

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA BARBIERI

**INOVAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL E A
SUBSTITUIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

FRANCISCO BELTRÃO

2021

BRUNA BARBIERI

**INOVAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL E A
SUBSTITUIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

**Sustainable innovations in biofuels in Brazil and the replacement of fossil
fuels: systematic literature review**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Prof^(a). Dr^(a). Andriele De Prá
Carvalho

Coorientadora: Prof^(a). Dr^(a). Michele Di Domenico

FRANCISCO BELTRÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNA BARBIERI

**INOVAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL E A
SUBSTITUIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10/dezembro/2021

Andriele de Prá Carvalho
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Michele Di Domenico
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Marcelo Bortoli
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

FRANCISCO BELTRÃO

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudo.

Aos meus pais e irmãs, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

À minha orientadora professora Dr.^a Andriele De Prá Carvalho, e à minha coorientadora professora Dr.^a Michele Di Domenico, que me auxiliaram sempre que precisei, contribuindo para o desenvolvimento do trabalho, me proporcionando um grande crescimento profissional.

A todos os meus amigos que sempre estiveram torcendo por mim, em especial a Eduarda Leticia de Lima, que me apoiou durante todo o curso, tanto nos estudos, quanto na vida pessoal.

Enfim, muito obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Diante da crescente preocupação mundial com o aumento da temperatura terrestre, devido a emissão desenfreada de gases do efeito estufa, busca-se soluções para minimizar os danos ambientais e sociais causados por estes. Uma das melhores opções disponíveis atualmente são os biocombustíveis, visto que, são renováveis e sustentáveis, além de possuírem diversas aplicações. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar sistematicamente os estudos publicados acerca de novos biocombustíveis, tempo de transições energéticas, fatores que influenciam o desenvolvimento e difusão de tecnologias capazes de substituir os combustíveis fósseis, vantagens e desvantagens de cada aplicação, além das principais tendências e lacunas na área no Brasil. Para o levantamento dos artigos, realizou-se buscas na base de dados Science Direct, utilizando as palavras-chave: “*biofuel AND sustainable innovation AND Brazil AND multi-level*” e filtragem pela categoria artigos de revisão e artigos de pesquisa. Desta forma, obteve-se cento e vinte e seis artigos, que foram analisados considerando objetivos, metodologia, principais resultados, conclusões, ligações com a inovação sustentável e ano de publicação. A partir dos resultados obtidos, constata-se um grande foco de pesquisa em fontes energéticas renováveis tradicionais, como o etanol, além da maioria dos estudos serem do tipo qualitativo. Ainda, observa-se um aumento significativo no número de publicações após 2015, justificado, principalmente, pela criação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e do RenovaBio. Assim, destaca-se a importância de obter-se novas fontes e processos para biocombustíveis e, dessa maneira, alcançar um desenvolvimento que englobe benefícios ambientais, sociais e financeiros para todas as partes envolvidas, assim como para a população em geral, visto que, ainda existe uma grande lacuna de pesquisa na área e são necessários mais incentivos e investimentos na pesquisa, desenvolvimento, implantação e difusão dos biocombustíveis.

Palavras-chave: biocombustíveis; desenvolvimento sustentável; Brasil; energias renováveis.

ABSTRACT

In view of the growing global concern with the increase in terrestrial temperature, due to the unrestrained emission of greenhouse gases, solutions are sought to minimize the environmental and social damage caused by them. One of the best options currently available are the biofuels, as they are renewable and sustainable, in addition to having several applications. In this context, the present work aimed to systematically analyze the published studies on new biofuels, time of energy transitions, factors that influence the development and diffusion of technologies capable of replacing fossil fuels, advantages and disadvantages of each application, in addition to the main trends and gaps in the area in Brazil. For the survey of articles, searches were carried out in the Science Direct database, using the keywords: "biofuel AND sustainable innovation AND Brazil AND multi-level" and filtering by category review articles and research articles. Thus, one hundred and twenty-six articles were obtained, which were analyzed considering objectives, methodology, main results, conclusions, links with sustainable innovation and year of publication. From the results obtained, there is a large focus of research on traditional renewable energy sources, such as ethanol, in addition to the fact that most studies are of the qualitative type. Still, there is a significant increase in the number of publications after 2015, mainly justified by the creation of the Sustainable Development Goals and RenovaBio. Thus, the importance of obtaining new sources and processes for biofuels is highlighted and, in this way, achieving a development that encompasses environmental, social and financial benefits for all parties involved, as well as for the population in general, since, there is still a large research gap in the area and more incentives and investments are needed in research, development, implementation and dissemination of biofuels.

Keywords: biofuels; sustainable development; Brazil; renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia nos transportes em 2019	14
Figura 2 - Participação das renováveis nos transportes.....	15
Figura 3 - Processo produtivo do HVO.....	17
Figura 4 - Processo de produção do biometano.....	19
Figura 5 - Processo de produção de bioquerosene por Btl	21
Figura 6 - Processo de produção de bioquerosene por HEFA	21
Figura 7 - Conceito de biorrefinarias no Brasil	23
Quadro 1 - Relação de autores que abordaram biocombustíveis no Brasil em sua pesquisa.....	27
Figura 8 - Fonte energética abordada em cada artigo	38
Figura 9 - Metodologia aplicada nos artigos.....	40
Figura 10 - Ano de publicação dos artigos	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Biocombustíveis.....	13
3.2 Inovação sustentável	15
3.3 Gases do efeito estufa	16
3.4 Óleo vegetal hidrotratado (HVO).....	17
3.5 Biometano.....	18
3.6 Bioquerosene de aviação (BioQAV)	20
3.7 Biorrefinarias	22
3.8 Acordos e políticas nacionais e mundiais em relação às mudanças climáticas e emissões atmosféricas	23
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.1 Tipo de pesquisa	25
4.2 Coleta de dados.....	25
4.3 Análise dos dados.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Assunto abordado e objetivos dos artigos	27
5.2 Análise das fontes energéticas	37
5.3 Análise das metodologias	39
5.3.1 Metodologia qualitativa e pesquisa bibliográfica	40
5.3.2 Metodologia qualitativa e estudo de caso.....	42
5.3.3 Metodologia qualitativa, pesquisa bibliográfica e estudo de caso	42
5.3.4 Metodologia quali-quantitativa.....	43
5.3.5 Outras Metodologias	43
5.4 Análise dos principais resultados e conclusões dos estudos.....	44
5.5 Análise do ano de publicação dos artigos	47
5.6 Tendências e lacunas na área de biocombustíveis	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51

APÊNDICE A – TABELA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS	67
APÊNDICE B – TABELA PARA ANÁLISE DOS ARTIGOS	68
APÊNDICE C – QUADRO REFERENTE AO ASSUNTO ABORDADO EM CADA ARTIGO	69

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se uma crescente preocupação com a redução das reservas petrolíferas, aumento dos preços do petróleo, a poluição ambiental e as mudanças climáticas impulsionadas pelo uso de combustíveis fósseis. Diante disso, o emprego de biocombustíveis se mostra viável dos pontos de vista ambiental, econômico e social, como uma fonte de energia renovável e com menores impactos ambientais (SALLET e ALVIM, 2011).

No Brasil, iniciou-se o uso de biocombustíveis na década de 1920, com a adição de etanol à gasolina. Porém, somente em 1931 foi editado o decreto nº 19.717 que oficializava a utilização de cana-de-açúcar como combustível para adição à gasolina. Na década de 1970, o Governo Federal criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que estabelecia as condições necessárias para uma expansão no emprego do biocombustível (SIMÕES, 20--).

O Proálcool foi criado em 1975, com o objetivo de diminuir a dependência do país no uso do petróleo, visto que, em 1973 ocorreu a primeira crise do petróleo. Em 1978, observou-se o uso dos primeiros automóveis movidos somente a álcool e, no ano de 1983, mais de 90% dos carros vendidos utilizavam esse combustível. Já no ano de 2005, foi lançado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, com a finalidade de estimular a inclusão social e o desenvolvimento regional, além de incentivar o uso de um combustível com menor impacto ambiental. Ainda, avançando na área, em 2010, no Brasil, foram realizados os primeiros voos experimentais com bioquerosene de aviação, sendo concretizado, em 2013, o primeiro voo comercial com esse biocombustível (DELGADO; SOUSA; ROITMAN, 2017).

Ademais, em relação as leis que regem esse setor, observou-se que em 2011 foi publicada a Lei para regulação dos biocombustíveis, já em 2014, a que apresenta especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos e, por fim, no ano seguinte, 2015, publicou-se a legislação referente a especificação do biometano. E, como último marco, tem-se a criação do RenovaBio, em 2016 (DELGADO; SOUSA; ROITMAN, 2017). Nesse sentido, o RenovaBio tem a intenção de expandir a utilização de todos os tipos de biocombustíveis no Brasil, assim como, reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa e cumprir as responsabilidades adotadas no Acordo de Paris (UBRABIO, 2017b).

Ainda, na busca por uma maior proteção ao meio ambiente e ao clima, e garantia de que a população possa usufruir de paz e prosperidade, o Brasil e o mundo, juntamente com a Organização das Nações Unidas, definiram dezessete metas, denominadas Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre eles, encontram-se o acesso a energia limpa e sustentável e as ações contra a mudança global do clima (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2021).

Visando uma matriz energética mais limpa e sustentável, com o objetivo de inovação sustentável, que consiste em um desenvolvimento considerando questões financeiras, mas com a preocupação em relação ao meio ambiente e a sociedade, alguns novos biocombustíveis, que auxiliam na redução da emissão de gases do efeito estufa, e outras substâncias prejudiciais a natureza e a saúde humana, têm potencial para aumento na produção e uso, dentre eles pode-se citar o bioquerosene de aviação, o biometano e o óleo vegetal hidrotratado, entre outros (DELGADO; SOUSA; ROITMAN, 2017).

O bioquerosene de aviação é um combustível alternativo da aviação proveniente da biomassa, tendo como principais matérias-primas óleos vegetais e matérias açucaradas, sendo sua principal vantagem a redução da emissão de gases do efeito estufa (SILVA, 2019).

O biometano é obtido através da purificação do biogás e possui características semelhantes ao gás natural, o que possibilita que seja misturado ao mesmo. Pode ser produzido a partir de resíduos orgânicos provenientes de atividades agropecuárias e silviculturais, além de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto. É utilizado para geração de energia térmica e elétrica, em automóveis na substituição ao GNV e, ainda, pode ser usado como substituto parcial do diesel em caminhões, tratores e maquinário agrícola (DELGADO; SOUSA; ROITMAN, 2017).

O óleo vegetal hidrotratado é um biocombustível que usa as infraestruturas das refinarias de petróleo já existentes, é livre de enxofre e aromáticos, além de ser compatível com os motores a diesel, e apresentar boa estabilidade de armazenamento (PINTO, 2013).

Tendo em vista o que foi exposto, o presente trabalho trata sobre os novos biocombustíveis no mercado brasileiro, como o bioquerosene de aviação, o biometano e o óleo vegetal hidrotratado (HVO), entre outros, através de uma revisão sistemática da literatura em plataformas digitais, utilizando o método de análise desenvolvido por Denyer e Tranfield (2009), com a finalidade de traçar um panorama da atual situação

e constatar quais as principais lacunas no setor, verificando quais biocombustíveis possuem maior potencial para crescimento, investimento e substituição dos combustíveis fósseis, causando, conseqüentemente, uma diminuição nos impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar sistematicamente os estudos publicados sobre novos biocombustíveis e inovação sustentável e verificar a atual situação no Brasil e as principais lacunas na área.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamento bibliográfico dos artigos sobre biocombustíveis e inovação sustentável;
- Analisar sistematicamente os artigos levantados na pesquisa;
- Identificar com base no conceito de biocombustíveis e na literatura pesquisada, as principais dificuldades para implementação e uso de novos biocombustíveis visando a inovação sustentável;
- Observar tendências e lacunas para pesquisas futuras na área de inovação de biocombustíveis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

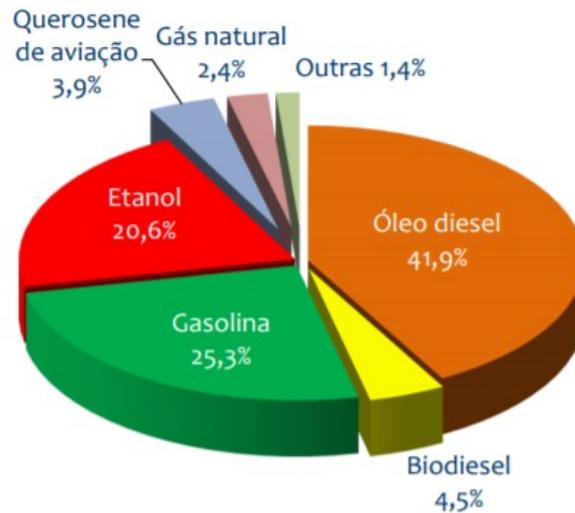
3.1 Biocombustíveis

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020a), os “biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.”

Com o objetivo de um desenvolvimento mais sustentável e que apresente menores impactos ambientais, esse é um ramo em grande crescimento no Brasil e no mundo. As principais razões são diminuir a dependência de petróleo, visto que, essa é uma fonte finita e pode se tornar escassa em alguns anos, o que causa uma instabilidade de preços e distribuição desuniforme (GALEMBECK; BARBOSA; SOUSA, 2009). Além disso, busca-se reduzir e controlar a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, para minimizar o aquecimento global (LEITE e LEAL, 2007).

Atualmente, os principais biocombustíveis produzidos no Brasil são o etanol, derivado da cana-de-açúcar, e o biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Em 2019, a produção de etanol foi de 36,0 bilhões de litros, o que representa um aumento de 11% em relação ao ano anterior. Já a produção de biodiesel, no mesmo período, foi de aproximadamente 9,3 bilhões de litros (EPE, 2020a). Além disso, observando a Figura 1, verifica-se que em 2019 a participação de biocombustíveis no setor de transportes no Brasil ficou em 25,1%, sendo essa uma parcela significativa que mostra que o país tem grande potencial para expansão do uso de fontes renováveis na sua matriz energética.

Figura 1 - Consumo de energia nos transportes em 2019



Fonte: EPE (2020b)

De acordo com a ANP (2020b), no ano de 2020 o Brasil possuía 410 instalações produtoras de biodiesel e etanol, sendo estas concentradas principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, visto que nessas localidades se encontram as maiores produções de matéria-prima para esses biocombustíveis.

Em 2019, entrou em vigor a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei nº 13.576/2017, uma iniciativa do Governo Federal que visa aumentar a produção e participação dos biocombustíveis na matriz energética de transportes nacional e, dessa forma, estabelecer metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis. Além disso, verifica-se uma tendência de entrada de novos biocombustíveis na matriz energética brasileira (ANP, 2020c).

Tendo em vista as preocupações com o desenvolvimento sustentável e os incentivos oferecidos pelo Governo Federal, como o RenovaBio, observa-se que está ocorrendo no Brasil um crescimento na utilização de fontes renováveis no setor de transportes, para substituição dos combustíveis fósseis, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Participação das renováveis nos transportes



Fonte: EPE (2020b)

Diversas pesquisas são realizadas na área, na busca por soluções inovadoras em biocombustíveis, para possibilitar uma expansão mundial no setor. Alguns biocombustíveis merecem destaque, como o HVO (óleo vegetal hidrotratado), o BioQAV (bioquerosene de aviação) e o biometano (EPE, 2017).

3.2 Inovação sustentável

Segundo o Manual de Oslo (OCDE, 2006)

“Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.”

Na década de 1970, devido à escassez de alguns recursos naturais, surgiu uma preocupação das empresas em relação a formas de crescimento que não fossem comprometidas por essa falta de materiais. A partir disso, desenvolveu-se o interesse e a busca pela sustentabilidade (desenvolvimento sustentável) (SILVA *et al.*, 2012).

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, publicou o Relatório Brundtland, em que define desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. O desenvolvimento sustentável se baseia na diminuição do uso de matérias-primas e produtos, e consequente aumento na reutilização, isso aliado a participação da sociedade, com o objetivo de equilibrar a economia e o meio ambiente (CORREIA e DIAS, 2016).

Além disso, observa-se a inserção de um modelo de economia circular, fundamentado na regeneração do valor do capital, buscando a reinserção de produtos como matérias-primas nas cadeias produtivas, obtendo, dessa forma, um maior equilíbrio entre questões econômicas e ambientais (GONÇALVES e BARROSO, 2019).

Assim sendo, elaborou-se o conceito de inovação sustentável em que se integra nas empresas um crescimento com benefícios ambientais, sociais e financeiros (SILVA *et al.*, 2012). Além de que, percebe-se que as organizações não podem basear sua competitividade apenas em termos de desempenho econômico, visto que, é fundamental avaliar aspectos sociais e ambientais, para uma evolução a longo prazo (SILVEIRA *et al.*, 2016).

Ademais, observa-se que para alcançar sustentabilidade, é necessária uma educação continuada, por parte das empresas e da população como um todo e, para isso, deve-se implementar ações que auxiliam na transformação do pensamento humano, visando o aumento da proteção ao meio ambiente (BITENCOURT; SILVA; SANTOS, 2018).

3.3 Gases do efeito estufa

Gases do efeito estufa (GEE) são substâncias gasosas como vapor d'água, dióxido de carbono, ozônio, metano, entre outros, que estão presentes naturalmente na atmosfera e são responsáveis por absorver parte da radiação infravermelha emitida pelo sol e refletida pela superfície da Terra, ou seja, têm como propriedade reter o calor (IBICT, 1999).

Um dos gases que mais preocupa os cientistas é o dióxido de carbono (CO₂), visto que o mesmo atua como a cobertura de uma estufa sobre a Terra, aquecendo o planeta e permitindo a existência de vida humana. Porém sua emissão tem aumentado significativamente, devido às atividades humana e do uso de combustíveis fósseis, e como ele permanece na atmosfera por cerca de 100 anos, a quantidade presente está se tornando cada vez maior, amplificando a temperatura terrestre (IBICT, 1999).

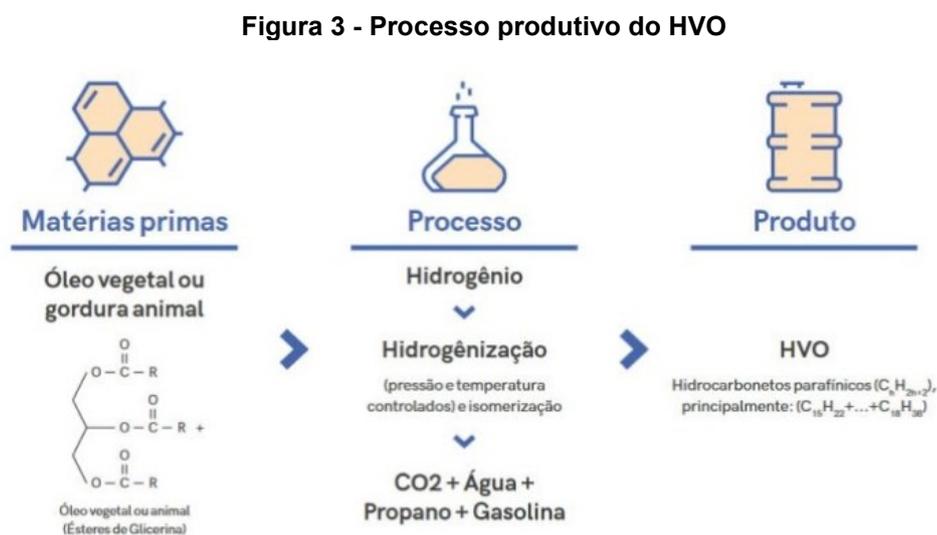
Ainda, outro gás responsável pelo efeito estufa é o metano, o qual normalmente se origina de processos de extração e uso de combustíveis fósseis ou da decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas (TOLENTINO; ROCHA-

FILHO, 1998). Possui um tempo de residência de aproximadamente 10 anos, bem menor quando comparado ao CO₂, porém, devido ao seu potencial de aquecimento maior, causa cerca de 28 vezes mais impacto que o gás carbônico (SEEG, 2020). Além disso, é responsável por aproximadamente 18% do aquecimento global, e sua concentração atmosférica tem aumentado significativamente, apresentando um crescimento de 0,9% ao ano (LEGNAIOLI, 20--).

Em 2019, as emissões brutas brasileiras de gases do efeito estufa tiveram um aumento de 9,6%, lançando na atmosfera 2,17 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente, impulsionado principalmente pelo desmatamento na Amazônia, seguido pela agricultura e pelo setor energético, sendo que esse último foi responsável por 19% do total das emissões do país, isso se deve, sobretudo, ao acionamento de termelétricas a gás e ao aumento do uso de diesel (SEEG, 2020).

3.4 Óleo vegetal hidrotratado (HVO)

O óleo vegetal hidrotratado, também conhecido como diesel verde, é produzido a partir do hidroprocessamento catalítico de óleos vegetais e gorduras, sendo este um processo de refino comum, que gera uma mistura de hidrocarbonetos com base parafínica, livre de enxofre, oxigênio e compostos aromáticos (REALPE, 2016). Na Figura 3 é apresentado um esquema do processo produtivo do HVO.



Fonte: FUTURETRANSPORT (2020)

Este biocombustível apresenta diversas vantagens, dentre elas pode-se citar a baixa emissão de gases do efeito estufa, sendo que durante seu ciclo de vida emite

cerca de 50 a 90% menos GEE que o diesel comum, maior estabilidade de armazenamento, utilização em motores a diesel sem modificação de misturas exigidos pelo éster de ácido graxo, não requer novas instalações e pode ser produzido utilizando a capacidade da refinaria de petróleo, além de não gerar subproduto (REALPE, 2016).

Entre os anos de 2018 e 2019, a produção de HVO cresceu 8,3% e, atualmente, este é o terceiro maior biocombustível no mundo em relação ao volume produzido (EPE, 2019).

A tecnologia HVO já é empregada pela Petrobras sob a denominação de HBio, porém o óleo utilizado como matéria-prima neste processo apresenta alto custo e este biocombustível possui elevados consumos energéticos em algumas rotas tecnológicas, sendo que estes fatores dificultam a inserção do mesmo na matriz energética brasileira (EPE, 2019). Além disso, ainda não existe regulação específica para sua utilização (EPE, 2017).

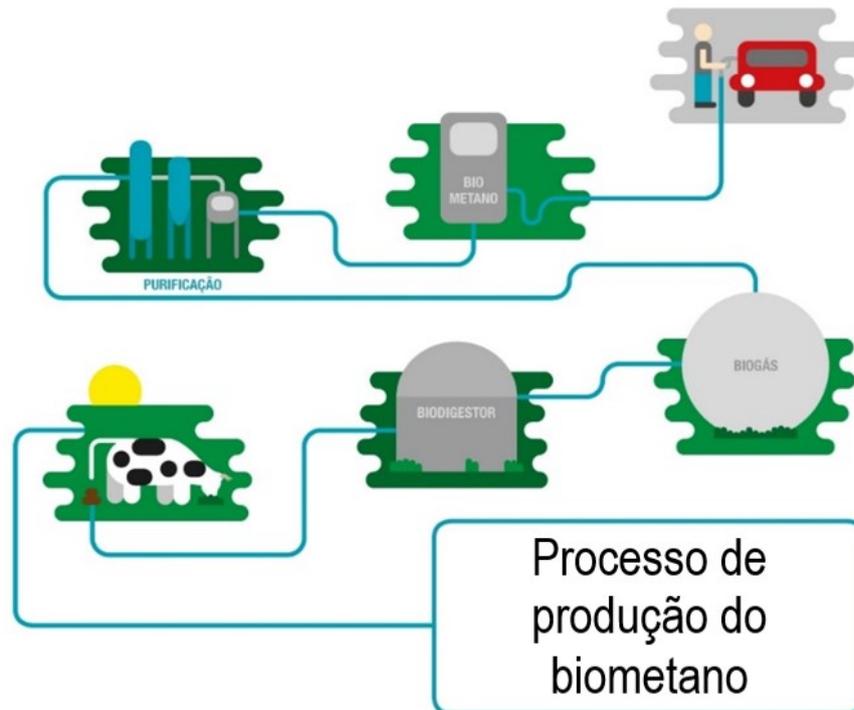
3.5 Biometano

Conforme a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020d),

“Biometano é um biocombustível gasoso obtido a partir do processamento do biogás. Por sua vez, o biogás é originário da digestão anaeróbica de material orgânico (decomposição por ação das bactérias), composto principalmente de metano e dióxido de carbono (CO₂).”

A seguir, na Figura 4, observa-se como ocorre a produção do biometano.

Figura 4 - Processo de produção do biometano



Fonte: Adaptado de Ritt (2018)

O biometano é uma das mais eficientes opções para redução da emissão de CO₂ e para diminuição dos impactos climáticos causados, principalmente, pelo setor de transportes. Além disso, apresenta alta rentabilidade energética por hectare de área cultivada (PROBIOGÁS, 2016).

O uso do biometano apresenta muitas vantagens, sendo as principais a sua grande diversidade de aplicação, podendo ser utilizado como gás para geração de energia, calor ou combustível veicular (MIKI, 2018).

O biometano é um gás intercambiável com gás natural, sendo que a utilização de uma mistura de 20% em massa de biometano com gás natural causa diminuição de 39% nas emissões de gases do efeito estufa, quando comparado com combustíveis derivados do petróleo. Além disso, se o biometano for utilizado puro, a redução pode chegar a 97% (MIKI, 2018).

Em 2018, a companhia de saneamento do estado de São Paulo iniciou a produção de biometano a partir do esgoto urbano, apresentando grandes possibilidades de uso nos ônibus de transporte urbano de passageiros, porém esse biocombustível ainda é pouco aplicado comercialmente (FERNANDES e MARIANI, 2019).

Os aspectos econômicos se apresentam como uma barreira na entrada desse biocombustível na matriz energética nacional (EPE, 2017), uma vez que, os custos de

produção dependem da fonte de biogás utilizada e da capacidade da unidade de beneficiamento, o que pode gerar gastos adicionais no processo de separação e extração do biometano. Entretanto, vários países, como Alemanha, Suécia e Reino Unido, desenvolveram políticas de isenção de taxas para uso veicular do biometano, além de subsídios para investimentos e incentivos na área (MIKI, 2018).

3.6 Bioquerosene de aviação (BioQAV)

A indústria aeroespacial é responsável por cerca de 2% da emissão mundial de gás carbônico na atmosfera (FREIRE, 2014), por este motivo, a mesma vem buscando formas de reduzir o lançamento de poluentes atmosféricos. Dessa maneira, o bioquerosene aparece como uma excelente oportunidade para substituição dos combustíveis fósseis (UBRABIO, 2017a).

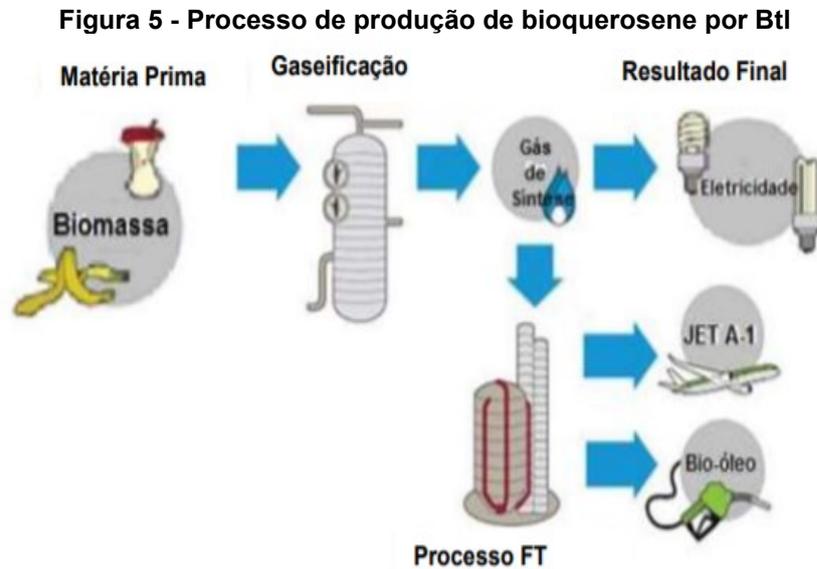
O termo bioquerosene de aviação é definido pela Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, Art. Nº 6, XXXI como “substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil” (BRASIL, 2011).

O Brasil possui condições climáticas e ambientais extremamente favoráveis para a produção de diversas matérias-primas com potencial para utilização na elaboração desse bicomcombustível, como o babaçu, a cana-de-açúcar, a palma, o eucalipto e a soja (EPE, 2019). Além disso, pode ser empregado o óleo de cozinha usado, visto que é uma ótima forma de retirar do meio ambiente um resíduo com grande capacidade poluidora e retorná-lo ao ciclo produtivo como uma fonte de energia renovável (UBRABIO, 2017a).

O bioquerosene pode ser obtido utilizando processos químicos, que se baseia no uso de oleaginosas vegetais ou gorduras animais, que são submetidos a processos de transesterificação, processos bioquímicos em que bactérias e leveduras modificadas metabolizam matérias açucaradas e produzem diversos hidrocarbonetos, ou então por processos termoquímicos, utilizando craqueamento catalítico e gaseificação e síntese catalítica (BONASSA *et al.*, 2014).

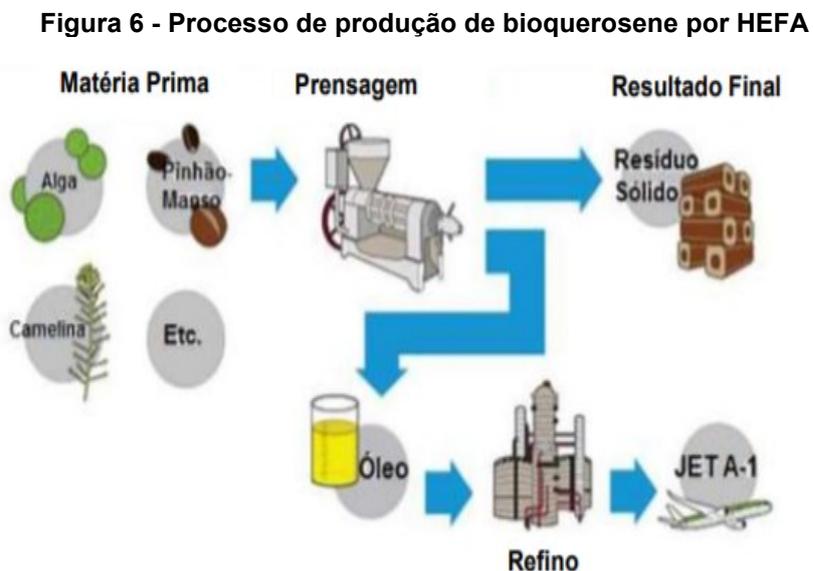
Na Figura 5, representa-se um dos principais processos usados para bioquerosene de aviação, sendo este o de biomassa para líquido (*biomass-to-liquid*, BtL), que consiste na decomposição da matéria-prima por gaseificação, em que a

biomassa é aquecida em altas temperaturas para que ocorra a quebra das moléculas e obtenha-se o gás de síntese, e, após isso, realiza-se o processo de Fischer-Tropsch, que gera o combustível líquido (COSTA, 2016).



Fonte: ENVIRO.AERO, 2011 (adaptado por Costa, 2016)

Outra forma bastante empregada para obter o bioquerosene é através do hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos (*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*, HEFA). Inicialmente, realiza-se a extração de óleo da biomassa, depois é feito o craqueamento com altas temperaturas, em seguida o hidrotreamento e, por último, executa-se o refino (COSTA, 2016). Este processo pode ser visualizado na Figura 6.



Fonte: ENVIRO.AERO, 2011 (adaptado por Costa, 2016)

O BioQAV é desenvolvido sob o conceito de *drop-in*, que é baseado em empregar a mesma infraestrutura já utilizada na produção de querosene para aviação, além de não exigir adaptação das aeronaves e motores (ANAC, 2019).

Ainda, de acordo com a ANAC (2019), “o primeiro teste com bioquerosene no país ocorreu em 2010 em um voo da TAM, hoje Latam. Azul e Gol também realizaram experimentos com combustíveis sustentáveis.” No entanto, este biocombustível ainda não é amplamente utilizado, sendo que, em 2029 espera-se que a participação de mercado de BioQAV seja igual a 1% da demanda total de combustível de aviação, e que possua linhas aéreas específicas adotando rotas tecnológicas certificadas (EPE, 2019).

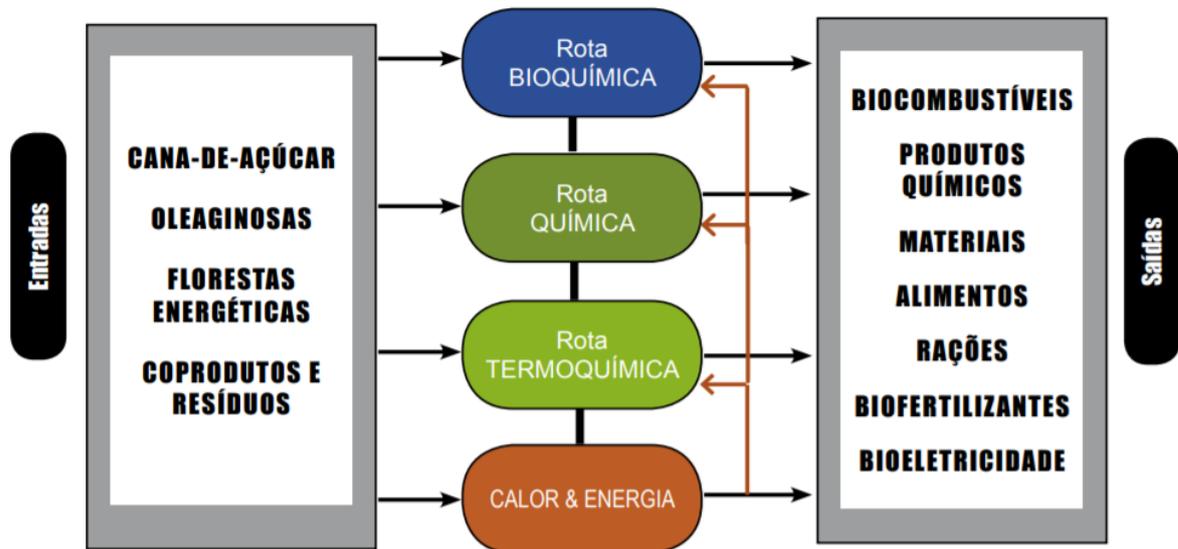
Portanto, as principais vantagens do bioquerosene de aviação são a diminuição das taxas do efeito estufa na atmosfera, além de possibilitar ao setor uma queda na dependência das fontes tradicionais de combustíveis e, dessa forma, garantir um futuro mais seguro em relação a escassez dos combustíveis fósseis (FAPESP, 2013).

3.7 Biorrefinarias

As biorrefinarias são instalações que utilizam todo tipo de biomassa, desde resíduos orgânicos, cultural energético e biomassa aquática, e, a partir delas é possível obter um grande número de produtos, como biocombustíveis, insumos químicos, materiais, alimentos, rações e energia (SANTOS; RUZENE; SILVA, 2017).

Ademais, as biorrefinarias aplicam diversas rotas de conversão, como bioquímicas, microbianas, química e termoquímicas, com o objetivo de aproveitar ao máximo a biomassa e a energia que ela pode disponibilizar, dessa forma, melhorando o uso de recursos, diminuindo os efluentes, trazendo mais benefícios e lucros (EMBRAPA, 20--). A seguir, na Figura 7, são apresentadas as principais matérias-primas, rotas e produtos de biorrefinarias no Brasil.

Figura 7 - Conceito de biorrefinarias no Brasil



Fonte: EMBRAPA (20--)

Um dos materiais com maior potencial para utilização através das biorrefinarias é a biomassa lignocelulósica, que é a biomassa obtida de resíduos desta, como folhas, casca, caules, palhas, bagaço e talos. Grande parte desses materiais são constituídos de lignina, celulose e hemicelulose, e com processos apropriados, a partir da conversão total ou parcial dos mesmos, é possível a aquisição de bioprodutos eficientes (SANTOS; RUZENE; SILVA, 2017).

Dessa forma, as biorrefinarias são opções sustentáveis que integram diversos processos, aproveitando ao máximo a biomassa, para diminuir a quantidade de matéria-prima necessária, reduzindo as inseguranças relativas ao uso da terra e a disputa com o ramo alimentício. Além disso, com o emprego dos resíduos, fornece produtos com maior valor agregado e minimiza os problemas relativos ao meio ambiente (OLIVEIRA, 2016).

3.8 Acordos e políticas nacionais e mundiais em relação às mudanças climáticas e emissões atmosféricas

Anualmente, desde 1995, as nações realizam conferências mundiais para analisar as mudanças climáticas que ocorrem na Terra e sugerir soluções para frear as mesmas. Atualmente, um dos principais acordos assumido pelos países é o Acordo de Paris, que é um tratado global, adotado em 2015 na Conferência das Nações

Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP), com o objetivo de estabelecer medidas para mitigação das mudanças climáticas e emissões de gases do efeito estufa a partir de 2020, além de reduzir o aumento da temperatura do planeta para um valor menor que 2°C. Para isso, os países assumiram compromissos nacionais para atingir esses propósitos, sendo que o Brasil se comprometeu a diminuir suas emissões de gases do efeito estufa em 37% em 2025, e até 2030 a redução será de 43% (MCTIC, 20--).

Em 2021, ocorreu a nova COP26 em Glasgow, para renovar as responsabilidades assumidas pelos países participantes, além de estabelecer metas mais ambiciosas e, dessa forma, frear os efeitos das mudanças climáticas causadas pela emissão de gases tóxicos na atmosfera e cumprir os objetivos do Acordo de Paris. O Brasil revisou sua meta de redução de emissões, passando de 43% para 50% até 2030, além de ter reiterado a intenção de neutralidade climática até 2050. Além disso, anunciou acordos não obrigatórios em relação ao desmatamento zero e redução de 30% nas emissões de gás metano até 2030 e, ainda, pactos por recuperação florestal (Agência Câmara de Notícias, 2021).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Tipo de pesquisa

O presente trabalho trata-se de uma revisão sistemática da literatura sobre inovações sustentáveis na área de biocombustíveis. Segundo Denyer e Tranfield (2009) a revisão sistemática é um processo metodológico que busca e seleciona estudos existentes e, a partir disso, examina as informações para obter considerações claras sobre assuntos que são ou não conhecidos.

O estudo de Xavier *et al.* (2017) define os passos para a revisão sistemática da literatura, baseado no método de Denyer e Tranfield (2009):

- 1) Formulação da questão de pesquisa;
- 2) Localização dos estudos;
- 3) Seleção e avaliação dos estudos;
- 4) Análise e síntese;
- 5) Relato e uso dos resultados da pesquisa.

4.2 Coleta de dados

Para a localização dos estudos para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizada como base de dados a plataforma Science Direct, usando como filtro artigos de revisão e artigos de pesquisa, não sendo incluso capítulos de livros, enciclopédias, editoriais, entre outros. Definiu-se as palavras-chave a partir do objetivo do trabalho, sendo empregadas as seguintes: *biofuel AND sustainable innovation AND Brazil AND multi-level*.

4.3 Análise dos dados

Após o levantamento dos dados, com o auxílio da tabela do Apêndice A para listagem dos estudos, foi realizada uma análise dos títulos e objetivos de cada artigo, para verificar quais discorrem sobre o tema biocombustíveis e inovação sustentável. Posteriormente, foi feita a leitura na íntegra do artigo, e efetuado o estudo com base em algumas categorias, sendo elas a metodologia, o combustível pesquisado, a abordagem do conceito de inovação sustentável, os principais resultados obtidos, e

as lacunas de pesquisa encontradas. Com fundamento nisso, foi elaborada uma planilha no Excel, para organização e avaliação dos dados, tendo como base a tabela do Apêndice B.

Este estudo aprofundado busca apresentar uma compreensão sólida do atual conhecimento sobre biocombustíveis, apresentando informações e identificando as principais lacunas nesse campo, para verificar as maiores dificuldades na expansão e uso de novas fontes e processos na área de biocombustíveis, aliado a inovação sustentável.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a base de dados, Science Direct, utilizada nesta pesquisa e o método de levantamento dos artigos, foram analisados cento e vinte e seis artigos. Verificou-se que todos apresentaram assuntos abordando o tema fontes de energias renováveis, porém apenas alguns continham a ligação com o desenvolvimento sustentável, biocombustíveis e possuíam o Brasil como foco na pesquisa, os quais eram temas importantes para o estudo. Sendo assim, nas seções a seguir mostram-se os resultados obtidos da análise, a partir da metodologia de filtros empregada nos artigos, por título, assunto abordado e objetivos.

5.1 Assunto abordado e objetivos dos artigos

Ao realizar a leitura dos artigos, observou-se que 21 dos 126 abrangiam o tema sobre biocombustíveis no Brasil, entretanto em muitos deles foram realizadas análises de modelos de governança, política, algoritmos, tempo de implantação, entre outros, de fontes de energia já existentes e implantadas a algum tempo, sendo que poucos tinham como foco o desenvolvimento de novos biocombustíveis. Diante disso, no Quadro 1 são apresentados os artigos que estudaram algum dos itens citados acima relacionado aos biocombustíveis no Brasil, bem como seus respectivos objetivos.

Quadro 1 - Relação de autores que abordaram biocombustíveis no Brasil em sua pesquisa

Autores/Ano	Título	Objetivo
Lira Luz Benites Lazaro, Leandro Luiz Giatti, Celio Bermann, Angelica Giarolla, Jean Ometto (2021)	Policy and governance dynamics in the water-energy-food-land nexus of biofuels: Proposing a qualitative analysis model	Formular um modelo analítico qualitativo que vai além dos três componentes do nexo água-energia-alimento, incorporando outros elementos, como política, inovação, governança e trabalho para examinar seus efeitos como fatores de influência e entender como as sinergias, <i>trade-offs</i> e interligações há muito esquecidas entre setores e entre as políticas e instituições existentes podem se tornar visíveis. Esse modelo qualitativo foi aplicado ao caso do etanol no Brasil.
Laura German, Ariane Goetz, Tim Searchinger, Gustavo de LT Oliveira, Julia Tomei,	<i>Sine Qua Nons</i> of sustainable biofuels: Distilling implications of under-performance for national biofuel programs	Revisitar e expandir as conclusões dos documentos e debates recentes sobre políticas sobre desempenho de biocombustíveis até o momento, de modo a destilar

Carol Hunsberger, Jes Weigelt (2017)		as lições aprendidas e aproveitar essas lições e a literatura mais ampla sobre gestão de mudanças e escalabilidade para explorar as implicações para a governança de biocombustíveis.
Semida Silveira, Francis X. Johnson (2015)	Navigating the transition to sustainable bioenergy in Sweden and Brazil: Lessons learned in a European and International context	Explorar a partir de uma abordagem sociotécnica por que a transição para a bioenergia moderna obteve sucesso em alguns segmentos e/ou países, mas não em outros. Refletir sobre a disponibilidade de recursos sociotécnicos iniciais na forma de plataformas estabelecidas, motivações de políticas e papéis de diferentes partes interessadas. Analisar como as redes sociotécnicas evoluíram ao longo do tempo em resposta a políticas facilitadoras e grupos de interesse, bem como grupos de oposição em quatro segmentos diferentes de bioenergia: biomassa sólida para aquecimento distrital na Suécia, carvão vegetal para a indústria de ferro e aço no Brasil e etanol para transporte em ambos os países.
Susana Garrido Azevedo, Tiago Sequeira, Marcelo Santos, Luis Mendes (2019)	Biomass-related sustainability: A review of the literature and interpretive structural modeling	Contribuir com a literatura, trazendo-lhe um conceito de sustentabilidade dos países em relação à biomassa, identificar os principais motivos que impedem a biomassa de ser uma importante fonte de produção de energia e, portanto, do desenvolvimento sustentável dos países, ou seja, identificar algumas adversidades e constrangimentos associados à produção de bioenergia a partir da biomassa.
Francis X. Johnson, Semida Silveira (2013)	Pioneer countries in the transition to alternative transport fuels: Comparison of ethanol programmes and policies in Brazil, Malawi and Sweden	Analisar os caminhos de transição em diferentes níveis de desenvolvimento econômico para países que se empenharam propositadamente em estimular o abandono dos combustíveis fósseis no setor de transporte, para isso, escolheu-se três países (Brasil, Malawi e Suécia), de forma a abranger três regiões diferentes do mundo e três níveis diferentes de desenvolvimento econômico.
Madeleine J. Florin, Martin K. van Ittersum, Gerrie WJ van de Vem (2013)	Family farmers and biodiesel production: Systems thinking and multi-level decisions in Northern Minas Gerais, Brazil	Abordado através da preocupação em inserir novas fontes energéticas na matriz nacional, a partir de pequenos produtores, observando como é feita a gestão dos recursos naturais.

<p>Giuliano Dragone, Abraham A. J. Kerssemakers, Jasper L. S. P. Driessen, Celina K. Yamakawa, Larissa P. Brumano, Solange I. Mussato (2020)</p>	<p>Innovation and strategic orientations for the development of advanced biorefineries</p>	<p>Resumir e discutir as mais recentes inovações e orientações estratégicas para o desenvolvimento de biorrefinarias avançadas. O foco é dado na valorização dos componentes não carboidratos da biomassa (proteína, ácido acético e lignina), produção local e sob medida de enzimas, análise de <i>big data</i> e esforços interdisciplinares. A ideia é fornecer novos conhecimentos e direções para apoiar o desenvolvimento e a implementação em larga escala de biorrefinarias.</p>
<p>Rafael Bennertz, Arie Rip (2018)</p>	<p>The evolving Brazilian automotive-energy infrastructure: Entanglements of national developmentalism, sugar and ethanol production, automobility and gasoline</p>	<p>Revisar o desenvolvimento histórico da infraestrutura automotiva-energética no Brasil de forma que as características mais generalizáveis fossem visíveis, focando principalmente no etanol.</p>
<p>Carlo Ingraio, Jacopo Bacenetti, Alberto Bezama, Vincent Blok, Pietro Goglio, Emmanuel G. Koukios, Marcus Lindner, Thomas Nemecek, Valentina Siracusa, Anastasia Zabaniotou, Donald Huisingh (2018)</p>	<p>The potential roles of bio-economy in the transition to equitable, sustainable, post fossil-carbon societies: Findings from this virtual special issue</p>	<p>Destacar a importância da pesquisa acadêmica em documentar formas de conceitos, ferramentas, tecnologias, educação e políticas de base biológica, desempenhando papéis cada vez mais centrais para acelerar a transição para a equidade, com sociedades sustentáveis de carbono pós-fóssil.</p>
<p>Barry D. Solomon, Karthik Krishna (2011)</p>	<p>The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook</p>	<p>Analisar as transições anteriores e os fatores por trás delas, junto com seus prazos. Três estudos de caso modernos são discutidos: Brasil, que mudou de um sistema de transporte baseado no petróleo para um baseado na cana-de-açúcar-etanol; França, que mudou da energia elétrica a óleo para a energia nuclear; e os Estados Unidos, que tentou mudar do petróleo estrangeiro para uma mistura de recursos energéticos domésticos.</p>
<p>Robert Gross, Richard Hanna, Ajay Gambhir, Philip Heptonstall, Jamie Speirs (2018)</p>	<p>How long does innovation and commercialisation in the energy sectors take? Historical case studies of the timescale from invention to widespread commercialisation in energy supply and end use technology</p>	<p>Considerar evidências históricas para o tempo que uma variedade de tecnologias de fornecimento e uso final de energia levaram para emergir da invenção, se difundir no mercado e alcançar ampla implantação.</p>
<p>Jens Clausen, Klaus Fichter (2019)</p>	<p>The diffusion of environmental product and</p>	<p>Analisar quais são os principais fatores que impulsionam ou</p>

	service innovations: Driving and inhibiting factors	dificultam a difusão de inovações ambientais de produtos e serviços.
Nathan E. Hultman, Elizabeth L. Malone, Paul Runci, Gregory Carlock, Kate L. Anderson (2011)	Factors in low-carbon energy transformations: Comparing nuclear and bioenergy in Brazil, Sweden, and the United States	Estudar as transformações energéticas em bioenergia e energia nuclear no Brasil, Suécia e Estados Unidos.
Luiz Augusto Horta Nogueira, Luiz Gustavo Antonio de Souza, Luís Augusto Barbosa Cortez, Manoel Regis Lima Verde Leal (2017)	Sustainable and Integrated Bioenergy Assessment for Latin America, Caribbean and Africa (SIByL-LACAf): The path from feasibility to acceptability	Revisar a experiência atual na avaliação de sistemas de bioenergia e propor um caminho para apoiar os formuladores de políticas no processo de implantação de novos sistemas de bioenergia sustentáveis ou na avaliação dos existentes, especialmente para países em desenvolvimento.
Bettina Kretschmer, Sonja Peterson (2009)	Integrating bioenergy into computable general equilibrium models — A survey	Enfocar diferentes abordagens para incluir a bioenergia em modelos de equilíbrio geral computável (CGE), as vantagens e desvantagens dessas abordagens e as implicações para o trabalho de modelagem futuro. Comparar e explicar os principais resultados de diferentes modelos. Além disso, destacar várias técnicas de introdução de tecnologias de bioenergia em estruturas de modelagem CGE.
Joyashree Roy, Duke Ghosh, Anupa Ghosh, Shyamasree Dasgupta (2013)	Fiscal instruments: crucial role in financing low carbon transition in energy systems	Realizar uma revisão abrangente dos instrumentos fiscais aplicados em todas as nações para facilitar as transições do sistema de energia de baixo carbono.
Antonios C. Kokossis, Aidong Yang (2010)	On the use of systems technologies and a systematic approach for the synthesis and the design of future biorefineries	Destacar o papel central da tecnologia de sistemas para promover a inovação, visualizar opções e apoiar a experimentação computacional de alto rendimento, argumentando que as ferramentas de sistema são amplamente subdesenvolvidas. Além disso, descrever oportunidades para inovação em design, síntese em nível de conceito e integração de processos.
Benjamin K.Sovacool (2011)	An international comparison of four polycentric approaches to climate and energy governance	Questionar as abordagens policêntricas - aquelas que misturam escalas, mecanismos e atores - promovem equidade, inclusão, informação, responsabilidade, multiplicidade organizacional e adaptabilidade que resultam na resolução de problemas relacionados ao clima e energia. Depois de explicar sua seleção de casos e metodologia de pesquisa, definir governança climática e conceituar

		policentrismo, o estudo responde a esta pergunta com casos relacionados ao fornecimento de eletricidade na Dinamarca, produção de etanol no Brasil, energia renovável em pequena escala em Bangladesh e uso de energia fora da rede na China.
Benjamin K. Sovacool (2015)	How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions	Investigar a questão crítica do tempo nas transições energéticas globais e nacionais.
Babette Never, Joachim Betz (2014)	Comparing the Climate Policy Performance of Emerging Economies	Fornecer uma Análise Comparativa Qualitativa sobre o desempenho da política climática de sete economias emergentes, dividido em uma comparação temporal de 14 casos. Testar a influência da indústria verde nacional, o legado da posição tradicional de negociação internacional de proporção de combustíveis fósseis para capacidade financeira e a influência da sociedade civil ambiental nas mudanças nos níveis de emissão.
Sikandar Abdul Qadir, Hessah Al-Motairi, Furqan Tahir, Luluwah Al-Fagih (2021)	Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review	Revisar os fatores que afetam a transição para energias renováveis, delinear o estado atual das energias renováveis e discutir as barreiras para a adoção das energias renováveis enfrentadas por indivíduos, empresas e instituições vinculadas ao governo. Ademais, destacar a importância da participação das partes interessadas na formulação de políticas, oferecendo alternativas para a tributação do carbono e conectividade da rede global para alcançar a transição para energias renováveis.

Fonte: Autoria própria (2021)

Por meio do algoritmo de processamento de linguagem natural desenvolvido por Lazaro *et al.* (2021), foi possível observar como a produção científica e as instituições estão lidando com as complexidades associadas à produção de cana-de-açúcar no contexto das ligações de água, energia, alimentos e recursos terrestres (*water-energy-food-land* (WEFL)), e a utilidade de modelos qualitativos na avaliação do desenvolvimento, perspectivas e progresso dos biocombustíveis. Assim, as ligações WEFL incorporam importantes fatores de influência, como política, governança, inovação e trabalho. Sob esse ponto de vista, a tecnologia e a inovação desenvolvidas pela indústria da cana-de-açúcar geraram uma variedade de produtos

e serviços, como bioeletricidade, bioplásticos, tecnologia de combustível flexível e etanol celulósico de segunda geração a partir do bagaço.

Além disso, Lazaro *et al.* (2021) constataram que o etanol é o setor que mais tem se beneficiado da cooperação com o centro de pesquisas do país e tem levado inovações importantes para melhorar o processo produtivo e o progresso tecnológico de novos subprodutos da cana.

Solomon e Krishna (2011) também estudaram a incorporação do etanol no Brasil, e constataram que é um programa de destaque e sucesso mundial, com potencial para replicação por outros países em desenvolvimento, por ser uma maneira eficiente de substituição dos combustíveis fósseis, diminuindo a emissão de CO₂ e outros gases na atmosfera.

Ainda, German *et al.* (2017), averiguou que as políticas de biocombustíveis são implantadas segundo o interesse do Estado em segurança energética e sua ligação com o lucro privado. Isso também foi percebido por Johnson e Silveira (2013), sendo que observaram que para uma transição para combustíveis alternativos, dentre eles os biocombustíveis, é necessária uma interação de uma rede coordenada de atores públicos e privados, bem como, políticas nacionais fortes, independente do estágio de desenvolvimento econômico do país. Outrossim, concluíram que países em desenvolvimento, como o Brasil, têm mais chances de transições rápidas devido a incentivos mais fortes e menor dependência de trajetória, do que países integrantes da União Europeia, por exemplo.

Segundo Hultman *et al.* (2011), diversos fatores são essenciais para transformações no setor energético, dentre elas, segurança energética, desenvolvimento rural, apoio às indústrias existentes, competitividade econômica doméstica, expertise no setor de tecnologia e energia, estrutura de gestão do setor privado, redes políticas e capacidade financeira.

Outro fator importante, segundo Johnson e Silveira (2013), é a geração de coprodutos a partir dos biocombustíveis, pois estes podem alavancar financiamento, reduzir encargos ambientais, cultivar benefícios locais e oferecer incentivos econômicos adicionais aos produtores.

Nesse sentido, Clausen e Fichter (2019) também realizaram uma análise para identificar condições responsáveis por explicar a difusão das inovações ambientais, sendo elas, o incentivo e apoio do impulso do mercado, bem como de um custo-benefício favorável, o apoio a alta compatibilidade e confiança na inovação ambiental,

e a organização da inovação. Ademais, verificaram que dois terços das inovações ambientais permaneceram em um nicho e não se espalharam com sucesso. Esse número é relativamente alto e mostra a importância em dar foco às técnicas que contribuam para uma difusão mais efetiva.

Do mesmo modo, Roy *et al.* (2013), no seu estudo, perceberam que é necessária uma fusão de inovação e difusão de tecnologia para que a transição de baixo carbono seja eficiente.

Sendo assim, para que os biocombustíveis apresentem realmente benefícios ambientais, sociais e econômicos é necessário que os mesmos sigam algumas premissas indispensáveis, fato estudado por German *et al.* (2017), que conclui que é imprescindível ser feita “uma abordagem adaptativa, colaborativa e intensiva em conhecimento que trata a inovação política como experimentação, aborda desequilíbrios de poder e usa processos inclusivos para definir metas, monitorar o desempenho e mudar curso diante das evidências de danos ambientais e sociais”.

Outro fator observado por German *et al.* (2017) foi que é crucial buscar formas de reduzir a demanda global de energia, pois só assim o planeta se tornará mais sustentável, possibilitando aos países alcançarem suas metas de emissão de gases do efeito estufa, visto que, a produção de biocombustíveis derivados da biomassa não consegue atender todo o consumo global atual, de uma maneira que cumpra com os objetivos sociais e ambientais.

Ainda, German *et al.* (2017), verificou condições a serem levados em consideração antes da implantação de biocombustíveis, dentre eles, pode-se citar o desenvolvimento de metas e expectativas, condições necessárias para o objetivo ser alcançado, o impacto global das escolhas das políticas nacionais, a aceitabilidade das compensações relacionadas a cenários alternativos de produção, avaliar se os biocombustíveis são os melhores meios para atingir as metas estabelecidas e, por fim, decidir se quer prosseguir com o programa de biocombustíveis proposto.

De acordo com Solomon e Krishna (2011), existem poucas chances dos países realizarem transições rápidas para fontes de energia renováveis, mesmo diante da situação que vem enfrentando. Porém, se obstáculos institucionais forem reconhecidos, tratados e superados, é possível em um curto espaço de tempo disseminar as tecnologias de eficiência energética, posto que, essas são econômicas, fáceis de implementar, já existentes e não requerem avanços técnicos.

Gross *et al.* (2018) também realizaram uma análise do tempo para criação e implantação de novos métodos no setor de energia, estes observaram que, geralmente, esse processo é multi-decadal, podendo levar em torno de quarenta anos. Além disso, nas próximas décadas, os sistemas de energia de baixo carbono implementados provavelmente serão aqueles em que a tecnologia já está disponível ou em estágio final de implantação em larga escala. Isso significa que as políticas de implantação de tecnologia, incluindo regulamentação, programas de subsídios e metas, são pelo menos tão importantes quanto apoiar pesquisa e desenvolvimento.

Ainda, Gross *et al.* (2018) perceberam que é necessário o apoio político em tecnologias inovadoras em áreas onde alternativas de baixo carbono para produtos ou processo existentes ainda não foram encontradas. No entanto, é vital que o tempo e o esforço necessários para garantir que as tecnologias de baixo carbono entrem no mercado não possam ser ignorados.

Sovacool (2011) constatou que para atingir os objetivos de mudança climática, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa, é imprescindível que os governos estejam dispostos a arrecadar impostos, implementar regulamentações e investir em inovação, além de estarem propensos a intervir e investir em ações objetivas que levem o país a atingir uma produção e consumo de energia mais sustentáveis, todavia é necessário compartilhar o poder com outros atores. Além disso, através da observação do policentrismo, verifica que os problemas climáticos energéticos são diferentes dependendo da região, mas assegura que um padrão comum estimule todas as comunidades a agir.

Roy *et al.* (2013) encontraram pontos responsáveis pelas transições de sustentabilidade nos sistemas de energia, sendo eles, preocupação com a segurança energética, descarbonização do sistema energético, apoio à indústria nacional, redução da pobreza e geração de renda. Ainda, observaram que o mundo está buscando por políticas de descarbonização, algumas de forma mais intensa, porém, até agora, todas as tentativas foram direcionadas ao sistema de subsídio financeiro para um único combustível, em vez de um sistema de instrumentos multigás.

Em contrapartida, Azevedo *et al.* (2019) detectaram limitações e obstáculos para a implantação de biocombustíveis, dentre elas, pode-se citar “i) maior eficiência na colheita, processamento e infraestrutura de transporte; ii) altos custos de produção de energia; e iii) altos custos da biomassa”. Ademais, observaram que inovação, eficiência e sustentabilidade no ramo de biocombustíveis está diretamente ligado a

fatores econômicos, sociais e ambientais, que incluem geração de empregos, manejo florestal adequado e governança regulatória.

Never e Betz (2014), em seu estudo, notaram que no Brasil a Petrobras ainda possui monopólio no setor energético, isto é, a empresa, basicamente, determina os tipos de combustíveis que serão utilizados no país, podendo-se afirmar que seu foco principal são o petróleo e gás. Dessa forma, a mesma demonstra pouco apoio ao desenvolvimento de programas focados em fontes de energia renováveis. No entanto, a sociedade civil ambiental e ONGs pressionam o governo para a adoção de políticas ambientais mais favoráveis ao clima, diante disso, o governo se vê obrigado a revisar suas políticas florestais, aumentar a fiscalização e tornar mais ativa a influência do Ministério do Meio Ambiente.

Ademais, compreende-se que apenas um aumento no uso de energia renovável não é satisfatório para alcançar uma baixa emissão de gases do efeito estufa e melhorar o desenvolvimento sustentável se a produção de combustíveis fósseis também continuar crescendo ou então se a capacidade financeira do país for limitada (NEVER e BETZ, 2014).

Ainda, Sovacool (2015) examinou o tempo necessário para ocorrência de transições de energia, bem como as principais influências nesse quesito, sendo que este é fundamental para adoção de políticas de energia renovável. Alguns países conseguiram, em certo ponto da história, transições rápidas de energia, como é o caso do Brasil e a implantação do etanol e dos veículos flex-full em substituição ao petróleo, porém, normalmente, as transições energéticas se apresentam em um gráfico como uma linha que aumenta e diminui, ou seja, é dependente de vários fatores.

Nesse sentido, no futuro, as causas predominantes para rápidas transições energéticas serão a escassez e impossibilidade de pagar os recursos, por exemplo, “uma avaliação dos ‘cenários mais prováveis’ estimou que a produção global de petróleo atingiu o pico em 2015, que a produção de gás natural atingiria o pico em 2035 e que a produção de carvão teria pico em 2052” (SOVACOOOL, 2015).

Ainda, outro motivo determinante para transições de energia rápidas é evitar os custos sociais e ambientais decorrentes da mudança climática constante, isso significa que as emissões atmosféricas de gases destruidores da camada de ozônio não poderão continuar ocorrendo, ou então teremos um planeta praticamente inabitável em poucos anos. Por último, o aprendizado e a inovação tecnológica podem

produzir novas tecnologias e sistemas com potencial de crescimento exponencial (SOVACOOOL, 2015).

Kretschmer e Peterson (2009), por sua vez, aplicaram modelos de equilíbrio geral computável (CGE) para examinar os efeitos de políticas climáticas internacionais, visto que, os biocombustíveis apresentam um crescimento considerável por suas inúmeras vantagens tanto no desenvolvimento rural quanto na segurança energética e combate ao aquecimento global e esse setor precisa ser analisado juntamente com o resto da economia, obtendo um feedback nacional e internacional.

Dessa maneira, os biocombustíveis possuem um grande potencial no setor de transportes, uma vez que, esse é um dos que mais emitem gás carbônico na atmosfera e, diante disso, em diversos países, a sua produção, bem como da bioenergia em geral, é apoiada por cotas, isenções fiscais e subsídios. Por consequência, tanto os biocombustíveis convencionais, como o etanol, quanto os avançados, como o biodiesel e combustíveis celulósicos, estão se desenvolvendo rapidamente e expandindo para regiões que o uso ainda não é em grande escala e, em médio e longo prazo, terão um papel extremamente importante na matriz energética mundial.

De acordo com Silveira e Johnson (2015), a transição global para um sistema energético ambientalmente sustentável irá demandar mudanças sociotécnicas combinadas com políticas de sistemas que orientam o desenvolvimento do setor mais amplo, ou seja, é necessário reunir todos os atores para criar e ampliar o uso de novas tecnologias e métodos de gestão e incorporá-los aos sistemas de produção existentes, além de forças técnico-econômicas que estimulam a inovação e o uso eficaz dos recursos.

Qadir *et al.* (2021) cita que um dos principais obstáculos para as transições de energia renováveis é o financiamento. Diante disso, é importante envolver instituições financeiras no fornecimento de apoio ao público disposto a investir em energias renováveis, além de que, empresas internacionais de petróleo e tecnologia permaneceram interferindo no ritmo da transição. Para promover o investimento é fundamental a conscientização sobre os diferentes aspectos das tecnologias de energias renováveis e seu uso.

Ademais, Kokossis e Yang (2010) abordaram em sua pesquisa as refinarias de primeira e segunda geração para produção de biocombustíveis. As refinarias de

primeira geração são aquelas com foco na produção de um único biocombustível e utiliza como matéria-prima fontes de origem alimentar, como cana-de-açúcar, milho, entre outros. As refinarias de segunda geração, por sua vez, envolvem um grande número de produtos possíveis, numerosos caminhos de processamento e muitas opções de tecnologias de processamento.

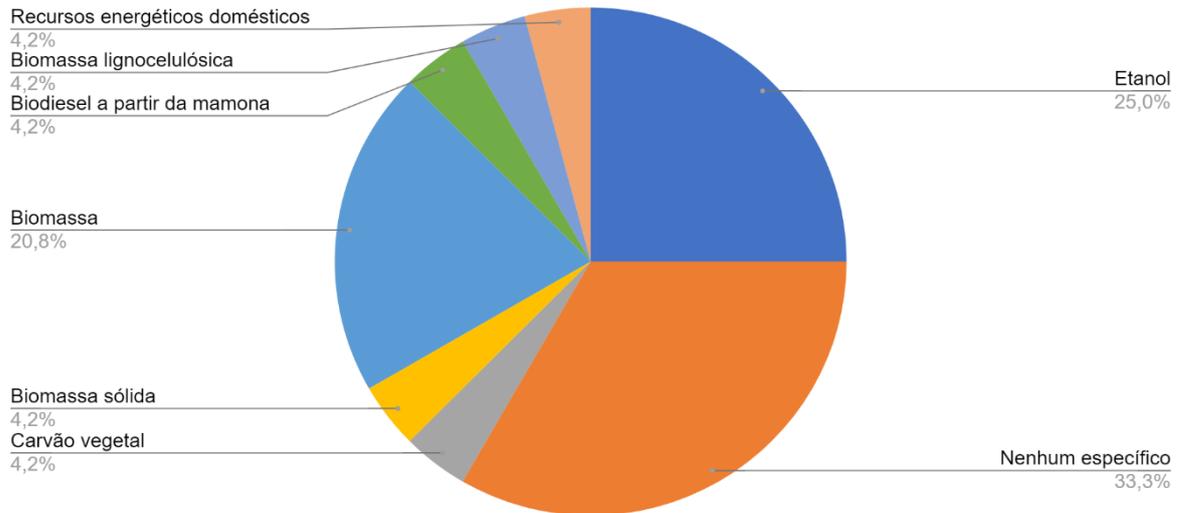
Assim, Dragone *et al.* (2020) compreenderam que biorrefinar é o processo que transforma a biomassa em uma variedade de produtos de base biológica que podem ser comercializados, além de bioenergia e, por meio das biorrefinarias, é possível ter a valorização de todos os componentes da biomassa.

Além do mais, Ingraio *et al.* (2018) discute sobre bioeconomia, que é uma forma de economia baseada no uso de biomassa renovável, a qual é produzida e convertida em materiais de valor agregado, produtos químicos, alimentos, rações, combustível e energia. Contudo, somente projetando e implementando sistemas bioeconômicos de forma inteligente e responsável, respeitando os requisitos do desenvolvimento sustentável, é que poderá promover a utilização de métodos de produção e consumo, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa, e, dessa maneira, manter e melhorar a produtividade e lucratividade da empresa.

A partir do estudo do uso da mamona para produção de biodiesel em Minas Gerais, Florin; Ittersum; Vem (2013), perceberam que para ocorrer um crescimento na região de estudo, bem como a inclusão social com o desenvolvimento do biocombustível é crucial que sejam feitas melhorias no manejo técnico da cultura, redução das restrições de caixa no nível agrícola e inovações na cadeia produtiva. Dessa forma, constata-se que essas medidas são válidas independente da região do país e tipo de biocombustível produzido, pois somente dessa forma se alcançará um desenvolvimento que traga benefícios ambientais, sociais e econômicos para todas as partes interessadas.

5.2 Análise das fontes energéticas

Analisando os dados dos 21 artigos selecionados, construiu-se um gráfico mostrando quais as fontes de energia renovável mais abordadas nos estudos. Esse resultado é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Fonte energética abordada em cada artigo

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir da avaliação da Figura 8, constata-se que a maioria dos artigos, 6 no total, teve como foco de pesquisa o etanol, seguido pela biomassa, retratada em 5 artigos, sendo que alguns abordaram um tipo específico, enquanto outros discutiram sobre várias fontes de biocombustíveis, sendo este último apresentado na Figura 8 como nenhum específico, correspondendo a 8 artigos. Isso demonstra como os estudos ainda concentram sua atenção em fontes e métodos mais tradicionais e conhecidos de utilização de biocombustíveis, sem explorar os benefícios que o uso de novos materiais e processos poderiam trazer.

Dessa maneira, de acordo com Silveira e Johnson (2015), o programa de etanol do Brasil é um exemplo mundial de sucesso na substituição do petróleo no setor de transporte, isso justifica o porquê de as pesquisas serem em grande parte voltadas para esse combustível, visto que, este fornece diversas informações relevantes acerca de como obter êxito na implantação de novas tecnologias.

Porém, observa-se que é imprescindível a introdução de matérias-primas que não sejam derivadas somente de alimentos e que demandem grandes áreas de terra para a plantação, pois, dessa maneira, a viabilidade e sustentabilidade do biocombustível é incerta e causam inseguranças financeiras e alimentares (KOKOSSIS e YANG, 2010).

Uma opção apresentada nos estudos foi a de Kokossis e Yang (2010), que debateu sobre as biorrefinarias de segunda geração, ou seja, aquelas que abordam diversos caminhos de processamento adicionais, com uma grande gama de matérias-

primas a serem aplicadas, como, por exemplo, os resíduos. Alguns processos sugeridos são a hidrogenação dos óleos vegetais para geração de diesel verde, e o processo térmico ou químico, dependendo da finalidade, para rompimento da biomassa lignocelulósica, sendo que esta, segundo Dragone *et al.* (2020), é aquela composta principalmente por proteínas, ácido acético e lignina, com potencial para fabricação de bioprodutos valiosos.

5.3 Análise das metodologias

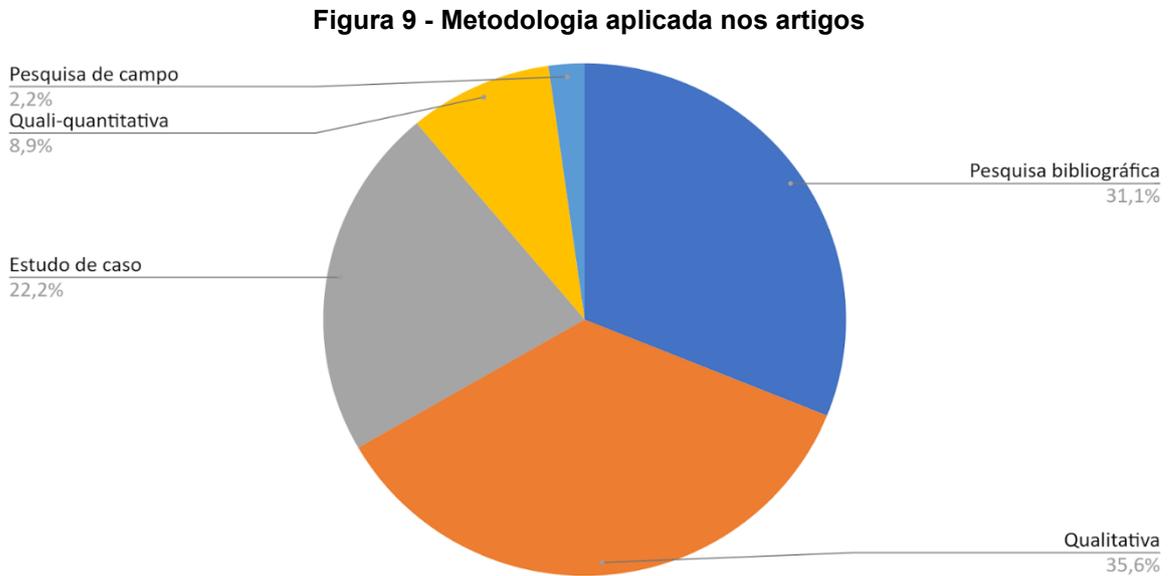
De acordo com Coelho (2019), as metodologias podem ser classificadas em categorias conforme a abordagem e procedimentos usados no estudo. Quanto a abordagem dividem-se em:

- Qualitativas: aquelas em que a relação entre o mundo e o sujeito não pode ser traduzida em números, é um método descritivo e, geralmente, a análise é indutiva;
- Quantitativas: as informações e opiniões são transformadas em números, para que posteriormente sejam classificadas e analisadas;
- Quali-quantitativas: se caracterizam por abordarem dados tanto qualitativamente quanto quantitativamente.

Ainda, quanto aos procedimentos são classificadas como:

- Pesquisa experimental: em que um objeto de estudo é escolhido, então as variáveis que podem influenciá-lo são selecionadas e, são estabelecidas formas de controle e observação dos efeitos das variáveis;
- Pesquisa bibliográfica: é embasada por materiais já publicados, como livros, artigos científicos, entre outros;
- Pesquisa documental: feita com materiais que não receberam tratamento analítico;
- Pesquisa de campo: baseada em investigações feitas através da coleta de dados junto às pessoas, complementando à pesquisa bibliográfica e/ou documental;
- Estudo de caso: abrange um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, com a finalidade de buscar um detalhamento aprofundado do assunto.

Após a análise das metodologias aplicadas em cada um dos 21 artigos, classificou-se as mesmas e construiu-se a Figura 9.



Fonte: Autoria própria (2021)

Observando-se a Figura 9, nota-se que a maioria dos artigos, 16 no total, possuem uma abordagem qualitativa, e nenhum deles utilizou somente a abordagem quantitativa. Já em relação ao procedimento utilizado, percebe-se que 14 artigos realizaram pesquisa bibliográfica e 10 artigos aplicaram estudos de caso.

5.3.1 Metodologia qualitativa e pesquisa bibliográfica

German *et al.* (2017) revisaram perspectivas teóricas sobre gestão de mudanças, observando os fatores responsáveis pela discordância entre objetivos de política e programa e resultados reais, e fatores que fundamentam uma gestão bem sucedida de mudanças, além de sintetizar evidências da literatura sobre a eficácia e a sustentabilidade dos programas nacionais de biocombustíveis, e identificar razões indispensáveis para governança de biocombustíveis.

Já, Garrido *et al.* (2019), utilizaram essa metodologia para observar variáveis que são influenciadas pelo uso da biomassa, relacionando com a sustentabilidade. Ainda, examinaram as adversidades e limitações que dificultaram a implementação da biomassa como uma fonte de energia importante.

Ademais, Ingrão *et al.* (2018), destacaram a importância da pesquisa acadêmica e suas contribuições para a bioeconomia, dividindo o estudo em cinco temas de pesquisa, sendo eles, biomassa, biomateriais e bioenergia; agricultura; silvicultura; produção e embalagem de alimentos e rações; e aplicativos diversos.

Clausen e Fichter (2019) analisaram 130 casos em uma grande variedade de campos de produtos e serviços ambientais, obtendo informações importantes para políticas de sustentabilidade, meio ambiente e inovação.

Outrossim, Kokossis e Yang (2010) aplicaram a metodologia qualitativa no estudo de biocombustíveis de primeira e segunda geração, bem como, observaram as dificuldades de otimização de suas cadeias de suprimentos e uma posição de que a abordagem total dos sistemas poderia aproveitar contribuições importantes e duradouras. Ainda, estudaram o papel da tecnologia de sistemas no estímulo à inovação e solução de problemas complexos que podem surgir nas biorrefinarias.

Já, Qadir *et al.* (2021) empregaram a revisão de literatura qualitativa para caracterizar obstáculos para a transição para energias renováveis, além de evidenciar estratégias de implementação acelerada dessas transições. Observaram que é crucial que todos os aspectos para transição para energia renovável, como formulação de políticas, mecanismos de financiamento e tecnologias de armazenamento, sejam avaliados para que a redução da emissão de gás carbônico seja efetiva.

Dragone *et al.* (2020) examinaram as inovações recentes e orientações estratégicas para o desenvolvimento de biorrefinarias avançadas, com o objetivo de implantar em larga escala as biorrefinarias, tendo como alvo a valorização de proteína, ácido acético e lignina da biomassa.

Kretschmer e Peterson (2009) exploraram a literatura acerca de políticas de bioenergia/biocombustíveis, então analisaram as vantagens dos modelos de equilíbrio geral computáveis e compararam com modelos de equilíbrio parcial.

Por fim, Lazaro *et al.* (2021) analisaram as ligações dentro donexo água, energia, alimentos através da categorização de dicionários temáticos compostos de vetores de palavras. A partir disso, construíram o modelo qualitativo que foi aplicado ao corpus usando técnicas de Processamento de Linguagem Natural.

5.3.2 Metodologia qualitativa e estudo de caso

Bennertz e Rip (2018) empregaram metodologia qualitativa com estudo de caso para estudar a história da infraestrutura automotivo-energética no Brasil e a influência dos interesses de um estado desenvolvimentista modernizador com os recursos do setor açucareiro e os artefatos do setor automotivo. Ainda, é apresentada uma perspectiva sobre o surgimento e estabilização de infraestruturas.

Outrossim, Solomon e Krishna (2011) realizaram três estudos de caso, sendo eles, a transição do petróleo para o etanol de cana-de-açúcar no Brasil, a mudança da energia elétrica a óleo para energia nuclear na França e a tentativa de substituição do petróleo estrangeiro para uma mistura de recursos energéticos domésticos nos Estados Unidos. Em cada caso, averiguou-se qualitativamente fatores influentes nas transições e os prazos para estas.

5.3.3 Metodologia qualitativa, pesquisa bibliográfica e estudo de caso

Silveira e Johnson (2015) escolheram como estudos de caso as transições bioenergéticas na Suécia e no Brasil, realizando uma comparação entre os dois casos e analisando as causas que facilitaram ou dificultaram cada transição, para isso, utilizaram a literatura disponível sobre transições sociotécnicas, sistemas de inovação e abordagens de sistemas.

Já, Roy *et al.* (2013), exploraram a literatura existente sobre instrumentos fiscais eficientes e eficazes para a transição para sistemas de baixo carbono, estudando como políticas do governo nacional intervêm e mobilizam o financiamento interno ao apoio para as transições energéticas, atraindo, dessa forma, fundos públicos e privados que auxiliam no suporte para as transições. Como estudo de caso foram utilizados diversos países de todas as regiões do planeta.

Ademais, Sovacool (2015), observou a literatura acerca do tempo de ocorrência das transições energéticas globais e nacionais, para isso, emprega dez estudos de caso, que levaram de 1 a 16 anos para concretizar a transição energética e afetaram quase um bilhão de pessoas ao redor do mundo.

Além disso, Johnson e Silveira (2013) verificaram caminhos alternativos de transição de transporte, tendo como foco programas e políticas de etanol em três países (Brasil, Malawi e Suécia). Para tal, analisaram uma ampla gama de literatura

publicada e realizaram entrevistas, discussões e seminários com atores-chave. A pesquisa levou quase quatro décadas e abrangeu três continentes.

5.3.4 Metodologia quali-quantitativa

Florin *et al.* (2013) teve como estudo de caso o Norte de Minas Gerais, tendo sido escolhida essa região para verificar as decisões de gestão dos agricultores, indústrias e formuladores de políticas que possam interferir no envolvimento de agricultores familiares na produção de biodiesel a partir da mamona, basearam seu estudo na literatura científica que mostra as barreiras que precisam ser ultrapassadas para tornar viável a produção de mamona na região e, dessa forma, aumentar o engajamento dos agricultores nesse setor.

Já Gross *et al.* (2018), fez uma revisão empírica do tempo decorrido desde a invenção até o uso comercial generalizado de várias tecnologias e, uma discussão conceitual e de definição dos estágios de inovação, enraizada na literatura sobre inovação.

Outrossim, Hultman *et al.* (2011) selecionaram casos, fizeram entrevistas com especialistas e analisaram os dados sobre motivos que influenciam a transformação significativa da tecnologia de energia em contextos nacionais e tecnológicos. Como estudo de caso foram selecionados três países (Brasil, Suécia e Estados Unidos) e duas formas de energia (bioenergia e energia nuclear).

Nogueira *et al.* (2017) buscaram observar a experiência atual na avaliação dos sistemas de bioenergia e, a partir disso, sugerir um caminho para apoiar os formuladores de políticas no processo de implantação de novos sistemas de bioenergia sustentáveis ou na avaliação dos existentes, para isso, utiliza uma matriz de pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças.

5.3.5 Outras Metodologias

Sovacool (2011) realizou a recolha de dados através de entrevistas e pesquisas de campo em sete países, juntamente com quatro estudos de caso, com o objetivo de examinar programas e políticas que tenham alguma influência nas mudanças climáticas e no uso moderno da energia.

Por fim, Never e Betz (2014) aplicaram seu estudo no Brasil, China, Índia, Indonésia, Coreia do Sul, México e África do Sul, com a finalidade de testar a influência da indústria verde doméstica, a proporção de combustíveis fósseis para poder financeiro, a posição de negociação internacional e a sociedade civil ambiental, para esse fim, utilizaram uma Análise Comparativa Qualitativa.

5.4 Análise dos principais resultados e conclusões dos estudos

Ao analisar os vinte e um artigos observou-se que Lazaro *et al.* (2021) tiveram como resultado a construção de dicionários temáticos da literatura científica existente sobre o etanol e pesquisas voltadas para essa área no Brasil, a partir de algoritmos de processamento de linguagem natural.

Ademais, German *et al.* (2017) averiguaram que existem condições mínimas indispensáveis para que os programas de biocombustíveis sejam implantados com sucesso de forma justa e sustentável. Ainda, concluíram que a meta mais essencial é encontrar formas de reduzir a demanda mundial de energia, pois, só assim será possível alcançar o desenvolvimento sustentável.

Já, Roy *et al.* (2013) perceberam que o uso de instrumentos fiscais para intervenções políticas é responsável pela geração de recursos domésticos de financiamento, bem como apoio para que as transições para energias de baixo carbono ocorram.

Outrossim, Azevedo *et al.* (2019) percebeu que o desenvolvimento sustentável no campo da biomassa está relacionado a fatores econômicos, sociais e ambientais. Além do mais, as políticas governamentais são as principais responsáveis por diminuir o uso de combustíveis fósseis e instigar a inovação e adesão aos biocombustíveis, causando, dessa forma, a atenuação das mudanças climáticas.

Além disso, Johnson e Silveira (2013) também verificaram que políticas nacionais fortes aliadas a atores públicos e privados, possibilitam transições de combustíveis em níveis distintos de desenvolvimento econômico.

Ainda, Gross *et al.* (2018), da mesma forma, notaram que é indispensável a continuidade de esforços políticos em tecnologias inovadoras, levando em consideração tanto o apoio à pesquisa e desenvolvimento, quanto ao tempo e esforço necessários para que as tecnologias de baixo carbono sejam implementadas no mercado.

Por sua vez, Silveira e Johnson (2015) concluíram que é importante que a biomassa seja considerada para diversas aplicações, como, por exemplo, combustível, fibras e alimentos. Além de que, para alcançar uma transição energética que atenda aos requisitos de sustentabilidade são necessárias mudanças sociotécnicas apoiadas por instituições públicas e privadas que possuam interesse em estimular a pesquisa, desenvolvimento, inovação e o uso eficiente dos recursos, assim como metas e políticas capazes de angariar investimentos, criar mercado e infraestrutura.

Além do mais, Dragone *et al.* (2020) constataram que somente com a junção de conhecimento de especialistas, acadêmicos e indústrias, além de ações de todas as partes interessadas e formuladores de políticas será possível a inovação e criação de novas biorrefinarias no futuro, sendo que, apesar de que diversos avanços já tenham ocorrido na área e muitas biorrefinarias já estejam funcionando em larga escala, para alcançar a sustentabilidade ainda são imprescindíveis melhorias e desenvolvimento de tecnologias eficientes e economicamente viáveis.

Outrossim, Bennertz e Rip (2018) compreenderam que a história energética de um país e os resíduos dos conhecimentos sobre o uso de biocombustíveis trazem informações importantes sobre o desenvolvimento e uso de fontes renováveis de energia, que auxiliam na busca e implantação de novas tecnologias e fontes de biocombustíveis.

Já, Ingrao *et al.* (2018) perceberam que a bioenergia é uma área de pesquisa internacional crucial, principalmente no campo da bioeconomia. Além disso, há um interesse crescente na influência da bioeconomia nos setores agrícola e florestal, sobretudo nas alternativas de processamento dos materiais em relação às infraestruturas de produção para obter a sustentabilidade.

Hultman *et al.* (2011) identificaram fatores imprescindíveis para mudanças no sistema energético, sendo os principais, a política doméstica que tinha como objetivos a competitividade econômica doméstica, segurança energética, desenvolvimento rural e apoio às indústrias existentes. Ademais, outros agentes são a saturação inicial no setor de tecnologia e energia, a estrutura de gestão do setor privado, redes políticas e capacidade financeira.

Sovacool (2011) averiguou que abordagens policêntricas para a governança climática e energética podem criar uma estrutura equitativa, inclusiva, informativa, responsável, protetora e adaptável para obter a sustentabilidade e segurança na área

energética. Ademais, observou que, geralmente, os formuladores de políticas buscam encontrar soluções para os problemas de energia e clima através do desenvolvimento de tecnologias, porém percebeu que ter o tipo certo de ambiente político também é necessário.

Em seu outro estudo, Sovacool (2015) concluiu que é possível ocorrer transições rápidas no sistema energético, mas as mesmas só são perceptíveis quando alguns fatores são levados em consideração, como o quão significativa é a mudança, a sociedade em que ela ocorre, os recursos energéticos e serviços de energia que ela vai influenciar, além do contexto em que acontece.

Ademais, Solomon e Krishna (2011) também perceberam pontos sobre as transições energéticas, verificando que as mesmas podem ocorrer em algumas décadas. No entanto, uma transição global no setor de energia é pouco provável de acontecer em curtos períodos de tempo, porque, atualmente, não há uma concordância entre todas as nações sobre as vantagens advindas dessas mudanças.

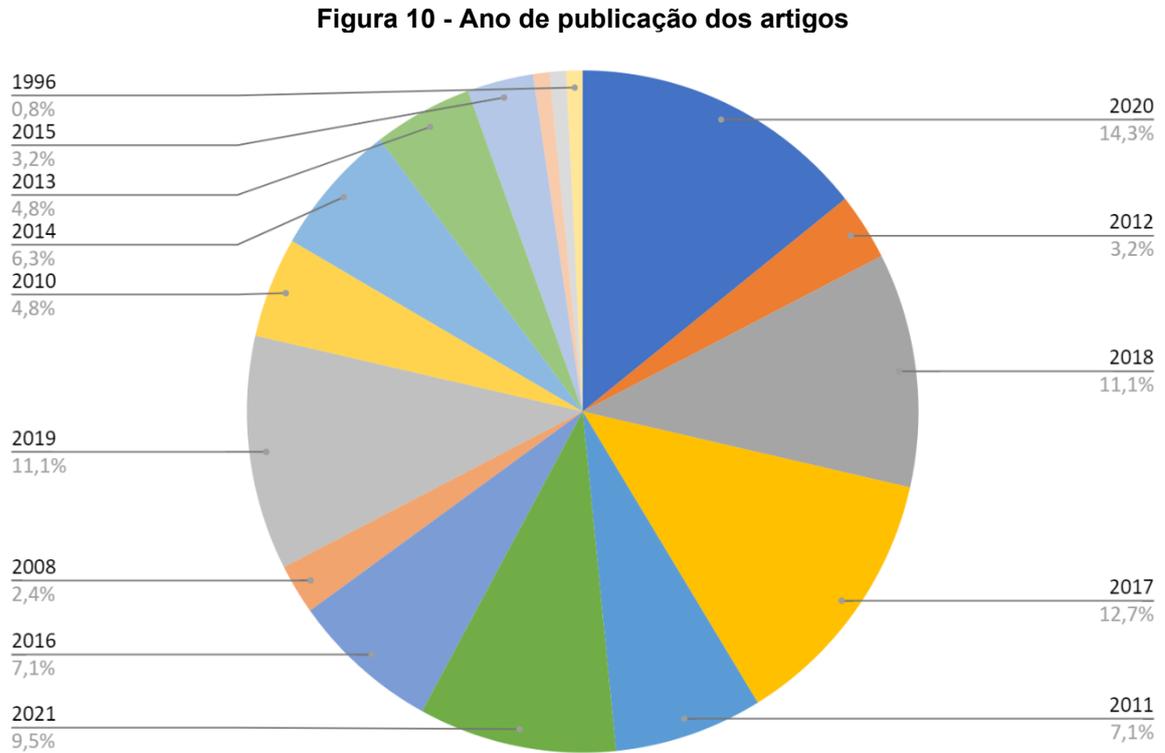
Somado a isso, Qadir *et al.* (2021) notou que uma das principais dificuldades para transições de energia renováveis é o financiamento e a falta de conscientização acerca das fontes de energia renováveis e os seus benefícios e aplicações. Sendo assim, somente com incentivos nessas áreas será possível conquistar um futuro mais limpo e sustentável.

Never e Betz (2014) observaram que somente possuir uma quantidade considerável de energia proveniente de fontes renováveis não é suficiente para obter um desenvolvimento sustentável, sem causar danos ao meio ambiente, se o uso de combustíveis fósseis continuar aumentando e a capacidade financeira do país for insuficiente.

Por fim, Florin *et al.* (2013) identificaram condições para alcançar o desenvolvimento sustentável, social e regional - melhorias no manejo técnico da cultura, redução das restrições de caixa no nível agrícola e inovações na cadeia produtiva -, para que, dessa forma, os agricultores tenham benefícios econômicos, sociais e ambientais, assim como, as indústrias e a população em geral.

5.5 Análise do ano de publicação dos artigos

Na Figura 10 é apresentado o gráfico com a relação das datas de publicação dos 126 artigos analisados.



Fonte: Autoria própria (2021)

Ao observar o gráfico, constata-se que houve um grande crescimento na realização de pesquisas nos últimos anos, sendo que mais de 50% das publicações ocorreram a partir de 2015. Isso demonstra que devido ao aumento com a preocupação global em relação à emissão de gases do efeito estufa e mudanças climáticas, bem como a adoção dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável em 2015 e a criação do RenovaBio em 2016 contribuíram para incentivar pesquisadores, Universidades e Instituições Privadas à estudarem assuntos relacionados aos biocombustíveis e a inovação sustentável, possibilitando um maior conhecimento sobre o assunto e as principais dificuldades enfrentadas nessa área.

5.6 Tendências e lacunas na área de biocombustíveis

A partir do estudo dos artigos observou-se que uma das principais lacunas na área de biocombustíveis está relacionada ao financiamento e à conscientização. Apesar dos incentivos, muitos indivíduos ainda não conhecem os benefícios das energias renováveis, fator que cria uma barreira ao apoio e implantação de novas fontes, visto que os investidores individuais e corporativos ficam relutantes em investir nesse ramo (QADIR *et al.*, 2021).

Outrossim, é fundamental a realização de pesquisas, tanto de instituições públicas quanto privadas, com o objetivo de melhorar a eficiência produtiva, econômica e sustentável dos biocombustíveis, bem como o apoio dos governos, uma vez que os custos de produção, pesquisa e desenvolvimento são, por vezes, elevados, o que dificulta o investimento somente da iniciativa privada (ULHOA, 2013).

Outros pontos importantes a serem observados são a abordagem de novos setores e fontes de biocombustíveis, bem como os principais fatores que os influenciam (LAZARO *et al.*, 2021). Assim como, o estudo detalhado do tempo desde o desenvolvimento da pesquisa, introdução no mercado e difusão do uso da inovação, além da análise da complexidade técnica ou de produto (CLAUSEN e FICHTER, 2019).

Ademais, são necessários investimentos e incentivos na área de modelagem, para que os problemas relacionados à produção e comércio de biocombustíveis tornem-se menos graves e até mesmo desapareçam com o tempo, se os dados obtidos forem mais confiáveis, pois, atualmente, modelos distintos apresentam discordâncias nos resultados (KRETSCHMER e PETERSON, 2009).

Diante da análise dos 126 artigos, notou-se diversas contribuições dos estudos, bem como tendências e lacunas no campo dos biocombustíveis, sendo que, algumas das lacunas apresentadas pelos autores são expostas a seguir:

- Pesquisas sobre novos setores e fontes de biocombustíveis, que possibilitam o desenvolvimento de novos métodos, os quais são capazes de trazer benefícios ambientais, econômicos e financeiros para todas as partes interessadas;
- Avaliação de fatores de influência na produção de biocombustíveis;

- Verificação de fatores econômicos e de governança, que dificultam o desenvolvimento e implantação de novas fontes de biocombustíveis, como alto custo ou barreiras impostas por alguns governos;
- Falta de investimento em pesquisa e desenvolvimento, principalmente em países em desenvolvimento.
- Resistência à utilização devido a insegurança alimentar, causada pela produção de biocombustíveis a partir de alimentos, e também a substituição do uso da terra para plantação de matéria-prima para os mesmos;
- Analisar os benefícios dos materiais celulósicos e lignocelulósicos da biomassa, que são ricos em energia e constituem grande parte da mesma, mas, geralmente, são ignorados e descartados.

Apesar da pesquisa sobre os biocombustíveis apresentar as lacunas citadas acima, inúmeros fatores contribuem para o seu sucesso. Dessa maneira, sua implantação e desenvolvimento trazem diversos benefícios para a população, governo e indústrias.

De acordo com a Empresa Brasileira de Agropecuária – EMBRAPA (2007) a implantação e produção de biocombustíveis é responsável pela inclusão social, gerando um grande número de empregos para a população, além de fortalecer a indústria e a agricultura nacionais, dado que ajuda a aprimorar novas tecnologias, aumentando o aprendizado. Ademais, em relação ao meio ambiente, contribui para a diminuição na emissão de gases do efeito estufa e melhora da qualidade do ar nas grandes cidades.

Ainda, os biocombustíveis são renováveis, ecológicos, naturais, biodegradáveis e possuem grande variedade de matérias-primas, além de, alguns tipos, apresentarem maior capacidade de lubrificação, o que causa aumento da vida útil dos motores (EMBRAPA, 2007).

Perante as informações supracitadas, constata-se que o campo de biocombustíveis tem grande importância e potencial para crescimento, porém, é crucial que as pesquisas acadêmicas e industriais avancem, juntamente com apoio financeiro e social dos governos e da sociedade, para que, dessa forma, se alcance a sustentabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biocombustíveis são fontes energéticas limpas, sustentáveis e renováveis, e, diante disso, são um importante meio para alcançar um desenvolvimento sustentável, englobando inovações benéficas nos sentidos ambiental, social e financeiro, sendo uma ótima opção para substituição dos combustíveis fósseis.

O estudo realizado analisou cento e vinte e seis artigos, selecionando vinte e um que se apresentavam mais relevantes para a pesquisa, abordando temas relacionados aos biocombustíveis, em especial no Brasil. Observou-se que, em geral, os artigos analisaram tempos de transição energética, vantagens e desvantagens da introdução de biocombustíveis na matriz energética nacional, principais dificuldades de inovação e implantação na área, além da influência de ONGs, governos e instituições privadas no incentivo a adoção de fontes de energia renováveis.

Ademais, verificou-se que a maioria dos estudos discutiram sobre o etanol, o que mostra que o foco principal ainda são fontes já conhecidas e empregadas a um tempo relativamente longo no Brasil, sendo que a sua expansão se deu com a crise do petróleo na década de 70. Entretanto, com a disputa de exportação da cana-de-açúcar, constata-se que é essencial uma maior diversificação da matriz energética renovável nacional.

Ainda, averiguou-se que a maior parte dos artigos utilizavam metodologia qualitativa, fazendo análise descritiva e indutiva dos dados obtidos para a apresentação dos seus resultados.

Diante do estudo realizado, notou-se a deficiência em relação à pesquisa de novas fontes de biocombustíveis, além de pouco incentivo em relação a pesquisa e desenvolvimento nos países emergentes, incluindo o Brasil.

Levando isso em consideração, como estudos futuros, poderiam ser abordadas fontes de energia renováveis diferentes das convencionais, que tragam melhorias na preservação ambiental, empregando materiais com potencial para gerar vantagens para todos os interessados e para a população em geral, como, por exemplo, o uso de resíduos e/ou material lignocelulósico, além de processos que sejam inovadores e utilizem estruturas já projetadas e construídas, para reduzir os gastos para as indústrias preocupadas com os danos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS

Agência Câmara de Notícias. **Deputados apontam o “dever de casa” do Brasil pós-COP-26**. Brasília, 2021. Disponível em:

<<https://www.camara.leg.br/noticias/827151-deputados-apontam-o-dever-de-casa-do-brasil-pos-cop-26/>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

AKIZU, Ortzi *et al.* Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, p. 18045-18063, 2017.

AN, Heungjo; WILHEM, Wilbert E.; STEPHEN, W. Searcy. Biofuel and petroleum-based fuel supply chain research: A literature review. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3763-3774, 2011.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Plano de Ação para a Redução das Emissões de CO₂ da Aviação Civil Brasileira: Ano Base 2018**. 3. ed. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/PlanodeAo2019ptbr.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

ANGELSTAM, Per *et al.* Collaborative learning to unlock investments for functional ecological infrastructure: Bridging barriers in social-ecological systems in South Africa. **Ecosystem Services**, v. 27, p. 291-304, 2017.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biocombustíveis**. 2020a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/biocombustiveis>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Mapa dinâmico: Produtores de biocombustíveis**. 2020b. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMjNjQ5liwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RenovaBio**. Rio de Janeiro, 2020c. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/renovabio>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biometano**. 2020d. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biometano>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ARAÚJO, Kathleen. The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. **Energy Research & Social Science**, v. 1, p. 112-121, 2014.

ARRANZ, Alfonso Martínez. Lessons from the past for sustainability transitions? A meta-analysis of socio-technical studies. **Global Environmental Change**, v. 44, p. 125-143, 2017.

AZEVEDO, Susana Garrido *et al.* Biomass-related sustainability: A review of the literature and interpretive structural modeling. **Energy**, v. 171, p. 1107-1125, 2019.

BANAL-ESTAÑOL, Albert; CALZADA, Joan; JORDANA, Jacint. How to achieve full electrification: Lessons from Latin America. **Energy Policy**, v. 108, p. 55-69, 2017.

BARIDO, Diego Pance de Leon; AVILA, Nkiruka; KAMMEN, Daniel M. Exploring the Enabling Environments, Inherent Characteristics and Intrinsic Motivations Fostering Global Electricity Decarbonization. **Energy Research & Social Science**, v. 61, 2020.

BAUER, Fredic; FUENFSCHILLING, Lea. Local initiatives and global regimes – Multi-scalar transition dynamics in the chemical industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 216, p. 172-183, 2019.

BENNERTZ, Rafael; RIP Arie. The evolving Brazilian automotive-energy infrastructure: Entanglements of national developmentalism, sugar and ethanol production, automobility and gasoline. **Energy Research & Social Science**, v. 41, p. 109-117, 2018.

BENNETT, Simon J. Using past transitions to inform scenarios for the future of renewable raw materials in the UK. **Energy Policy**, v. 50, p. 95-108, 2012.

BERKHOUT, Frans *et al.* Sustainability experiments in Asia: innovations shaping alternative development pathways?. **Environmental Science & Policy**, v. 75, p. 261-271, 2010.

BERNAT, Stefan; KARABAG, Solmaz Filiz. Strategic alignment of technology: Organising for technology upgrading in emerging economy firms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 145, p. 295-306, 2019.

BILALI, Hamid El. Research on agro-food sustainability transitions: A systematic review of research themes and an analysis of research gaps. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 353-364, 2019.

BIN; Chang Ni *et al.* The role of food-energy-water nexus analyses in urban growth models for urban sustainability: A review of synergistic framework. **Sustainable Cities and Society**, v. 63, 2020.

BITENCOURT, Daniela Venceslau; SILVA, Jaqueline Chaves da; SANTOS, Luiz Carlos Pereira. Inovação e Sustentabilidade. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 3, n. 1, p. 43 – 52, 2018. Disponível em: <<https://www.mendeley.com/catalogue/2ac94877-3479-3b12-b621-5c255b963c43/>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

BONASSA, Gabriela *et al.* BIOQUEROSENE: PANORAMA DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO NO BRASIL. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [s. l.], v. 3, p. 97-106, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/37711/pdf_16>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BRASIL, Lei Nº 12.490, de 16 de setembro de 2011. Altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõem sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis; o § 1º do art. 9º da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores; as Leis nºs 10.336, de 19 de dezembro de 2001, e 12.249, de 11 de junho de 2010; o Decreto-Lei nº 509, de 20 de março de 1969, que dispõe sobre a transformação do Departamento dos Correios e Telégrafos em empresa pública; a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios; revoga a Lei nº 7.029, de 13 de setembro de 1982; e dá outras providências. Brasília, 2011. Legislação Federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12490.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2012.490%2C%20DE%2016%20DE%20SETEMBRO%20DE%202011.&text=Altera%20as%20Leis%20n%C2%BAs%209.478,o%20C2%A7%201%C2%BA%20do%20art.>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BRENNAN, Michael *et al.* Conceptualising global water challenges: A transdisciplinary approach for understanding different discourses in sustainable development. **Journal of Environmental Management**, v. 298, 2021.

BRINGEZU, Stefan. On the mechanism and effects of innovation: Search for safety and independence of resource constraints expands the safe operating range. **Ecological Economics**, v. 116, p. 387-400, 2015.

BURTON, Rob J. F. The potential impact of synthetic animal protein on livestock production: The new “war against agriculture”? **Journal of Rural Studies**, v. 68, p. 33-45, 2019.

CAROLAN, Michael S. Ethanol’s most recent breakthrough in the United States: A case of socio-technical transition. **Technology in Society**, v. 32, p. 65-71, 2010.

CASTIBLANCO, Carmenza; MORENO, Alvaro; ETTER Andrés. Impact of policies and subsidies in agribusiness: The case of oil palm and biofuels in Colombia. **Energy Economics**, v. 49, p. 676-686, 2015.

CHALLIES, Edward; NEWING, Jeans; LENSCHOW Andrea. What role for social-ecological systems research in governing global teleconnections?. **Global Environmental Change**, v. 27, p. 32-40, 2014.

CHHETRI, Netra *et al.* Global citizen deliberation: Case of world-wide views on climate and energy. **Energy Policy**, v. 147, 2020.

CHUNG, Chao-Chen. Technological innovation systems in multi-level governance

frameworks: The case of Taiwan's biodiesel innovation system (1997-2016). **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 130-142, 2018.

CICHACKA, Danuta *et al.* European Union research and innovation perspectives on biotechnology. **Journal of Biotechnology**, v. 156, p. 382-391, 2011.

CLAUSEN, Jeans; FICHTER, Klaus. The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 31, p. 64-95, 2019.

COELHO, Beatriz. **Tipos de pesquisa: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.** 2019. Disponível em: <<https://blog.mettzer.com/tipos-de-pesquisa/>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

COOKE, Philip. Transition regions: Regional–national eco-innovation systems and strategies. **Progress in Planning**, v. 76, p. 105-146, 2011.

CORCIOLANI, Matteo; GISTRÌ, Giacomo; PACE, Stefano. Legitimacy struggles in palm oil controversies: An institutional perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 117-1131, 2019.

CORREIA, Mary Lúcia Andrade; DIAS, Eduardo Rocha. Desenvolvimento sustentável, crescimento econômico e o princípio da solidariedade intergeracional na perspectiva da justiça ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**. Macapá, n. 8, p. 63-80, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/view/2412>>. Acesso em: 24 mar. 2021.

COSTA, Luis Fernando de Medeiros. **Conversão do óleo de dendê utilizando material mesoporoso para obtenção de bioquerosene.** Natal, 2016. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/3518/1/MaterialMesoporoso_Costa_2016.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

COX, Stephen *et al.* Coordination and legitimacy in the Australian biofuels innovation system 1979 - 2017. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 38, p. 54-67, 2021.

DELGADO, Fernanda; SOUSA, Milas Evangelista de; ROITMAN, Tamar. Biocombustíveis. **FGV ENERGIA**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19181/CADERNO%20BIOCOMBUSTIVEL%20-%20BAIXA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

DENBEK Krzysztof; YORK, Jodi; SINGH, Prakash J. Creating value for multiple stakeholders: Sustainable business models at the Base of the Pyramid. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 1600-1612, 2018.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), **The Sage handbook of organizational research methods** (pp.

671-689). Thousand Oaks: Sage Publications Ltd., 2009. Disponível em: <<http://psycnet.apa.org/record/2010-00924-039>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

DIERCKS, Gijs; LARSEN, Henrik; STEWARD, Fred. Transformative innovation policy: Addressing variety in an emerging policy paradigm. **Research Policy**, v. 48, p. 880-894, 2019.

DRAGONE, Giuliano *et al.* Innovation and strategic orientations for the development of advanced biorefineries. **Bioresource Technology**, v. 302, 2020.

ELAVARASAN, Rajvikram Madurai *et al.* SWOT analysis: A framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries. **Energy Reports**, v. 6, p. 1838-1864, 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Biorrefinarias**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/48750/1/biorrefinaria-modificado-web.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

ENGELKEN, Maximilian *et al.* Comparing drivers, barriers, and opportunities of business models for renewable energies: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 795-809, 2016

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **RenovaBio: Biocombustíveis 2030**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-155/EPE%20-%20NT3%20-%20NOVOS%20BIOCOMBUST%20C3%8DVEIS%20-%20ARQUIVO%203.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Oferta de Biocombustíveis**. 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-487/08%20Oferta%20de%20Biocombust%20C3%ADveis.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise de conjuntura dos biocombustíveis: Ano 2019**. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-489/Analise_de_Conjuntura_Ano_2019.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2020: Relatório Síntese/Ano Base 2019**. Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%20Si%20ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ENVIRO.AERO. **Beginner's Guide to Aviation Biofuels**. Edition 2, 2011. Disponível em: <<https://www.iaa.ie/docs/default-source/misc/beginners-guide-to-aviation-biofuels.pdf?sfvrsn=0>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Plano de voo para biocombustíveis de aviação no Brasil**: Plano de ação. 2013. Disponível em: <<https://fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

FERNANDES, Gláucia; MARIANI, Leidiani. **O alto potencial de produção e uso fará do biogás a próxima fronteira da energia renovável no Brasil?**. 2019. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27831/A28%20coluna_opinio_2_-_marco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 mar. 2021.

FLORIN, Madeleine J.; ITTERSUM, Martin K. Van; VEN, Gerrie W. J. Van de. Family farmers and biodiesel production: Systems thinking and multi-level decisions in Northern Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 121, p. 81-95, 2013.

FRANK, Alejandro Germán *et al.* The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems. **Energy Policy**, v. 115, p. 353-365, 2018.

FREIRE, Alair Pereira. **Blendas de Bioquerosene e Querosene de Aviação: Caracterização Térmica e Espectrométrica**. Brasília, 2014. Disponível em: <https://fga.unb.br/articles/0000/7739/TCC2_Alair_vSandra.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

FUTURETRANSPORT. **A revolução do HVO**. 2020. Disponível em: <<https://futuretransport.com.br/a-revolucao-do-hvo/>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

GALEMBECK, Fernando; BARBOSA, César Augusto Sales; SOUSA, Rafael Arromba de. **Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química**. Química Nova, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300003&script=sci_arttext>. Acesso em: 13 mar. 2021.

GEELS, Frank W. The impact of the financial–economic crisis on sustainability transitions: Financial investment, governance and public discourse. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 44, p. 403-417, 2010.

GEELS, Frank W. Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). **Energy Research & Social Science**, v. 46, p. 86-102, 2018.

GEELS, Frank W. A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 471-782, 2021.

GERMAN, Laura *et al.* *Sine Qua Nons* of sustainable biofuels: Distilling implications of under-performance for national biofuel programs. **Energy Policy**, v. 108, p. 806-817, 2017.

GILANI, H.; SAHEBI H.; OLIVEIRA, Fabricio. Sustainable sugarcane-to-bioethanol supply chain network design: A robust possibilistic programming model. **Applied Energy**, v. 278, 2020.

GOMES, Leonardo Augusto Vasconcelos *et al.* Ecosystem policy roadmapping. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 170, 2021.

GONÇALVES, Taynara Martins; BARROSO, Ana Flavia da Fonseca. **A economia circular como alternativa à economia linear**. 2019. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12561/2/EconomiaCircularAlternativa.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2021.

GOODMAN, James; MARSHALL, Jonathan Paul. Problems of methodology and method in climate and energy research: Socialising climate change?. **Energy Research & Social Science**, v. 45, p. 1-11, 2018.

GOULET, Frédéric. Characterizing alignments in socio-technical transitions. Lessons from agricultural bio-inputs in Brazil. **Technology in Society**, v. 65, 2021.

GROSS, Robert *et al.* How long does innovation and commercialisation in the energy sectors take? Historical case studies of the timescale from invention to widespread commercialisation in energy supply and end use technology. **Energy Policy**, v. 123, p. 682-699, 2018.

GUO, Miao *et al.* Multi-level system modelling of the resource-food-bioenergy nexus in the global south. **Energy**, v. 197, 2020.

GUROU, Calin; RANCHHOD, Ashok. The futures of genetically-modified foods: Global threat or panacea?. **Futures**, v. 83, p. 24-36, 2016.

HESS, David J.; SOVACOOOL, Benjamin K. Sociotechnical matters: Reviewing and integrating science and technology studies with energy social science. **Energy Research & Social Science**, v. 65, 2020.

HILLMAN, Karl M.; SANDÉN, Björn A. Exploring technology paths: The development of alternative transport fuels in Sweden 2007–2020. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, p. 1279-1302, 2008.

HORLINGS, L. G.; MARSDEN, T. K. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'. **Global Environmental Change**, v. 21, p. 441-452, 2011.

HOSSAIN, M. S. *et al.* Role of smart grid in renewable energy: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 1168-1184, 2016.

HULKKONEN, Mira; MIELONEN, Tero, PRISLE, Nonne L. The atmospheric impacts of initiatives advancing shifts towards low-emission mobility: A scoping review. **Science of The Total Environment**, v. 12, n. 136133, 2020.

HULTMAN, Nathan E. *et al.* Factors in low-carbon energy transformations: Comparing nuclear and bioenergy in Brazil, Sweden, and the United States. **Energy Policy**, v. 40, p. 131-146, 2021.

IBICT - INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima**. 1999.

Disponível em:

<<https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/822/1/Efeito%20Estufa%20e%20a%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20Sobre%20Mudan%C3%A7a%20do%20Clima.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

INGRAO, Carlo *et al.* The potential roles of bio-economy in the transition to equitable, sustainable, post fossil-carbon societies: Findings from this virtual special issue. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 471-488, 2018.

JIA, Fu *et al.* Water stewardship in agricultural supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1170-1188, 2019.

JIE, Mao *et al.* Industrial policy intensity, technological change, and productivity growth: Evidence from China. **Research Policy**, v. 50, 2021.

JOHNSON, Francis X.; SILVEIRA, Semida. Pioneer countries in the transition to alternative transport fuels: Comparison of programmes and policies in Brazil, Malawi and Sweden. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v.11, p. 1-24, 2014.

JOHNSTONE, Phil; STIRLING, Andy. Comparing nuclear trajectories in Germany and the United Kingdom: From regimes to democracies in sociotechnical transitions and discontinuities. **Energy Research & Social Science**, v. 59, 2020.

JOVANOVIC, Nina; ZOLFAGHARINIA, Hossein; PESZYNSKI, Konrad. To Green or Not to Green Trucking? Exploring the Canadian Case. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 88, 2020.

KOK, Kasper *et al.* Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 78, p. 835-851, 2011.

KOKOSSIS, Antonis C.; YANG, Aidong. On the use of systems technologies and a systematic approach for the synthesis and the design of future biorefineries. **Computers & Chemical Engineering**, v. 34, p. 1397-1405, 2010.

KRETSCHMER, Bettina; PETERSON, Sonja. Integrating bioenergy into computable general equilibrium models — A survey. **Energy Economics**, v. 32, p. 673-686, 2010.

KSHIRSAGAR, Milind P; KALAMKAR, Vilas R. A comprehensive review on biomass cookstoves and a systematic approach for modern cookstove design. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 580-603, 2014.

LAGARRIGUE, Françoise Lamnabhi *et al.* Systems & Control for the future of humanity, research agenda: Current and future roles, impact and grand challenges. **Annual Reviews in Control**, v. 43, p. 1-64, 2017.

LAZARO, Lira Luz Benites *et al.* Policy and governance dynamics in the water-energy-food-land nexus of biofuels: Proposing a qualitative analysis model. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 149, 2021.

LEGNAIOLI, Stella. **O que são os gases do efeito estufa?**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/gases-do-efeito-estufa/>>. Acesso em: 16 dez. 2021.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V. **O biocombustível no Brasil**. Novos estudos, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/nec/n78/03.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

LEVINE, Mark D; PRICE Lynn, MARTIN Nathan. Mitigation options for carbon dioxide emissions from buildings: A global analysis. **Energy Policy**, v. 24, p. 937-949, 1996.

LI, Francis G. N.; TRUTNEVYTE, Evelina; STRACHAN, Neil. A review of socio-technical energy transition (STET) models. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 100, p. 290-305, 2015.

LI, Francis G. N.; PYE Steve; CHAN Neel Stra. Regional winners and losers in future UK energy system transitions. **Energy Strategy Reviews**, v. 13-14, p. 11-31, 2016.

LOO, Becky P. Y.; TSOI, Ka Ho; BAMISTER, David. Recent experiences and divergent pathways to transport decoupling. **Journal of Transport Geography**, v. 88, 2020.

LOZANO, Francisco J. *et al.* New perspectives for green and sustainable chemistry and engineering: Approaches from sustainable resource and energy use, management, and transformation. **Journal of Cleaner Production**, v. 302, p. 227-232, 2018.

MANNING, Stepham; REINECKE. A modular governance architecture in-the-making: How transnational standard-setters govern sustainability transitions. **Research Policy**, v. 45, p. 618-633, 2016.

MARDONI, Abbas *et al.* A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1298-1322, 2017.

MCDOWALL, Will. Are scenarios of hydrogen vehicle adoption optimistic? A comparison with historical analogies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 20, p. 48-61, 2016.

MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Acordo de Paris**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MIKI, Rosane Ebert. Biometano produzido a partir de biogás de ETEs e seu uso como combustível veicular. **Revista DAE**, São Paulo, v. 66, n. 209, 2018. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_209_n_1707.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

MONDOU, Matthieu; SKOGSTAD, Grace; BOGNAR, Julia. What are the prospects for deploying advanced biofuels in Canada?. **Biomass and Bioenergy**, v. 116, p. 171-179, 2018.

MÜLLER, Birgit *et al.* Modelling food security: Bridging the gap between the micro and the macro scale. **Global Environmental Change**, v. 63, 2020.

MURRAY-RUST, Dave *et al.* An open framework for agent based modelling of agricultural land use chang. **Environmental Modelling & Software**, v. 61, p. 19-38, 2014.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 15 dez. 2021.

NEVER, Babete; BETZ, Joachim. Comparing the Climate Policy Performance of Emerging Economies. **World Development**, v. 59, p. 1-15, 2014.

NILSSON, Mans; HILLMAN, Karl; MAGNUSSON, Thomas. How do we govern sustainable innovations? Mapping patterns of governance for biofuels and hybrid-electric vehicle technologies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 3. p. 50-66, 2012.

NISKANEN, Johan; MAGNUSSON, Dick. Understanding upscaling and stagnation of farm-based biogas production in Sweden through transitional and farming logics. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, 2021.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta *et al.* Sustainable and Integrated Bioenergy Assessment for Latin America, Caribbean and Africa (SIByl-LACAf): The path from feasibility to acceptability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 292-308, 2017.

NTONA, Eirini; ARABATZIS, Garyfallos; KYRIAKOPOULOS, Grigorios L. Energy saving: Views and attitudes of students in secondary education. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 46, p. 1-15, 2015.

NYKVIST, Björn; WHITMARSH, Lorraine. A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, p. 1373-1387, 2008.

OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Publicado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos). Tradução: Flávia Gouveia, 3ª Edição, 2006. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2021.

OLIVEIRA, Bruna Cristina. **Complexidade em biorrefinarias**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://epqb.eq.ufrj.br/download/complexidade-em-biorrefinarias.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

OLIVEIRA, Thais Diniz; GURGEL, Angelo Costa; TANRY, Steve. International market mechanisms under the Paris Agreement: A cooperation between Brazil and Europe. **Energy Policy**, v. 129, p. 397-409, 2019.

OSUNMUYLWA, Olufolahan; KALFAGIANNI, Agni. The Oil Climax: Can Nigeria's fuel subsidy reforms propel energy transitions?. **Energy Research & Social Science**, v. 27, p. 96-105, 2017.

PINTO, Sofia Isabel Dias. **Produção de biocombustíveis líquidos por pirólise seguida de hidrogenação de misturas de óleos vegetais num conceito de biorrefinaria**. Lisboa, 2013. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/9958/1/Pinto_2013.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021.

PISCHKE, Erin C. *et al.* From Kyoto to Paris: Measuring renewable energy policy regimes in Argentina, Brazil, Canada, Mexico and the United States. **Energy Research & Social Science**, v. 50, p. 82-91, 2019.

POWER, Marcus *et al.* The political economy of energy transitions in Mozambique and South Africa: The role of the Rising Powers. **Energy Research & Social Science**, v. 17, p. 10-19, 2016.

PROBIOGÁS. **Biometano como combustível veicular**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. 101 p. Disponível em: <https://www.giz.de/en/downloads/giz_biogas_como_combustivel_digital_simples.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

PROCTOR, Kyle; TABATABALE, Seyed M. H.; MURTHY, Ganti S. Gateway to the perspectives of the Food-Energy-Water nexus. **Science of The Total Environment**, v. 764, 2021.

QADIR, Sikandar Abdul *et al.* Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review. **Energy Reports**, v. 7, p. 3590-3606, 2021.

RAMMEL, Christian; STAGL, Sigrid; WILFING, Harald. Managing complex adaptive systems — A co-evolutionary perspective on natural resource management. **Ecological Economics**, v. 63, p. 9-21, 2007.

REALPE, Cindy Katherine Tulcan. **Prospecção Tecnológica De Combustível Renovável Para Aviação**: Estudo de Caso do Diesel Verde. Rio de Janeiro, 2016.

Disponível em: <<http://186.202.79.107/download/prospeccao-tecnologica-de-combustivel-renovavel-para-aviacao.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

REDDY, Amulya K. N. A generic Southern perspective on renewable energy. **Energy for Sustainable Development**, v. 6, p. 74-86, 2002.

RITT, Ana Amélia. **Biometano é alternativa para o transporte**. 2018. Disponível em: <<https://www.univates.br/noticia/23014-biometano-e-alternativa-para-o-transporte>>. Acesso em: 24 mar. 2021.

RIZZI, Francesco; ECK, Ness Jan van; FREY, Marco. The production of scientific knowledge on renewable energies: Worldwide trends, dynamics and challenges and implications for management. **Renewable Energy**, v. 62, p. 657-671, 2014.

ROMIJIN, Herry A.; CANIËLS, Marjolein C. J. The *Jatropha* biofuels sector in Tanzania 2005–2009: Evolution towards sustainability?. **Research Policy**, v. 40, p. 618-636, 2011.

ROY, Joyashree *et al.* Fiscal instruments: crucial role in financing low carbon transition in energy systems. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, p. 261-269, 2013.

SAARIKOSKI, Heli *et al.* Institutional challenges in putting ecosystem service knowledge in practice. **Ecosystem Services**, v. 29, p. 579-598, 2018.

SALLET, Cíntia Letícia; ALVIM, Augusto Mussi. **Biocombustíveis: uma análise da evolução do biodiesel no Brasil**. 2011. Disponível em: <http://www.economiaetecnologia.ufpr.br/arquivos_servidor/revista/25%20Capa/Cintia%20Leticia%20Sallet%20-%20Augusto%20Mussi%20Alvim.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SANTOS, Moisés Teles dos; PARK, Song Won. Sustainability and biophysics basis of technical and economic processes: A survey of the reconciliation by thermodynamics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 261-271, 2013.

SANTOS, Inaiê Takes. Confronting governance challenges of the resource nexus through reflexivity: A cross-case comparison of biofuels policies in Germany and Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 65, 2020.

SANTOS, Clara Virgínia Marques; RUZENE, Denise Santos; SILVA, Daniel Pereira. **Aspectos para implantação de uma biorrefinaria como alternativa para melhorar a matriz energética**. 2017. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7602/2/BiorrefinariaMatrizEnergetica.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

SARTORI, Simone; WITJES, Sjors; CAMPOS, Lucila M. S. Sustainability performance for Brazilian electricity power industry: An assessment integrating social, economic and environmental issues. **Energy Policy**, v. 111, p. 41-51, 2017.

SASCHA, STARK *et al.* Sustainability implications of transformation pathways for the bioeconomy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 29, p. 215-227, 2021.

SCHAUBE, Philipp; ORTIZ, Willington; RECALDE, Marina. Status and future dynamics of decentralised renewable energy niche building processes in Argentina. **Energy Research & Social Science**, v. 35, p. 57-67, 2018.

SEEG - SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA. **Análise da emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. 2020. Disponível em: <https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SILVA, Christian Luiz da *et al.* **Inovação e Sustentabilidade**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/1/inovacaosustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2021.

SILVA, Juliana Quierati da. **Biodieseis leves derivado dos óleos da macaúba e do palmiste**: propriedades de misturas com o querosene na perspectiva de um combustível alternativo de aviação. Uberlândia, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24768/1/BiodieseisLevesDerivado.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SILVEIRA, Lisilene Mello da *et al.* Inovação e Desenvolvimento Sustentável: Uma Análise Sistemática da Produção Científica Internacional. **DESENVOLVE: Revista de Gestão do Unilasalle**, Canoas, v. 5, n. 1, p. 174-199, 2016. Disponível em: <<https://www.mendeley.com/catalogue/47857c42-5935-388c-8faf-c8800af9f9e8/>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

SILVEIRA, Semida; JOHNSON, Francis X. **Navigating the transition to sustainable bioenergy in Sweden and Brazil**: Lessons learned in a European and International context. *Energy Research & Social Science*, v. 12, p. 180-193, 2014.

SILVESTRINI A. *et al.* The role of cities in achieving the EU targets on biofuels for transportation: The cases of Berlin, London, Milan and Helsinki. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 44, p. 403-417, 2010.

SIMÕES, Antônio José Ferreira. **Biocombustíveis**: a experiência brasileira e o desafio da consolidação do mercado internacional. Disponível em: <https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/NovaDelhi/pt-br/file/Biocombustiveis_02-experienciabrasileira.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SMITH, Timothy M.; FISCHLEIN, Miriam. Rival private governance networks: Competing to define the rules of sustainability performance. **Global Environmental Change**, v. 20, p. 511-522, 2010.

SMITH, A. L. *et al.* Second generation biofuels and bioinvasions: An evaluation of invasive risks and policy responses in the United States and Canada. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 30-42, 2013.

SOLOMON, Barry D.; KRISHNA Karthlik. The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook. **Energy Policy**, v. 39, p. 7422-7431, 2011.

SOVACOOOL, Benjamin K. An international comparison of four polycentric approaches to climate and energy governance. **Energy Policy**, v. 39, p. 3832-3844, 2011.

SOVACOOOL, Benjamin K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. **Energy Research e Social Science**, v. 13, p. 202-215, 2016.

SOVACOOOL, Benjamin K. *et al.* Sociotechnical agendas: Reviewing future directions for energy and climate research. **Energy Research & Social Science**, v. 70, 2020.

SOVACOOOL, Benjamin K; HESS J. David; CANTONI, Roberto. Energy transitions from the cradle to the grave: A *meta*-theoretical framework integrating responsible innovation, social practices, and energy justice. **Energy Research & Social Science**, v. 75, 2021.

STEEN, Markus; WEAVER, Tyson. Incumbents' diversification and cross-sectorial energy industry dynamics. **Research Policy**, v. 46, p. 1071-1086, 2017.

TALAEI, Alireza; SADEGH, Mohammad; MAGHSOUDY, Soroush. Climate friendly technology transfer in the energy sector: A case study of Iran. **Energy Policy**, v. 64, p. 349-363, 2014.

TAREI, Pradeep Kumar *et al.* Analysing the inhibitors of complexity for achieving sustainability and improving sustainable performance of petroleum supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 310, 2021.

TIAN, Yuke *et al.* An overview of process systems engineering approaches for process intensification: State of the art. **Chemical Engineering and Processing - Process Intensification**, v. 133, p. 160-210, 2018.

TO, Long Seng; SEEBALUCK, Vikram; LEACH, Mattew. Future energy transitions for bagasse cogeneration: Lessons from multi-level and policy innovations in Mauritius. **Energy Research & Social Science**, v. 63, p. 68-77, 2018.

TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. **A química no efeito estufa**. 1998. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

TREUT, G elle Le *et al.* The multi-level economic impacts of deep decarbonization strategies for the energy system. **Energy Policy**, v. 156, 2021.

UBRABIO – UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE.

Bioquerosene no Brasil: Pesquisa, Inovação. Brasília, 2017a. Disponível em: <<https://ubrablo.com.br/wp-content/uploads/2018/03/BioquerosenenoBrasil.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

UBRABIO – UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE. **RenovaBio:** Justificativas. 2017b. Disponível em: <<https://ubrablo.com.br/sites/1800/1891/PDFs/20170320RenovaBioConsultaPA%C2%BAblicaUbrablo.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

ULHOA, Said Azevedo. **Produção de Biocombustíveis:** um panorama sobre o discurso ambiental e econômico. 2013. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/aic/article/viewFile/500/425>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

URRY, John. Governance, flows, and the end of the car system?. **Global Environmental Change**, v. 18, p. 343-349, 2008.

UUTELA, Anu Lähtenmäki *et al.* Legal rights of private property owners vs. sustainability transitions?. **Journal of Cleaner Production**, v. 323, 2021.

VASCONCELOS, Leonardo Augusto *et al.* Ecosystem management: Past achievements and future promises. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 171, 2021.

VELASCO-FERNÁNDEZ, Raúl *et al.* A becoming China and the assisted maturity of the EU: Assessing the factors determining their energy metabolic patterns. **Energy Strategy Reviews**, v. 32, 2020.

VERGRAGT, Philip J.; MARKUSSON, Nils; KARLSSON, Henrik. Carbon capture and storage, bio-energy with carbon capture and storage, and the escape from the fossil-fuel lock-in. **Global Environmental Change**, v. 21, p. 282-292, 2011.

VERNAY, Anne-Lorène *et al.* Exploring the socio-technical dynamics of systems integration – the case of sewage gas for transport in Stockholm, Sweden. **Journal of Cleaner Production**, v. 44, p. 190-199, 2013.

WENG, Wei *et al.* Landscape matters: Insights from the impact of mega-droughts on Colombia's energy transition. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 36, p. 1-16, 2020.

WILLET Walter *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT–*Lancet* Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The lancet**, v. 393, p. 447-492, 2019.

WOHLFAHRT, J. *et al.* Characteristics of bioeconomy systems and sustainability issues at the territorial scale. A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p. 898-909, 2019.

WOLFF, S. *et al.* Quantifying Spatial Variation in Ecosystem Services Demand: A Global Mapping Approach. **Ecological Economics**, v. 136, p. 14-29, 2017.

- XAVIER, Amanda F. *et al.* Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 1278-1302, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617303712?casa_token=bnrbC-8zYcYAAAAA:jjzgZ66nJIWS_ENsZt6t2yOyf3dYNen9qOjSVDDdWV-nYfeSsB_VFg_Vp-qZwCKNJ1T1us0pA>. Acesso em: 22 mar. 2021.
- XIANG, Huan *et al.* Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. **Food Science and Human Wellness**, v. 8, p. 203-243, 2019.
- ZHENG, Lei *et al.* Bio-natural gas industry in China: Current status and development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 128, 2020.
- ZISOPOULOU, Kalomoiza *et al.* Recasting of the WEF Nexus as an actor with a new economic platform and management model. **Energy Policy**, v. 119, pg. 123-139, 2018.

APÊNDICE A – Tabela para levantamento de dados

Ordem	1	2	3	4
Base de dados				
Título				
Assunto				
Ano				
Abordagem				
Relação com o tema				
Conceito de Biocombustível				

APÊNDICE B – Tabela para análise dos artigos

	Artigo 1	Artigo 2	Artigo 3	Artigo 4
Título				
Autores				
Objetivo				
Metodologia				
Combustível estudado				
Conceito de inovação sustentável				
Principais resultados				
Lacunas de pesquisa				

Apêndice C – Quadro referente ao assunto abordado em cada artigo

Ordem	Referência	Título	Assunto
1	COX, Stephen <i>et al.</i>	Coordination and legitimacy in the Australian biofuels innovation system 1979 - 2017	Esse estudo utiliza a perspectiva dos sistemas de inovação tecnológica para orientar uma análise de eventos históricos do sistema de inovação em biocombustíveis na Austrália ao longo de um período de quase 40 anos.
2	SANTOS, Inaiê Takes	Confronting governance challenges of the resource nexus through reflexivity: A cross-case comparison of biofuels policies in Germany and Brazil	Esse artigo explora como os conceitos de governança reflexiva podem ajudar a entender os desafios da implementação do nexo e, possivelmente, superá-los, com base nas políticas de biocombustíveis no Brasil e na Alemanha.
3	NILSSON, Mans; HILLMAN, Karl; MAGNUSSON, Thomas.	How do we govern sustainable innovations? Mapping patterns of governance for biofuels and hybrid-electric vehicle Technologies	Examina os padrões de governança voltados para a inovação tecnológica sustentável no setor de transportes. Faz uma avaliação geral da governança emergente nos campos de tecnologias de biocombustíveis e veículos elétricos híbridos (HEV) e faz uma classificação de suas características.
4	CHUNG, Chao-Chen	Technological innovation systems in multi-level governance frameworks: The case of Taiwan's biodiesel innovation system (1997–2016)	Analisa as transições de sustentabilidade dos sistemas de inovação tecnológica no contexto de estruturas de governança multinível.
5	TO, Long Seng; SEEBALUCK, Vikram; LEACH, Matthew	Future energy transitions for bagasse cogeneration: Lessons from multi-level and policy innovations in Mauritius	Mostra como as políticas influenciaram o desenvolvimento do nicho de cogeração com bagaço e as mudanças nos regimes de açúcar e energia ao longo do tempo.
6	GUO, Miao <i>et al.</i>	Multi-level system modelling of the resource-food-bioenergy nexus in the global south	Apresenta uma abordagem integrativa que permite a modelagem de sistemas inteiros para abordar a interligação e interação de sistemas de recursos-alimentos-bioenergia e otimizar cadeias de suprimentos considerando espaços de decisão policêntricos.
7	ROMIJIN, Herry A.; CANIËLS, Marjolein C. J.	The Jatropha biofuels sector in Tanzania 2005–2009: Evolution towards sustainability?	Este estudo busca desenvolver um setor de biocombustíveis de Jatropha na Tanzânia.
8	GOULET, Frédéric	Characterizing alignments in socio-technical transitions. Lessons from agricultural bio-inputs in Brazil	Estudo de caso do desenvolvimento de alternativas biológicas aos agrotóxicos no Brasil, para mostrar que os alinhamentos são baseados em

			emparelhamentos entre entidades da mesma natureza, posicionadas no nicho e no regime.
9	GERMAN, Laura <i>et al.</i>	<i>Sine Qua</i> Nons of sustainable biofuels: Distilling implications of under-performance for national biofuel programs	Baseado em evidências publicadas sobre desempenho, artigos que contribuem para esta seção especial questionam as suposições comumente atribuídas aos biocombustíveis: sua neutralidade de carbono, seu efeito positivo sobre os meios de subsistência rurais e a capacidade dos formuladores de políticas de governar com eficácia para a sustentabilidade. Este artigo toma essas descobertas como seu ponto de partida e pergunta: "O que vem a seguir?" para países que desejam avançar os biocombustíveis como uma opção para o desinvestimento necessário de combustíveis fósseis.
10	MONDOU, Matthieu; SKOGSTAD, Grace; BOGNAR, Julia	What are the prospects for deploying advanced biofuels in Canada?	Aborda as perspectivas para biocombustíveis avançados no Canadá, examinando se as recomendações de duas literaturas, para superar as condições de mercado desfavoráveis e as incertezas políticas que enfrentam os biocombustíveis avançados, são atendidas no Canadá.
11	SILVEIRA, Semida; JOHNSON, Francis X.	Navigating the transition to sustainable bioenergy in Sweden and Brazil: Lessons learned in a European and International context	Este artigo usa uma abordagem sociotécnica para explorar por que a transição para a bioenergia moderna obteve sucesso em alguns segmentos e/ou países, mas não em outros. Além disso, realiza uma reflexão sobre a disponibilidade de recursos sociotécnicos iniciais na forma de plataformas estabelecidas, motivações de políticas e papéis de diferentes partes interessadas. Ainda, analisa como as redes sociotécnicas evoluíram ao longo do tempo em resposta a políticas facilitadoras e grupos de interesse, bem como grupos de oposição em quatro segmentos diferentes de bioenergia: biomassa sólida para aquecimento distrital na Suécia, carvão vegetal para a indústria de ferro e aço no Brasil e etanol para transporte em ambos os países.
12	NYKVIST, Björn; WHITMARSH, Lorraine	A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden	Avalia como a inovação futura no transporte depende da diversidade, hibridização e coevolução de nichos.

13	AZEVEDO, Susana Garrido <i>et al.</i>	Biomass-related sustainability: A review of the literature and interpretive structural modeling	Apresenta uma abordagem inovadora para a pesquisa de produção de biocombustíveis a partir da biomassa, sugerindo não apenas um conceito de sustentabilidade relacionada à biomassa dos países, mas também explorando relações causais e hierárquicas entre adversidades/restrições da produção de biocombustíveis e o impacto na sustentabilidade dos países.
14	GOMES, Leonardo Augusto Vasconcelos <i>et al.</i>	Ecosystem policy roadmapping	Este estudo explora como as agências públicas de inovação usam roteiros para promover a criação de ecossistemas e o avanço necessário para desenvolver e comercializar inovações sistêmicas
15	SARTORI, Simone; WITJES, Sjors; CAMPOS, Lucila M. S.	Sustainability performance for Brazilian electricity power industry: An assessment integrating social, economic and environmental issues	Avalia o desempenho de sustentabilidade do setor elétrico brasileiro, destacando a necessidade de indicadores globais nos estudos de sustentabilidade.
16	BERKHOUT, Frans <i>et al.</i>	Sustainability experiments in Asia: innovations shaping alternative development pathways?	Este estudo argumenta que os experimentos de sustentabilidade representam uma nova fonte significativa de inovação e formação de capacidade, ligada aos fluxos globais de conhecimento e tecnologia, que podem remodelar regimes sociotécnicos emergentes e, assim, contribuir para caminhos alternativos de desenvolvimento nos países recém-chegados, tendo como foco a Ásia.
17	JOHNSON, Francis X.; SILVEIRA, Semida	Pioneer countries in the transition to alternative transport fuels: Comparison of ethanol programmes and policies in Brazil, Malawi and Sweden	Neste artigo, compara-se a transição de combustíveis alternativos, com foco no etanol, em três países: Brasil, Malawi e Suécia.
18	GEELS, Frank W.	Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016)	Para ilustrar a abordagem de reconfiguração e explorar empiricamente o tópico da mudança de todo o sistema, o artigo investiga o desdobramento das trajetórias na mobilidade de passageiros no Reino Unido. Esta análise, que aborda os desenvolvimentos em regimes de auto mobilidade, trem, ônibus e ciclismo e cinco inovações de nicho (biocombustíveis, veículos elétricos, cartões inteligentes, cidades compactas, trabalho doméstico), visa avaliar se e como o sistema de mobilidade está se

			reconfigurando em direções de baixo carbono.
19	FLORIN, Madeleine J.; ITTESSUM, Martin K. Van; VEN, Gerrie W. J. Van de	Family farmers and biodiesel production: Systems thinking and multi-level decisions in Northern Minas Gerais, Brazil	Este estudo tem como foco o engajamento dos agricultores familiares no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB).
20	SOVACOOOL, Benjamin K; HESS J. David; CANTONI, Roberto	Energy transitions from the cradle to the grave: A meta-theoretical framework integrating responsible innovation, social practices, and energy justice	Aborda as transições energéticas, a partir de uma revisão da literatura, levando em consideração três perspectivas (design da tecnologia, como é usado, e os impactos que seu uso tem sobre outras pessoas, meio ambiente ou a sociedade em geral), então verifica se as mesmas podem ser integradas em uma estrutura metateórica, e aplica o estudo em quatro casos nacionais, sendo energia nuclear francesa, energia eólica grega, energia solar de Papua-Nova Guiné e xisto betuminoso da Estônia.
21	AN, Heungjo; WILHEM, Wilbert E.; STEPHEM, W. Searcy	Biofuel and petroleum-based fuel supply chain research: A literature review	Este artigo fornece uma revisão da literatura de pesquisas sobre o biocombustível SC. Ele classifica a pesquisa anterior de acordo com o período de decisão (ou seja, estratégico, tático, operacional e integrado), bem como o nível na cadeia de abastecimento (isto é, a montante, a meio e a jusante). Além disso, analisa pesquisas relacionadas com produtos agrícolas, que têm algumas semelhanças em relação à colheita e perecibilidade; combustíveis à base de petróleo, que têm alguns pontos comuns relacionados à distribuição (alguns biocombustíveis podem ser misturados à gasolina, mas outros não); e cadeias de suprimentos genéricas, que fornecem algumas estruturas de modelagem aplicáveis. Finalmente, este documento enfatiza as necessidades únicas de apoio às decisões que integram a fazenda com os níveis comerciais (por exemplo, armazenamento, pré-processamento, refino e distribuição) e identifica caminhos férteis para pesquisas futuras na cadeia de abastecimento de biocombustíveis.
22	DRAGONE, Giuliano <i>et al.</i>	Innovation and strategic orientations for the	Este artigo resume e discute as mais recentes inovações e orientações estratégicas para o

		development of advanced biorefineries	desenvolvimento de biorrefinarias avançadas.
23	SILVESTRINI A. <i>et al.</i>	The role of cities in achieving the EU targets on biofuels for transportation: The cases of Berlin, London, Milan and Helsinki	Neste artigo, a implementação da Diretiva de Biocombustíveis da União Europeia e medidas voluntárias relacionadas em nível local são examinadas na Alemanha, Reino Unido, Itália e Finlândia e nas cidades de Berlim, Londres, Milão e Helsinque.
24	SMITH, A. L. <i>et al.</i>	Second generation biofuels and bioinvasions: An evaluation of invasive risks and policy responses in the United States and Canada	Avalia-se o risco de invasão biológica representada pela indústria emergente de biocombustíveis de segunda geração nos EUA e Canadá, examinando o risco invasivo de espécies de plantas candidatas a biocombustíveis e revisando as políticas de biocombustíveis existentes para determinar o quão bem elas tratam da questão da invasão espécies.
25	GEELS, Frank W.	A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies	O artigo tem como objetivo introduzir o MLP nos estudos de transporte e mostrar sua utilidade por meio de um aplicativo para o sistema de auto mobilidade no Reino Unido e na Holanda. Este aplicativo tem como objetivo avaliar os drivers, barreiras e possíveis caminhos para as transições de baixo carbono.
26	WOHLFAHRT, J. <i>et al.</i>	Characteristics of bioeconomy systems and sustainability issues at the territorial scale. A review	Neste artigo, com base em uma revisão da literatura, destaca-se a complexidade dos sistemas de bioeconomia e é proposta uma estrutura para apoiar o seu desenvolvimento sustentável.
27	GILANI, H.; SAHEBI H.; OLIVEIRA, Fabricio	Sustainable sugarcane-to-bioethanol supply chain network design: A robust possibilistic programming model	Esta pesquisa propõe um modelo de otimização de projeto de rede de cadeia de suprimentos robusto trifásico para produzir bioetanol de cana-de-açúcar. O método de análise envoltória de dados integrados difusos é empregado para selecionar terras de cultivo adequadas como pontos potenciais de abastecimento. O modelo considera a sustentabilidade em sua implementação, de forma que os objetivos sejam maximizar o lucro, minimizar os efeitos ambientais e maximizar o desempenho social.
28	COOKE, Philip	Transition regions: Regional-national eco-innovation systems and strategies	O fenômeno chave em torno do qual o artigo é construído, dado seu interesse central na transição de um regime de energia de combustíveis fósseis para um regime de emissões zero e/ou de

			energia renovável, é a noção e a explicação das 'regiões de transição'.
29	BENNERTZ, Rafael; RIP Arie	The evolving Brazilian automotive-energy infrastructure: Entanglements of national developmentalism, sugar and ethanol production, automobility and gasoline	Este artigo trata da construção sociotécnica dinâmica de infraestruturas automotivas-energéticas, a partir do caso do etanol combustível no Brasil do século XX e início do século XXI.
30	PISCHKE, Erin C. <i>et al.</i>	From Kyoto to Paris: Measuring renewable energy policy regimes in Argentina, Brazil, Canada, Mexico and the United States	Usa-se uma versão revisada do Índice de Atividade de Política (IPA) para examinar o desenvolvimento histórico (1998–2015) das políticas federais e estaduais/provinciais de energia renovável em cinco países federais nas Américas: Argentina, Brasil, Canadá, México e Estados Unidos. Aqui, o foco está no “produto da política”, que é definido como uma função da densidade e intensidade da política.
31	LOZANO, Francisco J. <i>et al.</i>	New perspectives for green and sustainable chemistry and engineering: Approaches from sustainable resource and energy use, management, and transformation	Este artigo apresenta as tendências atuais em química e engenharia química, como recursos sustentáveis e uso de energia, economia circular, produção mais limpa e avaliação de processos sustentáveis e inovação em produtos químicos. Além disso, fornece conhecimentos nessa direção e complementa outros esforços para essa transição.
32	CASTIBLANCO, Carmenza; MORENO, Alvaro; ETTER Andrés	Impact of policies and subsidies in agribusiness: The case of oil palm and biofuels in Colombia	Analisa os impactos econômicos das políticas de apoio à produção de biodiesel na Colômbia, como subsídios e mandatos para misturas obrigatórias de combustíveis.
33	WENG, Wei <i>et al.</i>	Landscape matters: Insights from the impact of mega-droughts on Colombia's energy transition	Explora as causas e efeitos da mega seca de 2015-2016 na Colômbia. Usando a perspectiva multinível como estrutura, descobriu-se que a mega seca desencadeou uma transição energética na Colômbia, cuja dinâmica foi impactada tanto pela institucionalização de nichos quanto pela capacidade de prever a próxima seca.
34	OLIVEIRA, Thais Diniz; GURGEL, Angelo Costa; TANRY, Steve	International market mechanisms under the Paris Agreement: A cooperation between Brazil and Europe	Usando a projeção econômica e modelo de Análise de Política, este estudo avalia o papel do comércio de emissões e o esquema de cooperação entre o Brasil e a Europa, usando harmonizada cobertura setorial (geração de eletricidade e setores intensivos em energia).

35	BILALI, Hamid El	Research on agro-food sustainability transitions: A systematic review of research themes and an analysis of research gaps	Transições de sustentabilidade agroalimentar referem-se às mudanças fundamentais necessárias para avançar em direção a uma agricultura e sistemas alimentares sustentáveis. O jovem campo de pesquisa sobre transições de sustentabilidade em sistemas agroalimentares ainda está amplamente mal definido. A fim de delinear seus contornos, este artigo faz uma revisão crítica dos principais temas de pesquisa e destaca lacunas de pesquisa.
36	FRANK, Alejandro Germán <i>et al.</i>	The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems	Os sistemas de energia renovável (RES) estão se tornando um forte componente das estratégias locais de inovação sustentável. Usando uma perspectiva de combinação de políticas, este artigo investiga os critérios de política de inovação de fatores de localização dos municípios, atividades de cooperação entre as partes interessadas e conhecimento local sobre RES como antecedentes para ver como eles alavancam o desenvolvimento de RES na Alemanha.
37	INGRAO, Carlo <i>et al.</i>	The potential roles of bio-economy in the transition to equitable, sustainable, post fossil-carbon societies: Findings from this virtual special issue	Este estudo foi elaborado para fornecer uma visão geral dos artigos analisados e destacar suas contribuições para a bioeconomia em cinco grandes temas de pesquisa: biomassa, biomateriais e bioenergia; agricultura; silvicultura; produção e embalagem de alimentos e rações; e aplicativos diversos.
38	TAREI, Pradeep Kumar <i>et al.</i>	Analysing the inhibitors of complexity for achieving sustainability and improving sustainable performance of petroleum supply chain	Na era da sustentabilidade dos negócios, a cadeia de suprimentos moderna está se tornando complexa devido a vários inibidores, como incertezas no mercado, inovação tecnológica, protocolos ambientais, regulamentações de comércio internacional e envolvimento de muitas partes interessadas. Portanto, o estudo analisa os inibidores para a complexidade da cadeia de abastecimento (SCC) e sustentabilidade da cadeia de suprimentos (SCS) em conjunto.
39	DIERCKS, Gijs; LARSEN, Henrik; STEWART, Fred	Transformative innovation policy: Addressing variety in an emerging policy paradigm	Este artigo apresenta uma estrutura analítica para avaliar o surgimento de um novo paradigma político denominado “política de inovação transformativa”, que pode

			ser visto como uma camada, mas não substituindo totalmente, paradigmas anteriores de política de ciência e tecnologia e sistemas de inovação. O artigo estabelece diversidade conceitual neste paradigma de política emergente.
40	SOLOMON, Barry D.; KRISHNA Karthlik	The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook	Este artigo analisa as transições anteriores e os fatores por trás delas, junto com seus prazos. Três estudos de caso modernos são discutidos: Brasil, que mudou de um sistema de transporte baseado no petróleo para um baseado na cana-de-açúcar-etanol; França, que mudou da energia elétrica a óleo para a energia nuclear; e os Estados Unidos, que tentou mudar do petróleo estrangeiro para uma mistura de recursos energéticos domésticos. Ademais, argumenta que uma transição com foco na eficiência energética pode ocorrer muito mais rapidamente.
41	GROSS, Robert <i>et al.</i>	How long does innovation and commercialisation in the energy sectors take? Historical case studies of the timescale from invention to widespread commercialisation in energy supply and end use technology	Considerando evidências históricas, analisa o tempo que uma variedade de tecnologias de fornecimento e uso final de energia levaram para emergir da invenção, se difundir no mercado e alcançar ampla implantação.
42	GEELS, Frank W.	The impact of the financial-economic crisis on sustainability transitions: Financial investment, governance and public discourse	O artigo investiga os efeitos da crise econômico-financeira na difusão de tecnologias de energia renovável.
43	CLAUSEN, Jeans; FICHTER, Klaus	The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors	Fornece percepções intersetoriais sobre os principais fatores que estão impulsionando ou dificultando a difusão de inovações ambientais.
44	HULTMAN, Nathan E. <i>et al.</i>	Factors in low-carbon energy transformations: Comparing nuclear and bioenergy in Brazil, Sweden, and the United States	Estudo das transformações energéticas em bioenergia e energia nuclear no Brasil, Suécia e Estados Unidos.
45	MÜLLER, Birgit <i>et al.</i>	Modelling food security: Bridging the gap between the micro and the macro scale	Segurança alimentar.
46	BIN; Chang Ni <i>et al.</i>	The role of food-energy-water nexus analyses in urban growth models for urban sustainability: A review of synergistic framework	Este artigo de revisão oferece uma síntese da filosofia atual de alguns nexos em conexão com o reino dos modelos de crescimento urbano para significar a colisão e mudança de paradigma com percepções de sustentabilidade interdisciplinares.
47	BRINGEZU, Stefan	On the mechanism and effects of innovation: Search for safety and independence of resource	Este estudo traz considerações em busca de um mecanismo universal de inovação e seus efeitos sobre o

		constraints expands the safe operating range	uso de recursos naturais e artificiais.
48	CICHACKA, Danuta <i>et al.</i>	European Union research and innovation perspectives on biotechnology	Este artigo apresenta uma perspectiva das atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e demonstração em biotecnologia, incluindo uma breve visão geral do contexto político.
49	NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta <i>et al.</i>	Sustainable and Integrated Bioenergy Assessment for Latin America, Caribbean and Africa (SIByl-LACAf): The path from feasibility to acceptability	O objetivo deste artigo é revisar os trabalhos disponíveis neste campo e propor uma abordagem para apoiar os formuladores de políticas no processo de tomada de decisão de implantação de sistemas de bioenergia sustentáveis.
50	BENNETT, Simon J.	Using past transitions to inform scenarios for the future of renewable raw materials in the UK	Este artigo propõe que um estudo detalhado dos padrões de mudança no passado de um setor específico pode melhorar a compreensão de como ele pode evoluir. Uma metodologia é apresentada e aplicada a um estudo de caso da transição prospectiva para o uso de matéria-prima renovável na produção de combustíveis líquidos e produtos químicos orgânicos no Reino Unido.
51	MANNING, Stepham; REINECKE	A modular governance architecture in-the-making: How transnational standard-setters govern sustainability transitions	Estuda o papel dos criadores de padrões transnacionais na mitigação desses desafios e governando as transições de sustentabilidade dentro de um setor transnacional. O caso de estudo é o setor cafeeiro global, onde padrões de sustentabilidade estão cada vez mais sendo adotados.
52	ARRANZ, Alfonso Martínez	Lessons from the past for sustainability transitions? A meta-analysis of socio-technical studies	Este artigo examina os fatores de desestabilização do regime e as formas de resistência em relação as transições tecnológicas passadas em energia e transporte. Analisa vinte e três transições de energia (eletricidade, calor e produtos químicos) e onze de transporte (cadeia de transmissão, redes, combustíveis e planejamento territorial) anteriores a 1990. Além disso, a fim de enquadrar adequadamente esses resultados e tornar quaisquer "lições do passado" aplicáveis ao presente, inclui uma avaliação das tendências atuais de sustentabilidade.
53	BERNAT, Stefan; KARABAG, Solmaz Filiz	Strategic alignment of technology: Organising for technology upgrading in emerging economy firms	O objetivo deste estudo foi explorar as atividades organizacionais realizadas pelas empresas de economia emergentes que estão

			inovando em estágios avançados de processos de recuperação.
54	DENBEK Krzysztof; YORK, Jodi; SINGH, Prakash J.	Creating value for multiple stakeholders: Sustainable business models at the Base of the Pyramid	Com base em dados primários e secundários de 55 organizações que tratam da pobreza na Indonésia e nas Filipinas, este estudo mostra nove modelos de negócios distintos que abordam a pobreza. Classifica os modelos por suas atividades e estrutura para criar uma matriz de modelo de negócios BoP e explica como esses nove modelos usam diferentes atividades, abordagens de valor, lógicas de criação de valor, fontes de valor e mecanismos de captura para beneficiar diferentes partes interessadas.
55	CAROLAN, Michael S.	Ethanol's most recent breakthrough in the United States: A case of socio-technical transition	Aplicando conhecimentos do campo de estudos de ciência e tecnologia, este artigo ajuda a explicar a ascensão meteórica do etanol nos últimos anos nos Estados Unidos.
56	HILLMAN, Karl M.; SANDÉN, Björn A.	Exploring technology paths: The development of alternative transport fuels in Sweden 2007–2020	Usando cenários sociotécnicos, investiga como as escolhas de políticas atuais podem afetar o desenvolvimento de combustíveis alternativos para o transporte na Suécia.
57	VERNAY, Anne-Lorène <i>et al.</i>	Exploring the socio-technical dynamics of systems integration – the case of sewage gas for transport in Stockholm, Sweden	Utilizando um modelo conceitual baseado na teoria ator-rede e nos conhecimentos da teoria da estruturação, analisa o caso do desenvolvimento de gás de esgoto para transporte em Estocolmo.
58	SANTOS, Moisés Teledos; PARK, Song Won	Sustainability and biophysics basis of technical and economic processes: A survey of the reconciliation by thermodynamics	Apesar da existência de um debate generalizado sobre o desenvolvimento sustentável, as restrições naturais impostas pela natureza de irreversibilidade das transformações técnicas e econômicas são normalmente menos discutidas.
59	POWER, Marcus <i>et al.</i>	The political economy of energy transitions in Mozambique and South Africa: The role of the Rising Powers	Este artigo defende a reunião de percepções de três amplos conjuntos de literatura sobre: transições sociotécnicas; as potências emergentes como doadores de desenvolvimento (re) emergentes e; geografias de energia.
60	VERGRAGT, Philip J.; MARKUSSON, Nils; KARLSSON, Henrik.	Carbon capture and storage, bio-energy with carbon capture and storage, and the escape from the fossil-fuel lock-in	Neste artigo, é investigado se e como a captura e armazenamento de carbono poderia ajudar a evitar o reforço do aprisionamento dos combustíveis fósseis.

61	RIZZI, Francesco; ECK, Ness Jan van; FREY, Marco	The production of scientific knowledge on renewable energies: Worldwide trends, dynamics and challenges and implications for management	O presente estudo investiga as energias renováveis analisando os últimos vinte anos de produção científica mundial e a dinâmica de interesse em torno de políticas relevantes nessa direção. Com base em uma revisão sobre o papel do desenvolvimento do conhecimento nas transições de tecnologia, combina abordagens bibliométricas e de debate de especialistas para fornecer aos tomadores de decisão uma análise sólida das tendências temáticas e regionais no campo.
62	SMITH, Timothy M.; FISCHLEIN, Miriam	Rival private governance networks: Competing to define the rules of sustainability performance	Este estudo apresenta um conceito de governança privada rival, em que várias iniciativas competem pela autoridade de definição de regras.
63	ELAVARASAN, Rajvikram Madurai <i>et al.</i>	SWOT analysis: A framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries	Este trabalho mostra uma visão geral descritiva dos ativos renováveis do país e seu futuro verde por meio de uma análise SWOT onde cada país foi avaliado com base em quatro parâmetros (força, fraqueza, oportunidades e ameaças) para os recursos renováveis. Este estudo foi realizado para acessar o potencial de cada país para a geração de energia renovável.
64	GOODMAN, James; MARSHALL, Jonathan Paul	Problems of methodology and method in climate and energy research: Socialising climate change?	O artigo apresenta uma edição especial sobre problemas de metodologia e método em pesquisa de clima e energia. Ele traça o foco urgente e crescente na “socialização” da redução de emissões e da estabilidade climática na política energética.
65	ARAÚJO, Kathleen	The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities	Este artigo explora o campo em evolução das transições de energia com o objetivo de conectar e ampliar a bolsa de estudos. Definições e exemplos de transições de energia são discutidos, juntamente com ideias centrais sobre compensações, urgência e inovação.
66	WILLET Walter <i>et al.</i>	Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems	Esse estudo analisa como alimentos não saudáveis e produzidos de forma insustentável representam um risco global para as pessoas e o planeta. Além disso, a produção global de alimentos é a maior pressão causada pelo homem na Terra, ameaçando os ecossistemas locais e a estabilidade do sistema terrestre.

67	KRETSCHMER, Bettina; PETERSON, Sonja	Integrating bioenergy into computable general equilibrium models — A survey	Este artigo oferece uma visão geral das abordagens existentes, avalia criticamente seu respectivo poder e discute as vantagens dos modelos CGE em comparação com os modelos de equilíbrio parcial.
68	ROY, Joyashree <i>et al.</i>	Fiscal instruments: crucial role in financing low carbon transition in energy systems	Analisa uma ampla variedade de literatura existente e dá exemplos cobrindo diversos países e mostra como instrumentos fiscais eficientes e eficazes estão surgindo para uma transição para sistemas de energia de baixo carbono.
69	NISKANEN, Johan; MAGNUSSON, Dick	Understanding upscaling and stagnation of farm-based biogas production in Sweden through transitional and farming logics	Este estudo tem como objetivo compreender o aumento e a estagnação do biogás baseado em fazendas na Suécia, usando entrevistas com as principais partes interessadas e estudos de documentos.
70	URRY, John	Governance, flows, and the end of the car system?	Este artigo examina as interseções dos fluxos de novos sistemas de combustível, novas formas de produzir carrocerias e novos sistemas de gerenciamento da mobilidade pessoal e especialmente como eles poderiam ser controlados em vários níveis para derrubar este sistema de carro.
71	BARIDO, Diego Pance de Leon; AVILA, Nkiruka; KAMMEN, Daniel M.	Exploring the Enabling Environments, Inherent Characteristics and Intrinsic Motivations Fostering Global Electricity Decarbonization	Sintetiza onze conjuntos de dados globais que variam do progresso da descarbonização da eletricidade à qualidade da governança, aos subsídios internacionais aos combustíveis fósseis e às políticas ambientais, entre vários outros, e usa métodos de mineração de dados para explorar os fatores que podem estar promovendo ou impedindo a descarbonização.
72	SOVACOOOL, Benjamin K. <i>et al.</i>	Sociotechnical agendas: Reviewing future directions for energy and climate research	As metas e objetivos desta pesquisa são três: interrogar quais conceitos sociotécnicos ou ferramentas de estudos de ciência e tecnologia são úteis para melhor compreender as ciências sociais relacionadas à energia, refletir sobre temas e tópicos proeminentes dentro dessas abordagens e identificar lacunas de pesquisa atuais e direções para o futuro.
73	STEEN, Markus; WEAVER, Tyson	Incumbents' diversification and cross-sectorial energy industry dynamics	Este artigo tem como objetivo alcançar uma melhor compreensão dos operadores históricos em setores de energia estabelecidos e sua extensão de envolvimento em outros (nichos) setores de energia.

74	BAUER, Fredic; FUENFSCHILLI NG, Lea	Local initiatives and global regimes – Multi-scalar transition dynamics in the chemical industry	Este artigo estuda a dinâmica de transições multiescalares, enfocando a inter-relação de iniciativas locais de sustentabilidade e regimes globais. Usando o caso da indústria química, ilustra como as iniciativas de sustentabilidade tomadas por algumas subsidiárias de corporações globais na Suécia estão intimamente ligadas ao regime global e vice-versa.
75	JOVANOVIC, Nina; ZOLFAGHARINI A, Hossein; PESZYNSKI, Konrad	To Green or Not to Green Trucking? Exploring the Canadian Case	O objetivo deste artigo é explorar o estado atual da sustentabilidade ambiental no setor de caminhões canadenses, examinando os tipos de iniciativas verdes que foram adotadas por empresas de caminhões canadenses, os impulsionadores associados e as barreiras que podem afetar a adoção de tais iniciativas.
76	KOKOSSIS, Antonis C.; YANG, Aidong	On the use of systems technologies and a systematic approach for the synthesis and the design of future biorefineries	O artigo destaca o papel central da tecnologia de sistemas para promover a inovação, visualizar opções e apoiar a experimentação computacional de alto rendimento, argumentando que as ferramentas de sistema são amplamente subdesenvolvidas. Além disso, descreve oportunidades para inovação em design, síntese em nível de conceito e integração de processos.
77	OSUNMUYLWA, Olufolahan; KALFAGIANNI, Agni	The Oil Climax: Can Nigeria's fuel subsidy reforms propel energy transitions?	Trazendo conhecimentos da literatura sobre economia política e a perspectiva de vários níveis sobre transições sociotécnicas, com exemplos empíricos da Nigéria. Primeiro este estudo fornece uma explicação de quais fatores desencadearam reformas de combustível com base na interação entre elementos da paisagem e do regime e, em segundo lugar, os efeitos de tais reformas de combustível nas transições de energia renovável.
78	AKIZU, Ortzi <i>et al.</i>	Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South	Este trabalho analisa alguns dos fatores socioculturais, tecnológicos, econômicos e políticos que estão levando a diferentes transições em várias escalas para sociedades de baixa energia em todo o mundo. Ele examina vários casos diferentes de transição e propostas do Sul Global e do Norte Global. Além disso, dadas as limitações da natureza local ou parcial desses estudos de

			caso, também analisa seus contextos energéticos nacionais levando em consideração os fluxos ocultos de energia.
79	SCHAUBE, Philipp; ORTIZ, Wellington; RECALDE, Marina	Status and future dynamics of decentralised renewable energy niche building processes in Argentina	O objetivo deste estudo é caracterizar as iniciativas de promoção da energia renovável descentralizada e avaliar seu papel potencial na indução de uma transformação mais ampla do sistema energético argentino.
80	HORLINGS, L. G.; MARSDEN, T. K.	Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'	O desafio de produzir alimentos suficientes é mais urgente do que nunca. Então, no artigo argumenta-se que o regime alimentar dominante respondeu a esse desafio por meio de um estreito processo de modernização ecológica dentro da agricultura, que pode diminuir os efeitos ambientais até certo ponto, mas também causa novos efeitos colaterais negativos e expõe alguns elos importantes que faltam. Além de que, explora o que pode ser um processo real de modernização ecológica, incluindo aspectos sociais, culturais, espaciais e políticos.
81	REDDY, Amulya K. N.	A generic Southern perspective on renewable energy	Depois de indicar as inter-relações entre energia de biomassa, energia renovável e desenvolvimento sustentável (urbano e rural), as estratégias genéricas de energia para energia renovável em geral para avançar a meta de desenvolvimento sustentável são listadas. Em seguida, as estratégias específicas para energia de biomassa em particular são mencionadas. Uma breve descrição das barreiras à energia renovável é complementada com uma análise de forças-fraquezas-opportunidades-ameaças (SWOT). Após a discussão de algumas diretrizes para a disseminação de tecnologias de energia renovável (RETs), as características de um pacote de políticas de energia renovável (REPP) para o desenvolvimento sustentável são delineadas. Por último, é dada uma indicação dos RETs de curto, médio e longo prazo e das implicações gerais positivas das energias renováveis.
82	HESS, David J.; SOVACOOOL, Benjamin K.	Sociotechnical matters: Reviewing and integrating science and technology	Esta revisão fornece um breve histórico de conceitos e estruturas de estudos de ciência e tecnologia

		studies with energy social science	relevantes e uma análise estruturada de como as perspectivas destes estão aparecendo na pesquisa em ciências sociais de energia e como a pesquisa relacionada à energia está aparecendo em estudos de ciência e tecnologia de ciências sociais.
83	GUROU, Calin; RANCHHOD, Ashok.	The futures of genetically-modified foods: Global threat or panacea?	Considerando a história dos alimentos geneticamente modificados e sua situação atual, este estudo desenvolve e valida três cenários complexos sobre a evolução futura dos alimentos geneticamente modificados.
84	ZISOPOULOU, Kalomoiza <i>et al.</i>	Recasting of the WEF Nexus as an actor with a new economic platform and management model	O Nexo Água, Energia e Alimentos (WEF <i>Nexus</i>) tem a missão de aplicar uma abordagem holística para lidar com a demanda vertiginosa de água, alimentos e energia causada pelo crescimento populacional, salvaguardando os aspectos interligados de segurança e equidade coletiva do WEF.
85	LOO, Becky P. Y.; TSOI, Ka Ho; BAMISTER, David	Recent experiences and divergent pathways to transport decoupling	Este estudo examina as vias de dissociação do transporte dos 16 países selecionados de 1990 a 2015. As emissões de carbono no transporte (ou seja, descarbonização) e fatalidades no trânsito (ou seja, desfatalização) foram escolhidas para análise da dissociação ambiental e social, respectivamente.
86	MCDOWALL, Will	Are scenarios of hydrogen vehicle adoption optimistic? A comparison with historical analogies	Há uma grande literatura explorando os possíveis futuros do hidrogênio, usando várias abordagens de modelagem e cenário. Este artigo compara as taxas de transição descritas nessa literatura com um conjunto de analogias históricas. Essas analogias são casos em que os veículos movidos a combustíveis alternativos penetraram no mercado de veículos. O artigo sugere que a literatura tende a ser otimista sobre a possível taxa em que os veículos a hidrogênio podem substituir o transporte baseado em petróleo.
87	CHALLIES, Edward; NEWING, Jeans; LENSCHOW Andrea	What role for social–ecological systems research in governing global teleconnections?	Este artigo examina criticamente as ideias do campo dinâmico da pesquisa de sistemas socioecológicos e reflete sobre até que ponto elas podem informar a governança da globalização da produção-consumo e dos impactos sociais e ambientais da conexão

			inter-regional global de forma mais geral.
88	QADIR, Sikandar Abdul <i>et al.</i>	Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review	Este artigo discute as principais barreiras que impedem o investimento na produção de energia limpa, destaca incentivos cruciais que podem acelerar os processos de investimento e examina várias estratégias necessárias para a transição de energia baseada em combustíveis fósseis para fontes renováveis.
89	RAMMEL, Christian; STAGL, Sigrid; WILFING, Harald	Managing complex adaptive systems — A co-evolutionary perspective on natural resource management	A perspectiva coevolucionária delineada neste artigo serve como dispositivo heurístico para mapear as interações estabelecidas nas redes entre a base de recursos, as instituições sociais e o comportamento dos atores individuais. Para este propósito, baseia-se em ideias da teoria de sistemas adaptativos complexos, teoria evolucionária e economia evolucionária. Finalmente, é delineada uma agenda de pesquisa para uma abordagem coevolutiva para sistemas de gestão de recursos naturais.
90	ENGELKEN, Maximilian <i>et al.</i>	Comparing drivers, barriers, and opportunities of business models for renewable energies: A review	Este artigo analisa sistematicamente o campo emergente de pesquisa sobre modelos de negócios para energias renováveis, diferenciando entre países em desenvolvimento e industrializados.
91	SOVACOOOL, Benjamin K.	An international comparison of four polycentric approaches to climate and energy governance	Com base no trabalho sobre governança, este artigo explora quatro programas e políticas que respondem de alguma forma aos desafios induzidos pelas mudanças climáticas e pelo uso moderno de energia.
92	SOVACOOOL, Benjamin K.	How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions	Este estudo investiga a questão do tempo nas transições de energia globais e nacionais perguntando: O que a literatura acadêmica convencional sugere sobre a escala de tempo das transições de energia? Além disso, o que alguns dos dados empíricos mais recentes relacionados às transições dizem, ou desafiam, sobre as visões convencionais? Ao responder a essas perguntas, o artigo apresenta uma visão “dominante” das transições de energia como assuntos longos e prolongados, muitas vezes levando décadas a séculos para ocorrer.

93	NEVER, Babete; BETZ, Joachim	Comparing the Climate Policy Performance of Emerging Economies	Este artigo testa a influência da indústria verde doméstica, a proporção de combustíveis fósseis para poder financeiro, a posição de negociação internacional e a sociedade civil ambiental no Brasil, China, Índia, Indonésia, Coreia do Sul, México e África do Sul.
94	JOHNSTONE, Phil; STIRLING, Andy	Comparing nuclear trajectories in Germany and the United Kingdom: From regimes to democracies in sociotechnical transitions and discontinuities	Este artigo enfoca as políticas nucleares totalmente divergentes da Alemanha e do Reino Unido.
95	CHHETRI, Netra <i>et al.</i>	Global citizen deliberation: Case of world-wide views on climate and energy	Neste artigo, por meio de uma análise quantitativa dos dados do World Wide Views, é traçada uma visão sobre as opiniões dos cidadãos sobre questões de clima e energia.
96	JIA, Fu <i>et al.</i>	Water stewardship in agricultural supply chains	Esta revisão tende a sintetizar os temas em relação à gestão da água, visa identificar lacunas de pesquisa na literatura existente e propõe uma estrutura de gestão da água mais integrada nas cadeias de abastecimento agroalimentares.
97	PROCTOR, Kyle; TABATABALE, Seyed M. H.; MURTHY, Ganti S.	Gateway to the perspectives of the Food-Energy-Water nexus	O nexo Alimentos-Energia-Água (FEW) foi promovido como uma ferramenta para melhorar a segurança de alimentos, energia e recursos hídricos por meio de uma abordagem interdisciplinar que reconhece as sinergias e compensações inerentes envolvidas na gestão desses recursos. Este artigo primeiro usa uma revisão narrativa para identificar as motivações e conjuntos de ferramentas de cinco perspectivas principais usadas para visualizar o nexo. Em seguida, uma revisão sistemática é conduzida para examinar como as tendências de publicação mudaram na última década, tanto de modo geral quanto para cada uma dessas perspectivas.
98	HOSSAIN, M. S. <i>et al.</i>	Role of smart grid in renewable energy: An overview	O presente artigo de revisão tenta investigar o papel da rede inteligente na energia renovável.
99	BANAL-ESTANOL, Albert; CALZADA, Joan; JORDANA, Jacint	How to achieve full electrification: Lessons from Latin America	Neste artigo, examina-se as principais estratégias utilizadas na América Latina para aumentar a cobertura de eletricidade e argumenta que somente uma combinação de esforços de política tornou possível alcançar a situação atual. Também examina os obstáculos restantes, nos níveis

			político e institucional, para alcançar a cobertura total.
100	WOLFF, S. <i>et al.</i>	Quantifying Spatial Variation in Ecosystem Services Demand: A Global Mapping Approach	Este estudo apresenta novas abordagens operacionais para quantificar e mapear a demanda por três serviços ecossistêmicos não commodities em uma escala global: polinização animal, plantas medicinais selvagens e recreação ao ar livre.
101	JIE, Mao <i>et al.</i>	Industrial policy intensity, technological change, and productivity growth: Evidence from China	Este artigo avalia o efeito das políticas industriais e de Ciência e Tecnologia da China com uma medida recém-construída de intensidade de política e um banco de dados nacional de pesquisas de empresas.
102	LI, Francis G. N.; TRUTNEVYTE, Evelina; STRACHAN, Neil.	A review of socio-technical energy transition (STET) models	Um novo paradigma de modelagem de energia começou a emergir para integrar a modelagem quantitativa e as transições sociotécnicas conceituais. Este artigo fornece uma taxonomia para esta nova categoria de modelo: modelos de 'transição de energia sociotécnica' (STET).
103	NTONA, Eirini; ARABATZIS, Garyfallos; KYRIAKOPOULOS, Grigorios L.	Energy saving: Views and attitudes of students in secondary education	O objetivo deste artigo é investigar a complexidade das visões e atitudes dos alunos sobre a energia e seu uso em relação ao meio ambiente.
104	SAARIKOSKI, Heli <i>et al.</i>	Institutional challenges in putting ecosystem service knowledge in practice	Analisa como o conhecimento sobre os serviços ecossistêmicos é realmente usado para informar a gestão da terra e da água em 22 estudos de caso cobrindo diferentes sistemas socioecológicos em países europeus e latino-americanos.
105	ANGELSTAM, Per <i>et al.</i>	Collaborative learning to unlock investments for functional ecological infrastructure: Bridging barriers in social-ecological systems in South Africa	Usando a África do Sul como um estudo de caso, foram identificadas ações que provavelmente serão eficazes na ampliação de projetos de pesquisa e desenvolvimento que apoiem a implementação de políticas sobre infraestrutura ecológica por meio do manejo adaptativo ativo.
106	TALAEI, Alireza; SADEGH, Mohammad; MAGHSOUDY, Soroush	Climate friendly technology transfer in the energy sector: A case study of Iran	No trabalho atual, as tecnologias de energia de baixo carbono existentes globalmente que são compatíveis com o setor de energia do Irã são identificadas e, em seguida, priorizadas em relação a diferentes critérios.
107	ZHENG, Lei <i>et al.</i>	Bio-natural gas industry in China: Current status and development	Este estudo apresentou uma visão abrangente da indústria de gás bio-natural na China, incluindo seu status quo, planejamento estratégico nacional, atualização de

			tecnologias, custo de investimento, potencial e oportunidades e desafios.
108	BURTON, Rob J. F.	The potential impact of synthetic animal protein on livestock production: The new “war against agriculture”?	O objetivo de produzir proteína animal sinteticamente permaneceu uma perspectiva tentadora para os cientistas, com novas esperanças sendo reavivadas ao longo dos anos à medida que novos conhecimentos surgiam ou tecnologias eram desenvolvidas. Este artigo aborda essa questão, examinando substituições históricas que levaram ao declínio ou mesmo à dizimação das indústrias agrícolas.
109	MURRAY-RUST, Dave <i>et al.</i>	An open framework for agent based modelling of agricultural land use change	Este artigo apresenta uma nova estrutura de modelagem baseada em agentes (Aporia) que tem o objetivo de reduzir a complexidade e a dificuldade de construção de modelos de uso do solo de alta fidelidade.
110	MARDONI, Abbas <i>et al.</i>	A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency	Este artigo revisou e resumiu os diferentes modelos de análise envoltória de dados (DEA) que foram aplicados em todo o mundo para o desenvolvimento de problemas de eficiência energética.
111	VELASCO-FERNÁNDEZ, Raúl <i>et al.</i>	A becoming China and the assisted maturity of the EU: Assessing the factors determining their energy metabolic patterns	Este artigo apresenta uma análise integrada multiescala comparando as mudanças no padrão metabólico de energia da China e da União Europeia entre 2000 e 2016.
112	HULKKONEN, Mira; MIELONEN, Tero, PRISLE, Nonne L.	The atmospheric impacts of initiatives advancing shifts towards low-emission mobility: A scoping review	Nesta análise de escopo, analisa-se 108 iniciativas de todo o mundo, potencialmente influenciando o comportamento de viagem individual e produzindo mudanças nas participações de diferentes modos de transporte (mudanças modais). São identificados os alvos, tipos e técnicas de iniciativas. Incluem-se exemplos de iniciativas econômicas, regulatórias, estruturais e persuasivas. O foco especial é se os impactos sobre as emissões de CO ₂ , emissões de PM e/ou concentrações de PM foram avaliadas quantitativamente e sobre a qualidade e os resultados das avaliações.
113	CORCIOLANI, Matteo; GISTRÌ, Giacomo; PACE, Stefano	Legitimacy struggles in palm oil controversies: An institutional perspective	Este estudo serve como ponto de partida para pesquisas sobre as lutas pela legitimidade do óleo de palma. Além disso, oferece informações úteis para profissionais, formuladores de políticas e pesquisadores na

			avaliação da situação do debate sobre o óleo de palma.
114	LI, Francis G. N.; PYE Steve; CHAN Neel Stra	Regional winners and losers in future UK energy system transitions	Este artigo demonstra a integração das perspectivas institucionais nas transições do sistema de energia para a modelagem econômica de energia formal no Reino Unido.
115	XIANG, Huan <i>et al.</i>	Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective	Aqui, pesquisas recentes relacionadas à fabricação de alimentos fermentados são revisadas criticamente, colocando ênfase nos benefícios potenciais para a saúde dos alimentos de bem-estar habilitados para fermentação.
116	KOK, Kasper <i>et al.</i>	Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project	O desenvolvimento de cenários participativos é adequado aos desafios colocados pela Diretiva-Quadro Água para desenvolver uma visão de longo prazo envolvendo as partes interessadas. Neste artigo, analisa-se o processo e os resultados de uma série de <i>workshops</i> com as partes interessadas para desenvolver cenários a nível pan-europeu. Especificamente, pretende-se analisar o método e os resultados da combinação de uma metodologia de <i>backcasting</i> e um processo exploratório de desenvolvimento de cenários.
117	LAGARRIGUE, Francoise Lamnabhi <i>et al.</i>	Systems & Control for the future of humanity, research agenda: Current and future roles, impact and grand challenges	Este artigo tem como objetivo demonstrar que Sistemas e Controle está no centro das Tecnologias de Informação e Comunicação para a maioria dos domínios de aplicação.
118	LEVINE, Mark D; PRICE Lynn, MARTIN Nathan	Mitigation options for carbon dioxide emissions from buildings: A global analysis	Este estudo descreve melhorias de eficiência energética para edifícios e o potencial técnico geral para reduzir as emissões de CO ₂ , diminuindo o crescimento no consumo de energia em edifícios.
119	KSHIRSAGAR, Milind P; KALAMKAR, Vilas R.	A comprehensive review on biomass cookstoves and a systematic approach for modern cookstove design	Este artigo oferece uma revisão abrangente da literatura disponível sobre fogões de biomassa. Além disso, é fornecida a comparação do desempenho de energia e emissões para diferentes fogões a biomassa.
120	TIAN, Yuke <i>et al.</i>	An overview of process systems engineering approaches for process intensification: State of the art	Fornecer uma visão geral do desenvolvimento de várias tecnologias de intensificação de processos, especificamente aquelas sob as categorias de separação, reação, reação/separação híbrida e fontes alternativas de energia.

121	LAZARO, Lira Luz Benites <i>et al.</i>	Policy and governance dynamics in the water-energy-food-land nexus of biofuels: Proposing a qualitative analysis model	Formula um modelo analítico qualitativo que vai além dos três componentes do nexa água-energia-alimento, incorporando outros elementos, como política, inovação, governança e trabalho para examinar seus efeitos como fatores de influência e entender como as sinergias, <i>trade-offs</i> e interligações há muito esquecidas entre setores e entre as políticas e instituições existentes podem se tornar visíveis. Esse modelo qualitativo foi aplicado ao caso do etanol no Brasil.
122	VASCONCELO S, Leonardo Augusto <i>et al.</i>	Ecosystem management: Past achievements and future promises	Este estudo tenta definir o domínio da gestão de ecossistema, contribuindo assim para o desenvolvimento da pesquisa nessa área.
123	TREUT, Gäelle Le <i>et al.</i>	The multi-level economic impacts of deep decarbonization strategies for the energy system	Este artigo desenvolve uma abordagem integrada original com base no carregamento de caminhos de energia consolidados em um modelo de economia multissetorial para avaliar dentro de uma estrutura consistente os impactos econômicos de vários níveis das estratégias de descarbonização nacional. O método é aplicado à Argentina e oferece uma visão representativa do desafio global de avançar em direção a uma economia de baixo carbono.
124	BRENNAN, Michael <i>et al.</i>	Conceptualising global water challenges: A transdisciplinary approach for understanding different discourses in sustainable development	O objetivo deste artigo é propor um modelo de contexto de linguagem de problemas (PLC) como uma forma de enquadrar os desafios do desenvolvimento sustentável, e, ao fazer isso, criar uma heurística que permita que desafios como a segurança hídrica sejam compreendidos usando uma estrutura logicamente consistente.
125	UUTELA, Anu Lähteenmäki <i>et al.</i>	Legal rights of private property owners vs. sustainability transitions?	Este artigo discute as transições de sustentabilidade a partir de uma perspectiva de direitos legais.
126	SASCHA, STARK <i>et al.</i>	Sustainability implications of transformation pathways for the bioeconomy	Neste artigo, motiva-se e aplica-se teoricamente uma teoria de sistema de estrutura de mudança que identifica os mecanismos centrais e quatro caminhos distintos.