



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

RUBENS COSTA NOGUEIRA

**POTENCIAL DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL A PARTIR DE
GASEIFICAÇÃO HIDROTÉRMICA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA
AVANÇADA**

**REDENÇÃO-CE
2023**

RUBENS COSTA NOGUEIRA

**POTENCIAL DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL A PARTIR DE
GASEIFICAÇÃO HIDROTÉRMICA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA
AVANÇADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias, Instituto de Energias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador: Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos.

**REDENÇÃO-CE
2023**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Nogueira, Rubens Costa.

N778p

Potencial da produção de biocombustível a partir de gaseificação hidrotérmica: uma análise bibliométrica avançada / Rubens Costa Nogueira. - Redenção, 2023.
70fl: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2023.

Orientador: Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos.

1. Turbina a Gás. 2. CiteSpace. 3. Web of Science. 4. Biocombustível. I. Santos, José Cleiton Sousa dos. II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 620.11

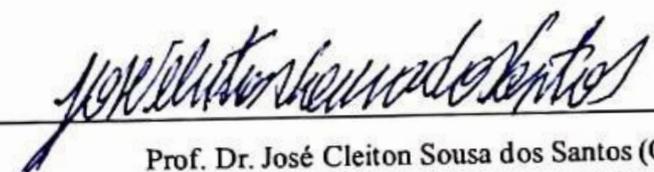
Rubens Costa Nogueira

POTENCIAL DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL A PARTIR DE GASEIFICAÇÃO
· HIDROTÉRMICA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA AVANÇADA

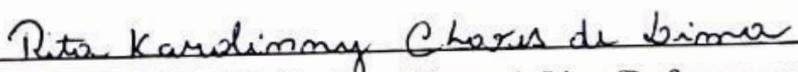
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável (IEDS) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Aprovado em 01/02/2023

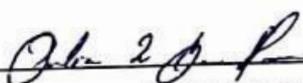
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Cleiton Sousa dos Santos (Orientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Rita Karolinny Chaves de Lima (Professora avaliadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Juliana França Serpa (Professora avaliadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus, por toda honra e glória que alcancei em minha vida.

Agradeço também a minha família, meus pais e irmão, pelo apoio e pelo carinho mesmo nos dias difíceis. Gostaria de deixar um agradecimento em especial a minha mãe, Ana Angelica, minha maior apoiadora e incentivadora. O principal motivo de eu chegar até aqui é por ela e para ela.

Agradeço a minha namorada Talita Franco, pelo companheirismo e por estar sempre ao meu lado, me apoiando nos momentos mais difíceis e me dando bom humor nos momentos em que eu mais precisei de paz.

Aos amigos por me aguentarem todos os dias, me ajudando e me fazendo seguir em frente. Cito em especial o João Roberto que foi importantíssimo no início da minha graduação, a Dennys Feitosa e Plácido Regis por me abrir as portas nos estágios, Elenilsa Pessoa que é uma amiga que considero parte da família que hoje faz o mesmo curso, ao meu amigo Claudio Henrique Porto por me auxiliar no Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao meu orientador, Dr. José Cleiton, por acreditar em mim, por corrigir meus trabalhos mesmo nos momentos mais inoportunos e por sempre fazer o seu melhor para que eu pudesse estar aqui.

À coordenação do curso, aos colegas de curso e a todos os professores pelo ensinamento diário.

À todos que fizeram parte dessa jornada e não foram citados aqui, deixo minha eterna gratidão.

RESUMO

A gaseificação para produção de biocombustíveis visa produzir um gás sintético para uso em turbinas e, com o objetivo de melhorar o rendimento final, muitos pesquisadores têm investido no uso de fluidos supercríticos incorporados ao processo para criar uma metodologia conhecida como gaseificação hidrotérmica (GHT). Assim, o presente estudo busca avaliar, por meio de análise bibliométrica na base de dados na plataforma de pesquisa Web of Science (WoS) o que se tem produzido sobre os biocombustíveis por GHT. O programa CiteSpace (versão 6.1.R4 Basic) foi usado para produzir gráficos bibliométricos e a metodologia PRISMA foi usada para determinar os critérios de inclusão e exclusão. Durante o estudo, foram encontrados 311 artigos por meio dos clusters “*hydrothermal*”, “*gaseification*” e “*biofuel*”. Observa-se uma tendência de crescimento das publicações a partir de 2012, provavelmente em influência da RIO+20, que previa um conjunto de ações afim de mitigar os danos causados pelo aquecimento global. Os 12 países mais produtivos abrigam 61,60% do total de publicações dos 66 países localizados e. A China com 61 publicações, concentra pouco mais de 11,7% do total, seguida diretamente pelos Estados Unidos com uma publicação a menos e 11,5% dos trabalhos publicados. A análise mostra que há 568 instituições afiliando 1352 autores de 66 países na produção dos 331 trabalhos publicados. Embora haja um grande número de instituições interessadas na área, 394 instituições (cerca de 64,4% do total de instituições) possuem apenas uma publicação na área, o que caracteriza uma alta dispersão institucional, de forma que apenas 45 instituições têm mais que 4 trabalhos publicados, destacando em especial a Universidade de Saskatchewan, do Canadá, sendo a instituição com maior número de artigos publicados na temática (N = 17). Destacam-se os a pesquisa de técnicas associadas, como e a pirólise, bem como o investimento na pesquisa de fluidos supercríticos e carbonização hidrotérmica, principalmente na China, EUA e Canadá. Por fim, conclui-se que ainda há muito a ser estudado sobre o GHT, mas que, atualmente, esse tipo de processo se mostra bastante promissor para o uso de pequenos produtores.

Palavras-Chaves: Turbina a Gás. CiteSpace. Web of Science. Biocombustível.

ABSTRACT

Gasification for the production of biofuels aims to produce a synthetic gas for use in turbines and, with the aim of improving the final yield, many researchers have invested in the use of supercritical fluids incorporated into the process to create a methodology known as hydrothermal gasification (GHT). Thus, the present study seeks to evaluate, through bibliometric analysis in the database on the Web of Science (WoS) research platform, what has been produced on biofuels by GHT. The CiteSpace program (version 6.1.R4 Basic) was used to produce bibliometric graphics and the PRISMA methodology was used to determine inclusion and exclusion criteria. During the study, 311 articles were found through the “hydrothermal”, “gasification” and “biofuel” clusters. There is a tendency for publications to grow from 2012 onwards, probably under the influence of RIO+20, which previously saw a set of actions to mitigate the damage caused by global warming. The 12 most productive countries house 61.60% of the total publications of the 66 countries e. China, with 61 publications, concentrates just over 11.7% of the total, followed directly by the United States, with one publication less and 11.5% of published works. The analysis shows that there are 568 institutions affiliating 1352 authors from 66 countries in the production of the 331 published works. Although there is a large number of institutions interested in the area, 394 institutions (about 64.4% of all institutions) have only one publication in the area, which characterizes a high institutional distribution, so that only 45 institutions have more than 4 published works, highlighting in particular the University of Saskatchewan, Canada, being the institution with the highest number of articles published on the subject (N = 17). Of note is research into associated techniques, such as pyrolysis, as well as investment in research into supercritical fluids and hydrothermal carbonization, mainly in China, the USA and Canada. Finally, it is concluded that there is still much to be studied about GHT, but that, currently, this type of process is very promising for the use of small producers.

Keywords: Gas Turbine. CiteSpace. Science Web. Biofuel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura 1 – Distribuição de publicações acerca da produção de biocombustível a partir de gaseificação entre os anos de 2006 e 2022.....	12
Figura 2 – Estrutura do artigo e parâmetros estudados. Problemas operacionais de liquefação hidrotérmica Conversão de Biomassa e Bio-refinaria (Superior). Problemas operacionais de gaseificação de água supercrítica (Inferior).....	17
Figura 3 – Enquadramento da pesquisa dos critérios de pesquisa segundo a metodologia Prisma.....	18
Figura 4 – Distribuição dos artigos pelo mundo.....	22
Figura 5 – Rede de colaboração nacional nos artigos acerca de produção de biocombustível através de gaseificação entre 2006 e 2022 no WoS.....	23
Figura 6 – Mapa de colaboração entre instituições.....	24
Figura 7 – Mapa colaborativo entre autores.....	25
Figura 8 – Mapa de relação entre as citações acerca da produção de biocombustíveis através de gaseificação hidrotérmica entre os anos de 2006 e 2022.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ranking das 12 revistas que mais publicaram a respeito de produção de biocombustíveis através de técnicas de gaseificação entre os anos de 2006 e 2022.....	20
Tabela 2 – Os 12 países com maior número de produções a respeito de produção de biodiesel por meio de gaseificação entre os anos de 2006 e 2022.....	21
Tabela 3 – Principais publicações acerca de produção de biocombustível através de gaseificação hidrotérmica entre os anos de 2006 e 2022.....	26
Tabela 4 – Análise de frequência das 12 palavras-chave mais utilizadas em pesquisas de produção de biocombustíveis por gaseificação hidrotérmica entre 2006 e 2022.....	27
Tabela 5 – Análise de frequência das 12 categorias com mais artigos em pesquisas de produção de biocombustíveis por gaseificação hidrotérmica entre 2006 e 2022.....	32

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Biomassa: Composição e Tipos	16
2.2	Produção e Aplicabilidade do Hidrogênio	17
2.3	Tecnologia de Água Supercrítica	19
2.4	Processos de Gaseificação.....	20
2.5	Catálise na Gaseificação Hidrotérmica (GHT)	21
2.5.1	Parâmetros Operacionais que Influenciam a Gaseificação em Água Supercrítica ..	22
3	METODOLOGIA	25
3.1	Fonte de Dados.....	25
3.2	Análise de Dados.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Distribuição de Revistas Científicas	28
4.2	Distribuição por País e Instituição	30
4.3	Análise Quantitativa das Referências Citadas.....	34
4.4	Áreas de Pesquisa em Alta.....	35
4.4.1	Análise Quantitativa da Frequência de Palavras-Chave Frequentes.....	35
4.5	Áreas de pesquisa.....	36
4.5.1	Campos de Pesquisa.....	37
4.5.2	Tendências Emergentes.....	39
4.6	Análise Quantitativa de Categorias e Áreas do Conhecimento	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o homem cria e modifica seu ambiente com o objetivo de melhorar sua segurança e, conseqüentemente, sua qualidade de vida (SANTOS et al., 2007). Para satisfazer suas necessidades energéticas, utilizou-se por muito tempo combustíveis simples a fim de produzir fogo mas, com a descoberta de combustíveis fósseis, processos e avanços científicos culminaram na revolução industrial e em novas formas de aproveitamento dessa energia (FEARNSIDE, 2002; SACHS, 2007; TRES; REIS; SCHLINDWEIN, 2011).

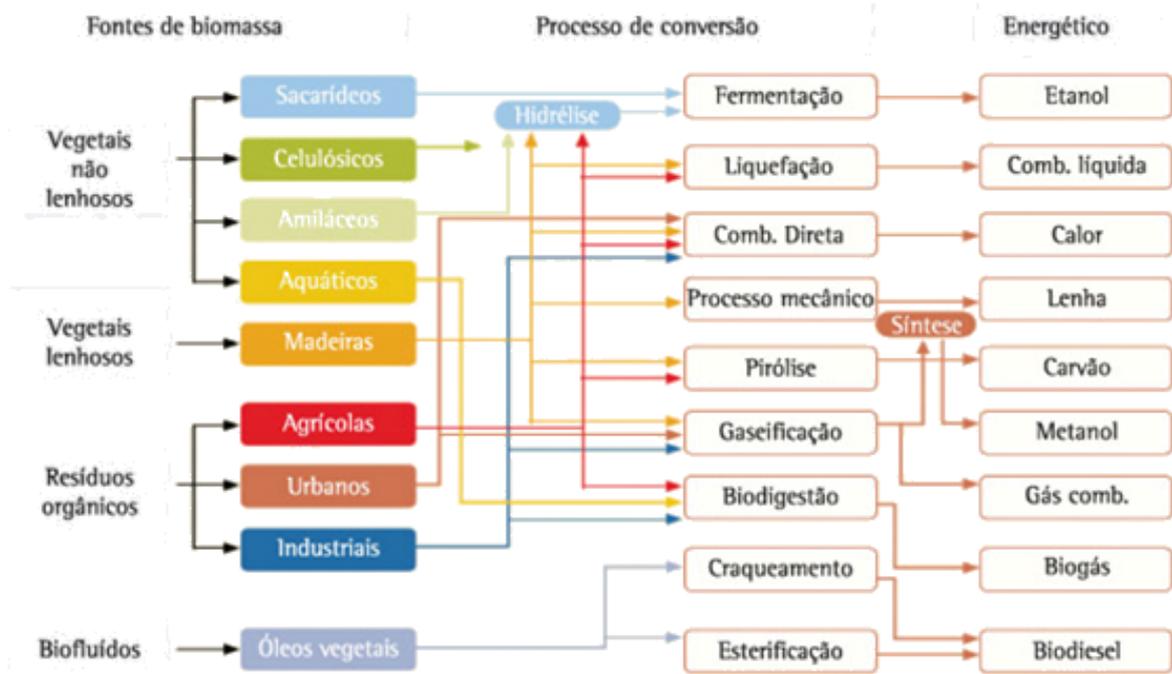
Dentre as características desses combustíveis, elevada densidade energética e versatilidade chamaram bastante atenção por todo o mundo, mesmo que esses recursos fossem esgotáveis (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009; SCHOLVIN et al., 2020). Além de ser um recurso limitado, uma série de outros problemas são levados em consideração quando se fala de combustíveis fósseis, mas o mais discutido é que, com a combustão, há um aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera, um dos principais motivos para o aumento da temperatura mundial através do efeito de estufa (FRANÇA; GURGEL, 2018; GIODA, 2018; MENDES; RODRIGUES FILHO, 2012; VIGLIO et al., 2019).

Por conta dos problemas gerados ao meio ambiente, novos caminhos são necessários para que se pesquise mais acerca de energias renováveis, mesmo que o investimento seja mais elevado e menos atrativo financeiramente (VICHI; MANSOR, 2009). Para que seja produzido a uma matéria-prima adequada deve ser selecionada com base em fatores intrínsecos a situação do ambiente em que se planeja produzir (CHAVES; GOMES, 2013). Essa matéria-prima, quando utilizada a fim de produzir alguma forma de energia é chamada de biomassa (ALVES et al., 2022; BRAND et al., 2014; GOLDEMBERG; LUCON, 2007; ROQUETTE, 2018).

Há dois tipos básicos de energia para endossar o debate. O primeiro é a biomassa “tradicional” (*traditional biomass*) que se difere da biomassa “moderna” (*modern biomass*) sendo a primeira aquela utilizada através de metodologias primitivas e não sustentáveis, comuns em algumas comunidades isoladas africanas e asiáticas, bem como em partes da América Latina (MIURA et al., 2011). A biomassa “moderna” é considerada sustentável, uma vez que essa é um dos produtos para a produção de na forma de eletricidade ou carvão vegetal (GOLDEMBERG, 2009). Ainda segundo o autor, a fracção de biomassa utilizada em diferentes regiões do Mundo, seja esta tradicional ou moderna, pode variar muito, dependendo do seu estado de desenvolvimento, desde 2% nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) até 60% em certas regiões de África (CARVALHO, 2012).

As possibilidades de biomassa são vastas, destacando a biomassa vegetal, que segundo Gomes e Maia (2013), na verdade é uma forma indireta de se produzir energia a partir do sol, convertendo energia química através da fotossíntese. Considerando os potenciais processos, fontes e produtos para a produção de biocombustíveis, a Figura 1 demonstra um diagrama das reações de conversão entre a matéria-prima em biomassa com base em Maia e Gomes (2013).

Figura 1 – Diagrama esquemático dos processos de conversão de energia, baseados na fonte e produtos obtidos.



Fonte: Adaptado de Gomes e Maia, 2013.

Além dessas categorizações, a biomassa vegetal pode ser agrupada em duas classes com base na sua constituição: materiais lignocelulósicos (lignina, celulose e hemicelulose) e componentes orgânicos de baixa estabilidade como: lipídeos, proteínas, polissacarídeos simples, dentre outros (CHEN, 2014; GUERRIERO et al., 2016; ISIKGOR; BECER, 2015). Outro grupo dentro das biomassas orgânicas são aquelas oriundas do aproveitamento de resíduos orgânicos que, embora não sejam estritamente naturais, apresentam potencial para a produção de biocombustíveis (JATOI et al., 2022).

No Brasil, a cana-de-açúcar para a produção de etanol já é uma realidade a algumas décadas apesar dos entraves de se trabalhar com uma matéria-prima de fonte alimentícia. É comum que em usinas dessa natureza que haja excedente da energia elétrica gerada, sendo esta vendida à concessionária de energia elétrica regional (TROMBETA; CAIXETA FILHO, 2017). A queima dos resíduos de biomassa é bastante utilizada desde o preparo até para caldeiras com

o objetivo de fornecer de calor para o processo ou para geração de eletricidade (BRAND et al., 2021).

Além dos biocombustíveis mais utilizados (etanol, biodiesel e bioetanol), a aplicação do processo de gaseificação pode permitir a coprodução de múltiplos produtos, nos quais citam-se eletricidade (RUIZ et al., 2013; RUMÃO et al., 2014), combustíveis líquidos (EICHLER et al., 2015), produtos químicos (MARTIN et al., 2010) e na remoção ou minimização de produtos potencialmente poluentes (QUITETE; SOUZA, 2014).

A gaseificação tem como objetivo a produção de gás sintético para a utilização em turbinas à gás de alta eficiência. Muitos autores destacam que devido a pesquisa ainda estar em caráter inicial, a prospecção do uso dessa tecnologia pode ser vantajosa principalmente para pequenos produtores de áreas isoladas, onde ainda se é necessário a produção de energia na forma de calor e/ou de eletricidade (ARANTES et al., 2008; BURATTO et al., 2015; SILVA; CARDOSO; SOBRINHO; SAIKI, 2004).

Considerando o potencial do método, várias técnicas foram implementadas para melhorar os rendimentos, chamando a atenção para a incorporação da gaseificação em sistemas de fluidos supercríticos, tornando esta nova metodologia uma nova estratégia para processos extrativos, chamada de gaseificação hidrotérmica (GHT) (ELLIOTT, 2008; FACCHINETTI et al., 2012; NANDA et al., 2016a; SHAHBEIK et al., 2022; YANG et al., 2020b).

Assim, compreende-se que o objetivo dessa reação é produção de hidrogênio e produtos com potencial combustível a partir de gaseificação de uma respectiva biomassa, independentemente se a condição da água é sub ou supercrítica, este é um processo em que se necessita de altas temperaturas e pressão, sendo estas, ao menos, acima dos respectivos pontos críticos da água ($T_c=374^\circ\text{C}$ e $P_c=22,1\text{ MPa}$) (MOURÃO, 2018). Apesar das restrições mínimas o GHT tem vantagens notáveis em comparação com as técnicas convencionais de hidrólise e gaseificação, isso se dá principalmente por conta das propriedades físicas da água em situação supercrítica (BARROS et al, 2022).

Durante o processo de gaseificação, reações bioquímicas como a digestão anaeróbica e a fermentação são as principais responsáveis para a produção do gás rico em hidrogênio (SÁ; CAMMAROTA; FERREIRA-LEITÃO, 2014). A digestão anaeróbica é uma estratégia que utiliza microrganismos acidogênicos e metanogênicos para a conversão da biomassa orgânica em gás, gerando produtos como: mistura de metano, CO_2 , vapor de água, sulfuros de hidrogênio e hidrogênio) (FORSTER-CARNEIRO; PÉREZ, 2012; FORSTER-CARNEIRO; RIAU; PÉREZ, 2010).

Observa-se um grande interesse na pesquisa acerca de produção de biocombustível por GHT, destacando as pesquisas, principalmente, sobre a utilização de algas como matéria prima. Segundo Pereira e colaboradores (2012), para a produção de biocombustíveis, é interessante que os triglicerídeos sejam de cadeias curtas e a algas e microalgas “está na forma de triacilgliceróis; os ácidos graxos presentes nas algas podem ser de cadeia curta e longa, sendo que os ácidos graxos de cadeia curta são ideais” (p. 2013). Outro fator interessante para o uso de algas é que, além de armazenarem lipídeos em grandes quantidades, “são muitas vezes encontradas em ambientes e microclimas que alternam frequentemente entre as condições ideais para seu crescimento e sobrevivência, por um lado, e condições abaixo do ideal, por outro” (FRANCO et al, 2013, p. 439).

Assim, o presente estudo busca avaliar, por meio de análise bibliométrica na base de dados Web of Science (WoS), datada de 2006 a 2022, entender os processos de desenvolvimento e perspectivas de pesquisas futuras sobre a produção de biocombustíveis por meio da gaseificação hidrotérmica. Desta forma, ter uma compreensão fundamental dos parâmetros em que a produção acadêmica de biocombustíveis é obtida por meio do GHT. Também pretendo responder às seguintes questões:

- Como tem sido a produção científica na pesquisa dos biocombustíveis produzidos pela GHT a partir de biomassa e resíduos orgânicos?
- Quais são os principais pontos de acesso de pesquisa (palavras-chave) usados nessas pesquisas?
- Quem são os fundadores seminais (surgimento histórico de diferentes perspectivas) na pesquisa de produção de biocombustíveis GHT?
- Quais são os principais subcampos e temas emergentes na produção de biocombustíveis por meio do GHT?

Nesse sentido, compreende-se que bibliometria permite que o leitor perceba o panorama de estudos realizados ao redor do mundo, as instituições fomentadoras de pesquisas e os autores que se debruçam acerca do conteúdo, analisando o número total de publicações, citações, fator de impacto e dentre outros parâmetros (RIBEIRO, 2018).

Assim, o presente trabalho se divide em cinco partes:

- **Capítulo 1: Introdução.**

Realização de uma introdução da temática, levantando os problemas que norteiam a pesquisa, os objetivos, a justificativa de se desenvolver o estudo, assim como a estrutura geral do trabalho.

- **Capítulo 2: Revisão Bibliográfica.**

Nesse capítulo é abordado brevemente os conceitos de água supercrítica e gaseificação hidrotérmica, levantando questões como vantagens, desvantagens e possibilidades com base nos potenciais relacionados pelos autores levantados.

- **Capítulo 3: Metodologia.**

Descrição dos caminhos científicos, baseados nas questões norteadoras, e a definição das abordagens utilizadas para a viabilização da produção do conhecimento científico.

- **Capítulo 4: Resultados e Discussão.**

Análise do panorama bibliométrica das pesquisas relativas ao uso de GHT para produção de biocombustíveis.

- **Capítulo 5: Considerações Finais.**

Uma breve discussão dos resultados obtidos, perspectivas e sugestões para trabalhos futuros com base na proposta dos autores e dos campos emergentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica consta o levantamento de artigos acerca da aplicação de biomassa e suas características, métodos de conversão, sobre o processo de gaseificação e de água em situação sub/supercrítica separadamente, bem como a combinação dessas produzem uma rota conhecida como gaseificação hidrotérmica

2.1 Biomassa: Composição e Tipos

Considera-se biomassa o material de origem vegetal obtido através da reação entre o CO₂ presente no ar, água e a luz solar através do processo de fotossíntese dessas plantas, a fim de produzir carboidratos e lipídeos que poderão ser convertidos em energia (ARBEX et al, 2004; GONÇALVES et al, 2013). Segundo McKendry (2002), mesmo considerando o potencial energético da planta, o processo de fotossíntese, mesmo sendo considerado bastante eficiente, converte, em média, 1% da luz solar recebida e armazena na forma de metabólitos das quais pode se retirar para a produção de energia química.

Muitos autores acreditam que, no futuro, a importância da biomassa aumentará exponencialmente, podendo chegar a representar ao fim do século XXI, cerca 20% de toda a energia produzida, armazenada e consumida pela humanidade (GOLDEMBERG; LUCON, 2007, GOLDEMBERG, 2009; ROQUETTE, 2018).

A constituição da biomassa é basicamente composta por 25% de lignina e 75% celulose e hemicelulose (OGATA, 2013). Esses três componentes são estruturas são os blocos de construção de um tipo de biomassa conhecida como lignocelulósica. Deste modo, percebe-se que há muitos estudos que utilizam desses compostos como modelo e destrinchando-os cada vez mais, tais como a celulose, glicose, xilano e fenol. Com essa divisão, as simulações tornam-se mais robustas e se tornando capaz de estimar o comportamento da biomassa em uma situação real.

A lignocelulose é encontrada na sua forma cristalina complexa, de forma que sua estrutura é mantida por ligações covalentes, pontes intermoleculares e força de Van der Waals, tornando-a resistente ao ataque de diversos tipos de enzimas e com baixa solubilidade em água (SCHACHT; ZETZL; BRUNNER, 2008). Além dessas, em menor quantidade também são encontradas “pequenas moléculas orgânicas e minerais, tais como taninos, terpenos, ceras, ácidos graxos e proteínas” (PÉREZ, 2015, p. 5).

A Celulose ($C_6H_{10}O_5$)_n se caracteriza como um polissacarídeo que possui uma cadeia linear com moléculas de glicose ligadas através de ligações β -1,4-glicosídicas unidas por ligações de hidrogênio (OGEDA; PETRI, 2010). Devido sua área superficial baixa e estrutura cristalina, a celulose é insolúvel em água, podendo ser quebrados com ácidos fortes e bases (MARTINS, 2016).

Diferentemente da celulose, a hemicelulose possui muitos monômeros de açúcares diferentes e diversas ramificações. A hemicelulose é geralmente composta por açúcares com 5 carbonos (xilose e arabinose) e/ou seis carbonos (glucose, manose e galactose), ácidos urônicos e grupos acetila (ANDRADE, 2011).

Por sua vez, a lignina se caracteriza enquanto um composto químico complexo obtido, comumente, a partir de caules de árvores e arbustos e em algumas algas (SALIBA, 2001). A lignina é associada a celulose e hemicelulose, transformando-se em compostos de lignocelulose, que precisam ser lisados para separar a celulose da hemicelulose através de hidrólise (PETERSON et al., 2008).

Considerando suas características, Ni et al (2006) destaca que há uma variedade de fontes de biomassa podem ser utilizadas e que podem ser divididas em quatro categorias:

- Cultivos energéticos: culturas energéticas herbáceas, culturas energéticas lenhosas, culturas industriais, culturas agrícolas e culturas aquáticas.
- Resíduos agrícolas: resíduos de culturas e resíduos animais.
- Resíduos florestais: resíduos de arbustos e árvores.
- Resíduos industriais e municipais: resíduos sólidos urbanos (RSU), lodo de esgoto e resíduos da indústria.

2.2 Produção e Aplicabilidade do Hidrogênio

A obtenção do hidrogênio pode bastante versátil, desde os processos, que podem ser biológicos, elétricos e térmicos; em relação as matérias-primas empregadas, tais como água, biomassas e derivados fósseis como carvão e gás natural (GUO, 2012; SÁ et al., 2014). A rota termoquímica apresenta um alto rendimento de produtos, nos quais destaca-se o H₂ que pode ser empregado para a produção de energia renovável. No Tabela 1 têm-se as principais características de diferentes tecnologias termoquímicas para obtenção de energia, levando em

consideração a umidade da biomassa, condições reacionais e características do processo e do produto.

Tabela 1 – Características e condições reacionais de diferentes processos termoquímicos para obtenção de energia a partir de biomassa.

PROCESSO	CONDIÇÃO DA BIOMASSA	CONDIÇÕES REACIONAIS	CARACTERÍSTICAS
Combustão	Biomassa seca	<ul style="list-style-type: none"> • 150-800 °C; • Pressão atmosférica; • Com ar 	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca eficiência energética (10-30%); • Emissão de poluentes
Pirólise	Biomassa seca	<ul style="list-style-type: none"> • 350-550 °C; • 10-50 bar; • Ausência de ar 	<ul style="list-style-type: none"> • Produz bio-óleo e gases
Liquefação	Biomassa úmida	<ul style="list-style-type: none"> • 250-450 °C; • 50-200 bar; • Ausência de ar 	<ul style="list-style-type: none"> • Transformação de biomassa em combustível líquido sem necessidade de processo de secagem
Gaseificação Convencional	Biomassa seca	<ul style="list-style-type: none"> • 800-900 °C; • Pressão atmosférica; • Oxigênio limitado 	<ul style="list-style-type: none"> • Reação de oxidação parcial; • Mistura gasosa (H₂ na maioria das vezes)
GHT	Biomassa úmida	<ul style="list-style-type: none"> • 300-650 °C; • >221 bar; • Oxigênio limitado 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta produção de gás; • H₂ com mais de 50%, CO₂ cerca de 33%, e outros, incluindo CH₄ e pouco CO; • Baixo nível residual

Fonte: adaptado de Mourão, 2018.

Observa-se que nos métodos termoquímicos que a gaseificação através da pirólise e a combustão podem produzir hidrogênio com fontes renováveis (biomassas) ou não-renováveis (fósseis). No caso da pirólise, que consiste na decomposição térmica de substâncias de cadeias longas em substâncias análogas de cadeias menores em situação anaeróbia e é comum em diferentes tipos de matéria-prima, como a serragem seca, a casca do algodão, resíduos de fabricação de chá (CHEN et al., 2015a; DEMIRBAŞ, 2002; DHYANI; BHASKAR, 2017).

Para Reddy e colaboradores (2014) definem que os processos de produção de hidrogênio por biomassa podem ser caracterizados pela decomposição da matéria prima em gases (H₂, CO, CO₂ e CH₄) com ar, oxigênio ou vapor d'água controlados pelo mecanismo da reação ou dos microrganismos.

A maior parte do hidrogênio produzido atualmente, aproximadamente 95%, é proveniente da gaseificação de fontes não renováveis e o método de obtenção mais usado em larga escala é a reforma a vapor do gás natural. A produção de hidrogênio a partir da eletrolise da água é o método mais expressivo que utiliza matéria prima renovável. Entretanto, o método eletroquímico é um dos métodos com custos mais altos para produção de H₂. Em 2011, de acordo com o departamento de energia dos EUA, o custo envolvendo a produção de H₂ no país foi 4,20 U\$/Kg H₂ a partir da eletrólise da água, enquanto 2,00 U\$/Kg H₂ a partir da reforma à vapor do gás natural U.S. Department of Energy's (2015). Dentre os métodos termoquímicos, um método promissor para produção de gás H₂ é a gaseificação com água em condições supercríticas, o qual recebe atenção devido a algumas características adequadas para a gaseificação de biomassa porque é seguro, não tóxico, prontamente disponível, barato e ambientalmente amigável (MOURÃO, 2018, p. 6-7).

Tecnologias para a produção de hidrogênio se demonstra uma área promissora. Percebe-se uma atenção nos processos de obtenção de hidrogênio por via microbiana nos artigos levantados, bem como sua potencial utilização como fonte renovável de energia e no reaproveitamento de resíduos de indústrias (MIRANDA, 2009; ROSYADI et al, 2022). Além disso, também são destacados como esses parecem adequados na produção descentralizada de energia, com equipamentos de pequena escala para o abastecimento local, ou em ambientes em que a biomassa ou os resíduos estão disponíveis, evitando custos de transporte (MIRANDA, 2021; SWETHA et al, 2021).

2.3 Tecnologia de Água Supercrítica

A água, quando acima de sua temperatura crítica e com pressão crítica recebe a nomenclatura de água supercrítica (AS) (FANG; FANG, 2008; KRUSE; DAHMEN, 2015; ZHANG et al., 2014). A água subcrítica é aquela que está com a pressão acima do seu valor de saturação, mesmo que a temperatura esteja próxima ou abaixo dos valores críticos. A água supercrítica possui uma alta transferência de massa e miscibilidade alta mais que a maioria dos solventes orgânicos devido suas propriedades termofísicas ímpares (KRUSE; DAHMEN, 2015; TIMKO; GHONIEM; GREEN, 2015).

A água, devido sua densidade, a viscosidade e sua constante dielétrica em condições supercríticas apresentam características que facilitam a hidrólise de substratos orgânicos complexos (KRUSE, 2008; OKOLIE et al., 2022). Outro fator característico é redução de mais 63% da sua densidade, passando de 1000 kg/m³ em condições normais para 322 kg/m³ em condições críticas, o que conseqüentemente reduz a sua constante dielétrica de 80 para 2 (CANIAZ et al., 2018; JIN et al., 2013; OKOLIE et al., 2022).

Assim, a água enquanto solvente apolar, quando em situação crítica permite o aumento de sua solubilidade em gases, compostos orgânicos e hidrocarbonetos. Além disso, a elevação inicial do produto iônico da água em condições subcríticas, seguida de uma queda rápida em condições supercríticas, sugere que a água pode se comportar como catalisador básico ou ácido devido ao aumento da concentração de íons OH^- e H_3O^+ (JHA et al., 2022a; LU; SAKA, 2010).

2.4 Processos de Gaseificação

Para Basu e Mettanant (2009), a gaseificação clássica ocorre em três etapas: devolatilização, combustão e gaseificação (propriamente dita). Na etapa da devolatilização, componentes voláteis são decompostos pelo calor do meio e evaporam junto com outros componentes termicamente instáveis. Durante essa etapa há a geração de gases leves, alcatrão na fase líquida e carvão. Após grande parte dos componentes menos estáveis com o aumento da temperatura serem dissolvidos ou vaporizados, inicia a etapa de combustão, que conta com duas reações exotérmicas. A primeira é a combustão do carvão gerando CO_2 e a outra é a oxidação do hidrogênio, gerando vapor de água.

Finalmente tem-se a gaseificação, que pode ser dividida em quatro subprocessos: a reação água-gás, a reação de Boudouard, a substituição (shift conversion) e a metanação. Todos esses passos são endotérmicos e utilizam o calor proveniente da combustão para ocorrer. A reação água-gás é a oxidação parcial do carbono pelo vapor da água presente no meio reacional, gerando hidrogênio e monóxido de carbono [...] A reação de Boudouard, ocorre entre o carvão restante e o CO_2 , gerando CO . Na etapa de substituição (shift conversion), o vapor d'água é reduzido pelo monóxido de carbono para produzir hidrogênio. Esta reação é responsável pelo aumento da razão hidrogênio/ monóxido de carbono no gás, que é determinante na fabricação de gás de síntese. Quanto maior esta razão, melhor a qualidade do gás produzido, para quando o objetiva-se a produção de hidrogênio (SILVA, 2016, p. 17).

Por último passo tem-se a metanação, na qual é produzido o metano a partir da reação entre o carvão e o hidrogênio. Nesta reação, Yanik et al (2008) afirmam que, catalisadores a base de níquel podem ser amplamente utilizadas, mas também podem ser utilizados KOH , Na_2CO_3 , K_2CO_3 e carbono ativado.

2.5 Catálise na Gaseificação Hidrotérmica (GHT)

Muitos autores preveem rotas para a reação de gaseificação hidrotérmica de biomassa, mas mesmo estas são pouco compreendidas devido à complexidade das propriedades termofísicas da água em situação supercrítica. Outros fatores que fazem com que haja problemas em se sintetizar uma rota principal e eficaz diz respeito às propriedades de biomassa (composição orgânica e elementar, tamanho de partícula, química estrutural etc.), a interação de parâmetros de processo (temperatura, pressão, concentração de alimentação, tempo de reação etc.), geometria do reator (leito fixo, leito fluidizado, leito circulante, batelada, contínuo, tanque agitado etc.) bem como os catalisadores a serem utilizados (HU et al., 2020; NI et al., 2022; RUIZ et al., 2013; SHAHBEIK et al., 2022; TEKIN; KARAGOZ; BEKTAS, 2014).

As rotas de reação típicas na gaseificação da AS são orientadas somente com base nas propriedades termofísicas desse fluido, podendo ser descritas pelos mecanismos iônicos e de radicais livres. O mecanismo do radical livre (OH) ocorre em altas temperaturas ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$) enquanto o mecanismo iônico (H^+ e OH^-) é dominante em temperaturas subcríticas (CHEN et al., 2015a; GONZALEZ-ARIAS et al., 2022; MUHAMMED et al., 2023; OKOLIE et al., 2022; ZENG; ZENG; WANG, 2022).

A decomposição da biomassa lignocelulósica começa a partir de uma hidrólise inicial da celulose, hemicelulose e lignina em compostos monoméricos. Esses monômeros de celulose e hemicelulose sofrem, por sua vez, reações secundárias a fim de produzir furfural e hidroximetilfurfural, enquanto a lignina produz fenóis e álcoois (JHA et al., 2022a; OKOLIE et al., 2020a). Esses compostos intermediários que, durante fases posteriores, serão decompostos em produtos gasosos sob altas temperaturas, enquanto hidrocarvão e alcatrão são produzidos em temperaturas mais baixas (OKOLIE et al., 2021a). A GHT é um processo em que há a conversão de biomassa em gás utilizando água supercrítica ou subcrítica como solvente da reação com o objetivo de produzir gases ricos em hidrogênio.

O produto gasoso reage com os demais através de várias reações (como a de arraste à vapor, deslocamento água-gás, metanação, Boudouard e hidrogenação), passando a depender de fatores como a temperatura de reação, pressão, concentração de alimentação e tempo de reação (OKOLIE et al., 2021b).

Os produtos obtidos da gaseificação hidrotérmica incluem gás, hidrocarvão e efluentes líquidos. Esse gás é basicamente constituído de produtos gasosos a base de hidrogênio (H_2) como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), acetileno (C_2H_2), etileno (C_2H_4), etano (C_2H_6) e gases C^{2+} (JHA et al., 2022a; LIAO et al., [s.d.]

Após o acondicionamento, o gás produzido pode ser usado como combustível gasoso para geração de calor e energia ou convertido em combustíveis líquidos como biodiesel, álcoois superiores e hidrocarbonetos por meio da síntese de Fischer-Tropsch (KRUSE; DAHMEN, 2015). O gás oriundo da síntese GHT também pode ser convertido em etanol usando microrganismos mesófilos ou termofílicos por meio da fermentação do gás de síntese, combustíveis para aviação ou combustíveis para turbinas de aviação por meio do refinamento do óleo bruto na presença de um catalisador específico (JIN et al., 2022).

2.5.1 Parâmetros Operacionais que Influenciam a Gaseificação em Água Supercrítica

Em comparação com as demais técnicas de conversão de biomassa, as técnicas hidrotérmicas podem processar matérias-primas ainda úmidas, descartando a etapa de secagem da biomassa, diminuindo gastos e tempos necessários para a conclusão desses processos. Produtos à base de alcatrão são comumente produzidos durante a GHT devido às propriedades de dissolução da água em situação subcrítica (DANG et al., 2021; SINGH et al., 2015).

Outro ponto que pode se destacar é que o gás produzido a partir da gaseificação hidrotérmica é tipicamente livre de impurezas gasosas e já pressurizado, dependendo da temperatura, e, portanto, não há necessidade de processamento adicional em compactação (KRUSE; DAHMEN, 2018). Apesar dos aspectos promissores da GHT, desafios técnicos, como o alto custo do processamento do H^2 produzido quando comparado ao obtido de combustíveis fósseis.

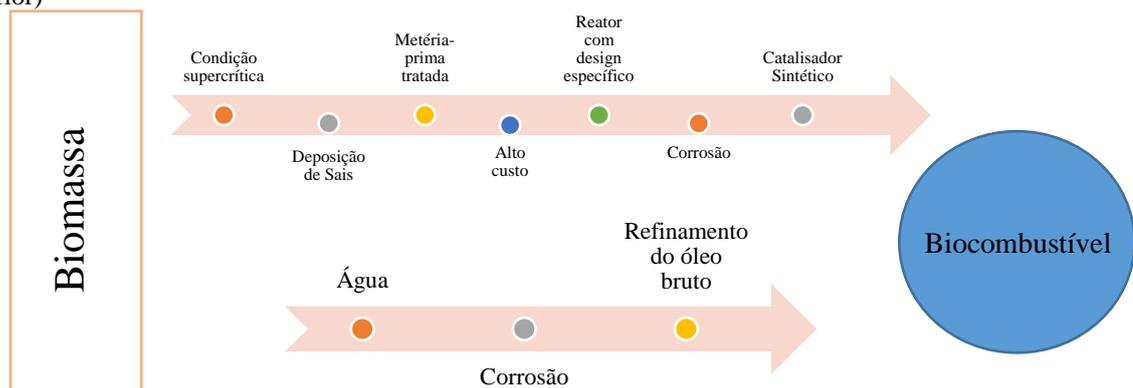
Outra questão importante na GHT é a escolha adequada de um design do reator, uma vez que este terá que suportar condições de altas temperaturas, altas pressões, corrosão por sais, precipitação e ferramentas para evitar perdas de calor, permitindo a recuperação de calor (ELLIOTT, 2008; TEKIN; KARAGOZ; BEKTAS, 2014). Esses são alguns dos desafios que dificultam a aplicação comercial da tecnologia da GHT.

A economia geral do processo conta também com fatores relativos à corrosão do reator, o entupimento do reator com a formação de carvão e alcatrão, riscos de alta pressão e geração massiva de calor residual são alguns dos gargalos da própria estrutura das tecnologias atuais na gaseificação hidrotérmica que impedem sua comercialização. Uma vez que a metodologia de GHT é considerada muito cara para a implantação de biorrefinarias, esta acaba se tornando uma operação viável apenas para matérias-primas que, o seu descarte, gere um alto custo (YANG et al., 2020a).

Além disso, os requisitos de altas pressões e temperaturas do processo de gaseificação em AS garantem riscos potenciais como ferimentos, explosão, mau cheiro pela gaseificação incompleta e ruído ocasionados pelas bombas (GHAVAMI et al., 2021). Ainda segundo os autores, alguns desses desafios poderiam ser potencialmente resolvidos com o uso de um reator de leito fluidizado para eliminar o entupimento do reator, catalisadores multifuncionais para reduzir a temperatura do processo, usar salmoura para remover sais precipitados e evitar o entupimento do reator e corrosão e projeto de reator avançado para reutilizar o calor residual por meio de multi-geração de gás natural sintético com calor e energia combinados. O alto custo do processo de gaseificação hidrotérmica pode ser compensado com a integração com outras tecnologias de conversão e utilização de subprodutos para alcançar uma economia circular (GHAVAMI et al., 2021)(YANG et al., 2020a).

Considerando, agora, somente as questões operacionais dificultam a industrialização do GHT de modo contínuo, destacam-se por meio de diversos efeitos nos processos, como: causar problemas de segurança do processo, redução do desempenho econômico ou até mesmo a interrupção da operação. Portanto, essas questões podem ser abordadas investigando as causas raízes de cada uma, os impactos no processo e as possíveis soluções em conjunto (GHAVAMI et al., 2021). Este artigo analisa as questões operacionais por meio de um roteiro mostrado na Figura 2. As principais questões operacionais incluem o seguinte:

Figura 2 – Estrutura do artigo e parâmetros estudados. Problemas operacionais de liquefação hidrotérmica Conversão de Biomassa e Bio-refinaria (Superior). Problemas operacionais de gaseificação de água supercrítica. (Inferior)



Fonte: Adaptado de Ghavami et al, 2021.

A meta futura das biorrefinarias é a produção sustentável de combustíveis, energia e produtos químicos a partir de fontes verdes. A sustentabilidade que seria produzida através de biorrefinarias por meio de GHT é determinada através de vários passos que reduziriam muito os problemas de gases de efeito estufa, a produção de substratos indesejados, diminuição da

dependência da cadeia produtiva de combustíveis fósseis, diminuição dos impactos ambientais mínimos e neutralidade de carbono, sem compromisso com os setores e matérias primas alimentícias e, por fim, a capacidade de se adaptar às variações na disponibilidade de biomassa e demanda do mercado (OLIVEIRA et al., [s.d.]).

3 METODOLOGIA

3.1 Fonte de Dados

Para esta pesquisa, utilizou-se a base de dados Web of Science (WoS) (<https://www-webofscience.ez373.periodicos.capes.gov.br>) para realização das análises bibliométricas, uma vez que muitos autores citam esta como uma das principais base de dados de pesquisa científicas em múltiplas áreas do conhecimento (NEUBERT; RODRIGUES; FACHIN, 2016; VIEIRA; WAINER, 2013).

A *Web of Science* (WoS), também foi conhecida como *Web of Knowledge*, é um serviço de ancoragem de e pesquisa de artigos científicos on-line, criado pelo ISI (*Institute for Scientific Information*), que era de responsabilidade da Thompson Reuters e agora é mantido pela *Clarivate Analytics* (VIEIRA; WEINER, 2013). Ainda segundo os autores, a WoS tem como objetivo fornecer serviços de pesquisa abrangente utilizando *Clusters* que permitem o acesso a vários bancos de dados de pesquisa científica, por meio de uma assinatura que pode ser mensal ou anual. A ideia de recuperar e analisar as citações foi de Eugene Garfield, fundador do ISI, conhecido como o pai da indexação de citações científicas e pioneiro na Bibliometria e Cientometria moderna (BORDONS; GÓMEZ, 2000).

A WoS possui um dos maiores bancos de dados de artigos científicos do mundo, no qual reúne desde 1997, pesquisas das mais diversas áreas, seja ela publicada em periódicos de acesso aberto ou fechado, abrangendo autores e revistas de todo o mundo, que segundo Santos (2018, p.73)

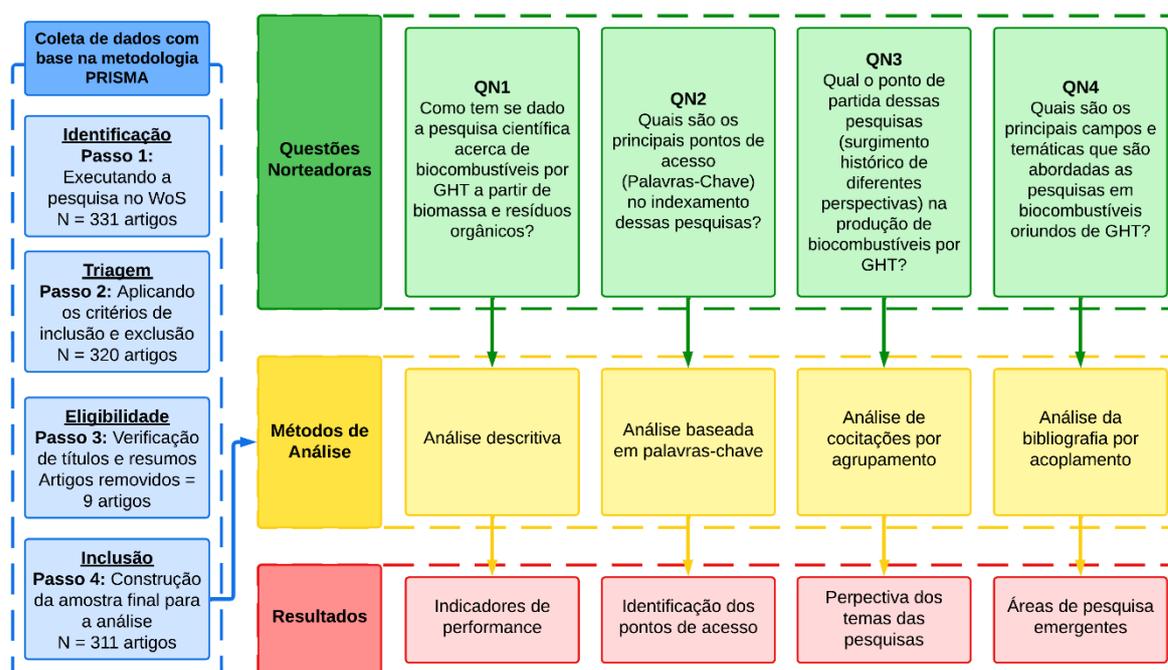
Todos os anos são adicionados cerca de 400.000 anais, com link direto para acessar o texto completo dos trabalhos apresentados nos congressos. Muito utilizada por pesquisadores, empresas e governos de vários países, esta base garante sua importância e credibilidade no mercado. No entanto, sua alta valorização não diz respeito apenas à consulta a documentos, mas também porque a WoS possui indicadores bibliométricos que possibilita acompanhar o fator de impacto dos periódicos por meio do número de suas publicações, além de permitir acompanhar o número de citações que determinado autor recebeu. A busca na WoS pode ser por pesquisa básica, busca por autor, por referência citada e por pesquisa avançada. A base possui os operadores booleanos (AND, OR e NOT), os caracteres coringas (*), (?) e (\$) que são usados para fazer truncamento e obter mais controle sobre a recuperação de plurais e variantes ortográficas; entre outras ferramentas que facilitam a busca e a recuperação de documentos.

Além desses, tem-se também as *Keywords plus*. As *Keywords Plus* são descritores da própria base de dados, através dos títulos e das referências citadas capturando a proposta do artigo com maior objetividade (MOURA et al, 2020). Além disso, essas palavras chaves

permitem aumentar o escopo de uma busca, podendo retornar documentos relevantes que somente com as palavras-chave que o autor selecionou não seriam recuperados.

Considerando o escopo da pesquisa, inicialmente foram pesquisadas as palavras-chave “*hydrothermal*”, “*gasification*” e “*biofuel*” no dia 10 de novembro de 2022. Com isso, o primeiro trabalho publicado foi no ano de 2006 até 2022. Nesse sentido, foram coletados os resultados e, como critério de inclusão, foram selecionados todos os trabalhos produzidos em língua inglesa, foram excluídos trabalhos que não estivessem com todas as informações completas na plataforma, que fossem apresentados em congressos e que ainda estivessem em modelo *preprint*, obedecendo o modelo da metodologia PRISMA, Conforme ilustrado na Figura 3 (ANDREO-MARTÍNEZ et al., 2022; ORTIZ-MARTÍNEZ et al., 2019; PAGE et al., 2021).

Figura 3 – Enquadramento da pesquisa dos critérios de pesquisa segundo a metodologia Prisma.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

3.2 Análise de Dados

Para a produção dos gráficos bibliométricos utilizou-se o software grátis CiteSpace (versão 6.1.R4 Basic)¹, é um programa de computador que auxilia na visualização e construção de mapas bibliométricos. Os dados obtidos no WoS e compilados no CiteSpace, permitiu a

¹ Disponível em: <https://citespace.podia.com/download>. Acesso em: 09 dez. 2022.

construção de mapas de revistas, países, instituições, autores e palavras-chave com base em dados de correlação. Também foi utilizado o Microsoft Excel (Microsoft Office 365®) para a análise de dados e construção de gráficos.

O programa CiteSpace é utilizado a fim de realizar a análise bibliométrica e produzir os mapas. O CiteSpace foi desenvolvido sob a coordenação de Chaomei Chen na Universidade de Drexel, Filadélfia, Estados Unidos. Ele foi escrito em Java e se encontra disponível para *download* gratuitamente. Como ferramenta científica, auxilia na visualização e análise de tendências emergentes e mudanças na literatura científica (CHEN; IBEKWE-SANJUAN; HOU, 2010).

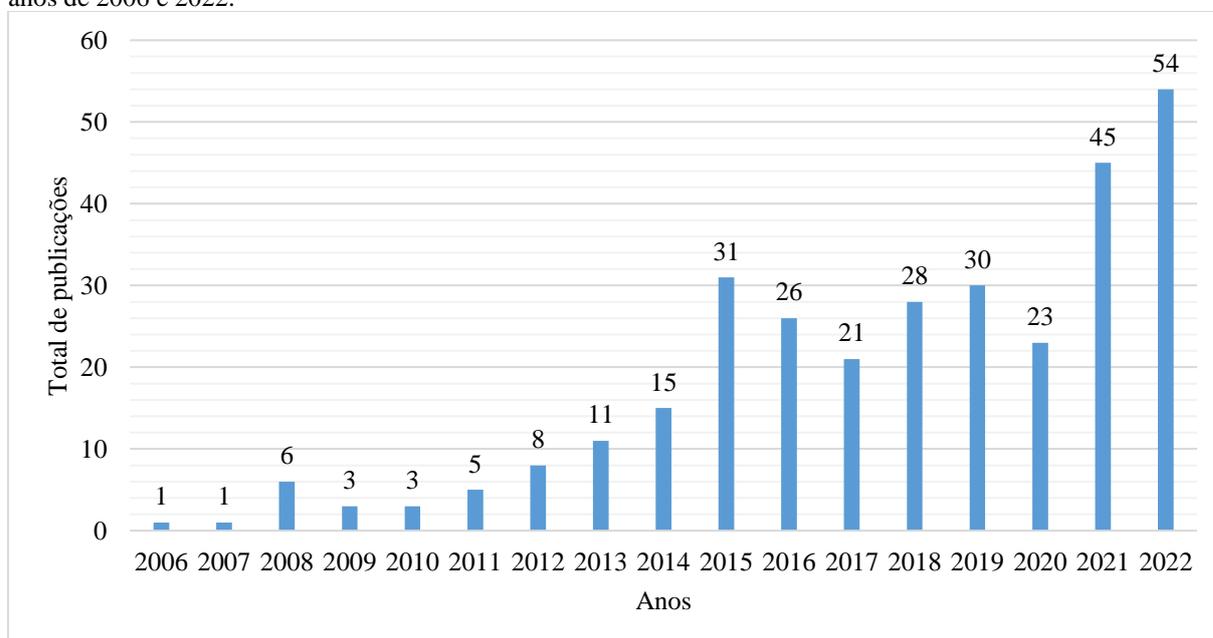
Já no que diz respeito do mapeamento da literatura, o CiteSpace foi gerado para analisar também a linha temporal (*timeline*) de palavras-chave organizadas em determinados agrupamentos (*clusters*). Essa análise de cluster permite visualizar a evolução macroestrutural do conhecimento científico em determinada área (SMALL, 1993). Nesse sentido com a centralidade é possível identificar “os pontos de viragem intelectual, quando o conhecimento abre espaço para novidades científicas. Já as explosões indicam os momentos em que há um aumento significativo de publicações de artigos sobre o mesmo tema” (AKIM, 2017, p. 44).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Distribuição de Revistas Científicas

Na pesquisa, foram encontrados 311 artigos, sendo o primeiro datado de 2006. Buscando entender como se deu o processo de abordagem do tema, foram quantificados os trabalhos produzidos ao longo dos anos, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Distribuição de publicações acerca da produção de biocombustível a partir de gaseificação entre os anos de 2006 e 2022.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Considerando o gráfico, observa-se um aumento nas pesquisas a partir do ano de 2012, isso pode ter se dado como resultado da RIO+20, que segundo Guimarães e Fontoura (2012) promove um maior investimento em economia verde, onde busca contribuir para a erradicação da pobreza, “bem como para o crescimento econômico sustentável, aumentando a inclusão social, melhorando o bem-estar humano e criando oportunidades de emprego e trabalho decente para todos, mantendo o funcionamento saudável de ecossistemas da Terra²” (UNCSD, 2012b, p. 9, tradução própria).

Foram encontrados 38 periódicos diferentes que dispõem as publicações selecionadas,

² " well as sustained economic growth, enhancing social inclusion, improving human welfare and creating opportunities for employment and decent work for all, while maintaining the healthy functioning of the Earth's ecosystems".

totalizando um a média de 8,18 artigos por periódico e 19,44 artigos por ano. Observando esses números, percebe-se um interesse científico na área de produção de biocombustíveis produzidos através de gaseificação. Para uma análise mais criteriosa, as 12 revistas científicas com maior número de publicações acerca da temática foram demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Ranking das 12 revistas que mais publicaram a respeito de produção de biocombustíveis através de técnicas de gaseificação entre os anos de 2006 e 2022.

N	TÍTULO DO PERIÓDICO	TPs	%	CPP	TC	CMPA	PAÍS	FI	MPPA
1	Bioresource Technology	26	8,36	59,35	1543	96,438	Inglaterra	11.889	1,625
2	Algal Research: Biomass Biofuels And Bioproducts	18	5,79	42,00	756	47,250	Países Baixos	5,267	1,125
3	Biomass & Bioenergy	17	5,47	83,18	1414	88,375	Inglaterra	5,610	1,062
4	Renewable & Sustainable Energy Reviews	17	5,47	151,59	2577	161,063	Inglaterra	14.982	1,062
5	Biofuels Bioproducts & Biorefining	14	4,50	72,07	1009	63,063	Inglaterra	4.102	0,875
6	Fuel	14	4,50	74,50	1043	65,188	Inglaterra	6,609	0,875
7	Energies	14	4,50	102,00	1428	89,250	Suíça	3,004	0,875
8	Journal Of Supercritical Fluids	12	3,86	55,00	660	41,250	Países Baixos	4.577	0,750
9	Energy & Fuels	11	3,54	53,00	583	36,438	EUA	3.605	0,687
10	Science Of the Total Environment	8	2,57	150,50	1204	75,250	Países Baixos	7.963	0,500
11	Energy	7	2,25	51,57	361	22,563	Inglaterra	7,147	0,437
12	Fuel Processing Technology	6	1,93	64,83	389	24,313	Países Baixos	7,033	0,375

TPs = Total de Publicações; % = Proporção; CPP = Citação por Periódico; TC = Total de Citações; CMPA = Citações Médias por Ano; FI = Fator de Impacto em 2020; MPPA= Média de Publicações por ano.
Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Fazendo uma análise quantitativa das publicações desses 12 periódicos, observa-se que eles concentram 164 dos 311 artigos analisados, o que corresponde a aproximadamente 53% do total de artigos. A revista *Bioresource Technology* é a que tem o maior número de trabalhos publicados acerca do assunto, totalizando 28 publicações, correspondente a pouco mais de 8% do total de publicações analisadas e chegando a 1.543 citações.

A revista se apresenta como segunda com maior fator de impacto, perdendo somente para a *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, que ocupa a quarta posição no total de publicações. Uma característica interessante é o fato das revistas *Science Of The Total Environment*, *Energy* e *Fuel Processing Technology*, dispostas em décima, décima primeira e décima segunda colocações, respectivamente, apresentam fatores de impacto superior as demais revistas não citadas. Características como essas reforçam a dificuldade de se produzir artigos em revistas de maior impacto, mesmo que os resultados se apresentem como promissores.

4.2 Distribuição por País e Instituição

Compreender a importância do número de países para uma análise bibliométrica diz a respeito da importância da temática para aquele lugar, dessa forma, podendo servir de indicativo para se estabelecer dados de possíveis progressões em número de produção dos lugares (RIBEIRO, 2017). Com isso, foi-se estabelecido os 12 países de onde mais estava sendo publicado trabalhos acerca da temática e foi disposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Os 12 países com maior número de produções a respeito de produção de biodiesel por meio de gaseificação entre os anos de 2006 e 2022.

N	PAÍS	TPs	%	TC	CPP	CMPA	H-index
1	CHINA	58	11,485	6.580	113,45	658,00	28
2	EUA	55	10,891	3.269	59,44	326,90	32
3	CANADA	38	7,525	1.652	43,47	165,20	20
4	ÍNDIA	29	5,743	981	33,83	98,10	15
5	ALEMANHA	22	4,356	737	33,50	73,70	11
6	INGLATERRA	22	4,356	1.848	84,00	184,80	13
7	ITÁLIA	18	3,564	828	46,00	82,80	11
8	MALÁSIA	18	3,564	731	40,61	73,10	11
9	BRASIL	14	2,772	382	27,29	38,20	9
10	JAPÃO	13	2,574	393	30,23	39,30	7
11	AUSTRÁLIA	12	2,376	484	40,33	48,40	8
12	FRANÇA	12	2,376	546	45,50	54,60	8

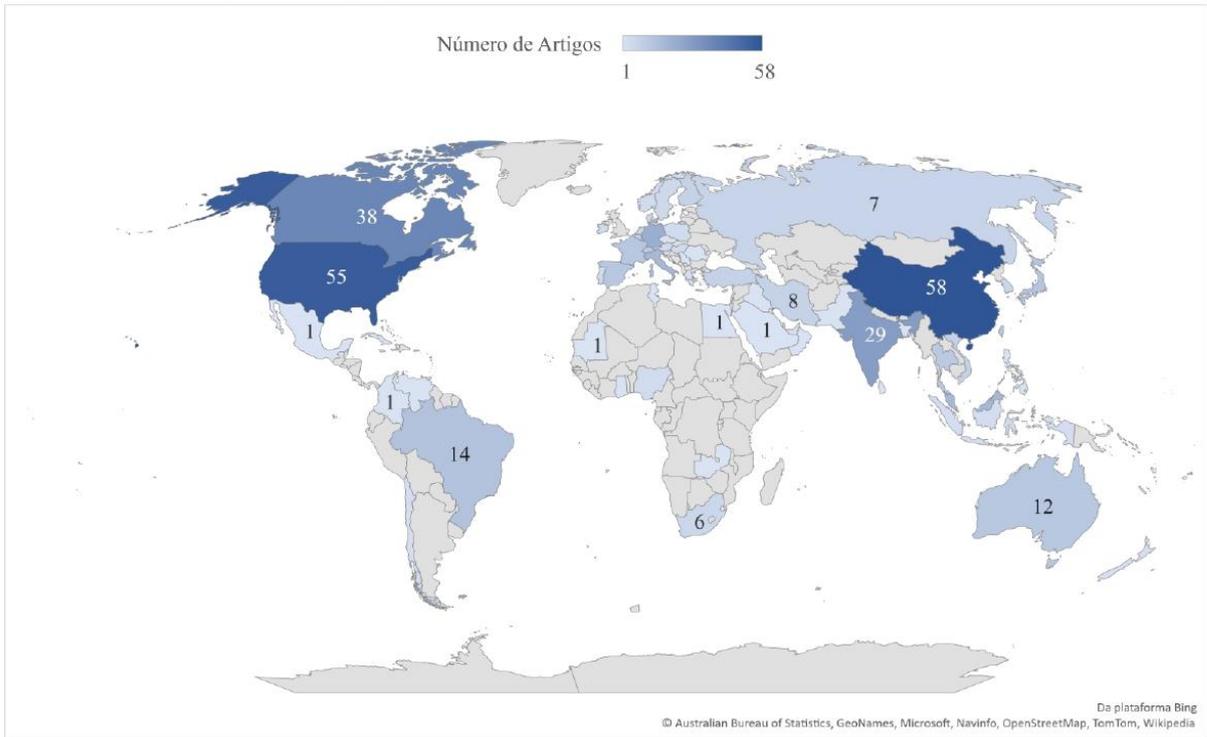
TPs: Total de Publicações; %: Proporção; CPP: Citação por País; TC: Total de Citações; CMPA = Citações Médias por Ano.

Fonte: Elaboração Própria, 2022.

Os 12 países mais produtivos abrigam 61,60% do total de publicações dos 66 países localizados e. A China com 61 publicações, concentra pouco mais de 11,7% do total, seguida diretamente pelos Estados Unidos com uma publicação a menos e 11,5% dos trabalhos publicados. Um dado relevante é acerca do H-Index ou Índice H, que representa avaliação qualitativa de pesquisadores que analisa o impacto do pesquisador individualmente (THOMAZ; ASSAD; MOREIRA, 2011). Esse resultado é um espelho de países populosos e com altas demandas energéticas, de modo que pesquisas refletem a mentalidade de pesquisadores que buscam novas tecnologias com o objetivo de encontrar tecnologias promissoras para melhorar o sistema energético de seu país

Nesse trabalho, o fator de impacto dos pesquisadores americanos supera por uma margem de 4 pontos mesmo com menos pesquisadores. Considerando uma perspectiva mais visual, a Figura 5 ilustra a demografia dos trabalhos publicados através de um mapa.

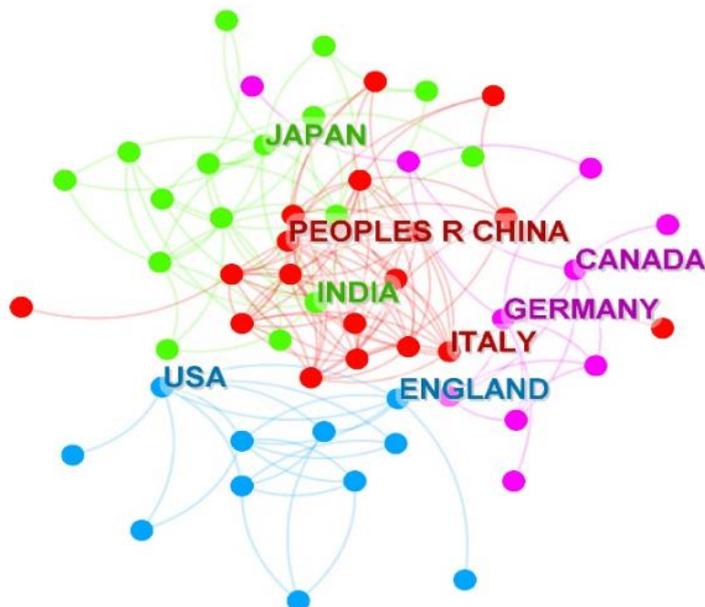
Figura 5 – Distribuição dos artigos pelo mundo.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Observando a figura 4, pode se observar que as pesquisas se apresentam com um alto desenvolvimento em países muito numerosos, como a China, Estados Unidos, Canadá e Índia. A Figura 5 apresenta um mapa de rede de links colaborativos entre os grupos científicos analisados.

Figura 6 – Rede de colaboração nacional nos artigos acerca de produção de biocombustível através de gaseificação entre 2006 e 2022 no WoS.

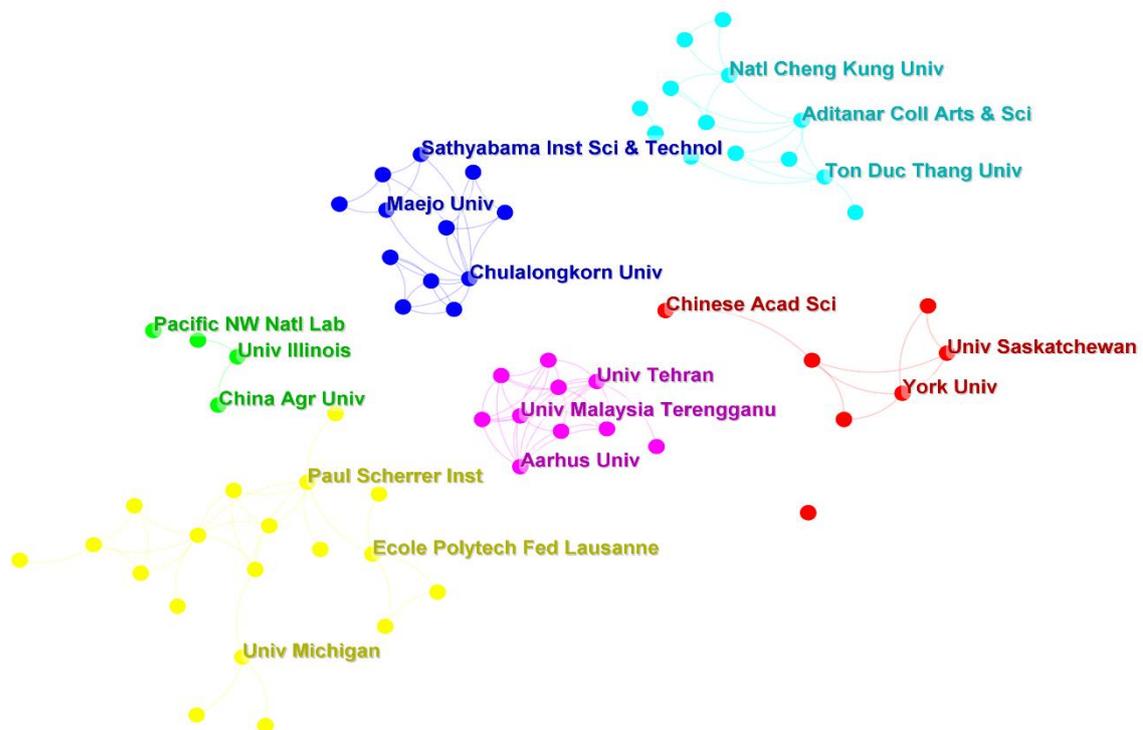


Fonte: Autores (2022).

Analisando a Figura 6, a China é os países mais colaborativo na área, seguido pela Índia. Esse mapa permite que se analise que, mesmo com o grande número de pesquisas desenvolvidas pelos Estados Unidos, há pouca interação de pesquisadores norte-americanos com pesquisadores não anglófonos.

A análise mostra que há 568 instituições afiliando 1352 autores de 66 países na produção dos 331 trabalhos publicados. Embora haja um grande número de instituições interessadas na área, 394 instituições (cerca de 64,4% do total de instituições) possuem apenas uma publicação na área, o que caracteriza uma alta dispersão institucional, de forma que apenas 45 instituições tem mais que 4 trabalhos publicados, destacando em especial a Universidade de Saskatchewan, do Canadá, sendo a instituição com maior número de artigos publicados na temática (N = 17) seguido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (N = 16). Para compreender como essas instituições interagem entre si, produziu-se a um mapa de rede de colaboração entre as instituições, conforme se observa na Figura 7.

Figura 7 – Mapa de colaboração entre instituições.



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Para compreender como essas instituições se relacionavam, utilizou-se das citações dos trabalhos afins de observar como elas interagiam. Nessa circunstância 67 instituições (11,82% do número total de instituições), foram levantadas como as mais citadas. Observa-se que mesmo

as instituições com maiores números de trabalhos publicados apresentam poucas interações e isso se dá, provavelmente, por ter suas publicações, majoritariamente em revistas com baixo valor de impacto.

Considerando que há uma densidade média de aproximadamente 4,5 autores por artigo e 2,4 autores por instituição, esses dados reforça uma alta dispersão de pesquisadores. Ao selecionar apenas autores com no mínimo 10 publicações, chegou-se ao resultado de somente 3 autores. Dentre eles, destaca-se o Sonil Nanda, com o maior número de publicações na área (18 documentos e 639 citações em outros artigos). Para entender melhor como os autores articulam entre si, a Figura 8 sintetiza um mapa colaboração entre autores.

Figura 8– Mapa colaborativo entre autores



Fonte: Autores (2022).

Analisando o mapa observa-se que, assim como aquele que possui a maior quantidade de artigos, Nanda Sonil também é aquele com a maior rede de conexões. Observando a tendência de outras pesquisas na área, espera-se que pequenos grupos a serem obtidos neste tipo de mapa formem pequenos grupos com pesquisadores de um mesmo país, todavia, a tendência mostrada foi diferente. Os principais autores interagem entre si e criam um sistema que envolve todos os demais autores.

4.3 Análise Quantitativa das Referências Citadas

Dentre os fatores que mais colaboram para a disseminação de um artigo científico, Lacerda, Enssline Ensslin (2012) afirmam que, os fatores observáveis são: “os artigos selecionados, suas referências, autores, número de citações e periódicos mais relevantes” (p. 61). A Tabela 4 apresenta as 12 publicações mais citadas sobre a temática no período analisado.

Tabela 4 – Principais publicações acerca de produção de biocombustível através de gaseificação hidrotérmica entre os anos de 2006 e 2022.

Nº DE CITAÇÕES	ANO	1º AUTOR	TÍTULO	REVISTA	PAÍS
1,408	2008	Petterson	Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: A review of sub- and supercritical water technologies	Energy & Environmental Science	EUA
540	2015	Eliott	Hydrothermal liquefaction of biomass: Developments from batch to continuous process	Bioresource Technology	EUA
527	2010	Brown	Hydrothermal Liquefaction and Gasification of <i>Nannochloropsis</i> sp.	Energy & Fuels	EUA
444	2013	Barreiro	Hydrothermal liquefaction (HTL) of microalgae for biofuel production: State of the art review and future prospects	Biomass & Bioenergy	EUA
370	2014	Tekin	A review of hydrothermal biomass processing	Renewable & Sustainable Energy Reviews	Turquia
365	2008	Kruse	Supercritical water gasification	Bioproducts & Biorefining	Alemanha
351	2011	Meyer	Technical, Economical, and Climate-Related Aspects of Biochar Production Technologies: A Literature Review	Environmental Science & Technology	Suíça
336	2012	Biller	Nutrient recycling of aqueous phase for microalgae cultivation from the hydrothermal liquefaction process	Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts	Dinamarca
331	2015	Chen	Thermochemical conversion of microalgal biomass into biofuels: A review	Bioresource Technology	China
321	2013	Eliott	Process development for hydrothermal liquefaction of algae feedstocks in a continuous-flow reactor	Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts	EUA
292	2008	Eliott	Catalytic hydrothermal gasification of biomass	Biofuels Bioproducts & Biorefining	EUA
190	2015	Kruse	Water - A magic solvent for biomass conversion	Journal of Supercritical Fluids	Alemanha

Fonte: Autores (2022).

Na tabela, observa-se muitas publicações com altas citações para autores dos Estados Unidos, destacando a presença de Elliott como primeiro autor entre 3 deles e coautor em outro, mesmo que não esteja entre os autores com maior número de publicações. Isso reforça que os autores norte-americanos mantêm relações para um maior número de publicações. Outro ponto que vale a pena destacar é o fato das pesquisas mais citadas serem ou revisões ou metodologias que utilizam algas como matérias-primas.

Comparando com a Figura, observa-se também que aqueles com maior número de publicações na área, com exceção de Kruse e Barreiro, não estão entre aqueles com maior número de citações. Outra comparação que pode ser vista é a relação de como do fator de impacto da revista *Energy & Environmental Science* influenciou na disseminação da pesquisa, uma vez que apresenta 39.714 pontos, sendo a revista científica com maior pontuação entre as registradas nesta pesquisa.

4.4 Áreas de Pesquisa em Alta

4.4.1 Análise Quantitativa da Frequência de Palavras-Chave Frequentes

Guimarães e Bezerra (2019) afirmam que, além dos pontos já citados como autores, afiliações e fator de impacto, é importante destacar a importância das palavras-chave, uma vez que, além de ferramenta de busca em consultas bibliográficas, apresentam os principais conceitos que estão relacionados ao tema central. Levando isso em consideração, a Tabela 5 apresenta a classificação das 12 principais palavras-chave deste estudo.

Tabela 5 – Análise de frequência das 12 palavras-chave mais utilizadas em pesquisas de produção de biocombustíveis por gaseificação hidrotérmica entre 2006 e 2022.

N	PALAVRA-CHAVE	FREQUÊNCIA	%
1	GASIFICATION	115	3,960
2	BIOMASS	90	3,099
3	HYDROTHERMAL LIQUEFACTION	73	2,514
4	BIO-OIL	69	2,376
5	HYDROGEN-PRODUCTION	62	2,135
6	SUPERCRITICAL WATER GASIFICATION	52	1,791
7	BIOFUEL PRODUCTION	52	1,791
8	CONVERSION	46	1,584
9	SUPERCRITICAL WATER	43	1,481
10	LIGNOCELLULOSIC BIOMASS	43	1,481
11	MICROALGAE	39	1,343
12	SEWAGE-SLUDGE	37	1,274

Fonte: Autores (2022).

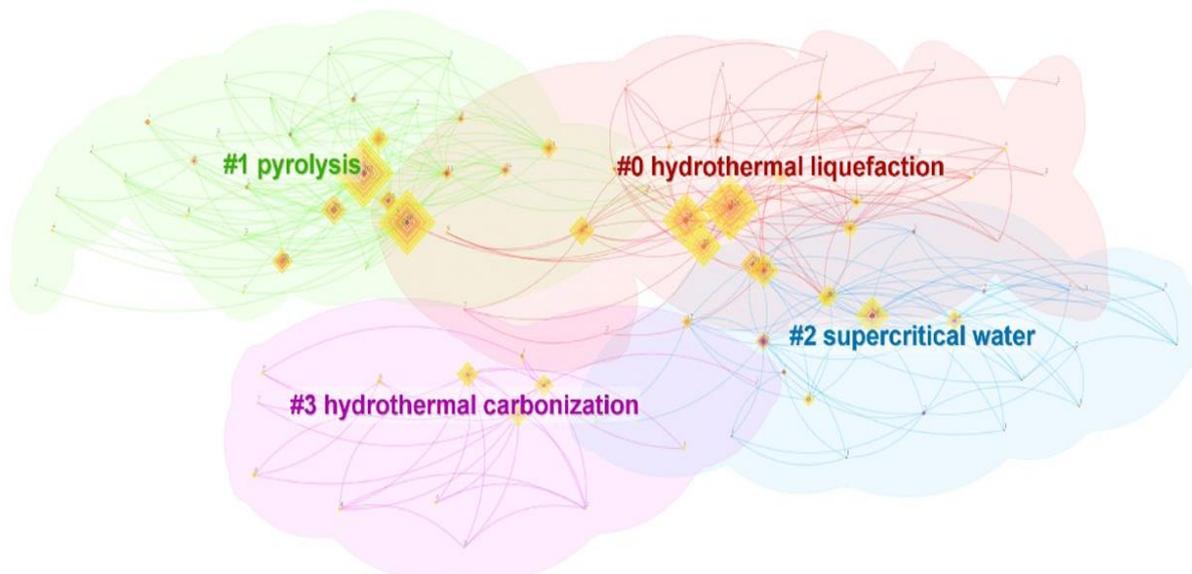
Foram totalizadas 2904 palavras-chave de 881 termos. Vale destacar que muitas palavras-chave possuíam o mesmo objetivo, porém com palavras diferentes, como a sexta e a nona palavras-chave, “*Supercritical Water Gasification*” e “*Supercritical Water*”, bem como a décima terceira e a décima quarta “*Pyrolysis Fast*” e “*Pyrolysis*” com 52, 43, 35 e 31 correspondências respectivamente. Mesmo que a técnica que as embasam sejam a mesma, ainda assim, foram tratadas como termos independentes.

Considerando a tabela, observa-se que duas das três palavras-chaves escolhidas na ferramenta de busca da pesquisa foram preenchidas nas três primeiras posições, dando um destaque para a terceira que leva em consideração a liquefação do combustível produzido. O termo de biocombustível (ou *biofuel*, em inglês) só vai aparecer na sétima posição com 52 correspondências e voltando a aparecer somente na trigésima quarta posição com “*Biofuel*” (n=15), em quadragésimo com “*Biofuels*” (n=14), em centésimo décimo quarto com “*Solid Biofuel Production*” (n=4), em centésimo nonagésimo quarto com o termo “*Biofuels Production*” (n=2) e outras quatro correspondências com apenas uma citação.

4.5 Áreas de pesquisa

O CiteSpace, além de plotar gráficos e produzir mapas, também pode ser utilizado para analisar e organizar dados de pesquisas e entender possíveis tendências nessa área, pois esse software permite a visualização do que está em desenvolvimento (CATUMBA et al., 2022). Com isso, torna-se possível identificar dados mais projetáveis com base em uma série de fatores, como palavras-chave como um dos principais instrumentos para a engenharia de metodologias viáveis para produção de biocombustíveis a partir de processos de GHT (AKIM; MERGULHÃO, 2015; CATUMBA et al., 2022). A Figura 9 mostra os cinco principais conjuntos de cocitação entre os artigos relacionados ao tema do estudo.

Figura 9 – Mapa de relação entre as citações acerca da produção de biocombustíveis através de gaseificação hidrotérmica entre os anos de 2006 e 2022.



Fonte: Elaboração Ptópria (2022).

Analisando a figura, observa-se a presença de grandes grupos: *Hydrothermal Liquefaction*, *Pyrolysis*, *Supercritical Water* e *Hydrothermal Carbonization*. Dentro desses grupos temos a presença das principais palavras-chave e como elas se interligam e se relacionam. Apesar do grupo de *Pyrolysis* possuir cluster com maior número de correspondência, como o de *Gasification* e *Biomass*, na soma total, as técnicas são menos numerosas que as técnicas abordadas em *Hydrothermal Liquefaction*.

4.5.1 Campos de Pesquisa

Nesse capítulo serão analisados os Keywords Plus previsto na figura 9, conforme o fator histórico e tendências atuais nas áreas da pesquisa. Esses Clusters são enumerados de 0 à 3, sendo 0 o primeiro e mais pesquisado entre os fatores de pesquisa e o 3 o mais recente e promissor.

O Cluster #0 tem “*Hydrothermal Liquefaction*” como palavra-chave principal. Nesse processo, entende-se que há a conversão da biomassa em situações de alta pressão e temperatura utilizando água como solvente e outros co-solventes quando necessário (KUMAR et al., 2018; MOSER; PENKE; BATTEIGER, 2021; OU et al., 2015; PEDERSEN; ROSENDAHL, 2015; SAHU et al., 2020; ZHANG; CHEN, 2017). Nessa reação, há a presença de um catalisador que, juntamente com água e outros solventes, permite a realização de processos secundários como

hidrólise, fragmentação e repolimerização da biomassa, priorizando a formação de produtos liquefeitos de produtos originários de diferentes matérias-primas (DENIEL et al., 2016a; MATHANKER et al., 2021; SINGH et al., 2015; WANG et al., 2018).

Dentre os subgrupos aos quais são indexados, prevalecem as matérias-primas lipídicas, sejam elas refinadas ou não, podendo ser de origem animal e vegetal, bem como provenientes de descartes ou de resíduos de outros processos (DENIEL et al., 2016a, 2016b; HAMMERSCHMIDT et al., 2015; MCGINN et al., 2019; TRAN, 2016). Observando os trabalhos produzidos neste cenário, entende-se principalmente o quão proeminente estão as algas enquanto biomassa, uma vez que são utilizadas em mais de 56% dos trabalhos analisados para produzir óleos a serem transformados em biocombustíveis com baixo custo e alto rendimento. No segundo grupo, são utilizadas algas provenientes de tratamento de esgoto ou outros tipos de resíduos líquidos para que, além da redução de poluentes, essa biomassa possa ser utilizada para a produção de biocombustível (BARREIRO et al., 2016; MADDI et al., 2017; MASOUMI; BOAHENE; DALAI, 2021; SONG et al., 2019; ZHU et al., 2019). Os trabalhos apresentam, em sua maioria, o processo de liquefação hidrotérmica em uma faixa de temperatura que compreende de 300° C a 450° C e pressão entre 10 e 20 MPa.

O Cluster #1 tem a palavra-chave “Pyrolysis”. Esta palavra-chave descreve um processo de decomposição de biomassa em altas temperaturas na presença de oxigênio e outros compostos nas fases gasosa, líquida e sólida (WEISS et al., 2022). O gás compreende principalmente CO, CO₂, hidrogênio e hidrocarbonetos com baixa massa molar. A fase líquida do produto é oriunda da condensação de gases, chamada de líquido pirolenhoso, enquanto a fase sólida é chamada de bio-carvão (CAVALI et al., 2022; CHENG; LI, 2018; DANG et al., 2021; FÉLIX et al., 2018; MEYER; GLASER; QUICKER, 2011; OLIVEIRA et al., 2009).

Considerando os pontos analisados, este cluster visa falar sobre o processo de decomposição para obtenção de um novo produto e o processo analítico para identificação da composição das fases, auxiliado por outras técnicas de investigação dos componentes (CIUTA; TSIAMIS; CASTALDI, 2017). Outra técnica bastante particular é a pirólise por indução por micro-ondas para obtenção de um bio-óleo mais puro. Observa-se que, na grande maioria dos trabalhos deste estudo, a pirólise é apenas mais um processo entre as etapas de extração, purificação e conversão do óleo em biocombustível (AKHTAR et al., 2019; KARNJANAKOM et al., 2016; NOMANBHAY; HUSSEIN; ONG, 2018; RAMIREZ; RAINEY, 2019; SAKULKIT et al., 2020).

Observando esse tipo de ocorrência em diversas palavras-chave, a Figura 7 ilustra como essas palavras-chave se refletem e se relacionam entre si

4.5.2 Tendências Emergentes

Considerando as propostas emergentes, temos dois Clusters que apresentam características evidentes de diferenciação, sendo o número #2, as técnicas de triagem através de fluidos supercríticos têm se mostrado cada vez mais empregáveis nas tecnologias atuais. No entanto, muitos autores apontam que, apesar de ter apresentado valores em resultados em testes de bancada e para produtos de alto valor agregado, sua utilização aumenta exponencialmente o preço do produto final, tornando-o pouco atrativo para aplicação na produção de biocombustíveis no cenário atual (CARRILHO; TAVARES; LANÇAS, 2003; CURMI et al., 2022; DE MELO et al., 2017; GRADON; SOSNOWSKI, 2014; LEONG et al., 2021; OKOLIE et al., 2020a).

Um fluido supercrítico é um processo extrativo composto por um sistema composto por líquidos e gases confinados em um determinado espaço, permanecendo em equilíbrio (DUAN et al., 2018; LACHOS-PEREZ et al., 2017; RAMSEY et al., 2011). Ao aquecer o sistema, as propriedades físicas e químicas (densidade, aumento, índice de refração, condutividade térmica etc.) criando uma única fase supercrítica (CARRILHO; TAVARES; LANÇAS, 2001, 2003; GHAVAMI et al., [s.d.]; JUMHAWAN; BAMBIA, 2017; NANDA et al., 2017b; PETERSON et al., 2008). Portanto, um fluido supercrítico é qualquer substância que, em condições de pressão e temperatura acima de seus critérios críticos, se mantém estável (CARRILHO; TAVARES; LANÇAS, 2003; MAUL; WASICKY; BACCHI, 1996; RAMSEY et al., 2011).

Por fim, há o Cluster #3, no qual ocorre a “*Hydrothermal Carbonization*”, um processo de conversão termoquímica a temperaturas moderadas, onde são utilizados materiais ricos em lipídios e carboidratos ou matérias-primas lignocelulósicas como biomassa em que se obtém um produto conhecido como hidrotermal sólido carbono (CZERWINSKA; SLIZ; WILK, 2022; LACHOS-PEREZ et al., 2017; NAKASON et al., 2018).

Muitos dos trabalhos utilizam a carbonização hidrotérmica, em particular, assistida por micro-ondas, como possibilidade de substituir as técnicas de pirólise, sendo esta a mais promissora por poder ser utilizada com a matéria orgânica com alto teor de carbono, matéria-prima que não necessariamente precisam passar por um processo de secagem prévio, as pressões e temperaturas médias são mais amenas e os produtos obtidos, dependendo da finalidade, podem ser mais promissores que os da pirólise (AL RAMAHI; KESZTHELYI-SZABO; BESZEDES, 2021; BASSO et al., 2015; HEIDARI et al., 2019; THEPPITAK et al., 2020; WANG et al., 2022).

Conforme descrito para o Cluster #0, as obras analisadas utilizam a carbonização hidrotérmica, principalmente o uso desse processo como método de tratamento e reaproveitamento de componentes de esgoto, resíduos industriais (como serragem e cinzas) e subprodutos de outros métodos extrativos, bem como matérias-primas como grãos, vegetais e restos de animais (BASSO et al., 2016; HEIDARI et al., 2019; JACKOWSKI et al., 2019; LENG et al., 2021; LUCIAN; FIORI, 2017). Assim como no caso dos fluidos supercríticos, a carbonização hidrotérmica apresenta bons valores no caso de matérias-primas oriundas de biomassa úmida e residual, mas o processo passa a ter custos muito elevados para ser utilizado na produção de energia elétrica (GONZALEZ-ARIAS et al., 2022; OZCIMEN et al., 2022).

4.6 Análise Quantitativa de Categorias e Áreas do Conhecimento

Os artigos analisados sobre produção de biocombustíveis a partir de gaseificação hidrotérmica estão agrupados em um total de 38 áreas do conhecimento, segundo a base de dados Web of Science, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 6 – Análise de frequência das 12 categorias com mais artigos em pesquisas de produção de biocombustíveis por gaseificação hidrotérmica entre 2006 e 2022

CATEGORIAS DO WEB OF SCIENCE	FREQUÊNCIA
Energy Fuels	198
Engineering Chemical	97
Biotechnology Applied Microbiology	84
Environmental Sciences	53
Agricultural Engineering	45
Green Sustainable Science Technology	44
Engineering Environmental	35
Chemistry Multidisciplinary	26
Chemistry Physical	21
Thermodynamics	21
Mechanics	12
Chemistry Applied	8

Fonte: Autores (2022).

Conforme pode ser visto na Tabela 5, a principal categoria dos artigos é a de *Energy Fuels*, o que é bastante aceitável, uma vez que uma das palavras-chave de busca foi *Biofuel*. Além disso, observa-se em segundo a presença de Engenharia Química, seguida por Biotecnologia aplicada a Microbiologia, que se destaca devido ao grande número de pesquisas que utilizaram como matéria-prima para a produção de combustível, resíduos orgânicos e água de reuso e de esgoto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante este estudo, utilizou-se métodos de aplicação de métodos bibliométricos em uma amostra de 331 de artigos cujo título os termos “*hydrothermal*”, “*gasification*” e “*biofuel*” e, com isso, buscou caminhos para responder à pergunta: como produção científica sobre a produção de combustíveis através de gaseificação hidrotérmica segundo parâmetros bibliométricos?

Com essa análise, pode-se perceber com a distribuição dos artigos em uma tendência de crescimento nas publicações sobre a partir de 2012 com a RIO+20 e o retorno do crescimento em 2020 e 2021 com muitos trabalhos, principalmente com artigos de revisão.

A análise permitiu uma listagem dos autores mais produtivos e os trabalhos mais relevantes para a temática de pesquisa. Considerando a questão dos periódicos, observa-se a presença do fator de impacto para influenciar esses resultados e como a presença de autores em instituições mais influentes tendem a publicar em revistas com maior visibilidade. Por fim, avaliando as palavras-chave ressalta-se que os principais conceitos relacionados ao tema central, estão principalmente relacionadas as palavras-chave de pesquisa.

Desse modo, a aplicação de técnicas de bibliometria se mostrou como uma ferramenta interessante para a identificação as características principais da produção em periódicos científicos sobre a produção de biocombustíveis a partir de processos de gaseificação hidrotérmica.

REFERÊNCIAS

AJAY, C. M.; MOHAN, S.; DINESHA, P. Decentralized energy from portable biogas digesters using domestic kitchen waste: A review. **WASTE MANAGEMENT**, v. 125, p. 10–26, abr. 2021.

AKHTAR, A. et al. Carbon conversion and stabilisation of date palm and high rate algal pond (microalgae) biomass through slow pyrolysis. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH**, v. 43, n. 9, p. 4403–4416, jul. 2019.

AKIM, É. K.; MERGULHÃO, R. C. Panorama da produção intelectual sobre a medição de desempenho na gestão pública. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 2, p. 337–366, abr. 2015.

AL RAMAHI, M.; KESZTHELYI-SZABO, G.; BESZEDES, S. Coupling hydrothermal carbonization with anaerobic digestion: an evaluation based on energy recovery and hydrochar utilization. **BIOFUEL RESEARCH JOURNAL-BRJ**, v. 8, n. 3, p. 1444–1453, dez. 2021.

ALHERBAWI, M. et al. Optimum sustainable utilisation of the whole fruit of *Jatropha curcas*: An energy, water and food nexus approach. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 137, mar. 2021.

ALHERBAWI, M.; AL-ANSARI, T.; MCKAY, G. **Potential Integrated Pathways for Jet Biofuel Production from Whole Fruit of *Jatropha***. (S. Pierucci et al., Eds.) 30TH EUROPEAN SYMPOSIUM ON COMPUTER AIDED PROCESS ENGINEERING, PTS A-C. **Anais...**: Computer Aided Chemical Engineering. 2020.

ALVES, J. L. et al. Economia Circular e Energias Renováveis: uma análise bibliométrica da literatura internacional. **Interações (Campo Grande)**, p. 267–297, 3 ago. 2022.

ANDERSSON, V. et al. Integration of algae-based biofuel production with an oil refinery: Energy and carbon footprint assessment. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH**, v. 44, n. 13, p. 10860–10877, out. 2020.

ANDRADE, Fernando Antônio Gomes de *et al.* Hemicelulose em reconstrução da parede abdominal em ratos. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (Impresso)**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 104-115, mar. 2011.

ANDREO-MARTÍNEZ, P. et al. Waste animal fats as feedstock for biodiesel production using non-catalytic supercritical alcohol transesterification: A perspective by the PRISMA methodology. **Energy for Sustainable Development**, v. 69, p. 150–163, ago. 2022.

ARANTES, M. D. C. et al. Gaseificação de materiais lignocelulósicos para geração de energia elétrica. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 525–533, 30 dez. 2008.

ARBEX, Marcos Abdo *et al.* Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 158-175, abr. 2004.

ARCHAMBAULT, S. et al. Nannochloropsis sp algae for use as biofuel: Analyzing a translog production function using data from multiple sites in the southwestern United States. **ALGAL**

RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS, v. 6, n. B, p. 124–131, out. 2014.

ARPIA, A. A. et al. Sustainable biofuel and bioenergy production from biomass waste residues using microwave-assisted heating: A comprehensive review. **CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL**, v. 403, jan. 2021.

AYUB, H. M. U. et al. Sustainable valorization of algae biomass via thermochemical processing route: An overview. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 344, n. B, jan. 2022.

AZADI, P. et al. Hydrothermal gasification of glucose using Raney nickel and homogeneous organometallic catalysts. **FUEL PROCESSING TECHNOLOGY**, v. 90, n. 1, p. 145–151, jan. 2009.

AZWAR, E. et al. Progress in thermochemical conversion of aquatic weeds in shellfish aquaculture for biofuel generation: Technical and economic perspectives. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 344, n. A, jan. 2022.

BAGHBANBASHI, M.; PAZUKI, G. Modelling and thermodynamic assessment of biofuel production process from biomass with the SAFT-VR approach. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY**, v. 41, n. 38, p. 16797–16806, out. 2016.

BAGNOUD-VELASQUEZ, M. et al. Opportunities for Switzerland to Contribute to the Production of Algal Biofuels: the Hydrothermal Pathway to Bio-Methane. **CHIMIA**, v. 69, n. 10, p. 614–621, 2015a.

BAGNOUD-VELASQUEZ, M. et al. First developments towards closing the nutrient cycle in a biofuel production process. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 8, p. 76–82, mar. 2015b.

BAGNOUD-VELASQUEZ, M. et al. Fate and reuse of nitrogen-containing organics from the hydrothermal conversion of algal biomass. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 32, p. 241–249, jun. 2018.

BARREIRO, D. L. et al. Hydrothermal liquefaction (HTL) of microalgae for biofuel production: State of the art review and future prospects. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 53, n. SI, p. 113–127, jun. 2013a.

BARREIRO, D. L. et al. Influence of strain-specific parameters on hydrothermal liquefaction of microalgae. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 146, p. 463–471, out. 2013b.

BARREIRO, D. L. et al. Cultivation of microalgae with recovered nutrients after hydrothermal liquefaction. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 9, p. 99–106, maio 2015a.

BARREIRO, D. L. et al. Suitability of hydrothermal liquefaction as a conversion route to produce biofuels from macroalgae. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 11, p. 234–241, set. 2015b.

BARREIRO, D. L. et al. Hydrothermal Liquefaction of Microalgae in a Continuous Stirred-Tank Reactor. **ENERGY & FUELS**, v. 29, n. 10, p. 6422–6432, out. 2015c.

BARREIRO, D. L. et al. Heterogeneous catalytic upgrading of biocrude oil produced by hydrothermal liquefaction of microalgae: State of the art and own experiments. **FUEL PROCESSING TECHNOLOGY**, v. 148, p. 117–127, jul. 2016.

BARREIRO, D. L. et al. Molecular characterization and atomistic model of biocrude oils from hydrothermal liquefaction of microalgae. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 35, p. 262–273, nov. 2018.

BARROS, Thiago Vinícius *et al.* Gaseificação da biomassa em água supercrítica como tecnologia de produção de hidrogênio. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 9, p. 1-15, jul. 2022.

BASSO, D. et al. Hydrothermal carbonization of off-specification compost: A byproduct of the organic municipal solid waste treatment. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 182, p. 217–224, abr. 2015.

BASSO, D. et al. Agro-industrial waste to solid biofuel through hydrothermal carbonization. **WASTE MANAGEMENT**, v. 47, n. A, p. 114–121, jan. 2016.

BASU, Prabir; METTANANT, Vichuda. Biomass Gasification in Supercritical Water -- A Review. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-61, 28 ago. 2009.

BAUDOIN, D.; XIANG, H.; VOGEL, F. On the selective desulphurization of biomass derivatives in supercritical water. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 164, set. 2022.

BEAL, C. M. et al. Algal biofuel production for fuels and feed in a 100-ha facility: A comprehensive techno-economic analysis and life cycle assessment. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 10, p. 266–279, jul. 2015.

BHASKAR, T. et al. Hydrothermal upgrading of wood biomass: Influence of the addition of K₂CO₃ and cellulose/lignin ratio. **FUEL**, v. 87, n. 10–11, p. 2236–2242, ago. 2008.

BILLER, P. et al. Nutrient recycling of aqueous phase for microalgae cultivation from the hydrothermal liquefaction process. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 1, n. 1, p. 70–76, maio 2012.

BJORNSSON, L.; ERICSSON, K. Emerging technologies for the production of biojet fuels from wood-can greenhouse gas emission reductions meet policy requirements? **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, [s.d.].

BOCANEGRA, P. E. et al. Gasification study of winery waste using a hydrothermal diamond anvil cell. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 53, n. 1–3, SI, p. 72–81, jun. 2010.

BONASSA, G. et al. Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 82, n. 3, p. 2365–2378, fev. 2018.

BORAZJANI, Z. et al. Computer-Aided Exergy Evaluation of Hydrothermal Liquefaction for Biocrude Production from *Nannochloropsis* sp. **BIOENERGY RESEARCH**, v. 15, n. 1, p. 141–153, mar. 2022.

BORDONS, María; GÓMEZ, Isabel. Collaboration networked in science. In: CRONIN, Blaise; ATKINS, Helen Barsky. (ed.). **The web of knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield**. New Jersey: ASIS, 2000. p. 197-214.

BORGES, A. C. P. et al. Catalytic supercritical water gasification of eucalyptus wood chips in a batch reactor. **FUEL**, v. 255, nov. 2019.

BRAND, M. A. et al. Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 353–360, abr. 2014.

BRAND, M. A. et al. Mapeamento dos problemas associados à geração e tratamento das cinzas na combustão da biomassa florestal em caldeira. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 3, p. 1167–1192, 6 set. 2021.

BRINDHADEVI, K. et al. Effect of reaction temperature on the conversion of algal biomass to bio-oil and biochar through pyrolysis and hydrothermal liquefaction. **FUEL**, v. 285, fev. 2021.

BROWN, T. M.; DUAN, P.; SAVAGE, P. E. Hydrothermal Liquefaction and Gasification of *Nannochloropsis* sp. **ENERGY & FUELS**, v. 24, n. 6, p. 3639–3646, jun. 2010.

BURATTO, W. G. et al. ANÁLISE DA CO-GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA NA SERRA CATARINENSE E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AMBIENTAL DESTA TECNOLOGIA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 473, 16 dez. 2015.

CANIAZ, R. O. et al. Upgrading blends of microalgae feedstocks and heavy oils in supercritical water. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 133, n. 2, p. 674–682, mar. 2018.

CANTER, C. E. et al. Implications of widespread algal biofuels production on macronutrient fertilizer supplies: Nutrient demand and evaluation of potential alternate nutrient sources. **APPLIED ENERGY**, v. 143, p. 71–80, abr. 2015.

CARRILHO, E.; TAVARES, M. C. H.; LANÇAS, F. M. Fluidos supercríticos em química analítica. I. Cromatografia com fluido supercrítico: conceitos termodinâmicos. **Química Nova**, v. 24, n. 4, ago. 2001.

CARRILHO, E.; TAVARES, M. C. H.; LANÇAS, F. M. Fluidos supercríticos em química analítica. II. Cromatografia com fluido supercrítico: instrumentação. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 687–693, out. 2003.

CARVALHO, Walter *et al.* Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Química Nova**, [S.L.], v. 32, n. 8, p. 2191-2195, 2009.

CATUMBA, B. D. et al. Sustainability and challenges in hydrogen production: An advanced bibliometric analysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, dez. 2022.

CAVALI, M. et al. Biochar and hydrochar in the context of anaerobic digestion for a circular approach: An overview. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 822, maio 2022.

CENGIZ, N. U. et al. Hydrothermal gasification of a biodiesel by-product crude glycerol in the presence of phosphate based catalysts. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY**, v. 40, n. 43, p. 14806–14815, nov. 2015.

CHAVES, M. C. DE C.; GOMES, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Production**, v. 24, n. 3, p. 495–507, 2 jul. 2013.

CHEN, Chaomei; IBEKWE-SANJUAN, Fidelia; HOU, Jianhua. The structure and dynamics of cocitation clusters: a multiple-perspective cocitation analysis. **Journal Of The American Society For Information Science And Technology**, [S.L.], v. 61, n. 7, p. 1386-1409, 18 mar. 2010.

CHEN, H. Chemical Composition and Structure of Natural Lignocellulose. Em: **Biotechnology of Lignocellulose**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 25–71.

CHEN, J.; LI, S. Characterization of biofuel production from hydrothermal treatment of hyperaccumulator waste (*Pteris vittata* L.) in sub- and supercritical water. **RSC ADVANCES**, v. 10, n. 4, p. 2160–2169, jan. 2020.

CHEN, W.-H. et al. Thermochemical conversion of microalgal biomass into biofuels: A review. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 184, p. 314–327, maio 2015a.

CHEN, Y. et al. Thermochemical conversion of low-lipid microalgae for the production of liquid fuels: challenges and opportunities. **RSC ADVANCES**, v. 5, n. 24, p. 18673–18701, 2015b.

CHENG, C. et al. Process analysis and kinetic modeling of coconut shell hydrothermal carbonization. **APPLIED ENERGY**, v. 315, jun. 2022.

CHENG, F.; LI, X. Preparation and Application of Biochar-Based Catalysts for Biofuel Production. **CATALYSTS**, v. 8, n. 9, set. 2018.

CHIARAMONTI, D. et al. **Thermochemical conversion of microalgae: challenges and opportunities**. (J. Yan et al., Eds.) CLEAN, EFFICIENT AND AFFORDABLE ENERGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE. **Anais...**: Energy Procedia. 2015.

CHOW, M. C. et al. Thermal Treatment of Algae for Production of Biofuel. **ENERGY & FUELS**, v. 27, n. 4, p. 1926–1950, abr. 2013.

CHRISTENSEN, P. S. et al. Hydrothermal Liquefaction of the Microalgae *Phaeodactylum tricornutum*: Impact of Reaction Conditions on Product and Elemental Distribution. **ENERGY & FUELS**, v. 28, n. 9, p. 5792–5803, set. 2014.

CIUTA, S.; TSIAMIS, D.; CASTALDI, M. J. Fundamentals of gasification and pyrolysis. **Gasification of Waste Materials: Technologies for Generating Energy, Gas, and Chemicals from Municipal Solid Waste, Biomass, Nonrecycled Plastics, Sludges, and Wet Solid Wastes**, p. 13–36, 1 jan. 2017.

COLE, A. et al. From macroalgae to liquid fuel via waste-water remediation, hydrothermal upgrading, carbon dioxide hydrogenation and hydrotreating. **ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE**, v. 9, n. 5, p. 1828–1840, 2016.

CORVALAN, C. et al. Life cycle assessment for hydrothermal carbonization of urban organic solid waste in comparison with gasification process: A case study of Southern Chile. **ENVIRONMENTAL PROGRESS & SUSTAINABLE ENERGY**, v. 40, n. 6, nov. 2021.

CREMONEZ, P. A. et al. Biofuels in Brazilian aviation: Current scenario and prospects. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 43, p. 1063–1072, mar. 2015.

CURMI, H. et al. Extraction of phenolic compounds from sulfur-free black liquor thanks to hydrothermal treatment before the production of syngas for biofuels. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 181, fev. 2022.

CZERWINSKA, K.; SLIZ, M.; WILK, M. Hydrothermal carbonization process: Fundamentals, main parameter characteristics and possible applications including an effective method of SARS-CoV-2 mitigation in sewage sludge. A review. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 154, fev. 2022.

DAMERGI, E. et al. Extraction of carotenoids from *Chlorella vulgaris* using green solvents and syngas production from residual biomass. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 25, p. 488–495, jul. 2017.

DANG, H. et al. Comprehensive Study on the Feasibility of Pyrolysis Biomass Char Applied to Blast Furnace Injection and Tuyere Simulation Combustion. **ACS OMEGA**, v. 6, n. 31, p. 20166–20180, ago. 2021.

DANSO-BOATENG, E.; ACHAW, O.-W. Bioenergy and biofuel production from biomass using thermochemical conversions technologies-a review. **AIMS ENERGY**, v. 10, n. 4, p. 585–647, 2022.

DAS, P. et al. A comprehensive review on the factors affecting thermochemical conversion efficiency of algal biomass to energy. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 766, abr. 2021.

DASTYAR, W. et al. Biofuel Production Using Thermochemical Conversion of Heavy Metal-Contaminated Biomass (HMxCB) Harvested from Phytoextraction Process. **CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL**, v. 358, p. 759–785, fev. 2019.

DAVIS, R. E. et al. Integrated Evaluation of Cost, Emissions, and Resource Potential for Algal Biofuels at the National Scale. **ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY**, v. 48, n. 10, p. 6035–6042, maio 2014.

DE JONG, S. et al. The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels - a comprehensive techno-economic comparison. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 9, n. 6, p. 778–800, nov. 2015.

DE JONG, S. et al. Cost optimization of biofuel production - The impact of scale, integration, transport and supply chain configurations. **APPLIED ENERGY**, v. 195, p. 1055–1070, jun. 2017.

DE MELO, M. M. R. et al. Environmentally Benign Supercritical Fluid Extraction. **The Application of Green Solvents in Separation Processes**, p. 325–348, 22 mar. 2017.

DEMIRBAŞ, A. Gaseous products from biomass by pyrolysis and gasification: Effects of catalyst on hydrogen yield. **Energy Conversion and Management**, v. 43, n. 7, p. 897–909, 2002.

DENIEL, M. et al. Bio-oil Production from Food Processing Residues: Improving the Bio-oil Yield and Quality by Aqueous Phase Recycle in Hydrothermal Liquefaction of Blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) Pomace. **ENERGY & FUELS**, v. 30, n. 6, p. 4895–4904, jun. 2016a.

DENIEL, M. et al. Optimisation of bio-oil production by hydrothermal liquefaction of agro-industrial residues: Blackcurrant pomace (*Ribes nigrum* L.) as an example. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 95, p. 273–285, dez. 2016b.

DHYANI, Vaibhav; BHASKAR, Thallada. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. **Renewable Energy**, [S.L.], v. 129, p. 695-716, dez. 2018.

DI FRAIA, A. et al. Coupling hydrothermal liquefaction and aqueous phase reforming for integrated production of biocrude and renewable H-2. **AICHE JOURNAL**, [s.d.].

DOUVARTZIDES, S. L. et al. Green Diesel: Biomass Feedstocks, Production Technologies, Catalytic Research, Fuel Properties and Performance in Compression Ignition Internal Combustion Engines. **ENERGIES**, v. 12, n. 5, mar. 2019.

DUAN, P.-G. et al. Integration of hydrothermal liquefaction and supercritical water gasification for improvement of energy recovery from algal biomass. **ENERGY**, v. 155, p. 734–745, jul. 2018.

EBHODAGHE, S. O.; IMANAH, O. E.; NDIBE, H. Biofuels from microalgae biomass: A review of conversion processes and procedures. **ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY**, v. 15, n. 2, fev. 2022.

EICHLER, P. et al. BIOMETHANOL PRODUCTION VIA GASIFICATION OF LIGNOCELLULOSIC BIOMASS. **Química Nova**, 2015.

ELLIOTT, D. C. Catalytic hydrothermal gasification of biomass. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 2, n. 3, p. 254–265, maio 2008.

ELLIOTT, D. C. et al. Process development for hydrothermal liquefaction of algae feedstocks in a continuous-flow reactor. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 2, n. 4, p. 445–454, out. 2013.

ELLIOTT, D. C. et al. Hydrothermal Processing of Macroalgal Feedstocks in Continuous-Flow Reactors. **ACS SUSTAINABLE CHEMISTRY & ENGINEERING**, v. 2, n. 2, p. 207–215, fev. 2014.

ELLIOTT, D. C. et al. Hydrothermal liquefaction of biomass: Developments from batch to continuous process. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 178, p. 147–156, fev. 2015.

ENRIQUE DURAN-GARCIA, M. PINE SAWDUST (*Pinus arizonica*) GASIFICATION IN A FLUIDIZED BED REACTOR: ANALYSIS OF PROCESS VARIABLES. **MADERAS-CIENCIA Y TECNOLOGIA**, v. 18, n. 4, p. 633–650, 2016.

ERLACH, B.; HARDER, B.; TSATSARONIS, G. Combined hydrothermal carbonization and gasification of biomass with carbon capture. **ENERGY**, v. 45, n. 1, p. 329–338, set. 2012.

FACCHINETTI, E. et al. Process integration and optimization of a solid oxide fuel cell - Gas turbine hybrid cycle fueled with hydrothermally gasified waste biomass. **ENERGY**, v. 41, n. 1, p. 408–419, maio 2012.

FAN, Y.; HORNING, U.; DAHMEN, N. Hydrothermal liquefaction of sewage sludge for biofuel application: A review on fundamentals, current challenges and strategies. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 165, out. 2022.

FANG, Z.; FANG, C. Complete dissolution and hydrolysis of wood in hot water. **AICHE JOURNAL**, v. 54, n. 10, p. 2751–2758, out. 2008.

FAROBIE, O. et al. Green algae to green fuels: Syngas and hydrochar production from *Ulva lactuca* via sub-critical water gasification. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 67, set. 2022.

FEARNSIDE, P. M. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 99–123, abr. 2002.

FEDIE, R. L. et al. Hydrothermal catalysis of waste greases into green gasoline, jet, and diesel biofuels in continuous flow supercritical water. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 16, n. 2, p. 349–369, mar. 2022.

FÉLIX, C. R. DE O. et al. Pirólise rápida de biomassa de eucalipto na presença de catalisador Al-MCM-41. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n. suppl 1, 8 jan. 2018.

FENG, S. et al. Recent Advances in Algae-Derived Biofuels and Bioactive Compounds. **INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH**, v. 61, n. 3, p. 1232–1249, jan. 2022.

FOX, J. T. et al. Thermal conversion of blended food production waste and municipal sewage sludge to recoverable products. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 220, p. 57–64, maio 2019.

FOZER, D. et al. Evaluation of microalgae-based biorefinery alternatives. **CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL POLICY**, v. 19, n. 2, p. 501–515, 2017.

FRANÇA, F. P.; GURGEL, A. C. Impactos Econômicos de Políticas Climáticas Europeias e Americanas sobre a Economia Brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, v. 72, n. 1, 2018.

FRANCO, André Luiz Custódio *et al.* Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Química Nova**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 437-448, 2013.

FRANK, E. D. et al. Methane and nitrous oxide emissions affect the life-cycle analysis of algal biofuels. **ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS**, v. 7, n. 1, jan. 2012.

FU, J. et al. Activated Carbons for Hydrothermal Decarboxylation of Fatty Acids. **ACS CATALYSIS**, v. 1, n. 3, p. 227–231, mar. 2011.

GAI, C. et al. Energy and nutrient recovery efficiencies in biocrude oil produced via hydrothermal liquefaction of *Chlorella pyrenoidosa*. **RSC ADVANCES**, v. 4, n. 33, p. 16958–16967, 2014.

GAI, C. et al. Characterization of aqueous phase from the hydrothermal liquefaction of *Chlorella pyrenoidosa*. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 184, p. 328–335, maio 2015.

GHAVAMI, N. et al. Analysis of operational issues in hydrothermal liquefaction and supercritical water gasification processes: a review. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 15 dez. 2021.

GHAVAMI, N. et al. Analysis of operational issues in hydrothermal liquefaction and supercritical water gasification processes: a review. **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, [s.d.].

GHOLIZADEH, M.; HU, X.; LIU, Q. Progress of using biochar as a catalyst in thermal conversion of biomass. **REVIEWS IN CHEMICAL ENGINEERING**, v. 37, n. 2, p. 229–258, fev. 2021.

GHUMRA, D. P. et al. Technologies for valorization of municipal solid wastes. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 16, n. 3, p. 877–890, maio 2022.

GIACONIA, A. et al. Biorefinery process for hydrothermal liquefaction of microalgae powered by a concentrating solar plant: A conceptual study. **APPLIED ENERGY**, v. 208, p. 1139–1149, dez. 2017.

GIODA, A. COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE POLUENTES EMITIDOS PELOS DIFERENTES COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS PARA COCÇÃO E SUA INFLUÊNCIA NO AQUECIMENTO GLOBAL. **Química Nova**, 2018.

GOFFE, J.; FERRASSE, J.-H. Stoichiometry impact on the optimum efficiency of biomass conversion to biofuels. **ENERGY**, v. 170, p. 438–458, mar. 2019.

GOKKAYA, D. S. et al. Supercritical conversion of wastes from wine industry: Effects of concentration, temperature and group 1A carbonates. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 176, out. 2021.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 582–587, 2009.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7–20, abr. 2007.

GOMES, C. F. S.; MAIA, A. C. C. Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão. **Production**, v. 23, n. 3, p. 488–499, 1 fev. 2013.

GONÇALVES, José Francisco de Carvalho *et al.* Crescimento, partição de biomassa e fotossíntese em plantas jovens de *Genipa spruceana* submetidas ao alagamento. **Cerne**, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 193-200, jun. 2013.

GONZALEZ-ARIAS, J. et al. Hydrothermal carbonization of biomass and waste: A review. **ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS**, v. 20, n. 1, p. 211–221, fev. 2022.

GRADON, L.; SOSNOWSKI, T. R. Formation of particles for dry powder inhalers. **Advanced Powder Technology**, v. 25, n. 1, p. 43–55, 2014.

GUERRIERO, G. et al. Lignocellulosic biomass: Biosynthesis, degradation, and industrial utilization. **Engineering in Life Sciences**, v. 16, n. 1, p. 1–16, 12 jan. 2016.

GULEC, F. et al. Hydrothermal conversion of different lignocellulosic biomass feedstocks-Effect of the process conditions on hydrochar structures. **FUEL**, v. 302, out. 2021.

GUO, F. et al. Solid acid mediated hydrolysis of biomass for producing biofuels. **PROGRESS IN ENERGY AND COMBUSTION SCIENCE**, v. 38, n. 5, p. 672–690, out. 2012.

GUTIERREZ ORTIZ, F. J. Biofuel production from supercritical water gasification of sustainable biomass. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT-X**, v. 14, maio 2022.

HADUC, A. G. et al. SunChem: an integrated process for the hydrothermal production of methane from microalgae and CO₂ mitigation. **JOURNAL OF APPLIED PHYCOLOGY**, v. 21, n. 5, p. 529–541, out. 2009.

HAMAGUCHI, M.; CARDOSO, M.; VAKKILAINEN, E. Alternative Technologies for Biofuels Production in Kraft Pulp Mills-Potential and Prospects. **ENERGIES**, v. 5, n. 7, p. 2288–2309, jul. 2012.

HAMMERSCHMIDT, A. et al. Catalytic conversion of waste biomass by hydrothermal treatment. **FUEL**, v. 90, n. 2, p. 555–562, fev. 2011a.

HAMMERSCHMIDT, A. et al. Conversion of yeast by hydrothermal treatment under reducing conditions. **FUEL**, v. 90, n. 11, p. 3424–3432, nov. 2011b.

HAMMERSCHMIDT, A. et al. Influence of the heating rate and the potassium concentration of the feed solution on the hydrothermal liquefaction of used yeast and apple pomace under reducing conditions. **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, v. 5, n. 2, p. 125–139, jun. 2015.

HANSEN, N. H.; PEDERSEN, T. H.; ROSENDAHL, L. A. Techno-economic analysis of a novel hydrothermal liquefaction implementation with electrofuels for high carbon efficiency. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 13, n. 3, p. 660–672, maio 2019.

HE, C. et al. Wet torrefaction of biomass for high quality solid fuel production: A review. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 91, p. 259–271, ago. 2018.

HE, C. et al. Synergistic effect of hydrothermal co-carbonization of sewage sludge with fruit and agricultural wastes on hydrochar fuel quality and combustion behavior. **WASTE MANAGEMENT**, v. 100, p. 171–181, dez. 2019.

HEIDARI, M. et al. A review of the current knowledge and challenges of hydrothermal carbonization for biomass conversion. **JOURNAL OF THE ENERGY INSTITUTE**, v. 92, n. 6, p. 1779–1799, dez. 2019.

HERNANDEZ LATORRE, M. L. et al. **HYDROTHERMALLY CARBONIZED WET BIOMASS AS ENERGY CARRIER FOR COMBUSTION AND GASIFICATION**. (A. P. C. Faaij et al., Eds.)PAPERS OF THE 24TH EUROPEAN BIOMASS CONFERENCE: SETTING THE COURSE FOR A BIOBASED ECONOMY. **Anais...**2016.

HORNUNG, A.; STENZEL, F.; GRUNWALD, J. Biochar-just a black matter is not enough. **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, [s.d.].

HOSSAIN, M. Z. et al. Continuous Hydrothermal Decarboxylation of Fatty Acids and Their Derivatives into Liquid Hydrocarbons Using Mo/Al₂O₃ Catalyst. **ACS OMEGA**, v. 3, n. 6, p. 7046–7060, jun. 2018a.

HOSSAIN, M. Z. et al. Hydrothermal Decarboxylation of Corn Distillers Oil for Fuel-Grade Hydrocarbons. **ENERGY TECHNOLOGY**, v. 6, n. 7, p. 1261–1274, jul. 2018b.

HRNCIC, M. K.; KRAVANJA, G.; KNEZ, Z. Hydrothermal treatment of biomass for energy and chemicals. **ENERGY**, v. 116, n. 2, p. 1312–1322, dez. 2016.

HRNCIC, M. K.; SKERGET, M.; KNEZ, Z. PRODUCTION OF BIOGAS BY SCF TECHNOLOGY. **CHEMICAL INDUSTRY & CHEMICAL ENGINEERING QUARTERLY**, v. 22, n. 4, p. 333–342, out. 2016.

HU, Y. et al. Supercritical water gasification of biomass model compounds: A review. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 118, fev. 2020.

HU, Y. et al. CO₂-assisted catalytic municipal sludge for carbonaceous biofuel via sub- and supercritical water gasification. **ENERGY**, v. 233, out. 2021.

IBARRA-GONZALEZ, P.; RONG, B.-G. A review of the current state of biofuels production from lignocellulosic biomass using thermochemical conversion routes. **CHINESE JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING**, v. 27, n. 7, p. 1523–1535, jul. 2019.

IGLINA, T.; IGLIN, P.; PASHCHENKO, D. Industrial CO₂ Capture by Algae: A Review and Recent Advances. **SUSTAINABILITY**, v. 14, n. 7, abr. 2022.

IPIALES, R. P. et al. Energy recovery from garden and park waste by hydrothermal carbonisation and anaerobic digestion. **WASTE MANAGEMENT**, v. 140, p. 100–109, mar. 2022.

ISEMIN, R. et al. **Comparative Studies Between Hydrothermal Carbonation and Torrefaction for Biofuel Production from Poultry Litter**. 2019 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOSCIENCE, BIOCHEMISTRY AND BIOINFORMATICS (ICBBB 2019). **Anais...**2019.

ISIKGOR, F. H.; BECER, C. R. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. **Polymer Chemistry**, v. 6, n. 25, p. 4497–4559, 2015.

JACKOWSKI, M. et al. Hydrothermal Carbonization of Brewery's Spent Grains for the Production of Solid Biofuels. **BEVERAGES**, v. 5, n. 1, mar. 2019.

JASWAL, R. et al. Hydrothermal Liquefaction and Photocatalytic Reforming of Pinewood (*Pinus ponderosa*)-Derived Acid Hydrolysis Residue for Hydrogen and Bio-oil Production. **ENERGY & FUELS**, v. 33, n. 7, p. 6454–6462, jul. 2019.

JATOI, A. S. et al. Hydrothermal Liquefaction of Lignocellulosic and Protein-Containing Biomass: A Comprehensive Review. **Catalysts**, v. 12, n. 12, p. 1621, 9 dez. 2022.

JAVED, M. U. et al. Sustainable processing of algal biomass for a comprehensive biorefinery. **JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY**, v. 352, p. 47–58, jun. 2022.

JAYARAMAN, R. S. et al. Co-hydrothermal gasification of microbial sludge and algae *Kappaphycus alvarezii* for bio-hydrogen production: Study on aqueous phase reforming. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY**, v. 46, n. 31, SI, p. 16555–16564, maio 2021.

JAZRAWI, C. et al. Pilot plant testing of continuous hydrothermal liquefaction of microalgae. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 2, n. 3, p. 268–277, jul. 2013.

JHA, S. et al. A Review of Biomass Resources and Thermochemical Conversion Technologies. **CHEMICAL ENGINEERING & TECHNOLOGY**, v. 45, n. 5, p. 791–799, maio 2022a.

JHA, S. et al. A Review of Thermochemical Conversion of Waste Biomass to Biofuels. **ENERGIES**, v. 15, n. 17, set. 2022b.

JIN, B. et al. Co-liquefaction of micro- and macroalgae in subcritical water. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 149, p. 103–110, dez. 2013.

JIN, H. et al. Molecular dynamics simulation study used in systems with supercritical water. **REVIEWS IN CHEMICAL ENGINEERING**, v. 38, n. 1, p. 95–109, jan. 2022.

JUMHAWAN, U.; BAMBA, T. Supercritical Fluid Chromatography. **The Application of Green Solvents in Separation Processes**, p. 483–516, 22 mar. 2017.

JUNEJA, A.; MURTHY, G. S. Evaluating the potential of renewable diesel production from algae cultured on wastewater: techno-economic analysis and life cycle assessment. **AIMS ENERGY**, v. 5, n. 2, p. 239–257, 2017.

KAMAL, S. et al. Pyrolysis kinetics of hydrochar using distributed activation energy model. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, [s.d.].

KANDASAMY, S. et al. Current strategies and prospects in algae for remediation and biofuels: An overview. **BIOCATALYSIS AND AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY**, v. 35, ago. 2021.

KANG, K.; NANDA, S.; HU, Y. Current trends in biochar application for catalytic conversion of biomass to biofuels. **CATALYSIS TODAY**, v. 404, n. SI, p. 3–18, nov. 2022.

KARATZOS, S. et al. Drop-in biofuel production via conventional (lipid/fatty acid) and advanced (biomass) routes. Part I. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 11, n. 2, p. 344–362, mar. 2017.

KARGBO, H.; HARRIS, J. S.; PHAN, A. N. “Drop-in” fuel production from biomass: Critical review on techno-economic feasibility and sustainability. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 135, jan. 2021.

KARIMI-MALEH, H. et al. Advanced integrated nanocatalytic routes for converting biomass to biofuels: A comprehensive review. **FUEL**, v. 314, abr. 2022.

KARNJANAKOM, S. et al. Selective production of aromatic hydrocarbons from catalytic pyrolysis of biomass over Cu or Fe loaded mesoporous rod-like alumina. **RSC ADVANCES**, v. 6, n. 56, p. 50618–50629, 2016.

KASSIM, F. O.; THOMAS, C. L. P.; AFOLABI, O. O. D. Integrated conversion technologies for sustainable agri-food waste valorization: A critical review. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 156, jan. 2022.

KATAKOJWALA, R. et al. Hydrothermal liquefaction of biogenic municipal solid waste under reduced H₂ atmosphere in biorefinery format. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 310, ago. 2020.

KIPCAK, E.; SOGUT, O. O.; AKGUN, M. Hydrothermal gasification of olive mill wastewater as a biomass source in supercritical water. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 57, n. 1, p. 50–57, maio 2011.

KLEMM, M. et al. Experimental Evaluation of a New Approach for a Two-Stage Hydrothermal Biomass Liquefaction Process. **ENERGIES**, v. 13, n. 14, jul. 2020.

KNAPCZYK, A. et al. **ANALYSIS OF RESEARCH TRENDS IN PRODUCTION OF SOLID BIOFUELS**. (L. Malinowska, V. Osadcuks, Eds.)18TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. **Anais...**: Engineering for Rural Development.2019.

KRISHNAN, R. Y. et al. Advanced thermochemical conversion of algal biomass to liquid and gaseous biofuels: A comprehensive review of recent advances. **SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES AND ASSESSMENTS**, v. 52, n. C, ago. 2022.

KRISHNAN, V.; THACHANAN, S.; MATSUMURA YUKIHIKO AND UEMURA, Y. **Supercritical Water Gasification on Three Types of Microalgae in the Presence and Absence of Catalyst and Salt**. (M. A. Bustam et al., Eds.)PROCEEDING OF 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESS ENGINEERING AND ADVANCED MATERIALS (ICPEAM 2016). **Anais...**: Procedia Engineering.2016.

KROEGER, M.; KLEMM, M.; NELLES, M. Hydrothermal Disintegration and Extraction of Different Microalgae Species. **ENERGIES**, v. 11, n. 2, fev. 2018.

KRUSE, A. Supercritical water gasification. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 2, n. 5, p. 415–437, set. 2008.

KRUSE, A.; DAHMEN, N. Water - A magic solvent for biomass conversion. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 96, n. SI, p. 36–45, jan. 2015.

KRUSE, A.; DAHMEN, N. Hydrothermal biomass conversion: Quo vadis? **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 134, n. SI, p. 114–123, abr. 2018.

KULIKOVA, Y. et al. Feasibility of Old Bark and Wood Waste Recycling. **PLANTS-BASEL**, v. 11, n. 12, jun. 2022.

KUMAR, G. et al. A review of thermochemical conversion of microalgal biomass for biofuels: chemistry and processes. **GREEN CHEMISTRY**, v. 19, n. 1, p. 44–67, jan. 2017.

KUMAR, G. et al. A comprehensive review on thermochemical, biological, biochemical and hybrid conversion methods of bio-derived lignocellulosic molecules into renewable fuels. **FUEL**, v. 251, p. 352–367, set. 2019.

KUMAR, M. et al. Algae as potential feedstock for the production of biofuels and value-added products: Opportunities and challenges. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 716, maio 2020.

KUMAR, M.; OYEDUN, A. O.; KUMAR, A. Hydrothermal liquefaction of biomass for the production of diluents for bitumen transport. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 11, n. 5, p. 811–829, set. 2017.

KUMAR, P. K. et al. Bio oil production from microalgae via hydrothermal liquefaction technology under subcritical water conditions. **JOURNAL OF MICROBIOLOGICAL METHODS**, v. 153, p. 108–117, out. 2018.

KUMARI, S. et al. Employing algal biomass for fabrication of biofuels subsequent to phytoremediation. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PHYTOREMEDIATION**, [s.d.].

LABABPOUR, A. Continuous Hydrothermal Liquefaction for Biofuel and Biocrude Production from Microalgal Feedstock. **CHEMBIOENG REVIEWS**, v. 5, n. 2, p. 90–103, abr. 2018.

LACERDA, R. T. DE O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 59–78, 2012.

LACHOS-PEREZ, D. et al. Applications of subcritical and supercritical water conditions for extraction, hydrolysis, gasification, and carbonization of biomass: a critical review. **BIOFUEL RESEARCH JOURNAL-BRJ**, v. 4, n. 2, p. 611–626, dez. 2017.

LE CLERCQ, M.; ADSCHIRI, T.; ARAI, K. Hydrothermal processing of nickel containing biomining or bioremediation biomass. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 21, n. 1, p. 73–80, 2001.

LEE, A. et al. Technical issues in the large-scale hydrothermal liquefaction of microalgal biomass to biocrude. **CURRENT OPINION IN BIOTECHNOLOGY**, v. 38, p. 85–89, abr. 2016.

LEE, D. et al. Recent progress in the catalytic thermochemical conversion process of biomass for biofuels. **CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL**, v. 447, nov. 2022.

LENG, L. et al. Bioenergy recovery from wastewater produced by hydrothermal processing biomass: Progress, challenges, and opportunities. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 748, dez. 2020.

LENG, L. et al. A review on nitrogen transformation in hydrochar during hydrothermal carbonization of biomass containing nitrogen. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 756, fev. 2021.

LENG, L.; ZHOU, W. Chemical compositions and wastewater properties of aqueous phase (wastewater) produced from the hydrothermal treatment of wet biomass: A review. **ENERGY**

SOURCES PART A-RECOVERY UTILIZATION AND ENVIRONMENTAL EFFECTS, v. 40, n. 22, p. 2648–2659, 2018.

LEONG, Y. K. et al. Supercritical water gasification (SCWG) as a potential tool for the valorization of phycoremediation-derived waste algal biomass for biofuel generation. **JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS**, v. 418, set. 2021.

LI, J. et al. Pyrolysis behavior of hydrochar from hydrothermal carbonization of pinewood sawdust. **JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS**, v. 146, mar. 2020.

LI, W.; WRIGHT, M. M. Negative Emission Energy Production Technologies: A Techno-Economic and Life Cycle Analyses Review. **ENERGY TECHNOLOGY**, v. 8, n. 11, SI, nov. 2020.

LI, Y. et al. Quantitative multiphase model for hydrothermal liquefaction of algal biomass. **GREEN CHEMISTRY**, v. 19, n. 4, p. 1163–1174, fev. 2017.

LIAO, Z. et al. Product Characterization of Hydrothermal Liquefaction and Supercritical Water Gasification of Water Hyacinth. **ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE**, [s.d.].

LIN, C. et al. Hydrogen-rich gas production from hydrochar derived from hydrothermal carbonization of PVC and alkali coal. **FUEL PROCESSING TECHNOLOGY**, v. 222, nov. 2021.

LITTLEJOHNS, J. et al. Current state and future prospects for liquid biofuels in Canada. **BIOFUEL RESEARCH JOURNAL-BRJ**, v. 5, n. 1, p. 759–779, dez. 2018.

LIU, A. et al. Product identification and distribution from hydrothermal conversion of walnut shells. **ENERGY & FUELS**, v. 20, n. 2, p. 446–454, mar. 2006.

LIU, Z. et al. Influence of Fe/HZSM-5 catalyst on elemental distribution and product properties during hydrothermal liquefaction of *Nannochloropsis* sp. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 35, p. 1–9, nov. 2018.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. DA. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1596–1608, 2009.

LONG, Y.-D.; FANG, Z. Hydrothermal conversion of glycerol to chemicals and hydrogen: review and perspective. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 6, n. 6, p. 686–702, nov. 2012.

LOPPINET-SERANI, A.; AYMONTIER, C.; CANSSELL, F. Current and Foreseeable Applications of Supercritical Water for Energy and the Environment. **CHEMSUSCHEM**, v. 1, n. 6, p. 486–503, 2008.

LOW, Y. W.; YEE, K. F. A review on lignocellulosic biomass waste into biochar-derived catalyst: Current conversion techniques, sustainable applications and challenges. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 154, nov. 2021.

LU, X.; SAKA, S. Hydrolysis of Japanese beech by batch and semi-flow water under subcritical temperatures and pressures. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 34, n. 8, p. 1089–1097, ago. 2010.

LUCIAN, M.; FIORI, L. Hydrothermal Carbonization of Waste Biomass: Process Design, Modeling, Energy Efficiency and Cost Analysis. **ENERGIES**, v. 10, n. 2, fev. 2017.

MACKAY, S. et al. Harvesting of *Chlorella sorokiniana* by co-culture with the filamentous fungus *Isaria fumosorosea*: A potential sustainable feedstock for hydrothermal gasification. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 185, p. 353–361, jun. 2015.

MADDI, B. et al. Quantitative characterization of the aqueous fraction from hydrothermal liquefaction of algae. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 93, p. 122–130, out. 2016.

MADDI, B. et al. Quantitative Characterization of Aqueous Byproducts from Hydrothermal Liquefaction of Municipal Wastes, Food Industry Wastes, and Biomass Grown on Waste. **ACS SUSTAINABLE CHEMISTRY & ENGINEERING**, v. 5, n. 3, p. 2205–2214, mar. 2017.

MAKI, E. et al. Drivers and barriers in retrofitting pulp and paper industry with bioenergy for more efficient production of liquid, solid and gaseous biofuels: A review. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 148, maio 2021.

MARANGON, B. B. et al. Environmental performance of microalgae hydrothermal liquefaction: Life cycle assessment and improvement insights for a sustainable renewable diesel. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 155, mar. 2022.

MARRONE, P. A. et al. Bench-Scale Evaluation of Hydrothermal Processing Technology for Conversion of Wastewater Solids to Fuels. **WATER ENVIRONMENT RESEARCH**, v. 90, n. 4, p. 329–342, abr. 2018.

MARTIN, S. et al. Tensão térmica e taxa de reação em um reator para gaseificação de biomassa do tipo concorrente. **Revista Ceres**, v. 57, n. 2, p. 168–174, abr. 2010.

MARTINS, Douglas Ferreira. **Estudo da influência da hidrólise ácida da celulose extraída do capim Mombaça na produção de nanocristais de celulose com diferentes estruturas polimórficas**. 2016. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

MASOUMI, S.; BOAHENE, P. E.; DALAI, A. K. Biocrude oil and hydrochar production and characterization obtained from hydrothermal liquefaction of microalgae in methanol-water system. **ENERGY**, v. 217, fev. 2021.

MATHANKER, A. et al. A Review of Hydrothermal Liquefaction of Biomass for Biofuels Production with a Special Focus on the Effect of Process Parameters, Co-Solvents, and Extraction Solvents. **ENERGIES**, v. 14, n. 16, ago. 2021.

MATHIMANI, T. et al. Review on cultivation and thermochemical conversion of microalgae to fuels and chemicals: Process evaluation and knowledge gaps. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 208, p. 1053–1064, jan. 2019.

MATHIMANI, T.; MALLICK, N. A review on the hydrothermal processing of microalgal biomass to bio-oil - Knowledge gaps and recent advances. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 217, p. 69–84, abr. 2019.

MAUL, A. A.; WASICKY, R.; BACCHI, E. M. Extração por fluido supercrítico. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 5, n. 2, 1996.

MAURYA, R. et al. Applications of de-oiled microalgal biomass towards development of sustainable biorefinery. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 214, p. 787–796, ago. 2016.

MCGINN, P. J. et al. Strategies for recovery and recycling of nutrients from municipal sewage treatment effluent and hydrothermal liquefaction wastewaters for the growth of the microalga *Scenedesmus* sp. AMDD. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 38, mar. 2019.

MCNEFF, C. V et al. A continuous hydrothermolytic catalytic reactor system for the production of bio-crude biofuels. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 9, n. 3, p. 258–272, maio 2015.

MENDES, T. DE A.; RODRIGUES FILHO, S. Antes do pré-sal: emissões de gases de efeito estufa do setor de petróleo e gás no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 201–218, 2012.

MENDOZA MARTINEZ, C. L. et al. Evaluation of thermochemical routes for the valorization of solid coffee residues to produce biofuels: A Brazilian case. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 137, mar. 2021.

MEYER, S.; GLASER, B.; QUICKER, P. Technical, Economical, and Climate-Related Aspects of Biochar Production Technologies: A Literature Review. **ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY**, v. 45, n. 22, p. 9473–9483, nov. 2011.

MIAN, A.; ENSINAS, A. V; MARECHAL, F. **Multi-objective optimization of SNG production through hydrothermal gasification from microalgae**. (A. Kraslawski, I. Turunen, Eds.)²³ EUROPEAN SYMPOSIUM ON COMPUTER AIDED PROCESS ENGINEERING. **Anais...: Computer Aided Chemical Engineering**.2013.

MIAN, A.; ENSINAS, A. V; MARECHAL, F. Multi-objective optimization of SNG production from microalgae through hydrothermal gasification. **COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING**, v. 76, p. 170–183, maio 2015.

MICHALAK, I. Experimental processing of seaweeds for biofuels. **WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS-ENERGY AND ENVIRONMENT**, v. 7, n. 3, maio 2018.

MILLEDDGE, J. J. et al. Macroalgae-Derived Biofuel: A Review of Methods of Energy Extraction from Seaweed Biomass. **ENERGIES**, v. 7, n. 11, p. 7194–7222, nov. 2014.

MILLEDDGE, J. J.; HARVEY, P. J. Potential process ‘‘hurdles’’ in the use of macroalgae as feedstock for biofuel production in the British Isles. **JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY**, v. 91, n. 8, p. 2221–2234, ago. 2016.

MISHRA, K. et al. Recent update on gasification and pyrolysis processes of lignocellulosic and algal biomass for hydrogen production. **FUEL**, v. 332, n. 2, jan. 2023.

MIURA, A. K. et al. Avaliação de áreas potenciais ao cultivo de biomassa para produção de energia e uma contribuição de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 607–620, jun. 2011.

MOHAMMADI, A. et al. Effects of wood ash on physicochemical and morphological characteristics of sludge-derived hydrochar pellets relevant to soil and energy applications. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 163, ago. 2022.

MOLINO, A. et al. Pressure and time effect over semi-continuous gasification of zootechnical sludge near critical condition of water for green chemicals production. **FUEL**, v. 136, p. 172–176, nov. 2014.

MOLINO, A. et al. Glucose gasification in super-critical water conditions for both syngas production and green chemicals with a continuous process. **RENEWABLE ENERGY**, v. 91, p. 451–455, jun. 2016.

MOLINO, A.; MIGLIORI, M.; NANNA, F. Glucose gasification in near critical water conditions for both syngas production and green chemicals with a continuous process. **FUEL**, v. 115, p. 41–45, jan. 2014.

MONEDERO, E. et al. Effect of hydrothermal carbonization on the properties, devolatilization, and combustion kinetics of Chilean biomass residues. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 130, nov. 2019.

MOREIRA, R. et al. Gasification of Charcoal in Air, Oxygen, and Steam Mixtures over a gamma-Al₂O₃ Fluidized. **ENERGY & FUELS**, v. 32, n. 1, p. 406–415, jan. 2018.

MOSER, L.; PENKE, C.; BATTEIGER, V. An In-Depth Process Model for Fuel Production via Hydrothermal Liquefaction and Catalytic Hydrotreating. **PROCESSES**, v. 9, n. 7, jul. 2021.

MUHAMMED, N. S. et al. Hydrogen storage in depleted gas reservoirs: A comprehensive review. **Fuel**, v. 337, 1 abr. 2023.

MOURA, Luana Kelle Batista *et al.* Análise bibliométrica das evidências científicas sobre violência contra a pessoa idosa. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 25, n. 6, p. 2143-2152, jun. 2020.

MURPHY, F. et al. Biofuel Production in Ireland-An Approach to 2020 Targets with a Focus on Algal Biomass. **ENERGIES**, v. 6, n. 12, p. 6391–6412, dez. 2013.

MUSTAPHA, S. I. et al. Hydrothermal gasification of *Scenedesmus obliquus* and its derivatives: a thermodynamic study using Aspen Plus. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 15, n. 5, p. 1421–1430, set. 2021.

MUSTAPHA, S. I. et al. Catalytic hydrothermal liquefaction of nutrient-stressed microalgae for production of high-quality bio-oil over Zr-doped HZSM-5 catalyst. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 163, ago. 2022.

MUSTAPHA, W. F. et al. Techno-economic comparison of promising biofuel conversion pathways in a Nordic context - Effects of feedstock costs and technology learning. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 149, p. 368–380, out. 2017.

MUSTAPHA, W. F. et al. Techno-economic comparison of promising biofuel conversion pathways in a Nordic context - Effects of feedstock costs and technology learning (vol 149, pg 368, 2017). **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 163, p. 525–537, maio 2018.

NAKASON, K. et al. Hydrothermal carbonization of unwanted biomass materials: Effect of process temperature and retention time on hydrochar and liquid fraction. **JOURNAL OF THE ENERGY INSTITUTE**, v. 91, n. 5, p. 786–796, out. 2018.

NALLASIVAM, J. et al. Hydrothermal liquefaction of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): influence of reaction temperature on product yield, carbon and energy recovery, and hydrocarbon species distribution in biocrude. **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, v. 12, n. 9, SI, p. 3827–3841, set. 2022.

NAN, W. et al. Insight into Catalytic Hydrothermal Liquefaction of Cardboard for Biofuels Production. **ENERGY & FUELS**, v. 30, n. 6, p. 4933–4944, jun. 2016.

NANDA, S. et al. Supercritical water gasification of fructose as a model compound for waste fruits and vegetables. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 104, p. 112–121, set. 2015a.

NANDA, S. et al. Supercritical Water Gasification of Lactose as a Model Compound for Valorization of Dairy Industry Effluents. **INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH**, v. 54, n. 38, p. 9296–9306, set. 2015b.

NANDA, S. et al. **Catalytic Gasification of Pinewood in Hydrothermal Conditions for Hydrogen Production**. (K. KohseHoinghaus, E. Ranzi, Eds.) 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMASS (ICONBM 2016). **Anais...: Chemical Engineering Transactions**. 2016a.

NANDA, S. et al. Gasification of fruit wastes and agro-food residues in supercritical water. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 110, p. 296–306, fev. 2016b.

NANDA, S. et al. Biochar as an Exceptional Bioresource for Energy, Agronomy, Carbon Sequestration, Activated Carbon and Specialty Materials. **WASTE AND BIOMASS VALORIZATION**, v. 7, n. 2, p. 201–235, abr. 2016c.

NANDA, S. et al. Valorization of horse manure through catalytic supercritical water gasification. **WASTE MANAGEMENT**, v. 52, p. 147–158, jun. 2016d.

NANDA, S. et al. Insights on pathways for hydrogen generation from ethanol. **SUSTAINABLE ENERGY & FUELS**, v. 1, n. 6, p. 1232–1245, ago. 2017a.

NANDA, S. et al. An assessment of pinecone gasification in subcritical, near-critical and supercritical water. **FUEL PROCESSING TECHNOLOGY**, v. 168, p. 84–96, dez. 2017b.

NANDA, S. et al. Catalytic gasification of wheat straw in hot compressed (subcritical and supercritical) water for hydrogen production. **ENERGY SCIENCE & ENGINEERING**, v. 6, n. 5, p. 448–459, out. 2018.

NANDA, S.; BERRUTI, F. A technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste. **JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS**, v. 403, fev. 2021.

NELSON, M. et al. Microbial utilization of aqueous co-products from hydrothermal liquefaction of microalgae *Nannochloropsis oculata*. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 136, p. 522–528, maio 2013.

NEUBERT, P. DA S.; RODRIGUES, R. S.; FACHIN, G. R. B. Uso de ferramentas Web 2.0 pelos periódicos ibero-americanos indexados no Web of Science e Scopus. **Transinformação**, v. 28, n. 2, p. 127–141, ago. 2016.

NI, J. et al. A review on fast hydrothermal liquefaction of biomass. **FUEL**, v. 327, nov. 2022.

NI, Meng *et al.* An overview of hydrogen production from biomass. **Fuel Processing Technology**, [S.L.], v. 87, n. 5, p. 461-472, maio 2006.

NOMANBHAY, S.; HUSSEIN, R.; ONG, M. Y. Sustainability of biodiesel production in Malaysia by production of bio-oil from crude glycerol using microwave pyrolysis: a review. **GREEN CHEMISTRY LETTERS AND REVIEWS**, v. 11, n. 2, p. 135–157, 2018.

NURCAHYANI, P. R.; MATSUMURA, Y. Reutilization of Algal Supercritical Water Gasification Waste for Microalgae *Chlorella vulgaris* Cultivation. **ACS OMEGA**, v. 6, n. 19, p. 12551–12556, maio 2021.

OGATA, Bruna Harumi. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias**. 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

OGEDA, Thais Lucy; PETRI, Denise F. S.. Hidrólise Enzimática de Biomassa. **Química Nova**, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 1549-1558, 2010.

OKOLIE, J. A. et al. A review on subcritical and supercritical water gasification of biogenic, polymeric and petroleum wastes to hydrogen-rich synthesis gas. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 119, mar. 2020a.

OKOLIE, J. A. et al. Hydrothermal gasification of soybean straw and flax straw for hydrogen-rich syngas production: Experimental and thermodynamic modeling. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 208, mar. 2020b.

OKOLIE, J. A. et al. Modeling and process optimization of hydrothermal gasification for hydrogen production: A comprehensive review. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 173, p. 105199, 1 jul. 2021a.

OKOLIE, J. A. et al. A techno-economic assessment of biomethane and bioethanol production from crude glycerol through integrated hydrothermal gasification, syngas fermentation and biomethanation. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT-X**, v. 12, dez. 2021b.

OKOLIE, J. A. et al. Waste biomass valorization for the production of biofuels and value-added products: A comprehensive review of thermochemical, biological and integrated processes. **PROCESS SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**, v. 159, p. 323–344, mar. 2022.

OKORO, O. V.; SUN, Z.; BIRCH, J. Meat processing waste as a potential feedstock for biochemicals and biofuels - A review of possible conversion technologies. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 142, n. 4, p. 1583–1608, jan. 2017.

OLIVEIRA, M. L. DE et al. Pirólise de resíduos poliméricos gerados por atividades offshore. **Polímeros**, v. 19, n. 4, p. 297–304, 2009.

OLIVEIRA, K. D. et al. Biorefineries in Kraft pulp mills for biofuels production: A critical review. **CANADIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING**, [s.d.].

ONG, H. C. et al. Catalytic thermochemical conversion of biomass for biofuel production: A comprehensive review. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 113, out. 2019.

ORFIELD, N. D. et al. Life Cycle Design of an Algal Biorefinery Featuring Hydrothermal Liquefaction: Effect of Reaction Conditions and an Alternative Pathway Including Microbial Regrowth. **ACS SUSTAINABLE CHEMISTRY & ENGINEERING**, v. 2, n. 4, p. 867–874, abr. 2014.

ORTIZ-MARTÍNEZ, V. M. et al. Approach to biodiesel production from microalgae under supercritical conditions by the PRISMA method. **Fuel Processing Technology**, v. 191, p. 211–222, ago. 2019.

OSMAN I, A. et al. Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review. **ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS**, v. 19, n. 6, p. 4075–4118, dez. 2021.

OU, L. et al. Techno-economic analysis of transportation fuels from defatted microalgae via hydrothermal liquefaction and hydroprocessing. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 72, p. 45–54, jan. 2015.

OU, L. et al. Understanding Uncertainties in the Economic Feasibility of Transportation Fuel Production using Biomass Gasification and Mixed Alcohol Synthesis. **ENERGY TECHNOLOGY**, v. 4, n. 3, p. 441–448, mar. 2016.

OZCIMEN, D. et al. Hydrothermal carbonization processes applied to wet organic waste streams. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH**, v. 46, n. 12, p. 16109–16126, out. 2022.

OZDENKCI, K. et al. A novel biorefinery integration concept for lignocellulosic biomass. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 149, p. 974–987, out. 2017.

PAGE, M. J. et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. **Revista Española de Cardiología**, v. 74, n. 9, p. 790–799, set. 2021.

PAPA, A. A. et al. Energy Analysis of an Integrated Plant: Fluidized Bed Steam Gasification of Hydrothermally Treated Biomass Coupled to Solid Oxide Fuel Cells. **ENERGIES**, v. 14, n. 21, nov. 2021.

PATEL, B. et al. A review on hydrothermal pre-treatment technologies and environmental profiles of algal biomass processing. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 199, p. 288–299, jan. 2016.

PATTNAIK, F. et al. A review of thermocatalytic conversion of biogenic wastes into crude biofuels and biochemical precursors. **FUEL**, v. 320, jul. 2022.

PEDERSEN, T. H.; ROSENDAHL, L. A. Production of fuel range oxygenates by supercritical hydrothermal liquefaction of lignocellulosic model systems. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 83, p. 206–215, dez. 2015.

PENKE, C.; MOSER, L.; BATTEIGER, V. Modeling of cost optimized process integration of HTL fuel production. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 151, ago. 2021.

PEREIRA, Claudio M. P. *et al.* Biodiesel renovável derivado de microalgas: avanços e perspectivas tecnológicas. **Química Nova**, [S.L.], v. 35, n. 10, p. 2013-2018, 2012.

PERERA, S. M. H. D. *et al.* Modeling of thermochemical conversion of waste biomass - a comprehensive review. **BIOFUEL RESEARCH JOURNAL-BRJ**, v. 8, n. 4, p. 1481–1528, dez. 2021.

PÉREZ, Daniel Lachos. **Projeto e construção de uma unidade piloto para hidrólise e gaseificação em água sub/supercrítica**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

PETERSON, A. A. *et al.* Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: A review of sub- and supercritical water technologies. **ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE**, v. 1, n. 1, p. 32–65, 2008.

POUR, F. H.; MAKKAWI, Y. T. A review of post-consumption food waste management and its potentials for biofuel production. **ENERGY REPORTS**, v. 7, p. 7759–7784, nov. 2021.

QUITETE, C. P. B.; SOUZA, M. M. V. M. TAR REMOVAL FROM BIOMASS GASIFICATION STREAMS: PROCESSES AND CATALYSTS. **Química Nova**, v. 37, n. 4, 2014.

RAHEEM, A. *et al.* Optimization of the microalgae *Chlorella vulgaris* for syngas production using central composite design. **RSC ADVANCES**, v. 5, n. 88, p. 71805–71815, 2015a.

RAHEEM, A. *et al.* Thermochemical conversion of microalgal biomass for biofuel production. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 49, p. 990–999, set. 2015b.

RAHEEM, A. *et al.* Roles of Heavy Metals during Pyrolysis and Gasification of Metal-Contaminated Waste Biomass: A Review. **ENERGY & FUELS**, v. 36, n. 5, p. 2351–2368, mar. 2022.

RAMIREZ, J. A.; RAINEY, T. J. Comparative techno-economic analysis of biofuel production through gasification, thermal liquefaction and pyrolysis of sugarcane bagasse. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 229, p. 513–527, ago. 2019.

RAMOS, A.; MONTEIRO, E.; ROUBOA, A. Biomass pre-treatment techniques for the production of biofuels using thermal conversion methods-A review. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 270, out. 2022.

RAMSEY, E. D. *et al.* Supercritical Fluids. **Comprehensive Biotechnology, Second Edition**, v. 2, p. 1007–1026, 9 set. 2011.

RAMSURN, H.; GUPTA, R. B. Deoxy-liquefaction of switchgrass in supercritical water with calcium formate as an in-situ hydrogen donor. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 143, p. 575–583, set. 2013.

RATHSACK, P. et al. Analysis of hydrogenation products of biocrude obtained from hydrothermally liquefied algal biomass by comprehensive gas chromatography mass spectrometry (GC x GC-MS). **FUEL**, v. 248, p. 178–188, jul. 2019.

REDDY, S. N. et al. Supercritical water gasification of biomass in diamond anvil cells and fluidized beds. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 8, n. 5, p. 728–737, set. 2014.

REMON, J. et al. A novel 'sea-thermal', synergistic co-valorisation approach for biofuels production from unavoidable food waste (almond hulls) and plastic residues (disposable face masks). **CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL**, v. 449, dez. 2022.

RIBEIRO, H. C. M. Bibliometria: quinze anos de análise da produção acadêmica em periódicos brasileiros. **Biblios: Journal of Librarianship and Information Science**, n. 69, p. 1–20, 18 jan. 2018.

RICHARDSON, J. W. et al. Harvesting and extraction technology contributions to algae biofuels economic viability. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 5, p. 70–78, jul. 2014.

RICHARDSON, J. W.; JOHNSON, M. D. Financial Feasibility analysis of NAABB developed technologies. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 10, p. 16–24, jul. 2015.

RODIONOVA V, M. et al. A comprehensive review on lignocellulosic biomass biorefinery for sustainable biofuel production. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY**, v. 47, n. 3, p. 1481–1498, jan. 2022.

ROESCH, C.; SKARKA, J.; WEGERER, N. Materials flow modeling of nutrient recycling in biodiesel production from microalgae. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 107, p. 191–199, mar. 2012.

ROQUETTE, J. G. DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA NO CERRADO E A SUA IMPORTÂNCIA NA ARMAZENAGEM DO CARBONO. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1350–1363, 1 out. 2018.

ROSYADI, I. et al. Producing hydrogen-rich syngas via microwave heating and co-gasification: a systematic review. **BIOFUEL RESEARCH JOURNAL-BRJ**, v. 9, n. 1, p. 1573–1591, dez. 2022.

ROWHANI, A.; RAINEY, T. J. Scrap Tyre Management Pathways and Their Use as a Fuel-A Review. **ENERGIES**, v. 9, n. 11, nov. 2016.

RUIZ, J. A. et al. Biomass gasification for electricity generation: Review of current technology barriers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 18, p. 174–183, fev. 2013.

RUKSATHAMCHAROEN, S. et al. EFFECT OF HYDROTHERMAL TREATMENT ON GRINDABILITY AND FUEL CHARACTERISTICS OF EMPTY FRUIT BUNCH DERIVED HYDROCHAR. **INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY**, v. 9, n. 6, p. 1246–1255, dez. 2018.

RUMÃO, A. S. et al. ELECTRICITY GENERATION FROM BIOMASS GASIFICATION. **Revista de Engenharia Térmica**, v. 13, n. 1, p. 28, 30 jun. 2014.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 21–38, abr. 2007.

SAHA, P. et al. Pyrolysis and carbon dioxide gasification kinetics of hydrochar produced from cow manure. **ENVIRONMENTAL PROGRESS & SUSTAINABLE ENERGY**, v. 38, n. 1, SI, p. 154–162, jan. 2019.

SAHU, S. N. et al. Advancements in hydrothermal liquefaction reactors: Overview and prospects. **Bioreactors: Sustainable Design and Industrial Applications in Mitigation of GHG Emissions**, p. 195–213, 1 jan. 2020.

SAKULKIT, P. et al. Characteristics of pyrolysis products from pyrolysis and co-pyrolysis of rubber wood and oil palm trunk biomass for biofuel and value-added applications. **JOURNAL OF ENVIRONMENTAL CHEMICAL ENGINEERING**, v. 8, n. 6, dez. 2020.

SÁ, Lívian R. Vasconcelos de; CAMMAROTA, Magali C.; FERREIRA-LEITÃO, Viridiana S. Hydrogen production by anaerobic fermentation - general aspects and possibility of using brazilian agro-industrial wastes. **Química Nova**, [S.L.], v. 37, n. 5, p. 857-867, jun. 2014.

SALIBA, Eloísa de Oliveira Simões *et al.* Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 31, n. 5, p. 917-928, out. 2001.

SANCHEZ, N. M. et al. Conversion of waste to sustainable aviation fuel via Fischer-Tropsch synthesis: Front-end design decisions. **ENERGY SCIENCE & ENGINEERING**, v. 10, n. 5, SI, p. 1763–1789, maio 2022.

SANTOS, E. M. DOS et al. Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 67–90, abr. 2007.

SANTOS, Elisângela Vilela dos. **ANÁLISE DA REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO NA WEB OF SCIENCE**: um estudo a partir do domínio de nutrição. 2018. 133 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SARAL, J. S.; SATHEESH, A. R.; RANGANATHAN, P. Economic and environmental analysis of algal biorefinery for the production of renewable fuels and co-product. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT-X**, v. 14, maio 2022.

SAVAGE, P. E.; HESTEKIN, J. A. A Perspective on Algae, the Environment, and Energy. **ENVIRONMENTAL PROGRESS & SUSTAINABLE ENERGY**, v. 32, n. 4, p. 877–883, dez. 2013.

SCHACHT, Christian; ZETZL, Carsten; BRUNNER, Gerd. From plant materials to ethanol by means of supercritical fluid technology. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.L.], v. 46, n. 3, p. 299-321, out. 2008.

SCHOLVIN, S. et al. Densidade, distância, divisão e as redes de produção globais: o caso do setor brasileiro de petróleo e gás. **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 1, p. 85–119, abr. 2020.

SHAHBEIK, H. et al. Synthesis of liquid biofuels from biomass by hydrothermal gasification: A critical review. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 167, out. 2022.

SHAKYA, R. et al. Effect of temperature and Na₂CO₃ catalyst on hydrothermal liquefaction of algae. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 12, p. 80–90, nov. 2015.

SHARMA, A. et al. Lowering greenhouse gas (GHG) emissions: techno-economic analysis of biomass conversion to biofuels and value-added chemicals. **GREENHOUSE GASES-SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 9, n. 3, p. 454–473, jun. 2019.

SHIE, J.-L. et al. Subcritical Hydrothermal Co-Liquefaction of Process Rejects at a Wastepaper-Based Paper Mill with Waste Soybean Oil. **ENERGIES**, v. 14, n. 9, maio 2021.

SI, B. et al. Biohythane production of post-hydrothermal liquefaction wastewater: A comparison of two-stage fermentation and catalytic hydrothermal gasification. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 274, p. 335–342, fev. 2019a.

SI, B. et al. Anaerobic conversion of the hydrothermal liquefaction aqueous phase: fate of organics and intensification with granule activated carbon/ozone pretreatment. **GREEN CHEMISTRY**, v. 21, n. 6, p. 1305–1318, mar. 2019b.

SILVA, J. N.; CARDOSO SOBRINHO, J.; SAIKI, E. T. Utilização de biomassa na secagem de produtos agrícolas via gaseificação com combustão adjacente dos gases produzidos. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 405–411, ago. 2004.

SINGH, R. et al. Hydrothermal Liquefaction of Biomass. Em: **Recent Advances in Thermo-Chemical Conversion of Biomass**. [s.l.] Elsevier, 2015. p. 269–291.

SMALL, H. Macro-level changes in the structure of co-citation clusters: 1983–1989. **Scientometrics**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 5–20, jan. 1993.

SONG, C. et al. Thermochemical liquefaction of agricultural and forestry wastes into biofuels and chemicals from circular economy perspectives. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 749, dez. 2020.

SONG, W. et al. Comprehensive potential evaluation of the bio-oil production and nutrient recycling from seven algae through hydrothermal liquefaction. **KOREAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING**, v. 36, n. 10, p. 1604–1618, out. 2019.

STAMENKOVIC, O. S. et al. Production of biofuels from sorghum. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 124, maio 2020.

STIGSSON, C.; FURUSJO, E.; BORJESSON, P. A model of an integrated hydrothermal liquefaction, gasification and Fischer-Tropsch synthesis process for converting lignocellulosic forest residues into hydrocarbons. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 353, jun. 2022.

STUCKI, S. et al. Catalytic gasification of algae in supercritical water for biofuel production and carbon capture. **ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE**, v. 2, n. 5, p. 535–541, 2009.

SU, W. et al. Migration and transformation of heavy metals in hyperaccumulators during the thermal treatment: a review. **ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH**, v. 28, n. 35, p. 47838–47855, set. 2021.

SURESH, S. et al. Lignin waste processing into solid, liquid, and gaseous fuels: a comprehensive review. **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, [s.d.].

SWETHA, A. et al. Review on hydrothermal liquefaction aqueous phase as a valuable resource for biofuels, bio-hydrogen and valuable bio-chemicals recovery. **CHEMOSPHERE**, v. 283, nov. 2021.

SZTANCS, G. et al. Co-Hydrothermal gasification of *Chlorella vulgaris* and hydrochar: The effects of waste-to-solid biofuel production and blending concentration on biogas generation. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 302, abr. 2020.

TAN, C. H. et al. Novel approaches of producing bioenergies from microalgae: A recent review. **BIOTECHNOLOGY ADVANCES**, v. 33, n. 6, 2, SI, p. 1219–1227, nov. 2015.

TEKIN, K.; KARAGOZ, S.; BEKTAS, S. A review of hydrothermal biomass processing. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 40, p. 673–687, dez. 2014.

THEPPITAK, S. et al. Comparison on solid biofuel production from wet and dry carbonization processes of food wastes. **APPLIED ENERGY**, v. 272, ago. 2020.

THOMAZ, P. G.; ASSAD, R. S.; MOREIRA, L. F. P. Uso do Fator de impacto e do índice H para avaliar pesquisadores e publicações. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 96, n. 2, p. 90–93, fev. 2011.

TIAGO DE BRITO CARVALHO. **Gaseificação Térmica de Resíduos Sólidos da Indústria do Azeite**. Porto Alegre: Instituto Politécnico de Porto Alegre, 2012.

TIMKO, M. T.; GHONIEM, A. F.; GREEN, W. H. Upgrading and desulfurization of heavy oils by supercritical water. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 96, n. SI, p. 114–123, jan. 2015.

TIONG, L.; KOMIYAMA, M. Supercritical water gasification of microalga *Chlorella vulgaris* over supported Ru. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 144, p. 1–7, fev. 2019.

TIONG, L.; KOMIYAMA, M. Statistical analysis of microalgae supercritical water gasification: Reaction variables, catalysis and reaction pathways. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 183, abr. 2022.

TOBIO-PEREZ, I. et al. Thermochemical Conversion of Sargassum for Energy Production: a Comprehensive Review. **BIOENERGY RESEARCH**, [s.d.].

TRAN, K.-Q. Fast hydrothermal liquefaction for production of chemicals and biofuels from wet biomass - The need to develop a plug-flow reactor. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 213, p. 327–332, ago. 2016.

TRES, D. R.; REIS, A.; SCHLINDWEIN, S. L. A construção de cenários da relação homem-natureza sob uma perspectiva sistêmica para o estudo da paisagem em fazendas produtoras de

madeira no planalto norte catarinense. **Ambiente & Sociedade**, v. 14, n. 1, p. 151–173, jun. 2011.

TRINH, J. et al. What Are the Policy Impacts on Renewable Jet Fuel in Sweden? **ENERGIES**, v. 14, n. 21, nov. 2021.

TROMBETA, N. DE C.; CAIXETA FILHO, J. V. Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 3, p. 479–496, set. 2017.

VAN DER KROFT, D. F. A.; PRUYN, J. F. J. A Study into the Availability, Costs and GHG Reduction in Drop-In Biofuels for Shipping under Different Regimes between 2020 and 2050. **SUSTAINABILITY**, v. 13, n. 17, set. 2021.

VAN DOREN, L. G. et al. Prospects for energy recovery during hydrothermal and biological processing of waste biomass. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 225, p. 67–74, fev. 2017.

VAN DYK, S. et al. Potential synergies of drop-in biofuel production with further co-processing at oil refineries. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, v. 13, n. 3, p. 760–775, maio 2019.

VARDIAMBASIS, I. O. et al. Hydrochars as Emerging Biofuels: Recent Advances and Application of Artificial Neural Networks for the Prediction of Heating Values. **ENERGIES**, v. 13, n. 17, set. 2020.

VELUSAMY, K. et al. A review on nano-catalysts and biochar-based catalysts for biofuel production. **FUEL**, v. 306, dez. 2021.

VENKATACHALAM, C. D.; RAVICHANDRAN, S. R.; SENGOTTIAN, M. Lignocellulosic and algal biomass for bio-crude production using hydrothermal liquefaction: Conversion techniques, mechanism and process conditions: A review. **ENVIRONMENTAL ENGINEERING RESEARCH**, v. 27, n. 1, fev. 2022.

VENTERIS, E. R. et al. A national-scale comparison of resource and nutrient demands for algae-based biofuel production by lipid extraction and hydrothermal liquefaction. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 64, p. 276–290, maio 2014.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757–767, 2009.

VIEIRA, P. V. M.; WAINER, J. Correlações entre a contagem de citações de pesquisadores brasileiros, usando o Web of Science, Scopus e Scholar. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 18, n. 3, p. 45–60, set. 2013.

VIGLIO, J. E. et al. Narrativas científicas sobre petróleo e mudanças do clima e suas reverberações na política climática brasileira. **Sociologias**, v. 21, n. 51, p. 124–158, ago. 2019.

VOLPE, M. et al. Enhancement of energy and combustion properties of hydrochar via citric acid catalysed secondary char production. **BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY**, [s.d.].

VOLPE, M.; FIORI, L. From olive waste to solid biofuel through hydrothermal carbonisation: The role of temperature and solid load on secondary char formation and hydrochar energy properties. **JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS**, v. 124, p. 63–72, mar. 2017.

VOLPE, M.; GOLDFARB, J. L.; FIORI, L. Hydrothermal carbonization of *Opuntia ficus-indica* cladodes: Role of process parameters on hydrochar properties. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 247, p. 310–318, jan. 2018.

WAGNER, J. L. et al. Hydrothermal Conversion of Lipid-Extracted Microalgae Hydrolysate in the Presence of Isopropanol and Steel Furnace Residues. **WASTE AND BIOMASS VALORIZATION**, v. 9, n. 10, p. 1867–1879, out. 2018.

WALDNER, M. H.; KRUMEICH, F.; VOGEL, F. Synthetic natural gas by hydrothermal gasification of biomass selection procedure towards a stable catalyst and its sodium sulfate tolerance. **JOURNAL OF SUPERCRITICAL FLUIDS**, v. 43, n. 1, p. 91–105, nov. 2007.

WANG, H. et al. Greenhouse gas emission reduction potential and cost of bioenergy in British Columbia, Canada. **ENERGY POLICY**, v. 138, mar. 2020.

WANG, W. et al. Catalytic liquefaction of human feces over Ni-Tm/TiO₂ catalyst and the influence of operating conditions on products. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 157, p. 239–245, fev. 2018.

WANG, Y. et al. Hydrothermal carbonization of garden waste by pretreatment with anaerobic digestion to improve hydrochar performance and energy recovery. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, v. 807, n. 3, fev. 2022.

WANG, Z. et al. Upgrading of hydrothermal liquefaction biocrude from algae grown in municipal wastewater. **FUEL PROCESSING TECHNOLOGY**, v. 142, p. 147–156, fev. 2016.

WATANABE, M. D. B.; CHERUBINI, F.; TISSERANT ALEXANDRE AND CAVALETT, O. Drop-in and hydrogen-based biofuels for maritime transport: Country-based assessment of climate change impacts in Europe up to 2050. **ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT**, v. 273, dez. 2022.

WATSON, J. et al. Valorization of hydrothermal liquefaction aqueous phase: pathways towards commercial viability. **PROGRESS IN ENERGY AND COMBUSTION SCIENCE**, v. 77, mar. 2020.

WU, L. M. et al. Novel hydrothermal carbonization of cellulose catalyzed by montmorillonite to produce kerogen-like hydrochar. **CELLULOSE**, v. 21, n. 4, p. 2845–2857, ago. 2014.

XU, D. et al. Biocrude Upgrading in Different Solvents after Microalgae Hydrothermal Liquefaction. **INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH**, v. 60, n. 21, p. 7966–7974, jun. 2021.

YANG, C. et al. Pyrolysis of microalgae: A critical review. **FUEL PROCESSING TECHNOLOGY**, v. 186, p. 53–72, abr. 2019.

YANG, C. et al. Hydrothermal liquefaction and gasification of biomass and model compounds: a review. **Green Chemistry**, v. 22, n. 23, p. 8210–8232, 2020a.

YANG, C. et al. Hydrothermal liquefaction and gasification of biomass and model compounds: a review. **GREEN CHEMISTRY**, v. 22, n. 23, p. 8210–8232, dez. 2020b.

YANG, L. et al. Hydrothermal liquefaction of spent coffee grounds in water medium for bio-oil production. **BIOMASS & BIOENERGY**, v. 86, p. 191–198, mar. 2016a.

YANG, X. et al. Carbon distribution of algae-based alternative aviation fuel obtained by different pathways. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 54, p. 1129–1147, fev. 2016b.

YANIK, Jale *et al.* Biomass gasification in supercritical water: II. effect of catalyst. **International Journal of Hydrogen Energy**, [S.L.], v. 33, n. 17, p. 4520-4526, set. 2008.

YEK, P. N. Y. et al. Pilot-scale co-processing of lignocellulosic biomass, algae, shellfish waste via thermochemical approach: Recent progress and future directions. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 347, mar. 2022.

YIN, K. et al. High-quality fuel from food waste - investigation of a stepwise process from the perspective of technology development. **ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY**, v. 38, n. 13–14, p. 1735–1741, 2017.

YOUNAS, R. et al. Hydrothermal liquefaction of rice straw with NiO nanocatalyst for bio-oil production. **RENEWABLE ENERGY**, v. 113, p. 532–545, dez. 2017.

ZENG, J.; ZENG, H.; WANG, Z. Review on technology of making biofuel from food waste. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH**, v. 46, n. 8, SI, p. 10301–10319, jun. 2022.

ZHANG, C. et al. Catalytic upgrading of duckweed biocrude in subcritical water. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 166, p. 37–44, ago. 2014.

ZHANG, Q. et al. Energy and exergy analyses of bio-jet fuel production from full components in lignocellulosic biomass via aqueous-phase conversion. **APPLIED THERMAL ENGINEERING**, v. 201, n. A, jan. 2022.

ZHANG, Y.; CHEN, W. T. Hydrothermal liquefaction of protein-containing feedstocks. **Direct Thermochemical Liquefaction for Energy Applications**, p. 127–168, 1 jan. 2017.

ZHU, Y. et al. Techno-economic analysis of alternative aqueous phase treatment methods for microalgae hydrothermal liquefaction and biocrude upgrading system. **ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS**, v. 39, maio 2019.

ZUORRO, A.; GARCIA-MARTINEZ, J. B.; BARAJAS-SOLANO, A. F. The Application of Catalytic Processes on the Production of Algae-Based Biofuels: A Review. **CATALYSTS**, v. 11, n. 1, jan. 2021.