ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA BASEADA NA BASE SCOPUS: PUBLICAÇÕES EM BIOMASSA, ENERGIA E RESÍDUOS

BIBLIOMETRIC ANALYSIS BASED ON SCOPUS: PUBLICATIONS ON BIOMASS, ENERGY AND WASTE

Carla Freitas de Andrade
ORCID 0000-0003-1403-1994
Affiliation: Federal University of Ceará
Fortaleza, Ceará, Brazil
carla@ufc.br

Daniel Silveira Serra
ORCID 0000-0002-5172-5824
Affiliation: State University of Ceará
Fortaleza, Ceará, Brazil
daniel.silveira@uece.br

Francisco de Assis da Silva
ORCID 0000-0002-2286-5289
Affiliation: Federal University of Rio Grande do Norte
Natal, Rio Grande do Norte, Brazil
assis.mota@ufrn.br

Joao Batista Furlan Duarte
ORCID 0000-0003-4674-100X
Affiliation: University of Fortaleza
Fortaleza, Ceará, Brazil
furlan@unifor.br

Mona Lisa Moura de Oliveira
ORCID 0000-0001-9301-4134
Affiliation: State University of Ceará
Fortaleza, Ceará, Brazil
mona.lisa@uece.br

Cayo Cid de França Moraes
ORCID 0009-0005-3172-6845
Affiliation: Diamante Energia - Energia Pecém
Fortaleza, Ceará, Brazil
cayo.moraes@diamanteenergia.com.br

Ivo Gonçalves Rolim
ORCID 0009-0009-7587-4179
Affiliation: Diamante Energia - Energia Pecém
Fortaleza, Ceará, Brazil
ivo.rolim@diamanteenergia.com.br

Diego de Moura Rebouças
ORCID 0009-0009-9730-859X
Affiliation: Diamante Energia - Energia Pecém
Fortaleza, Ceará, Brazil
diego.reboucas@diamanteenergia.com.br

Resumo. O presente estudo realizou uma análise bibliométrica sobre publicações científicas relacionadas à biomassa, energia e resíduos utilizando a base de dados Scopus no período de 2000 a junho de 2025. Foram identificados 2.300 documentos relevantes, analisados com o auxílio da ferramenta Bibliometrix (R/Biblioshiny), considerando critérios como produtividade por autor, periódico, país, instituição e colaborações internacionais. Entre os países com maior número de publicações no corpus analisado, destacaram-se China (409), Brasil (232) e Índia (216), evidenciando a liderança chinesa e a participação expressiva do Brasil na produção científica recente. A instituição mais produtiva foi a Tianjin University, com 75 publicações, seguida pela Tsinghua University, com 73, e pela Guangdong University of Technology, com 71; no contexto brasileiro, destacou-se a São Paulo State University (UNESP), com 66 publicações. A revista com maior número de artigos foi a Biomass and Bioenergy (130 publicações), enquanto a Bioresource Technology apresentou o maior número de citações totais (4.622), com média de 44,44 citações por artigo. O artigo mais citado da amostra foi "Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals – A review", com 453 citações. A análise de redes mostrou forte colaboração entre autores e instituições brasileiras, e relevante cooperação internacional, sobretudo com Estados Unidos, China e países da Europa. No recorte nacional, observou-se que 34% dos artigos brasileiros mais citados apresentaram coautoria internacional, indicando que a colaboração científica externa contribui para ampliar a visibilidade da produção brasileira na área. A predominância de palavras-chave como "biomass", "bioenergy", "pyrolysis" e "sustainability" evidencia as temáticas mais abordadas no campo. Conclui-se que o número crescente de publicações e colaborações internacionais demonstra o amadurecimento da área de pesquisa em biomassa e energia renovável, com destaque para países emergentes. A bibliometria mostrou-se uma ferramenta estratégica para mapear a produção científica e identificar lacunas e tendências para pesquisas futuras.

Palavras-chave: Análise Bibliométrica, Scopus, Biomassa, Energia, Resíduos.

Abstract. This study conducted a bibliometric analysis of scientific publications related to biomass, energy, and waste using the Scopus database from 2000 to June 2025. A total of 2,300 relevant documents were identified and analyzed using the Bibliometrix tool (R/Biblioshiny), considering criteria such as productivity by author, journal, country, institution, and international collaborations. Among the countries with the highest number of publications in the analyzed corpus, China (409), Brazil (232), and India (216) stood out, highlighting China's leading position and Brazil's significant participation

in recent scientific production. The most productive institution was Tianjin University, with 75 publications, followed by Tsinghua University, with 73, and Guangdong University of Technology, with 71; in the Brazilian context, São Paulo State University (UNESP) stood out with 66 publications. The journal with the largest number of articles was Biomass and Bioenergy (130 publications), while Bioresource Technology presented the highest number of total citations (4,622), with an average of 44.44 citations per article. The most cited article in the sample was "Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals – A review," with 453 citations. Network analysis revealed strong collaboration between Brazilian authors and institutions, as well as significant international cooperation, particularly with the United States, China, and European countries. In the national context, 34% of the most cited Brazilian articles presented international co-authorship, indicating that external scientific collaboration contributes to increasing the visibility of Brazilian production in the field. The predominance of keywords such as "biomass," "bioenergy," "pyrolysis," and "sustainability" highlights the most frequently addressed topics in the field. The conclusion is that the growing number of publications and international collaborations demonstrates the maturation of the research field in biomass and renewable energy, with a focus on emerging countries. Bibliometrics proved to be a strategic tool for mapping scientific production and identifying gaps and trends for future research.

Keywords: Bibliometric Analysis, Scopus, Biomass, Energy, Residue.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a crescente preocupação com as mudanças climáticas, o uso indiscriminado dos combustíveis fósseis e os compromissos internacionais com a transição energética sustentável têm impulsionado a busca por fontes renováveis de energia. Nesse cenário, a biomassa tem se consolidado como uma alternativa estratégica, com sua ampla disponibilidade global e por seu papel fundamental na economia circular e na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (Awasthi et al., 2020; Callegari et al., 2020). A utilização de resíduos agroindustriais e urbanos como fonte de energia permite o aproveitamento energético e a redução de impactos ambientais relacionados à disposição inadequada desses materiais.

A biomassa e os resíduos orgânicos apresentam diversas rotas de conversão energética, como a pirólise, a gaseificação, a digestão anaeróbia e a combustão direta. Essas tecnologias possibilitam a produção de biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos, como bio-óleo, gases não condensáveis, biogás e biochar, com aplicação em processos industriais, geração de eletricidade e agricultura regenerativa (Hoang et al., 2021; Djandja et al., 2020). Tal diversidade tecnológica tem estimulado um aumento expressivo da produção científica voltada à caracterização de materiais, desenvolvimento de reatores térmicos e avaliação da eficiência energética e ambiental desses processos.

Paralelamente ao avanço das tecnologias aplicadas à bioenergia, observa-se uma intensificação da cooperação científica internacional, da formação de redes de pesquisa e da publicação de artigos em periódicos especializados. No entanto, o crescimento exponencial da literatura pode dificultar a identificação das principais tendências, autores influentes, países e instituições líderes no tema. A análise bibliométrica surge, nesse contexto, como uma ferramenta eficaz para organizar e interpretar grandes volumes de dados científicos, permitindo a visualização da evolução temporal do conhecimento, das colaborações entre pesquisadores e da concentração temática por área geográfica (Donthu et al., 2021; Aria & Cuccurullo, 2017).

Ao aplicar métodos estatísticos e computacionais a dados de publicações indexadas em bases consolidadas como a Scopus, a bibliometria fornece indicadores quantitativos (como número de artigos, citações e fator h) e qualitativos (como impacto e relevância das redes de colaboração), permitindo uma análise estruturada da produção científica. Esse tipo de abordagem tem sido adotado em diversas áreas do conhecimento, incluindo ciências ambientais, engenharia química e energias renováveis (Donthu et al., 2021). Além disso, a bibliometria auxilia na identificação de lacunas de pesquisa, de áreas emergentes e de oportunidades de financiamento e colaboração.

Especificamente no campo da bioenergia, análises bibliométricas permitem revelar a evolução da pesquisa em termos de foco temático (como valorização de resíduos lignocelulósicos, estudos de pirólise e desenvolvimento de pellets), além de identificar os países mais ativos na publicação científica e os principais veículos de divulgação. Estudos anteriores apontam que países asiáticos,

especialmente a China e a Índia, têm liderado o volume de publicações, enquanto países como Brasil, Estados Unidos e membros da União Europeia contribuem com colaborações de alto impacto e estudos aplicados a contextos regionais (Kasinath et al., 2021; Lorenci Woiciechowski et al., 2020).

A relevância de mapear cientificamente essas publicações é ainda maior quando se considera a necessidade de orientar políticas públicas, programas de incentivo à inovação tecnológica e estratégias de financiamento da pesquisa em nível nacional e internacional. Além de subsidiar decisões estratégicas, a análise bibliométrica contribui para fortalecer áreas de competência científica, promover a internacionalização da pesquisa e fomentar o uso sustentável dos recursos naturais. A identificação dos artigos mais citados, por exemplo, permite compreender quais temáticas estão sendo mais valorizadas pela comunidade científica global, o que pode orientar novos estudos e revisões sistemáticas.

Embora existam estudos bibliométricos voltados à bioenergia, biomassa lignocelulósica, biocombustíveis e tecnologias específicas de conversão, parte significativa dessas análises concentra-se em recortes temáticos isolados, como pirólise, digestão anaeróbia, biochar ou biocombustíveis. Dessa forma, ainda há espaço para estudos que integrem, em uma mesma análise, os eixos biomassa, energia e resíduos, especialmente em um recorte temporal atualizado até 2025. Essa abordagem permite compreender a evolução quantitativa das publicações, a organização das redes de colaboração, a concentração institucional e geográfica da produção científica e a inserção de países emergentes na agenda internacional de pesquisa.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica indexada na base Scopus sobre biomassa, energia e resíduos, considerando o período de 2000 a junho de 2025. Especificamente, busca-se: (i) analisar a evolução temporal das publicações relacionadas ao tema; (ii) identificar os periódicos, autores, instituições e países com maior participação no corpus analisado; (iii) examinar redes de colaboração científica nacional e internacional; e (iv) discutir os artigos mais citados, com atenção às principais tendências temáticas e ao papel do Brasil no cenário científico internacional.

A escolha desse recorte temporal permite avaliar tanto a evolução histórica da área quanto sua intensificação recente, especialmente nos últimos cinco anos, período marcado pelo fortalecimento das agendas de transição energética, economia circular e valorização de resíduos. Além disso, ao integrar os termos biomassa, energia e resíduos em uma única estratégia de busca, o estudo busca superar abordagens fragmentadas e oferecer uma visão mais abrangente das relações entre produção científica, colaboração internacional e prioridades tecnológicas emergentes.

Assim, a contribuição do estudo é de natureza empírica e analítica, ao atualizar o mapeamento bibliométrico até junho de 2025, identificar padrões recentes de produção e colaboração científica e evidenciar a participação de países emergentes, especialmente o Brasil, em uma área estratégica para a sustentabilidade energética e a inovação tecnológica.

2. METODOLOGIA

2.1 Banco de dados

Foi realizada uma análise bibliométrica da produção científica relacionada aos temas biomassa, energia e resíduos, utilizando a base de dados Scopus como fonte de recuperação dos documentos. A escolha da Scopus justifica-se por sua ampla cobertura multidisciplinar, pela indexação de periódicos internacionais revisados por pares e pela disponibilidade de metadados bibliográficos compatíveis com softwares de análise bibliométrica, incluindo informações sobre autores, afiliações institucionais, países, periódicos, citações, palavras-chave e referências.

A busca foi realizada na última semana de junho de 2025, considerando o período de 2000 a junho de 2025. A estratégia de busca utilizou os termos “biomass” AND “energy” AND “residue”, aplicados aos campos de título, resumo e palavras-chave da base Scopus. Foram considerados os registros com

aderência temática aos três eixos do estudo e com metadados bibliográficos suficientes para análise no Bibliometrix/Biblioshiny, tais como autoria, ano, periódico, afiliação, país, palavras-chave, DOI e número de citações. Após a exportação dos dados, o corpus foi conferido para identificar inconsistências de metadados, duplicidades e variações de grafia em autores, periódicos e instituições. O corpus final utilizado nas análises foi composto por 2.300 documentos.

Alguns artigos, tais como Donthu et al. (2021) e Aria & Cuccurullo (2017), foram utilizados para embasar a metodologia bibliométrica, observando as diferentes técnicas e orientações para realizar uma análise bibliométrica confiável. Por meio dessa análise, é possível analisar a tendência de crescimento de artigos e periódicos da área em estudo, bem como os polos com as maiores publicações da área e quais documentos estão recebendo mais citações, além de outros parâmetros. Os documentos recuperados foram processados no pacote Bibliometrix, desenvolvido em linguagem R, e analisados por meio da interface Biblioshiny, utilizada para gerar os indicadores, tabelas, gráficos e redes bibliométricas apresentados neste estudo (Figura 1).

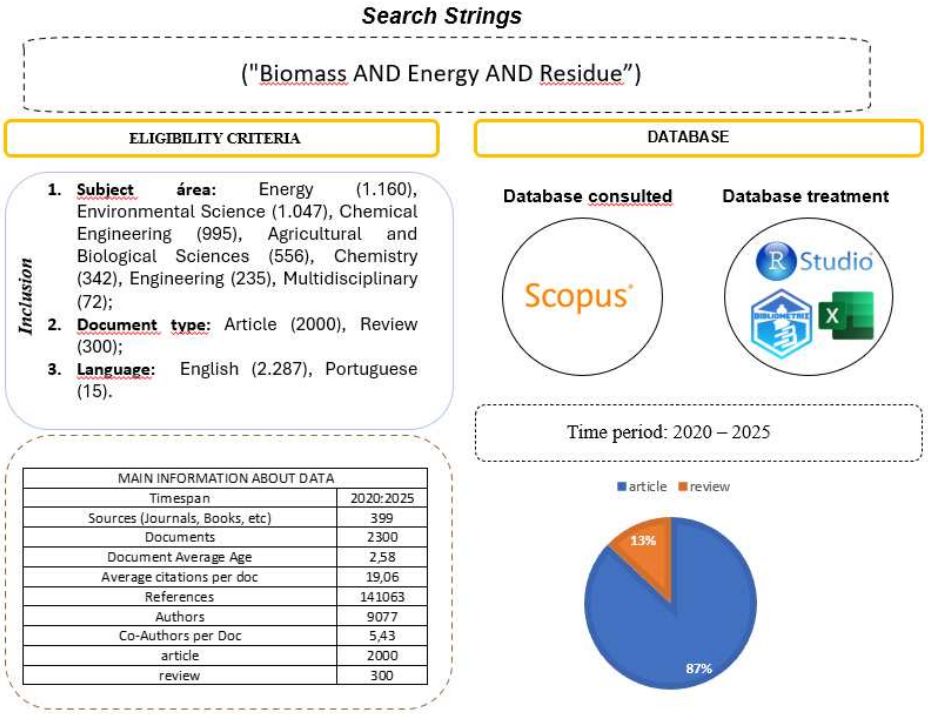


Figura 1. Fluxograma metodológico de seleção e análise do corpus bibliométrico

2.2 Análise de dados

A ferramenta Bibliometrix (www.bibliometrix.org/home/) foi utilizada para analisar o conjunto de dados recuperado na base Scopus, por ser adequada ao mapeamento científico e por oferecer um fluxo estruturado para análises bibliométricas em ambiente R (Aria & Cuccurullo, 2017). A interface Biblioshiny foi utilizada para gerar os principais indicadores bibliométricos, tabelas, gráficos e mapas de rede apresentados neste estudo. Planilhas em formato Excel também foram utilizadas para a conferência, organização e catalogação dos resultados.

Foram analisados indicadores de produtividade científica, impacto e colaboração, incluindo: número de documentos por ano, periódicos mais produtivos, total de citações por periódico, média de citações por artigo, índice h dos periódicos, autores com maior número de publicações, instituições mais produtivas, países com maior participação no corpus, artigos mais citados e redes de colaboração entre autores, instituições e países.

O período considerado para a pesquisa foi de 2000 até o dia em que foi realizada a busca na base Scopus, sendo a última semana de junho de 2025. Para destacar a intensificação recente da produção científica, também foi observada a distribuição anual das publicações nos últimos cinco anos completos e no ano de 2025 até o mês de junho, com os seguintes registros: 2020 (382), 2021 (396), 2022 (400), 2023 (389), 2024 (465) e 2025 (268).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Bibliométrica

3.1.1. Periódicos mais relevantes

No total, 399 periódicos diferentes receberam as publicações selecionadas, e a Tabela 1 elenca os 10 periódicos de destaque, mostrando o conjunto com o maior número de citações, o número de artigos por periódico, o ano de sua primeira publicação considerando o conjunto de dados analisados, o CiteScore para o ano de 2025, o artigo mais citado no periódico e o número de citações desse artigo.

Tabela 1. Periódicos com maior número de publicações no corpus bibliométrico sobre biomassa, energia e resíduos

Rank	Periódicos	TPs (%)	TC	IF	Indice H	CitScore 2025	O artigo mais citado (DOI referência)	Time Cited	Editor	AC (%)
1	BIOMASS AND BIOENERGY	130 (5,65%)	2088	5,8	25	11	10.1016/j.biombioe.2020.105510 (Beims et al., 2020)	136	Elsevier	16,06
2	RENEWABLE ENERGY	106 (4,61%)	3087	9,1	35	17,6	10.1016/j.renene.2019.07.051 (Tavares et al., 2020)	147	Elsevier	29,12
3	BIORESOURCE TECHNOLOGY	104 (4,52%)	4622	9	39	20,7	10.1016/j.biortech.2020.122848 (Lorenci Woiciechowski et al., 2020)	409	Elsevier	44,44
4	BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY	101 (4,36%)	1295	4,1	21	-	10.1007/s13399-020-01201-2 (Ameen et al., 2022)	96	Springer	12,82
5	FUEL	88 (3,82%)	1892	7,5	40	14,2	10.1016/j.fuel.2020.118472 (Pauline & Joseph, 2020)	240	Elsevier	21,50
6	INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS	86 (3,74%)	1378	6,2	21	9,4	10.1016/j.indcrop.2022.114772 (Shinde et al., 2022)	88	Elsevier	16,02
7	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	81 (3,52%)	2225	1,42	27	-	10.1016/j.scitotenv.2022.159627 (Cavali et al., 2023)	189	Scientific Research	27,47
8	RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	65 (2,83%)	3993	16,3	38	38	10.1016/j.rser.2020.109876 (Awasthi et al., 2020)	289	Elsevier	61,43
9	BIOENERGY RESEARCH	48 (2,09%)	545	3	13		10.1007/s12155-020-10138-3 (Olugbade & Ojo, 2020)	101	Springer	11,35
10	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	45 (1,96%)	887	8,4	17	14,4	10.1016/j.jenvman.2021.112627 (Ambaye et al., 2021)	238	Elsevier	19,71

Nota. TP = total de publicações; Pr (%) = proporção de publicações em relação ao corpus analisado; TC = total de citações; IF = fator de impacto; índice h = índice h do periódico no corpus analisado; AC = média de citações por artigo, calculada pela razão TC/TP. Os dados bibliométricos foram extraídos da base Scopus e processados no Bibliometrix/Biblioshiny.

Através da análise da tabela 1, observa-se que o periódico com mais publicações foi o Biomass and Bioenergy, com 130 artigos (5,65%), seguido por Renewable Energy com 106 artigos (4,61%) e Bioresource Technology com 104 (4,52%). Entretanto, a liderança em número de publicações não corresponde, necessariamente, ao maior impacto em citações. Embora Biomass and Bioenergy apresente o maior volume de artigos, com 2.088 citações e média de 16,06 citações por artigo, Bioresource Technology, mesmo com menor número de publicações, alcançou 4.622 citações e média de 44,44 citações por artigo, indicando maior densidade de impacto científico no conjunto analisado.

Destaca-se também o periódico Renewable and Sustainable Energy Reviews, que embora contenha apenas 65 artigos (2,83%), acumula 3.993 citações, com a maior média de citações da amostra: 61,43

por artigo. Esse resultado pode ser associado ao perfil editorial do periódico, voltado predominantemente à publicação de revisões críticas e estudos de síntese, que tendem a apresentar maior circulação e maior taxa de citação na literatura científica. Em contraste, BioEnergy Research, com 48 publicações e 545 citações totais, apresentou a menor média de citações entre os dez periódicos listados, com 11,35 citações por artigo.

Quanto ao fator de impacto (IF), Renewable and Sustainable Energy Reviews se destaca com o maior valor entre os periódicos listados (16,3), seguido por Renewable Energy (9,1) e Bioresource Technology (9,0), demonstrando o alto prestígio desses periódicos. A análise combinada desses indicadores, número de publicações, total de citações, média de citações e fator de impacto, permite inferir que o Bioresource Technology e o Renewable and Sustainable Energy Reviews se sobressaem pelo impacto das publicações. Essa distinção é importante porque demonstra que a relevância de um periódico no campo não deve ser avaliada apenas pela quantidade de artigos publicados, mas também pela capacidade de seus trabalhos influenciarem pesquisas subsequentes.

Esse padrão sugere que a literatura sobre biomassa, energia e resíduos está distribuída entre periódicos de perfil aplicado, voltados à conversão energética e ao aproveitamento tecnológico da biomassa, e periódicos de revisão ou síntese, que tendem a concentrar maior impacto em citações. Do ponto de vista bibliométrico, essa distribuição revela a consolidação do tema em periódicos especializados em bioenergia, mas também sua inserção em revistas mais amplas de sustentabilidade, gestão ambiental e transição energética. Assim, os resultados indicam que a área tem avançado tanto pela ampliação de estudos experimentais e tecnológicos quanto pela produção de revisões de alto impacto, capazes de organizar o conhecimento acumulado e orientar novas agendas de pesquisa.

3.1.2 Autores mais relevantes

A Tabela 2 apresenta os autores com maior número de publicações no corpus analisado, considerando a quantidade de artigos relacionados aos temas biomassa, energia e resíduos, suas respectivas instituições, o total de citações recebidas nos documentos incluídos neste estudo, o índice h, o número total de documentos publicados e o total de citações acumuladas na base Scopus.

Tabela 2. Autores com maior número de publicações no corpus bibliométrico sobre biomassa, energia e resíduos

AUTORES	ARTIGOS	INSTITUIÇÃO	TC	Indice h	Total de documentos	TC em todos os documentos
Tippayawong, N.	17	Chiang Mai University	275	36	264	4598
Chen, G.	11	Tianjin University of Commerce	263	74	759	22817

Nota. TC = total de citações dos documentos do autor no corpus analisado. O índice h, o total de documentos e o total de citações gerais referem-se aos dados registrados na base Scopus para cada autor no momento da coleta. A tabela considera os autores com maior número de publicações relacionadas aos termos biomassa, energia e resíduos no corpus bibliométrico analisado.

Entre os autores listados, Chen, G. apresenta maior índice h, maior número total de documentos publicados e maior quantidade de citações acumuladas na base Scopus, indicando uma trajetória científica mais ampla e consolidada em comparação aos demais autores identificados no corpus.

No conjunto de dados analisado, entre os trabalhos associados a Guanyi Chen, destaca-se o artigo de A. Kumar et al. (2022), publicado no periódico Chemical Engineering Journal, com 57 citações, seguido pelo trabalho de A. Kumar et al. (2023), publicado em Fuel, com 45 citações.

Em relação às publicações de Nakorn Tippayawong, destacam-se o trabalho de Khuenkaeo e Tippayawong (2020), publicado em Chemical Engineering Communications, com 58 citações, e o estudo de Saengsuriwong et al. (2021), publicado em Bioresource Technology, com 50 citações.

A presença desses autores entre os mais produtivos evidencia a concentração de parte da produção científica em grupos com atuação recorrente em processos termoquímicos, conversão energética de biomassa, caracterização de resíduos e desenvolvimento de rotas tecnológicas para bioenergia. Do ponto de vista bibliométrico, essa concentração indica que a área é estruturada por pesquisadores e grupos especializados, cuja produção contínua contribui para consolidar determinadas linhas de investigação. Entretanto, a diferença entre produtividade, índice h e número de citações reforça que o volume de publicações não deve ser interpretado isoladamente como medida de impacto científico, sendo necessário considerar também a influência dos trabalhos publicados e sua inserção em redes de colaboração.

3.1.3 Distribuição por país e instituição

A Tabela 3 apresenta as instituições com maior número de publicações no corpus analisado. Observa-se que, entre as dez instituições mais produtivas, oito estão localizadas na China, evidenciando a forte concentração institucional da produção científica chinesa na interface entre biomassa, energia e resíduos.

Tabela 3. Instituições com maior número de publicações no corpus bibliométrico sobre biomassa, energia e resíduos

Rank	Instituições	Artigos	Localização
1	TIANJIN UNIVERSITY	75	China
2	TSINGHUA UNIVERSITY	73	China
3	GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	71	China
4	BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY	69	China
5	NANJING FORESTRY UNIVERSITY	66	China
6	SÃO PAULO STATE UNIVERSITY (UNESP)	66	Brasil
7	CHIANG MAI UNIVERSITY	59	Tailandia
8	HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	56	China
9	SOUTH CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY	52	China
10	CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY	47	China

Nota. A tabela apresenta as instituições com maior número de publicações no corpus analisado. Os dados foram extraídos da base Scopus e processados no Bibliometrix/Biblioshiny, considerando as afiliações institucionais dos autores nos documentos recuperados.

Entre os trabalhos vinculados às instituições mais produtivas, destaca-se, pela Tianjin University, o estudo de A. Kumar et al. (2022), intitulado “Co-pyrolysis of de-oiled microalgal biomass residue and waste tires: Deeper insights from thermal kinetics, behaviors, drivers, bio-oils, bio-chars, and in-situ evolved gases analyses”, publicado no periódico Chemical Engineering Journal, com 57 citações. Pela Tsinghua University, destaca-se o trabalho de Weng et al. (2021), “Evaluating the use of BECCS and afforestation under China’s carbon-neutral target for 2060”, publicado em Applied Energy, com 138 citações. Pela Guangdong University of Technology, destaca-se o estudo de Hu et al. (2020), intitulado “Combustions of torrefaction-pretreated bamboo forest residues: Physicochemical properties, evolved gases, and kinetic mechanisms”, publicado em Bioresource Technology, com 91 citações.

A predominância de instituições chinesas entre as mais produtivas pode ser interpretada à luz da expansão dos investimentos chineses em tecnologias de baixo carbono, bioenergia, aproveitamento de resíduos e segurança energética. Essa centralidade institucional não se limita ao volume de publicações, mas também se expressa na participação de universidades chinesas em estudos sobre pirólise, gaseificação, BECCS, torrefação e conversão termoquímica de biomassas. A presença da São

Paulo State University (UNESP) entre as dez instituições mais produtivas também indica a relevância da produção brasileira, especialmente em temas associados à valorização energética de resíduos agroindustriais e biomassa lignocelulósica.

Os documentos analisados apresentam autores vinculados a instituições de diferentes países, o que permite avaliar a distribuição geográfica da produção científica e os padrões de colaboração internacional. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta os países com maior número de documentos no corpus, o total de citações recebidas, a distribuição entre publicações de país único (SCP) e publicações com colaboração internacional (MCP), o percentual de colaboração internacional e o artigo mais citado associado a cada país.

No Bibliometrix, a análise por país considera o país de afiliação do autor correspondente e permite distinguir publicações de país único, classificadas como SCP (Single Country Publications), e publicações com coautoria internacional, classificadas como MCP (Multiple Country Publications). Dessa forma, o indicador MCP% permite estimar a proporção de artigos produzidos em colaboração com autores de diferentes países.

A Tabela 4 mostra que alguns artigos aparecem associados a mais de um país em razão da presença de coautores vinculados a instituições internacionais. Esse é o caso do artigo "Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals – A review", indicado como o mais citado tanto para a China quanto para os Estados Unidos, por envolver autores afiliados a instituições desses dois países. Esse resultado evidencia que os artigos de maior impacto na área frequentemente são produzidos em redes internacionais de colaboração, o que amplia sua circulação e sua visibilidade científica.

Tabela 4. Países com maior número de publicações no corpus bibliométrico sobre biomassa, energia e resíduos

Rank	Country	TP / Pr (%)	TC	SCP	MCP	MCP %	Título do artigo mais citado e citação	Total da citação do artigo
1	China	409 (17,78%)	9657	287	122	29,8	Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals-A review (Wang et al., 2021)	453
2	Brazil	232 (10,09%)	3340	187	45	19,4	Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance – Conventional processing and recent advances (Lorenci Woiciechowski et al., 2020)	409
3	India	216 (9,39%)	5346	171	45	20,8	Progress on the lignocellulosic biomass pyrolysis for biofuel production toward environmental sustainability (Hoang et al., 2021)	421
4	Usa	107 (4,65%)	2558	76	31	29	Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals-A review (Wang et al., 2021)	453
5	Italy	96 (4,17%)	2022	71	25	26	Production technologies, current role, and future prospects of biofuels feedstocks: A state-of-the-art review (Callegari et al., 2020)	243
6	Spain	77 (3,34%)	1494	51	26	33,8	Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review (Aguilera et al., 2020)	160
7	Canada	69 (3%)	1659	46	23	33,3	A review on subcritical and supercritical water gasification of	245

							biogenic, polymeric and petroleum wastes to hydrogen-rich synthesis gas (Okolie, Nanda, Dalai, Berruti, et al., 2020)	
8	Thailand	59 (2,57%)	823	43	16	27,1	A comprehensive review of thermogravimetric analysis in lignocellulosic and algal biomass gasification (Felix et al., 2022)	71
9	Mexico	51 (2,22%)	914	43	8	15,7	Emerging technologies for biofuel production: A critical review on recent progress, challenges and perspectives (Ambaye et al., 2021)	238
10	Portugal	46 (2%)	926	33	13	28,3	A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health (Saini et al., 2020)	252

Nota. TP = total de publicações; Pr (%) = proporção de publicações em relação ao corpus analisado; TC = total de citações; SCP = publicações de país único (Single Country Publications); MCP = publicações com colaboração internacional (Multiple Country Publications); MCP% = percentual de publicações com colaboração internacional. Os dados foram extraídos da base Scopus e processados no Bibliometrix/Biblioshiny.

A China lidera o corpus em número de publicações (409 documentos), total de citações (9.657) e número absoluto de publicações com colaboração internacional (122 MCP), confirmando sua centralidade na produção científica sobre biomassa, energia e resíduos. O Brasil ocupa a segunda posição em número de publicações, com 232 documentos, enquanto a Índia, embora apareça em terceiro lugar em produtividade, apresenta o segundo maior total de citações (5.346), indicando elevada repercussão de parte de sua produção científica.

Esses resultados indicam uma configuração geopolítica marcada pela liderança asiática, especialmente chinesa, mas também pela presença relevante de países emergentes, como Brasil e Índia. No caso brasileiro, a elevada posição em número de documentos pode estar relacionada à disponibilidade de biomassas agrícolas e agroindustriais, à tradição de pesquisa em bioenergia e ao interesse em rotas de valorização de resíduos. Entretanto, o percentual de colaboração internacional do Brasil (19,4%) é inferior ao observado em países como Espanha (33,8%), Canadá (33,3%), China (29,8%) e Estados Unidos (29,0%), sugerindo espaço para ampliar parcerias internacionais de maior impacto.

A distribuição por países indica que a produção científica sobre biomassa, energia e resíduos apresenta concentração em nações com forte atuação em bioenergia, tecnologias de baixo carbono e valorização de resíduos. A liderança da China no corpus pode ser associada ao volume de investimentos em pesquisa aplicada, segurança energética e tecnologias de conversão de biomassa. A presença do Brasil na segunda posição reforça a relevância nacional do tema, especialmente em função da disponibilidade de resíduos agrícolas e agroindustriais, da tradição em bioenergia e da consolidação de grupos de pesquisa dedicados à conversão energética de biomassa. A Índia, por sua vez, combina elevada produtividade com alto impacto em citações, indicando a inserção de sua produção em temas de ampla repercussão internacional.

A Figura 2 apresenta a rede de colaboração internacional entre os países identificados no corpus analisado.

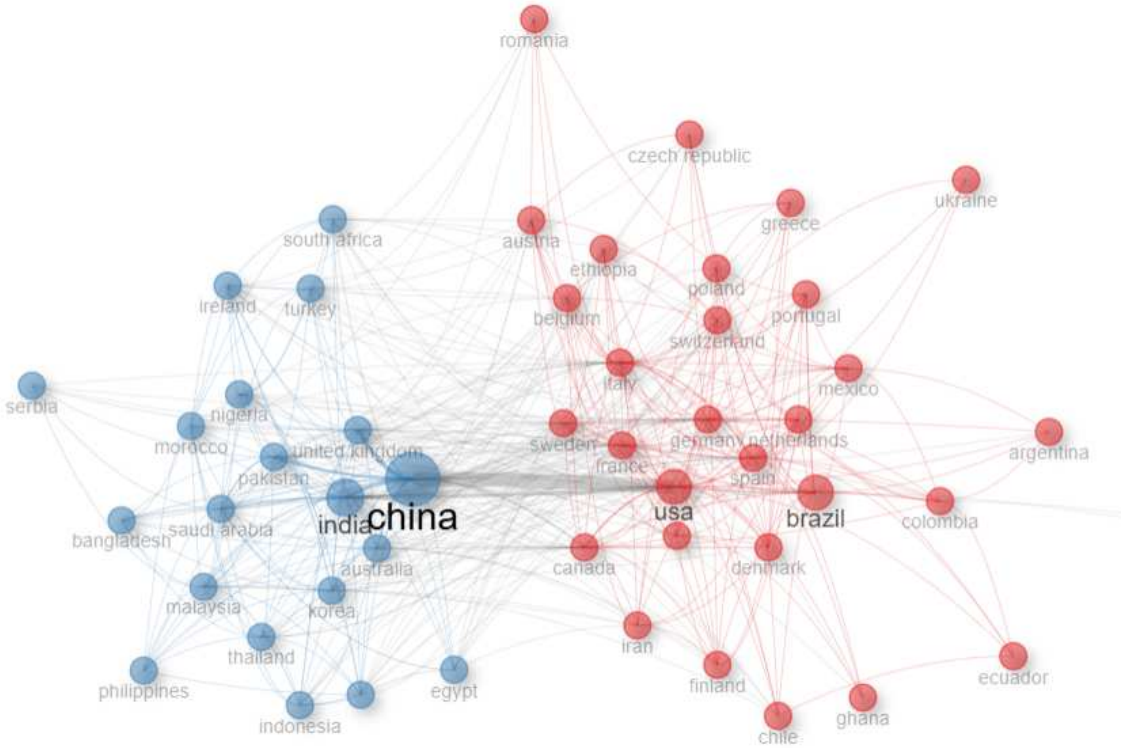


Figura 2. Rede de colaboração internacional entre países no corpus bibliométrico sobre biomassa, energia e resíduos

A análise da Figura 2 mostra que a China é o país mais central e com maior número de conexões, evidenciado pelo seu destaque visual e pela densidade de ligações com outras nações. Em seguida, aparecem os Estados Unidos, o Brasil e a Índia, todos com significativa participação em colaborações bilaterais e multilaterais. O grafo também revela dois grandes grupos de cooperação: um núcleo à esquerda, majoritariamente composto por países asiáticos e africanos (em azul), com forte articulação liderada pela China; e um grupo à direita (em vermelho), mais centrado na América, Europa e parte da África, com destaque para os EUA e o Brasil. Essa estrutura indica que, embora haja ampla colaboração global, ainda existem blocos geográficos relativamente bem definidos. A posição de destaque da China reflete sua liderança na produção científica sobre biomassa, energia e resíduos, consolidando-se como elo integrador entre diferentes regiões.

3.1.4 Análise qualitativa de artigos citados

As citações constituem um dos principais indicadores bibliométricos de impacto científico, pois refletem a incorporação de determinado estudo por pesquisas subsequentes. Nesse sentido, a Tabela 5 apresenta os 50 documentos mais citados do corpus analisado, indicando o título, o total de citações, o ano de publicação e o periódico em que cada trabalho foi publicado.

Tabela 5. Artigos mais citados no corpus bibliométrico sobre biomassa, energia e resíduos

Rank	Citação	Título	TC	Ano	Revista
1	(Wang et al., 2021)	Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals-A review	453	2021	Progress in Energy and Combustion Science

2	(Hoang et al., 2021)	Progress on the lignocellulosic biomass pyrolysis for biofuel production toward environmental sustainability	421	2021	Fuel Processing Technology
3	(Lorenci Woiciechowski et al., 2020)	Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance – Conventional processing and recent advances	409	2020	Bioresource Technology
4	(Awasthi et al., 2020)	Refining biomass residues for sustainable energy and bio-products: An assessment of technology, its importance, and strategic applications in circular bio-economy	289	2020	Renewable and Sustainable Energy Reviews
5	(Arpia et al., 2021)	Sustainable biofuel and bioenergy production from biomass waste residues using microwave-assisted heating: A comprehensive review	276	2021	Chemical Engineering Journal
6	(Saini et al., 2020)	A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health	252	2020	Sustainable Environment Research
7	(Okolie, Nanda, Dalai, Berruti, et al., 2020)	A review on subcritical and supercritical water gasification of biogenic, polymeric and petroleum wastes to hydrogen-rich synthesis gas	245	2020	Renewable and Sustainable Energy Reviews
8	(Soares et al., 2020)	Dark fermentative biohydrogen production from lignocellulosic biomass: Technological challenges and future prospects	244	2020	Renewable and Sustainable Energy Reviews
9	(Callegari et al., 2020)	Production technologies, current role, and future prospects of biofuels feedstocks: A state-of-the-art review	243	2020	Critical Reviews in Environmental Science and Technology
10	(Pauline & Joseph, 2020)	Hydrothermal carbonization of organic wastes to carbonaceous solid fuel – A review of mechanisms and process parameters	240	2020	Fuel
11	(Ambaye et al., 2021)	Emerging technologies for biofuel production: A critical review on recent progress, challenges and perspectives	238	2021	Journal of Environmental Management
12	(B. Sharma et al., 2020)	Comprehensive assessment of 2G bioethanol production	229	2020	Bioresource Technology
13	(Yaashikaa et al., 2022)	Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review	214	2022	Bioresource Technology
14	(Li et al., 2020)	Biomass-derived microporous carbon with large micropore size for high-performance supercapacitors	211	2020	Journal of Power Sources
15	(Kang et al., 2020)	Bioenergy in China: Evaluation of domestic biomass resources and the associated greenhouse gas mitigation potentials	201	2020	Renewable and Sustainable Energy Reviews
16	(Cavali et al., 2023)	A review on hydrothermal carbonization of potential biomass wastes, characterization and environmental applications of hydrochar, and biorefinery perspectives of the process	189	2023	Science of The Total Environment
17	(Cheng, Luo, et al., 2020)	Slow pyrolysis as a platform for negative emissions technology: An integration of machine learning models, life cycle assessment, and economic analysis	185	2020	Energy Conversion and Management
18	(Kasinath et al., 2021)	Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion	179	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
19	(P. R. Sharma et al., 2020)	Nanocellulose-Enabled Membranes for Water Purification: Perspectives	178	2020	Advanced Sustainable Systems
20	(Prasad et al., 2020)	Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective	178	2020	Bioresource Technology

21	(Babu et al., 2022)	Exploring agricultural waste biomass for energy, food and feed production and pollution mitigation: A review	174	2022	Bioresource Technology
22	(Aguilera et al., 2020)	Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review	160	2020	Agricultural Systems
23	(Singh Siwal et al., 2020)	Energy production from steam gasification processes and parameters that contemplate in biomass gasifier – A review	160	2020	Bioresource Technology
24	(Rosa et al., 2021)	Assessment of carbon dioxide removal potential via BECCS in a carbon-neutral Europe	156	2021	Energy & Environmental Science
25	(Kumar Sarangi et al., 2022; Singh et al., 2021)	Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy	153	2023	Environmental Science and Pollution Research
26	(Singh et al., 2021)	Studies on individual pyrolysis and co-pyrolysis of corn cob and polyethylene: Thermal degradation behavior, possible synergism, kinetics, and thermodynamic analysis	149	2021	Science of The Total Environment
27	(Tavares et al., 2020)	Numerical investigation of optimum operating conditions for syngas and hydrogen production from biomass gasification using Aspen Plus	147	2020	Renewable Energy
28	(Kumar et al., 2020)	Waste paper: An underutilized but promising source for nanocellulose mining	147	2020	Waste Management
29	(Irfan et al., 2020)	Assessing the energy dynamics of Pakistan: Prospects of biomass energy	146	2020	Energy Reports
30	(Mishra et al., 2020)	Pyrolysis kinetic behavior and Py-GC–MS analysis of waste dahlia flowers into renewable fuel and value-added chemicals	144	2020	Fuel
31	(Alayoubi et al., 2020)	Low temperature ionic liquid pretreatment of lignocellulosic biomass to enhance bioethanol yield	140	2020	Renewable Energy
32	(Weng et al., 2021)	Evaluating the use of BECCS and afforestation under China's carbon-neutral target for 2060	138	2021	Applied Energy
33	(Beims et al., 2020)	Hydrothermal liquefaction of biomass to fuels and value-added chemicals: Products applications and challenges to develop large-scale operations	136	2020	Biomass and Bioenergy
34	(Rosa & Mazzotti, 2022)	Potential for hydrogen production from sustainable biomass with carbon capture and storage	134	2022	Renewable and Sustainable Energy Reviews
35	(Chen et al., 2021)	A review on recycling techniques for bioethanol production from lignocellulosic biomass	130	2022	Renewable and Sustainable Energy Reviews
36	(Roman-Benn et al., 2023)	Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues	127	2021	Food Chemistry Advances
37	(Yang et al., 2021)	Country-level potential of carbon sequestration and environmental benefits by utilizing crop residues for biochar implementation	125	2021	Applied Energy
38	(Cheng, Bayat, et al., 2020)	Impact of feedstock composition on pyrolysis of low-cost, protein- and lignin-rich biomass: A review	125	2020	Journal of Analytical and Applied Pyrolysis
39	(del Río et al., 2020)	Recent trends on seaweed fractionation for liquid biofuels production	122	2020	Bioresource Technology
40	(Okolie, Nanda, Dalai, & Kozinski, 2020)	Hydrothermal gasification of soybean straw and flax straw for hydrogen-rich syngas production: Experimental and thermodynamic modeling	119	2020	Energy Conversion and Management
41	(Seah et al., 2023)	Co-pyrolysis of biomass and plastic: Circularity of wastes and comprehensive review of synergistic mechanism	118	2023	Results in Engineering

42	(G et al., 2021; Tian et al., 2020)	Influence of torrefaction pretreatment on corncobs: A study on fundamental characteristics, thermal behavior, and kinetic	118	2020	Bioresource Technology
43	(G et al., 2021)	Valorization of agricultural residues: Different biorefinery routes	117	2021	Journal of Environmental Chemical Engineering
44	(Bi et al., 2020)	Combustion behavior, kinetics, gas emission characteristics and artificial neural network modeling of coal gangue and biomass via TG-FTIR	117	2020	Energy
45	(Djandja et al., 2020)	Pyrolysis of Municipal Sewage Sludge for Biofuel Production: A Review	115	2020	Industrial & Engineering Chemistry Research
46	(Jekayinfa et al., 2020)	An Assessment of Potential Resources for Biomass Energy in Nigeria	114	2020	Resources
47	(Zhang et al., 2023)	Challenges and perspectives of green-like lignocellulose pretreatments selectable for low-cost biofuels and high-value bioproduction	113	2023	Bioresource Technology
48	(Vieira de Mendonça et al., 2021)	Microalgae in a global world: New solutions for old problems?	112	2021	Renewable Energy
49	(Ochedi et al., 2020)	State-of-the-art review on capture of CO2 using adsorbents prepared from waste materials	112	2020	Process Safety and Environmental Protection
50	(Karpagam et al., 2021)	Review on integrated biofuel production from microalgal biomass through the outset of transesterification route: a cascade approach for sustainable bioenergy	111	2021	Science of The Total Environment

Nota. TC = total de citações. A tabela apresenta os 50 artigos mais citados entre os documentos recuperados na base Scopus e incluídos no corpus bibliométrico analisado. O total de citações corresponde ao número registrado na base no momento da coleta dos dados, realizada na última semana de junho de 2025.

O conjunto dos 50 artigos mais citados soma 16.513 citações, resultando em média aproximada de 330 citações por artigo. O artigo mais citado da amostra é a revisão intitulada “Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals – A review”, publicada em 2021, com 453 citações. A elevada repercussão desse trabalho indica a relevância crescente da co-pirólise de biomassa e resíduos plásticos como rota integrada para obtenção de biocombustíveis e produtos químicos, tema que dialoga diretamente com as agendas de economia circular, mitigação de resíduos e transição energética.

Entre os periódicos presentes na Tabela 5, Bioresource Technology apresentou destaque em termos de impacto acumulado, com quatro artigos que somam 1.028 citações. Esse resultado reforça a posição do periódico como veículo relevante para estudos aplicados à conversão de biomassa, pré-tratamentos lignocelulósicos, biocombustíveis e valorização de resíduos. Temas recorrentes entre os artigos mais citados incluem processos termoquímicos, como pirólise, co-pirólise, gaseificação e carbonização hidrotérmica, além de produção de biocombustíveis de segunda geração, aproveitamento de resíduos agroindustriais e estratégias integradas de economia circular.

A concentração de impacto em poucos artigos também reflete a dinâmica típica da produção científica, na qual estudos de revisão sistemática ou proposições metodológicas inovadoras tendem a ser mais amplamente citados. Dessa forma, a análise da Tabela 5 vai além da simples contagem de citações, permitindo identificar os eixos temáticos centrais que estruturam a literatura de maior relevância na área, bem como os veículos de publicação mais estratégicos. A leitura crítica desses artigos é recomendada para pesquisadores que desejam alinhar suas investigações às principais tendências internacionais e compreender os caminhos já consolidados e as lacunas ainda existentes na pesquisa sobre bioenergia e resíduos.

Do ponto de vista analítico, os artigos mais citados indicam que a pesquisa internacional tem se concentrado em três frentes principais: (i) desenvolvimento e otimização de rotas de conversão termoquímica e bioquímica da biomassa; (ii) integração entre valorização de resíduos, bioenergia e economia circular; e (iii) avaliação ambiental, energética e tecnológica de sistemas de produção de biocombustíveis e bioprodutos. Essa configuração demonstra que o campo não se limita à substituição de combustíveis fósseis, mas avança para uma abordagem sistêmica, na qual resíduos são tratados como recursos estratégicos para inovação tecnológica, sustentabilidade e redução de impactos ambientais.

]3.2 Contexto Nacional

Considerando o contexto nacional, o Brasil ocupa posição de destaque no corpus analisado, aparecendo como o segundo país em número de documentos, com 232 publicações, o que corresponde a 10,09% do total. Esse resultado evidencia a relevância da produção científica brasileira em temas relacionados à biomassa, energia e resíduos, especialmente em função da disponibilidade de recursos agroindustriais, da tradição nacional em bioenergia e do interesse crescente em estratégias de valorização de resíduos. A Tabela 6 apresenta os 50 artigos mais citados com participação de autores vinculados a instituições brasileiras, permitindo avaliar a distribuição editorial, o impacto científico e as dinâmicas de colaboração nacional e internacional.

Tabela 6. Artigos mais citados com participação de autores vinculados a instituições brasileiras no corpus analisado

Rank	Título e citação	TC	Ano	Revista	Instituição do 1º autor	Instituições Brasileiras	Instituição Estrangeira
1	Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance – Conventional processing and recent advances (Lorenci Woiciechowski et al., 2020)	410	2020	Bioresource Technology	Federal University of Paraná	Federal University of Paraná e Federal University of Technology	X
2	Dark fermentative biohydrogen production from lignocellulosic biomass: Technological challenges and future prospects (Soares et al., 2020)	245	2020	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Federal University of Santa Maria	Federal University of Santa Maria	X
3	A review on hydrothermal carbonization of potential biomass wastes, characterization and environmental applications of hydrochar, and biorefinery perspectives of the process (Cavali et al., 2023)	189	2023	Science of The Total Environment	Federal University of Santa Catarina	Federal University of Santa Catarina e Federal University of Paraná	National Institute of Applied Sciences of Lyon
4	Microalgae in a global world: New solutions for old problems? (Vieira de Mendonça et al., 2021)	112	2021	Renewable Energy	Federal Rural University of Rio de Janeiro	Federal Rural University of Rio de Janeiro, Federal University of Lavras, Federal University of Itajubá, Federal University of Juiz de Fora	National Laboratory of Energy and Geology, I.P. (LNEG), (Campus Lumiar), Lisbon, Portugal
5	Hydrothermal carbonization of lignocellulosic agro-forest based biomass residues (Mendoza Martinez, Sermyagina, et al., 2021)	101	2021	Biomass and Bioenergy	Federal University of Minas Gerais	Federal University of Minas Gerais e Federal University of Viçosa	LUT University, Lappeenranta, Finland
6	Pyrolysis of acai seed biomass: Kinetics and thermodynamic parameters using thermogravimetric analysis (Santos et al., 2020)	79	2020	Bioresource Technology Reports	Federal University of Amazonas	Federal University of Amazonas e Federal University of Para	X
7	Methane production by co-digestion of poultry manure and lignocellulosic biomass: Kinetic and energy assessment (Paranhos et al., 2020)	76	2020	Bioresource Technology	Federal University of Ouro Preto (UFOP)	Federal University of Ouro Preto (UFOP)	X
8	Biofuels versus climate change: Exploring potentials and challenges in the energy transition (Rial, 2024)	64	2024	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Federal Institute of Mato Grosso do Sul	Federal Institute of Mato Grosso do Sul	X
9	Inorganics in sugarcane bagasse and straw and their impacts for bioenergy and biorefining: A review (Negrão et al., 2021)	61	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Brazilian Biorenewables National Laboratory (LNBR)	Brazilian Biorenewables National Laboratory (LNBR) e University of São Paulo	X
10	Evaluation of thermochemical routes for the valorization of solid coffee residues to produce biofuels: A Brazilian case (Mendoza Martinez, Saari, et al., 2021)	59	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Federal University of Minas Gerais (UFMG)	Federal University of Minas Gerais (UFMG)	LUT University, Lappeenranta, Finland
11	Pelletization of eucalyptus wood and coffee growing wastes: Strategies for biomass valorization and sustainable bioenergy production (de Souza et al., 2020)	55	2020	Renewable Energy	University of Concepción-UDEC	Federal University of São João Del-Rei-UFSJ, Federal University of Espirito Santo-UFES, Federal University of Goiás, Federal University of Viçosa, Federal Rural University of the Amazon-UFRA	University of Concepción-UDEC, State University of New York

12	Effects of pressure densification on strength and properties of cassava waste briquettes (Granado et al., 2021)	55	2021	Renewable Energy	São Paulo State University (Unesp)	São Paulo State University (Unesp) e Federal University of São Carlos	X
13	Influence of physical and chemical compositions on the properties and energy use of lignocellulosic biomass pellets in Brazil (da Silva et al., 2020)	53	2020	Renewable Energy	Federal University of Acre	Federal University of Acre, Federal University of São João del-Rei, Federal University of Góias, Federal University of Viçosa e Federal Rural University of the Amazon	X
14	Towards a sustainable waste-to-energy pathway to pequi biomass residues: Biochar, syngas, and biodiesel analysis (Ghesti et al., 2022)	50	2022	Waste Management	University of Brasilia	University of Brasilia	Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
15	Energy quality of pellets produced from coffee residue: Characterization of the products obtained via slow pyrolysis (Setter et al., 2020)	50	2020	Industrial Crops and Products	Federal University of Lavras	Federal University of Lavras e Federal University of Triângulo Mineiro	X
16	Valorization of cassava residues for biogas production in Brazil based on the circular economy: An updated and comprehensive review (Cruz et al., 2021)	49	2021	Cleaner Engineering and Technology	Tiradentes University	Tiradentes University	Babasaheb Bhimrao Ambedkar University (A Central University), Jaypee University of Information Technology e Huaiyin Institute of Technology
17	Hydrochar production from defective coffee beans by hydrothermal carbonization (Santos Santana et al., 2020)	45	2020	Bioresource Technology	Federal University of Lavras	Federal University of Lavras	X
18	Spent coffee grounds and tea leaf residues: Characterization, evaluation of thermal reactivity and recovery of high-value compounds (Sermyagina et al., 2021)	43	2021	Biomass and Bioenergy	Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, Finland	Federal University of Minas Gerais	Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, Finland
19	Production of engineered-biochar under different pyrolysis conditions for phosphorus removal from aqueous solution (Nardis et al., 2022)	43	2022	Science of The Total Environment	Federal University of Lavras	Federal University of Lavras	X
20	Biomass production in high rate ponds and hydrothermal liquefaction: Wastewater treatment and bioenergy integration (Couto et al., 2020)	43	2020	Science of The Total Environment	Federal Universityof Itajubá	Federal Universityof Itajubá, Federal University of Viçosa e Federal University of Lavras	X
21	A systematic review and life cycle assessment of biomass pellets and briquettes production in Latin America (D. A. L. Silva et al., 2022)	42	2022	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Federal University of São Carlos (UFSCar)	Federal University of São Carlos (UFSCar) e Methodist University of Piracicaba (UNIMEP)	Universidad Nacional Autónoma de México, University of Coimbra e Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos
22	Magnetic acid catalyst produced from acai seeds and red mud for biofuel production (Araujo et al., 2021)	41	2021	Energy Conversion and Management	Federal University of Amazonas	National Institute for Amazon Research	X
23	Thermodynamic assessment of the integrated gasification-power plant operating in the sawmill	40	2020	Renewable Energy	University of Santander -UDES	Federal University of Itajubá	University of Santander - UDES e University of the East - UO

	industry: An energy and exergy analysis (Martínez González et al., 2020)						
24	Hexavalent chromium removal from water: adsorption properties of in natura and magnetic nanomodified sugarcane bagasse (Abilio et al., 2021)	38	2021	Environmental Science and Pollution Research	Universidade Federal de São Carlos	Universidade Federal de São Carlos e Universidade Federal de São Paulo	X
25	Xylo-oligosaccharides, fermentable sugars, and bioenergy production from sugarcane straw using steam explosion pretreatment at pilot-scale (Brenelli et al., 2022)	37	2022	Bioresource Technology	University of Campinas	University of Campinas, São Paulo State University (UNESP) e University of Campinas (UNICAMP)	University of Copenhagen, Justus Liebig University Giessen e Aberystwyth University
26	Environmental trade-offs of renewable jet fuels in Brazil: Beyond the carbon footprint (Capaz et al., 2020)	37	2020	Science of The Total Environment	Delft University of Technology (TU Delft)	University of Campinas (UNICAMP)	Delft University of Technology (TU Delft)
27	Current advances in the brewery wastewater treatment from anaerobic digestion for biogas production: A systematic review (Maria et al., 2023)	31	2023	Environmental Advances	Tiradentes University	Tiradentes University	Dongguk University, REVA University e Babasaheb Bhimrao Ambedkar University (A Central University)
28	Pelletizing of lignocellulosic wastes as an environmentally friendly solution for the energy supply: insights on the properties of pellets from Brazilian biomasses (Santana et al., 2021)	31	2021	Environmental Science and Pollution Research	Federal University of Jataí	Federal University of Jataí, Federal University of Lavras, Federal Rural University of Amazonia, São Paulo State University – UNESP e Federal University of Viçosa	X
29	Physicochemical characterization of residual biomass (seed and fiber) from açaí (Euterpe oleracea) processing and assessment of the potential for energy production and bioproducts (de Lima et al., 2021)	31	2021	Biomass Conversion and Biorefinery	Federal University of Rio de Janeiro	Federal University of Rio de Janeiro	X
30	Evaluation of Bioethanol Production from a Mixed Fruit Waste by Wickerhamomyces sp. UFFS-CE-3.1.2 (Zanivan et al., 2022)	30	2022	BioEnergy Research	Federal University of Fronteira Sul	Federal University of Fronteira Sul e Federal University of Santa Catarina	X
31	Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050 (La Picirelli de Souza et al., 2021)	29	2021	Energy Reports	Federal University of Itajubá (UNIFEI)	Federal University of Itajubá (UNIFEI)	Tuscia University of Viterbo e Marche Polytechnic University
32	Upgrading of banana leaf waste to produce solid biofuel by torrefaction: physicochemical properties, combustion behaviors, and potential emissions (Alves et al., 2022)	29	2022	Environmental Science and Pollution Research	Federal University of Santa Catarina	Federal University of Santa Catarina e University of Joinville Region	X
33	Demonstrating the Suitability of Tamarind Residues to Bioenergy Exploitation Via Combustion Through Physicochemical Properties, Performance Indexes, and Emission Characteristics (Alves et al., 2020)	29	2020	BioEnergy Research	Federal University of Santa Catarina (UFSC)	Federal University of Santa Catarina (UFSC), Federal University of Technology—Paraná (UTFPR) e Federal University of Paraíba (UFPB)	X

34	Beneficiation of Sugarcane Bagasse Ash: Pozzolanic Activity and Leaching Behavior (Andreão et al., 2019)	28	2020	Waste and Biomass Valorization	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Western University
35	Modeling and cost analysis of drying of citrus residues as biomass in rotary dryer for bioenergy (Perazzini et al., 2021)	27	2021	Renewable Energy	Federal University of Itajubá	Federal University of Itajubá, Federal University of Technology – Paraná e Federal University of São Carlos	X
36	Anaerobic digestion of hydrothermal liquefaction wastewater from spent coffee grounds (Dias et al., 2021)	27	2021	Biomass and Bioenergy	University of São Paulo (USP)	University of São Paulo (USP) e São Paulo State University (UNESP)	Univeristy of Illinois at Urbana-Champaign
37	Influence of particle size on the physico-mechanical and energy properties of briquettes produced with coffee husks (Setter et al., 2021)	27	2021	Environmental Science and Pollution Research	Federal University of Lavras	Federal University of Lavra e Federal University of Uberlandia	X
38	Assessment of the self-sustained energy generation of an integrated first and second generation ethanol production from sugarcane through the characterization of the hydrolysis process residues (D. J. Carvalho et al., 2020)	27	2020	Energy Conversion and Management	University of Campinas – UNICAMP	University of Campinas – UNICAMP e Federal University of Viçosa	X
39	Design and techno-economic analysis of a hybrid system for energy supply in a wastewater treatment plant: A decentralized energy strategy (Buller et al., 2022)	26	2022	Journal of Environmental Management	University of Campinas (UNICAMP)	University of Campinas (UNICAMP)	X
40	Evaluation of the application of macrophyte biomass Salvinia auriculata Aublet in red ceramics (Girondi Delaqua et al., 2020)	26	2020	Journal of Environmental Management	State University of the Northen Rio de Janeiro - UENF	State University of the Northen Rio de Janeiro - UENF	University of Antioquia
41	Apple pruning residues: Potential for burning in boiler systems and pellet production (Brand & Jacinto, 2020)	26	2020	Renewable Energy	Santa Catarina State University (UDESC)	Santa Catarina State University (UDESC)	X
42	Sugarcane Bagasse: Challenges and Opportunities for Waste Recycling (Hiranobe et al., 2024)	25	2024	Clean Technologies	São Paulo State University	São Paulo State University e University of Western São Paulo (UNOESTE)	X
43	Valorizing municipal organic waste to produce biodiesel, biogas, organic fertilizer, and value-added chemicals: an integrated biorefinery approach (de Sousa et al., 2022)	24	2022	Biomass Conversion and Biorefinery	Federal University of Pernambuco	Federal University of Pernambuco	X
44	High-performance of activated biocarbon based on agricultural biomass waste applied for 2,4-D herbicide removing from water: adsorption, kinetic and thermodynamic assessments (Brito et al., 2020)	24	2020	Journal of Environmental Science and Health, Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes	Federal University of Espírito Santo	Federal University of Espírito Santo	X
45	Ethanol from residual biomass of banana harvest and commercialization: A three-waste simultaneous fermentation approach and a logistic-economic assessment of the process scaling-up towards a sustainable biorefinery in Brazil (Uchôa et al., 2021)	23	2021	Industrial Crops and Products	University of Joinville Region	University of Joinville Region, Federal Institute of Education, Science and Technology of Santa Catarina, Federal University of Santa Catarina	X

46	Insight on açaí seed biomass economy and waste cooking oil: Eco-sorbent castor oil-based (Martins et al., 2021)	22	2021	Journal of Environmental Management	Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Universidade de Araraquara	X
47	Improvement of some chemical and biological methods for the efficient production of xylanases, xylooligosaccharides and lignocellulose from sugar cane bagasse (A. F. A. Carvalho et al., 2020)	22	2020	Biomass and Bioenergy	State University of Campinas (UNICAMP)	State University of Campinas (UNICAMP) e São Paulo State University (UNESP)	X
48	Analysis of the isothermal condition in drying of acai berry residues for biomass application (Nagata et al., 2020)	22	2020	Biomass and Bioenergy	Federal University of Itajubá	Federal University of Itajubá	X
49	The speciation of the organic compounds of slow pyrolysis bio-oils from Brazilian tropical seed cake fruits using high-resolution techniques: GC × GC-TOFMS and ESI(±)-Orbitrap HRMS (Nunes et al., 2020)	22	2020	Microchemical Journal	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Federal Fluminense	X
50	Use of Lignocellulosic Residue from Second-Generation Ethanol Production to Enhance Methane Production Through Co-digestion (Volpi et al., 2022)	21	2022	BioEnergy Research	University of Campinas (UNICAMP)	University of Campinas (UNICAMP) e São Paulo State University (UNESP)	X

Nota. TC = total de citações no corpus analisado. A indicação de instituição brasileira ou estrangeira foi realizada com base nas afiliações dos autores registradas na base Scopus. O símbolo "X" indica ausência de instituição estrangeira entre as afiliações identificadas no respectivo artigo.

A análise da Tabela 6 mostra que Renewable Energy é o periódico com maior presença entre os artigos brasileiros mais citados, com sete publicações. Em seguida, destacam-se Biomass and Bioenergy e Renewable and Sustainable Energy Reviews, ambas com cinco artigos. Esse padrão indica que a produção brasileira de maior impacto está fortemente inserida em periódicos internacionais voltados à energia renovável, conversão de biomassa, sustentabilidade e avaliação tecnológica. Entretanto, o maior impacto acumulado em citações pertence a Bioresource Technology, cujos quatro artigos presentes na amostra somam 1.129 citações, incluindo o artigo brasileiro mais citado do conjunto analisado. Esse resultado reforça a importância de periódicos de perfil aplicado e tecnológico para a difusão internacional da pesquisa brasileira em biomassa e resíduos.

Outro aspecto relevante é o perfil de colaboração internacional dos artigos brasileiros mais citados. Dos 50 trabalhos listados, 17 apresentam coautoria internacional, correspondendo a 34% da amostra. Ao mesmo tempo, apenas quatro artigos possuem primeiro autor afiliado a instituições estrangeiras, o que sugere que, em grande parte dos estudos de maior impacto, pesquisadores vinculados a instituições brasileiras ocupam posição de liderança científica. Esse dado é importante porque indica que a internacionalização da produção brasileira não ocorre apenas por participação secundária em redes externas, mas também por coordenação ou protagonismo em estudos de elevada visibilidade. A cooperação internacional, nesse contexto, contribui para ampliar o alcance das publicações, fortalecer redes técnico-científicas e inserir temas brasileiros em agendas globais de transição energética, economia circular e valorização de resíduos

Os temas presentes entre os artigos brasileiros mais citados revelam uma agenda científica fortemente associada à valorização de biomassas agroindustriais, pré-tratamentos lignocelulósicos, produção de biocombustíveis, peletização, pirólise, carbonização hidrotérmica, digestão anaeróbia e avaliação ambiental. Essa diversidade reflete a própria estrutura produtiva brasileira, marcada pela elevada geração de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais, além da existência de competências consolidadas em bioenergia. Dessa forma, o destaque do Brasil no corpus não deve ser interpretado apenas como resultado quantitativo, mas como expressão de uma agenda científica conectada a desafios nacionais de aproveitamento de resíduos, diversificação energética e desenvolvimento sustentável.

A Figura 3 apresenta a rede de colaboração entre os autores que mais se destacam na produção científica relacionada aos temas “biomassa”, “energia” e “resíduo”, segundo os dados extraídos da base Scopus e analisados pelo software Bibliometrix.

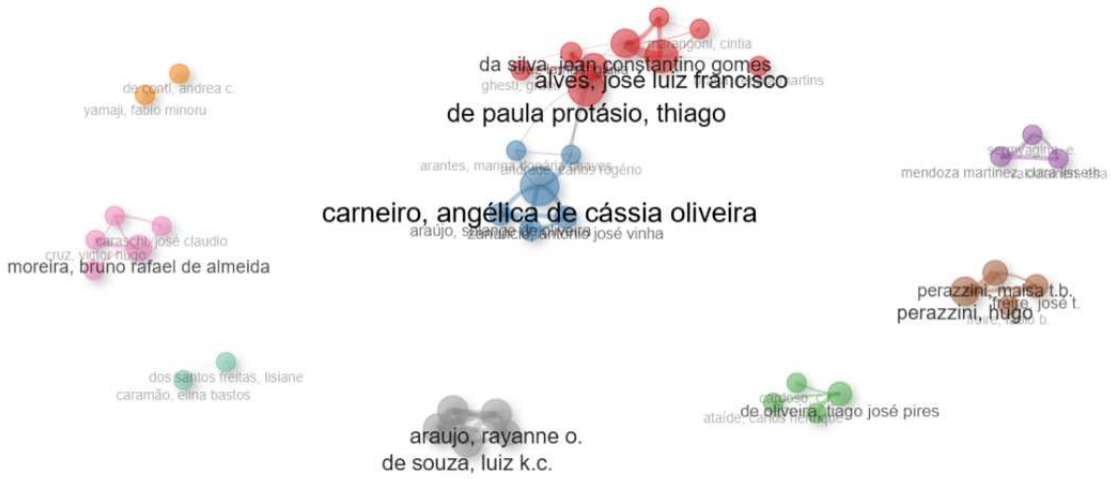


Figura 3. Rede de colaboração entre autores da produção científica brasileira sobre biomassa, energia e resíduos

De acordo com a Figura 3, observa-se a formação de diversos agrupamentos (clusters) que indicam núcleos de cooperação científica consolidados. O grupo mais centralizado e denso é liderado por Carneiro, Angélica de Cássia Oliveira, que aparece com maior destaque tipográfico, indicando elevada frequência de coautorias. Esse cluster inclui outros autores relevantes como de Paula Protásio, Thiago e Alves, José Luiz Francisco, o que sugere forte articulação entre esses pesquisadores e possível liderança em linhas de pesquisa com alta produtividade colaborativa. Também é possível identificar subgrupos independentes, como aquele formado por Araujo, Rayanne O. e de Souza, Luiz K.C., bem como núcleos periféricos como os liderados por Perazzini, Maria e Mendoza Martinez, Daniela, que demonstram menor densidade de conexões com os demais autores. A estrutura geral da rede evidencia a existência de múltiplas frentes de pesquisa cooperativa, mas também aponta que algumas atuações permanecem segmentadas, indicando oportunidades futuras para intensificar colaborações interinstitucionais e inter-regionais dentro da temática.

A Figura 4 ilustra a rede de colaboração entre instituições que mais contribuíram para a produção científica envolvendo os temas de biomassa, energia e resíduos no Brasil.

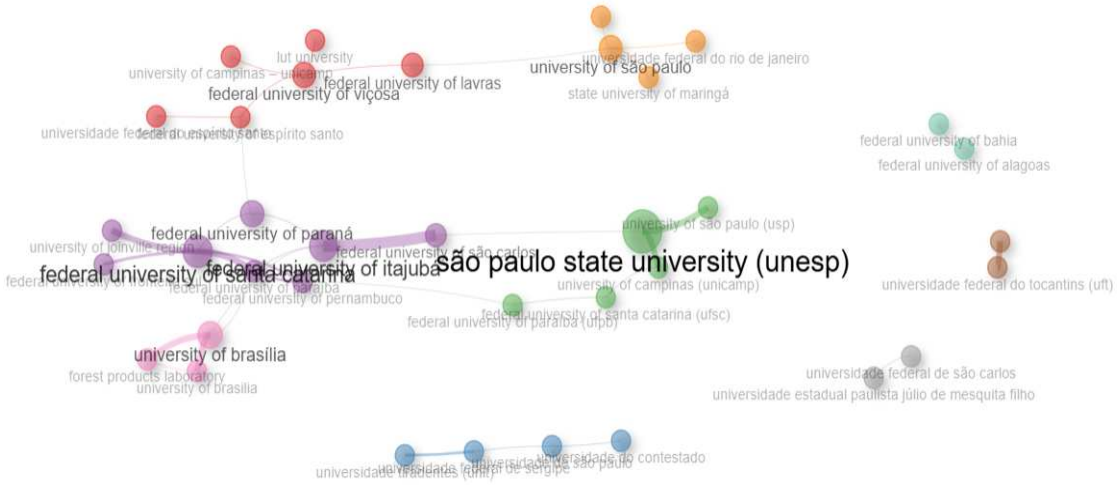


Figura 4. Rede de colaboração institucional da produção científica brasileira sobre biomassa, energia e resíduos

Através da análise da figura 4, observa-se que a São Paulo State University (UNESP) ocupa uma posição central na rede, tanto pelo tamanho da tipografia, que indica maior número de coautorias interinstitucionais, quanto por sua conectividade com diversos grupos acadêmicos. A UNESP se destaca como principal articuladora da colaboração científica nacional nesse campo, conectando-se diretamente com universidades como a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV), formando um núcleo de alta densidade colaborativa, concentrado na região Sudeste.

Outro núcleo relevante está associado à Universidade Federal do Paraná (UFPR), com conexões importantes com instituições da região Sul, como Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Também são observados agrupamentos regionais com menor conexão ao núcleo central, incluindo instituições do Norte e Nordeste. Essa configuração revela que a produção brasileira apresenta polos regionais relevantes, mas ainda há espaço para maior integração entre redes científicas de diferentes regiões, o que poderia fortalecer a circulação de conhecimento, o compartilhamento de infraestrutura e a construção de projetos colaborativos de maior escala.

Já a Figura 5 mostra a colaboração dos autores brasileiros em todos os documentos encontrados nessa busca.

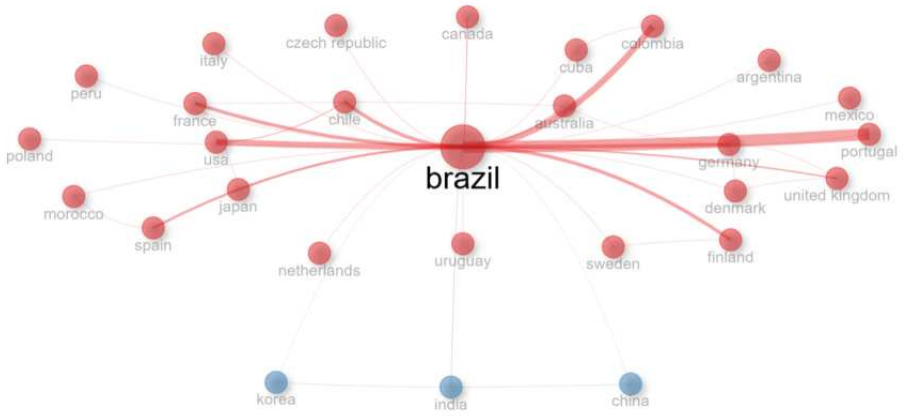


Figura 5. Rede de colaboração internacional da produção científica brasileira sobre biomassa, energia e resíduos

A análise da Figura 5 mostra que o Brasil mantém uma rede ampla de colaborações internacionais na área de biomassa, energia e resíduos. Observam-se conexões com países da América Latina, como Argentina, Chile e México, além de parcerias com nações europeias, como Portugal, Espanha, Alemanha e Reino Unido. Também há conexões com países da Ásia, América do Norte e Oceania, indicando que a produção brasileira apresenta inserção internacional diversificada. No entanto, quando comparado a outros países líderes do corpus, o percentual de colaboração internacional do Brasil ainda sugere margem para crescimento. Assim, a ampliação de parcerias internacionais estratégicas pode contribuir para aumentar o impacto das publicações brasileiras, favorecer a participação em redes multilaterais e fortalecer a presença do país em temas emergentes da agenda global de bioenergia e economia circular.

4. CONCLUSÃO

Este estudo realizou uma análise bibliométrica da produção científica indexada na base Scopus sobre biomassa, energia e resíduos, considerando o período de 2000 a junho de 2025. O corpus final foi composto por 2.300 documentos, distribuídos em 399 periódicos, analisados com o auxílio da ferramenta Bibliometrix/Biblioshiny.

Entre os periódicos analisados, Biomass and Bioenergy apresentou o maior número de publicações, com 130 artigos e 2.088 citações, indicando sua relevância como veículo especializado na área. No entanto, Bioresource Technology apresentou o maior total de citações entre os periódicos listados, com 4.622 citações, enquanto Renewable and Sustainable Energy Reviews registrou a maior média de citações por artigo, com 61,43, e o maior fator de impacto entre os periódicos da Tabela 1. Esses resultados demonstram que produtividade e impacto científico não se expressam da mesma forma, sendo necessário analisar conjuntamente número de artigos, citações, média de citações e indicadores do periódico.

Em relação à distribuição geográfica, a China liderou o corpus em número de documentos e total de citações, seguida pelo Brasil em quantidade de publicações. A Índia, embora tenha ocupado a terceira posição em número de documentos, apresentou o segundo maior total de citações, indicando elevada repercussão científica de parte de sua produção.

A análise bibliométrica permitiu identificar padrões de produção científica, impacto e colaboração, incluindo periódicos mais produtivos, autores recorrentes, instituições centrais, países líderes, artigos mais citados e redes de cooperação científica. Esses indicadores contribuem para compreender a organização do campo e evidenciam que os temas biomassa,

energia e resíduos estão associados a uma agenda internacional de pesquisa voltada à transição energética, à economia circular e à valorização tecnológica de resíduos.

No contexto nacional, o Brasil apresentou participação expressiva, com 232 documentos, correspondendo a 10,09% do corpus analisado. A seção dedicada ao Brasil evidenciou a relevância das instituições brasileiras, a diversidade temática dos artigos mais citados e a importância da cooperação internacional para ampliar a visibilidade da produção científica nacional. Contudo, o percentual de colaboração internacional ainda indica espaço para expansão de redes multilaterais e parcerias estratégicas em temas emergentes de bioenergia, sustentabilidade e aproveitamento de resíduos.

Como limitação, destaca-se que os resultados dependem da estratégia de busca adotada, da cobertura da base Scopus e da qualidade dos metadados exportados. Além disso, embora a bibliometria permita mapear padrões quantitativos e relacionais da produção científica, a interpretação aprofundada das contribuições teóricas e metodológicas dos artigos requer análise qualitativa complementar dos documentos selecionados.

Conclui-se que o campo de pesquisa em biomassa, energia e resíduos apresenta crescimento consistente e forte inserção em periódicos internacionais de energia renovável, sustentabilidade e tecnologias ambientais. A contribuição empírica deste estudo está na atualização do mapeamento até junho de 2025, na integração dos três eixos temáticos em uma única análise e na identificação do papel de países emergentes, especialmente Brasil, China e Índia, na consolidação dessa agenda científica. Os resultados podem subsidiar pesquisadores, gestores de ciência e tecnologia e formuladores de políticas públicas na identificação de tendências, lacunas e oportunidades de cooperação científica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e à Termelétrica Energia Pecém, do Grupo Diamante, pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho, realizado no âmbito de projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) regulado pela ANEEL.

REFERÊNCIAS

Abilio, T. E., Soares, B. C., José, J. C., Milani, P. A., Labuto, G., & Carrilho, E. N. V. M. (2021). Hexavalent chromium removal from water: adsorption properties of in natura and magnetic nanomodified sugarcane bagasse. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(19), 24816–24829. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11726-8

Aguilera, E., Díaz-Gaona, C., García-Laureano, R., Reyes-Palomo, C., Guzmán, G. I., Ortolani, L., Sánchez-Rodríguez, M., & Rodríguez-Estévez, V. (2020). Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. *Agricultural Systems*, *181*, 102809. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102809

Alayoubi, R., Mehmood, N., Husson, E., Kouzayha, A., Tabcheh, M., Chaveriat, L., Sarazin, C., & Gosselin, I. (2020). Low temperature ionic liquid pretreatment of lignocellulosic biomass to enhance bioethanol yield. *Renewable Energy*, *145*, 1808–1816. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.091

Alves, J. L. F., da Silva, J. C. G., Mumbach, G. D., Domenico, M. Di, de Sena, R. F., Machado, R. A. F., & Marangoni, C. (2020). Demonstrating the Suitability of Tamarind Residues to Bioenergy Exploitation Via Combustion Through Physicochemical Properties, Performance Indexes, and Emission Characteristics. *BioEnergy Research*, *13*(4), 1308–1320. https://doi.org/10.1007/s12155-020-10158-z

Alves, J. L. F., da Silva, J. C. G., Sellin, N., Prá, F. de B., Sapelini, C., Souza, O., & Marangoni, C. (2022). Upgrading of banana leaf waste to produce solid biofuel by torrefaction: physicochemical properties, combustion behaviors, and potential emissions. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(17), 25733–25747. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17381-x

Ambaye, T. G., Vaccari, M., Bonilla-Petriciolet, A., Prasad, S., van Hullebusch, E. D., & Rtimi, S. (2021). Emerging technologies for biofuel production: A critical review on recent progress, challenges and perspectives. *Journal of Environmental Management*, *290*, 112627. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112627

Ameen, M., Zamri, N. M., May, S. T., Azizan, M. T., Aqsha, A., Sabzoi, N., & Sher, F. (2022). Effect of acid catalysts on hydrothermal carbonization of Malaysian oil palm residues (leaves, fronds, and shells) for hydrochar production. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *12*(1), 103–114. https://doi.org/10.1007/s13399-020-01201-2

Andreão, P. V., Suleiman, A. R., Cordeiro, G. C., & Nehdi, M. L. (2019). Beneficiation of Sugarcane Bagasse Ash: Pozzolanic Activity and Leaching Behavior. *Waste and Biomass Valorization*. https://doi.org/10.1007/s12649-019-00721-x

Araujo, R. O., Santos, V. O., Ribeiro, F. C. P., Chaar, J. da S., Pereira, A. M., Falcão, N. P. S., & de Souza, L. K. C. (2021). Magnetic acid catalyst produced from acai seeds and red mud for biofuel production. *Energy Conversion and Management*, *228*, 113636. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113636

Arpia, A. A., Chen, W.-H., Lam, S. S., Rousset, P., & de Luna, M. D. G. (2021). Sustainable biofuel and bioenergy production from biomass waste residues using microwave-assisted heating: A comprehensive review. *Chemical Engineering Journal*, *403*, 126233. https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126233

Awasthi, M. K., Sarsaiya, S., Patel, A., Juneja, A., Singh, R. P., Yan, B., Awasthi, S. K., Jain, A., Liu, T., Duan, Y., Pandey, A., Zhang, Z., & Taherzadeh, M. J. (2020). Refining biomass residues for sustainable energy and bio-products: An assessment of technology, its importance, and strategic applications in circular bio-economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *127*, 109876. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109876

Babu, S., Singh Rathore, S., Singh, R., Kumar, S., Singh, V. K., Yadav, S. K., Yadav, V., Raj, R., Yadav, D., Shekhawat, K., & Ali Wani, O. (2022). Exploring agricultural waste biomass for energy, food and feed production and pollution mitigation: A review. *Bioresource Technology*, *360*, 127566. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127566

Beims, R. F., Hu, Y., Shui, H., & Xu, C. (Charles). (2020). Hydrothermal liquefaction of biomass to fuels and value-added chemicals: Products applications and challenges to develop large-scale operations. *Biomass and Bioenergy*, *135*, 105510. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105510

Bi, H., Wang, C., Lin, Q., Jiang, X., Jiang, C., & Bao, L. (2020). Combustion behavior, kinetics, gas emission characteristics and artificial neural network modeling of coal gangue and biomass via TG-FTIR. *Energy*, *213*, 118790. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118790

Brand, M. A., & Jacinto, R. C. (2020). Apple pruning residues: Potential for burning in boiler systems and pellet production. *Renewable Energy*, *152*, 458–466. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.037

Brenelli, L. B., Bhatia, R., Djajadi, D. T., Thygesen, L. G., Rabelo, S. C., Leak, D. J., Franco, T. T., & Gallagher, J. A. (2022). Xylo-oligosaccharides, fermentable sugars, and bioenergy production from sugarcane straw using steam explosion pretreatment at pilot-scale. *Bioresource Technology*, *357*, 127093. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127093

Brito, G. M., Roldi, L. L., Schetino, M. Â., Checon Freitas, J. C., & Cabral Coelho, E. R. (2020). High-performance of activated biocarbon based on agricultural biomass waste applied for 2,4-D herbicide removing from water: adsorption, kinetic and thermodynamic assessments. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, *55*(9), 767–782. https://doi.org/10.1080/03601234.2020.1783178

Buller, L. S., Sganzerla, W. G., Berni, M. D., Brignoli, S. C., & Forster-Carneiro, T. (2022). Design and techno-economic analysis of a hybrid system for energy supply in a wastewater treatment plant: A decentralized energy strategy. *Journal of Environmental Management*, *305*, 114389. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114389

Callegari, A., Bolognesi, S., Cecconet, D., & Capodaglio, A. G. (2020). Production technologies, current role, and future prospects of biofuels feedstocks: A state-of-the-art review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *50*(4), 384–436. https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1629801

Capaz, R. S., de Medeiros, E. M., Falco, D. G., Seabra, J. E. A., Osseweijer, P., & Posada, J. A. (2020). Environmental trade-offs of renewable jet fuels in Brazil: Beyond the carbon footprint. *Science of The Total Environment*, *714*, 136696. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136696

Carvalho, A. F. A., Figueiredo, F. C. de, Campioni, T. S., Pastore, G. M., & de Oliva Neto, P. (2020). Improvement of some chemical and biological methods for the efficient production of xylanases, xylooligosaccharides and lignocellulose from sugar cane bagasse. *Biomass and Bioenergy*, *143*, 105851. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105851

Carvalho, D. J., Moretti, R. R., Colodette, J. L., & Bizzo, W. A. (2020). Assessment of the self-sustained energy generation of an integrated first and second generation ethanol production from sugarcane through the characterization of the hydrolysis process residues. *Energy Conversion and Management*, *203*, 112267. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112267

Cavali, M., Libardi Junior, N., de Sena, J. D., Woiciechowski, A. L., Soccol, C. R., Belli Filho, P., Bayard, R., Benbelkacem, H., & de Castilhos Junior, A. B. (2023). A review on hydrothermal carbonization of potential biomass wastes, characterization and environmental applications of hydrochar, and biorefinery perspectives of the process. *Science of The Total Environment*, *857*, 159627. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159627

Chen, J., Zhang, B., Luo, L., Zhang, F., Yi, Y., Shan, Y., Liu, B., Zhou, Y., Wang, X., & Lü, X. (2021). A review on recycling techniques for bioethanol production from lignocellulosic biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *149*, 111370. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111370

Cheng, F., Bayat, H., Jena, U., & Brewer, C. E. (2020). Impact of feedstock composition on pyrolysis of low-cost, protein- and lignin-rich biomass: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *147*, 104780. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2020.104780

Cheng, F., Luo, H., & Colosi, L. M. (2020). Slow pyrolysis as a platform for negative emissions technology: An integration of machine learning models, life cycle assessment, and economic analysis. *Energy Conversion and Management*, *223*, 113258. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113258

Couto, E., Calijuri, M. L., & Assemany, P. (2020). Biomass production in high rate ponds and hydrothermal liquefaction: Wastewater treatment and bioenergy integration. *Science of The Total Environment*, *724*, 138104. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138104

Cruz, I. A., Santos Andrade, L. R., Bharagava, R. N., Nadda, A. K., Bilal, M., Figueiredo, R. T., & Romanholo Ferreira, L. F. (2021). Valorization of cassava residues for biogas production in Brazil based on the circular economy: An updated and comprehensive review. *Cleaner Engineering and Technology*, *4*, 100196. https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100196

da Silva, S. B., Arantes, M. D. C., de Andrade, J. K. B., Andrade, C. R., Carneiro, A. de C. O., & Protásio, T. de P. (2020). Influence of physical and chemical compositions on the properties and energy use of lignocellulosic biomass pellets in Brazil. *Renewable Energy*, *147*, 1870–1879. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.131

de Lima, A. C. P., Bastos, D. L. R., Camarena, M. A., Bon, E. P. S., Cammarota, M. C., Teixeira, R. S. S., & Gutarra, M. L. E. (2021). Physicochemical characterization of residual biomass (seed and fiber) from açaí (Euterpe oleracea) processing and assessment of the potential for energy production and bioproducts. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *11*(3), 925–935. https://doi.org/10.1007/s13399-019-00551-w

de Sousa, M. H., da Silva, A. S. F., Correia, R. C., Leite, N. P., Bueno, C. E. G., dos Santos Pinheiro, R. L., de Santana, J. S., da Silva, J. L., Sales, A. T., de Souza, C. C., da Silva Aquino, K. A., de Souza, R. B., Pinheiro, I. O., Henríquez, J. R., Schuler, A. R. P., de Sá Barretto Sampaio, E. V., Dutra, E. D., & Menezes, R. S. C. (2022). Valorizing municipal organic waste to produce biodiesel, biogas,

organic fertilizer, and value-added chemicals: an integrated biorefinery approach. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *12*(3), 827–841. https://doi.org/10.1007/s13399-020-01252-5

de Souza, H. J. P. L., Arantes, M. D. C., Vidaurre, G. B., Andrade, C. R., Carneiro, A. de C. O., de Souza, D. P. L., & Protásio, T. de P. (2020). Pelletization of eucalyptus wood and coffee growing wastes: Strategies for biomass valorization and sustainable bioenergy production. *Renewable Energy*, *149*, 128–140. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.015

del Río, P. G., Gomes-Dias, J. S., Rocha, C. M. R., Romaní, A., Garrote, G., & Domingues, L. (2020). Recent trends on seaweed fractionation for liquid biofuels production. *Bioresource Technology*, *299*, 122613. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122613

Dias, M. E., Oliveira, G. H. D., Couto, P. T., Dussán, K. J., Zaiat, M., Ribeiro, R., Stablein, M. J., Watson, J. T., Zhang, Y., & Tommaso, G. (2021). Anaerobic digestion of hydrothermal liquefaction wastewater from spent coffee grounds. *Biomass and Bioenergy*, *148*, 106030. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106030

Djandja, O. S., Wang, Z.-C., Wang, F., Xu, Y.-P., & Duan, P.-G. (2020). Pyrolysis of Municipal Sewage Sludge for Biofuel Production: A Review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *59*(39), 16939–16956. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c01546

Felix, C. B., Chen, W.-H., Ubando, A. T., Park, Y.-K., Lin, K.-Y. A., Pugazhendhi, A., Nguyen, T.-B., & Dong, C.-D. (2022). A comprehensive review of thermogravimetric analysis in lignocellulosic and algal biomass gasification. *Chemical Engineering Journal*, *445*, 136730. https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.136730

G, G., S, K., R, Y. K., Bhatia, S. K., S, A. K., M, R., Kumar, G., Pugazhendhi, A., Chi, N. T. L., & J, R. B. (2021). Valorization of agricultural residues: Different biorefinery routes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(4), 105435. https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105435

Ghesti, G. F., Silveira, E. A., Guimarães, M. G., Evaristo, R. B. W., & Costa, M. (2022). Towards a sustainable waste-to-energy pathway to pequi biomass residues: Biochar, syngas, and biodiesel analysis. *Waste Management*, *143*, 144–156. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.022

Girondi Delaqua, G. C., Marvila, M. T., Souza, D., Sanchez Rodriguez, R. J., Colorado, H. A., & Fontes Vieira, C. M. (2020). Evaluation of the application of macrophyte biomass Salvinia auriculata Aublet in red ceramics. *Journal of Environmental Management*, *275*, 111253. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111253

Granado, M. P. P., Suhogusoff, Y. V. M., Santos, L. R. O., Yamaji, F. M., & De Conti, A. C. (2021). Effects of pressure densification on strength and properties of cassava waste briquettes. *Renewable Energy*, *167*, 306–312. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.087

Hiranobe, C. T., Gomes, A. S., Paiva, F. F. G., Tolosa, G. R., Paim, L. L., Dognani, G., Cardim, G. P., Cardim, H. P., dos Santos, R. J., & Cabrera, F. C. (2024). Sugarcane Bagasse: Challenges and Opportunities for Waste Recycling. *Clean Technologies*, *6*(2), 662–699. https://doi.org/10.3390/cleantechnol6020035

Hoang, A. T., Ong, H. C., Fattah, I. M. R., Chong, C. T., Cheng, C. K., Sakthivel, R., & Ok, Y. S. (2021). Progress on the lignocellulosic biomass pyrolysis for biofuel production toward environmental sustainability. *Fuel Processing Technology*, *223*, 106997. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.106997

Irfan, M., Zhao, Z.-Y., Panjwani, M. K., Mangi, F. H., Li, H., Jan, A., Ahmad, M., & Rehman, A. (2020). Assessing the energy dynamics of Pakistan: Prospects of biomass energy. *Energy Reports*, *6*, 80–93. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.161

Jekayinfa, S. O., Orisaleye, J. I., & Pecenka, R. (2020). An Assessment of Potential Resources for Biomass Energy in Nigeria. *Resources*, *9*(8), 92. https://doi.org/10.3390/resources9080092

Kang, Y., Yang, Q., Bartocci, P., Wei, H., Liu, S. S., Wu, Z., Zhou, H., Yang, H., Fantozzi, F., & Chen, H. (2020). Bioenergy in China: Evaluation of domestic biomass resources and the associated greenhouse gas mitigation potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *127*, 109842. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109842

Karpagam, R., Jawaharraj, K., & Gnanam, R. (2021). Review on integrated biofuel production from microalgal biomass through the outset of transesterification route: a cascade approach for sustainable bioenergy. *Science of The Total Environment*, *766*, 144236. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144236

Kasinath, A., Fudala-Ksiazek, S., Szopinska, M., Bylinski, H., Artichowicz, W., Remiszewska-Skwarek, A., & Luczkiewicz, A. (2021). Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *150*, 111509. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111509

Kumar Sarangi, P., Subudhi, S., Bhatia, L., Saha, K., Mudgil, D., Prasad Shadangi, K., Srivastava, R. K., Pattnaik, B., & Arya, R. K. (2022). Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(4), 8526–8539. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20669-1

Kumar, V., Pathak, P., & Bhardwaj, N. K. (2020). Waste paper: An underutilized but promising source for nanocellulose mining. *Waste Management*, *102*, 281–303. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.041

La Picirelli de Souza, L., Rajabi Hamedani, S., Silva Lora, E. E., Escobar Palacio, J. C., Comodi, G., Villarini, M., & Colantoni, A. (2021). Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050. *Energy Reports*, *7*, 2574–2587. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.04.026

Li, Y., Zhang, D., Zhang, Y., He, J., Wang, Y., Wang, K., Xu, Y., Li, H., & Wang, Y. (2020). Biomass-derived microporous carbon with large micropore size for high-performance supercapacitors. *Journal of Power Sources*, *448*, 227396. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.227396

Lorenci Woiciechowski, A., Dalmas Neto, C. J., Porto de Souza Vandenberghe, L., de Carvalho Neto, D. P., Novak Sydney, A. C., Letti, L. A. J., Karp, S. G., Zevallos Torres, L. A., & Soccol, C. R. (2020). Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance – Conventional processing and recent advances. *Bioresource Technology*, *304*, 122848. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122848

Maria, M. P., Torres, N. H., Nascimento, V. R. S., Chagas, T. S. A., Saratale, G. D., Mulla, S. I., Bharagava, R. N., Cavalcanti, E. B., & Romanholo Ferreira, L. F. (2023). Current advances in the brewery wastewater treatment from anaerobic digestion for biogas production: A systematic review. *Environmental Advances*, *13*, 100394. https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100394

Martínez González, A., Lesme Jaén, R., & Silva Lora, E. E. (2020). Thermodynamic assessment of the integrated gasification-power plant operating in the sawmill industry: An energy and exergy analysis. *Renewable Energy*, *147*, 1151–1163. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.045

Martins, L. S., Silva, N. G. S., Claro, A. M., Amaral, N. C., Barud, H. S., & Mulinari, D. R. (2021). Insight on açaí seed biomass economy and waste cooking oil: Eco-sorbent castor oil-based. *Journal of Environmental Management*, *293*, 112803. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112803

Mendoza Martinez, C. L., Saari, J., Melo, Y., Cardoso, M., de Almeida, G. M., & Vakkilainen, E. (2021). Evaluation of thermochemical routes for the valorization of solid coffee residues to produce biofuels: A Brazilian case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *137*, 110585. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110585

Mendoza Martinez, C. L., Sermyagina, E., Saari, J., Silva de Jesus, M., Cardoso, M., Matheus de Almeida, G., & Vakkilainen, E. (2021). Hydrothermal carbonization of lignocellulosic agro-forest based biomass residues. *Biomass and Bioenergy*, *147*, 106004. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106004

Mishra, R. K., Mohanty, K., & Wang, X. (2020). Pyrolysis kinetic behavior and Py-GC–MS analysis of waste dahlia flowers into renewable fuel and value-added chemicals. *Fuel*, *260*, 116338. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116338

Nagata, G. A., Souto, B. A., Perazzini, M. T. B., & Perazzini, H. (2020). Analysis of the isothermal condition in drying of acai berry residues for biomass application. *Biomass and Bioenergy*, *133*, 105453. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105453

Nardis, B. O., Franca, J. R., Carneiro, J. S. da S., Soares, J. R., Guilherme, L. R. G., Silva, C. A., & Melo, L. C. A. (2022). Production of engineered-biochar under different pyrolysis conditions for phosphorus removal from aqueous solution. *Science of The Total Environment*, *816*, 151559. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151559

Negrão, D. R., Grandis, A., Buckeridge, M. S., Rocha, G. J. M., Leal, M. R. L. V., & Driemeier, C. (2021). Inorganics in sugarcane bagasse and straw and their impacts for bioenergy and biorefining: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *148*, 111268. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111268

Nunes, V. O., Silva, R. V. S., Romeiro, G. A., & Azevedo, D. A. (2020). The speciation of the organic compounds of slow pyrolysis bio-oils from Brazilian tropical seed cake fruits using high-resolution techniques: GC × GC-TOFMS and ESI(±)-Orbitrap HRMS. *Microchemical Journal*, *153*, 104514. https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104514

Ochedi, F. O., Liu, Y., & Adewuyi, Y. G. (2020). State-of-the-art review on capture of CO2 using adsorbents prepared from waste materials. *Process Safety and Environmental Protection*, *139*, 1–25. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.03.036

Okolie, J. A., Nanda, S., Dalai, A. K., Berruti, F., & Kozinski, J. A. (2020). A review on subcritical and supercritical water gasification of biogenic, polymeric and petroleum wastes to hydrogen-rich synthesis gas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *119*, 109546. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109546

Okolie, J. A., Nanda, S., Dalai, A. K., & Kozinski, J. A. (2020). Hydrothermal gasification of soybean straw and flax straw for hydrogen-rich syngas production: Experimental and thermodynamic modeling. *Energy Conversion and Management*, *208*, 112545. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112545

Olugbade, T. O., & Ojo, O. T. (2020). Biomass Torrefaction for the Production of High-Grade Solid Biofuels: a Review. *BioEnergy Research*, *13*(4), 999–1015. https://doi.org/10.1007/s12155-020-10138-3

Paranhos, A. G. de O., Adarme, O. F. H., Barreto, G. F., Silva, S. de Q., & Aquino, S. F. de. (2020). Methane production by co-digestion of poultry manure and lignocellulosic biomass: Kinetic and energy assessment. *Bioresource Technology*, *300*, 122588. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122588

Pauline, A. L., & Joseph, K. (2020). Hydrothermal carbonization of organic wastes to carbonaceous solid fuel – A review of mechanisms and process parameters. *Fuel*, *279*, 118472. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118472

Perazzini, H., Perazzini, M. T. B., Freire, F. B., Freire, F. B., & Freire, J. T. (2021). Modeling and cost analysis of drying of citrus residues as biomass in rotary dryer for bioenergy. *Renewable Energy*, *175*, 167–178. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.144

Prasad, S., Singh, A., Korres, N. E., Rathore, D., Sevda, S., & Pant, D. (2020). Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective. *Bioresource Technology*, *303*, 122964. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122964

Rial, R. C. (2024). Biofuels versus climate change: Exploring potentials and challenges in the energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *196*, 114369. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114369

Roman-Benn, A., Contador, C. A., Li, M.-W., Lam, H.-M., Ah-Hen, K., Ulloa, P. E., & Ravanal, M. C. (2023). Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. *Food Chemistry Advances*, *2*, 100192. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100192

Rosa, L., & Mazzotti, M. (2022). Potential for hydrogen production from sustainable biomass with carbon capture and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *157*, 112123. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112123

Rosa, L., Sanchez, D. L., & Mazzotti, M. (2021). Assessment of carbon dioxide removal potential *via* BECCS in a carbon-neutral Europe. *Energy & Environmental Science*, *14*(5), 3086–3097. https://doi.org/10.1039/D1EE00642H

Saini, J., Dutta, M., & Marques, G. (2020). A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health. *Sustainable Environment Research*, *30*(1), 6. https://doi.org/10.1186/s42834-020-0047-y

Santana, D. A. R., Scatolino, M. V., Lima, M. D. R., de Oliveira Barros Junior, U., Garcia, D. P., Andrade, C. R., de Cássia Oliveira Carneiro, A., Trugilho, P. F., & de Paula Protásio, T. (2021). Pelletizing of lignocellulosic wastes as an environmentally friendly solution for the energy supply: insights on the properties of pellets from Brazilian biomasses. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(9), 11598–11617. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11401-y

Santos Santana, M., Pereira Alves, R., da Silva Borges, W. M., Francisquini, E., & Guerreiro, M. C. (2020). Hydrochar production from defective coffee beans by hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, *300*, 122653. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122653

Santos, V. O., Queiroz, L. S., Araujo, R. O., Ribeiro, F. C. P., Guimarães, M. N., da Costa, C. E. F., Chaar, J. S., & de Souza, L. K. C. (2020). Pyrolysis of acai seed biomass: Kinetics and thermodynamic parameters using thermogravimetric analysis. *Bioresource Technology Reports*, *12*, 100553. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100553

Seah, C. C., Tan, C. H., Arifin, N. A., Hafriz, R. S. R. M., Salmiaton, A., Nomanbhay, S., & Shamsuddin, A. H. (2023). Co-pyrolysis of biomass and plastic: Circularity of wastes and comprehensive review of synergistic mechanism. *Results in Engineering*, *17*, 100989. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100989

Sermyagina, E., Mendoza Martinez, C. L., Nikku, M., & Vakkilainen, E. (2021). Spent coffee grounds and tea leaf residues: Characterization, evaluation of thermal reactivity and recovery of high-value compounds. *Biomass and Bioenergy*, *150*, 106141. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106141

Setter, C., Ataíde, C. H., Mendes, R. F., & de Oliveira, T. J. P. (2021). Influence of particle size on the physico-mechanical and energy properties of briquettes produced with coffee husks. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(7), 8215–8223. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11124-0

Setter, C., Borges, F. A., Cardoso, C. R., Mendes, R. F., & Oliveira, T. J. P. (2020). Energy quality of pellets produced from coffee residue: Characterization of the products obtained via slow pyrolysis. *Industrial Crops and Products*, *154*, 112731. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112731

Sharma, B., Larroche, C., & Dussap, C.-G. (2020). Comprehensive assessment of 2G bioethanol production. *Bioresource Technology*, *313*, 123630. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123630

Sharma, P. R., Sharma, S. K., Lindström, T., & Hsiao, B. S. (2020). Nanocellulose-Enabled Membranes for Water Purification: Perspectives. *Advanced Sustainable Systems*, *4*(5). https://doi.org/10.1002/adsu.201900114

Shinde, R., Shahi, D. K., Mahapatra, P., Singh, C. S., Naik, S. K., Thombare, N., & Singh, A. K. (2022). Management of crop residues with special reference to the on-farm utilization methods: A review. *Industrial Crops and Products*, *181*, 114772. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114772

Silva, D. A. L., Filleti, R. A. P., Musule, R., Matheus, T. T., & Freire, F. (2022). A systematic review and life cycle assessment of biomass pellets and briquettes production in Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *157*, 112042. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112042

Singh, S., Patil, T., Tekade, S. P., Gawande, M. B., & Sawarkar, A. N. (2021). Studies on individual pyrolysis and co-pyrolysis of corn cob and polyethylene: Thermal degradation behavior, possible

synergism, kinetics, and thermodynamic analysis. *Science of The Total Environment*, *783*, 147004. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147004

Singh Siwal, S., Zhang, Q., Sun, C., Thakur, S., Kumar Gupta, V., & Kumar Thakur, V. (2020). Energy production from steam gasification processes and parameters that contemplate in biomass gasifier – A review. *Bioresource Technology*, *297*, 122481. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122481

Soares, J. F., Confortin, T. C., Todero, I., Mayer, F. D., & Mazutti, M. A. (2020). Dark fermentative biohydrogen production from lignocellulosic biomass: Technological challenges and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *117*, 109484. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109484

Tavares, R., Monteiro, E., Tabet, F., & Rouboa, A. (2020). Numerical investigation of optimum operating conditions for syngas and hydrogen production from biomass gasification using Aspen Plus. *Renewable Energy*, *146*, 1309–1314. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.051

Tian, X., Dai, L., Wang, Y., Zeng, Z., Zhang, S., Jiang, L., Yang, X., Yue, L., Liu, Y., & Ruan, R. (2020). Influence of torrefaction pretreatment on corncobs: A study on fundamental characteristics, thermal behavior, and kinetic. *Bioresource Technology*, *297*, 122490. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122490

Uchôa, P. Z., Porto, R. C. T., Battisti, R., Marangoni, C., Sellin, N., & Souza, O. (2021). Ethanol from residual biomass of banana harvest and commercialization: A three-waste simultaneous fermentation approach and a logistic-economic assessment of the process scaling-up towards a sustainable biorefinery in Brazil. *Industrial Crops and Products*, *174*, 114170. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114170

Vieira de Mendonça, H., Assemany, P., Abreu, M., Couto, E., Maciel, A. M., Duarte, R. L., Barbosa dos Santos, M. G., & Reis, A. (2021). Microalgae in a global world: New solutions for old problems? *Renewable Energy*, *165*, 842–862. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.014

Volpi, M. Paula. C., Brenelli, L. B., Mockaitis, G., Rabelo, S. C., Franco, T. T., & Moraes, B. S. (2022). Use of Lignocellulosic Residue from Second-Generation Ethanol Production to Enhance Methane Production Through Co-digestion. *BioEnergy Research*, *15*(1), 602–616. https://doi.org/10.1007/s12155-021-10293-1

Wang, Z., Burra, K. G., Lei, T., & Gupta, A. K. (2021). Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals-A review. *Progress in Energy and Combustion Science*, *84*, 100899. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2020.100899

Weng, Y., Cai, W., & Wang, C. (2021). Evaluating the use of BECCS and afforestation under China's carbon-neutral target for 2060. *Applied Energy*, *299*, 117263. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117263

Yaashikaa, P. R., Senthil Kumar, P., & Varjani, S. (2022). Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. *Bioresource Technology*, *343*, 126126. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126126

Yang, Q., Mašek, O., Zhao, L., Nan, H., Yu, S., Yin, J., Li, Z., & Cao, X. (2021). Country-level potential of carbon sequestration and environmental benefits by utilizing crop residues for biochar implementation. *Applied Energy*, *282*, 116275. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116275

Zanivan, J., Bonatto, C., Scapini, T., Dalastra, C., Bazoti, S. F., Júnior, S. L. A., Fongaro, G., & Treichel, H. (2022). Evaluation of Bioethanol Production from a Mixed Fruit Waste by Wickerhamomyces sp. UFFS-CE-3.1.2. *BioEnergy Research*, *15*(1), 175–182. https://doi.org/10.1007/s12155-021-10273-5

Zhang, R., Gao, H., Wang, Y., He, B., Lu, J., Zhu, W., Peng, L., & Wang, Y. (2023). Challenges and perspectives of green-like lignocellulose pretreatments selectable for low-cost biofuels and high-value bioproduction. *Bioresource Technology*, *369*, 128315. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128315