tendência nas organizações. A produção de biocombustíveis avançados, como todo setor industrial, deveria encorajar o fornecimento de oportunidades iguais para todas as pessoas, a fim de ajudar a fechar brechas de gênero e garantir emprego para pessoas menos favorecidas;

Outros aspectos como a segurança alimentar, horários de trabalho justo, e educação fornecida à comunidade local mostram-se também importantes para os biocombustíveis avançados. A segurança alimentar é um aspecto social que diferencia os biocombustíveis regulares dos avançados, pois os regulares usualmente usam substratos que podem ser utilizados como alimento humano ou animal (cana de açúcar, milho, rícino, entre outros), enquanto os avançados usam resíduos ou substratos não comestíveis, não afetando a segurança alimentar (EDIP, 2024). Os horários de trabalho justos são um direito trabalhista importante. Finalmente a educação fornecida à comunidade local está relacionada com a educação ambiental, refletida, por exemplo, em iniciativas em escolas para uma separação correta de resíduos (LOIZIDES *et al.*, 2019), considerando as crianças como um *stakeholder* chave para atingir o desenvolvimento sustentável.

5. Conclusões

Este estudo identificou os aspectos sociais dos biocombustíveis avançados cumprindo assim com o objetivo, mediante uma revisão sistemática de literatura de um portfólio de 17 documentos, sendo que este é um tema recente; porém de um interesse crescente entre os acadêmicos e praticantes de sustentabilidade.

Neste sentido, foram identificados dez aspectos sociais principais na produção de biocombustíveis avançados: geração de emprego, desenvolvimento econômico, saúde e segurança ocupacional, saúde pública (saúde humana), participação da comunidade, igualdade de oportunidades, segurança alimentar, horários de trabalho justos, e educação fornecida à comunidade local. Os quais mostram-se importantes para serem analisados na hora de avaliar o desempenho social dos biocombustíveis avançados.

Esta pesquisa bibliográfica pretendeu abranger o maior número de estudos de qualidade relacionados a esta temática, e por isso montou uma estratégia de busca e filtragem de documentos. Porém, é possível que alguns estudos relacionados não tenham sido considerados, o que é uma limitação no estudo. Estudos futuros podem considerar estes aspectos sociais dentro da avaliação do desempenho social dos biocombustíveis avançados, considerando outros tipos de biocombustíveis avançados além do biodiesel e bioetanol, e em outras regiões do mundo, especialmente, na América Latina e África Subsaariana.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado parcialmente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código 001; o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Código CNPq 310686/2017-2) e a Fundação Araucária.

Referências

BERNAL, A. P.; *et al.* Vinasse biogas for energy generation in Brazil: an assessment of economic feasibility, energy potential and avoided CO₂ emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 151, p. 260-271, maio 2017.

CASAS, L. C.; *et al.* Sustainability assessment of the valorization scheme of used cooking oils (UCOs): the case study of Bogotá, Colombia. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 14, n. 14, p. 15317-15333, 2024.

DUARTE, A.; *et al.* Economic, environmental, and social assessment of bioethanol production using multiple coffee crop residues. **Energy**, v. 216, p. 119170, 2021.

EMBER. **Global Electricity Review 2022**. Londres: Ember, 2022. 46 p.

ETIP. **Advanced biofuels**. Zurich. Etip bioenergy.Eu. 2024.

GHADERI, H.; *et al.* A multi-objective robust possibilistic programming approach to sustainable switchgrass-based bioethanol supply chain network design. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 368-406, 2018.

HABIB, M. S.; *et al.* Management of animal fat-based biodiesel supply chain under the paradigm of sustainability. **Energy Conversion and Management**, v. 225, p. 113345, 2020.

HADDAWAY, N. R.; *et al.* ROSES RepOrting standards for Systematic Evidence Syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps. **Environmental Evidence**, v. 7, n. 1, p. 7, 19 mar. 2018.

HANSSON, J.; *et al.* Biodiesel from Bark and Black Liquor—A Techno-Economic, Social, and Environmental Assessment. **Energies**, v. 17, n. 1, p. 99, 2024.

HASAN, M.; *et al.* Sustainable biofuel economy: A mapping through bibliometric research. **Journal of Environmental Management**, v. 336, p. 117644, 2023.

HNICH, K.; *et al.* Life cycle sustainability assessment of synthetic fuels from date palm waste. **Science of the Total Environment**, v. 796, p. 148961, 2021.

HUARACHI, D. A.; *et al.* Life Cycle Thinking for a Circular Bioeconomy: Current Development, Challenges, and Future Perspectives. **Sustainability**, v. 15, n. 11, p. 8543, 2023.

IEA. **World Energy Outlook 2022**. Paris: Iea Publications, 2022.

JUSAKULVIJIT, P.; *et al.* Criteria prioritization for the sustainable development of second-generation bioethanol in Thailand using the Delphi-AHP technique. **Energy, Sustainability and Society**, v. 11, n. 1, p. 37, 2021.

KICHONGE, B.; KIVEVELE, T. Sustainable biofuel production in Sub-Saharan Africa: Exploring transesterification process, nonedible feedstocks, and policy implications. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 13, n. 3, p. 519, 2024.

LOIZIDES, M. I.; *et al.* Circular bioeconomy in action: Collection and recycling of domestic used cooking oil through a social, reverse logistics system. **Recycling**, v. 4, p. 16, 2019.

MENDECKA, B.; *et al.* Probabilistic multi-criteria analysis for evaluation of biodiesel production technologies from used cooking oil. **Renewable Energy**, v. 147, p. 2542-2553, 2020.

MOHTASHAMI, Z.; *et al.* A two-stage multi-objective second generation biodiesel supply chain design considering social sustainability: A case study. **Energy**, v. 233, p. 121020, 2021.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, 2015.

ROSTAN, J.; *et al.* Creating a social license to operate? Exploring social perceptions of seaweed farming for biofuels in Scotland, Northern Ireland and Ireland. **Energy Research and Social Science**, v. 87, p. 102478, 2022.

SILVA, T. A.; *et al.* Biofuel from wastewater-grown microalgae: A biorefinery approach using hydrothermal liquefaction and catalyst upgrading. **Journal of Environmental Management**, v. 368, p. 122091, 2024.

SINGH, S. K.; *et al.* Resilience of sustainability for a smart production system to produce biodiesel from waste animal fat. **Journal of Cleaner Production**, v. 452, p. 42047, 2024a.

SINGH, S. K.; *et al.* Strategy planning for sustainable biodiesel supply chain produced from waste animal fat. **Sustainable Production and Consumption**, v. 44, p. 263-281, 2024b.

SINGH, S. K.; *et al.* Sustainable biodiesel supply chain model based on waste animal fat with subsidy and advertisement. **Journal of Cleaner Production**, v. 382, p. 134806, 2023.

VANCE, C.; *et al.* Modeling the effects of ecosystem changes on seagrass wrack valorization: merging system dynamics with life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 370, p. 133454, out. 2022.

VINYES, E.; *et al.* Application of LCSA to used cooking oil waste management. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 445-455, 2013.

WÜSTENHAGEN, R.; *et al.* Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. **Energy policy**, v. 35, n. 5, p. 2683-2691, 2007.

YUPANQUI, K. R.; *et al.* A regionalized social life cycle assessment of a prospective value chain of second-generation biofuel production. **Journal of Cleaner Production**, v. 472, p. 143370, 2024.

ZHANG, Y.; JIANG, Y. Robust optimization on sustainable biodiesel supply chain produced from waste cooking oil under price uncertainty. **Waste Management**, v. 60, p. 329-339, 2017.