

A VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS NAS CADEIAS PRODUTIVAS DO AGRONEGÓCIO

LÉIA MARIA COELHO VIANNA

DIEGO DURANTE MÜHL

UFRGS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

LETICIA DE OLIVEIRA

Introdução

As atividades produtivas geram resíduos e emissões que afetam os ecossistemas em diferentes escalas e habitats. Atualmente os pesquisadores buscam inovações capazes de evitar os desperdícios e reduzir as emissões. Para a economia circular além de reduzir os impactos ambientais é possível agregar valor às atividades de cuidado ao meio ambiente.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Aplicar a economia circular em atividades importantes como a produção de alimentos não é uma tarefa fácil, pois conceitos abstratos devem ser transformados em práticas concretas. Assim foi estabelecido o objetivo de identificar práticas de gestão de resíduos que podem agregar valor às cadeias produtivas do agronegócio.

Fundamentação Teórica

É importante encontrar mecanismos para valorizar os resíduos agrícolas pois isso pode promover a sustentabilidade do agronegócio, por outro lado é preciso compreender como o conceito de economia circular pode ser viabilizado em termos práticos.

Metodologia

A presente pesquisa teve um caráter exploratório descritivo, uma bibliometria foi aplicada e uma visão abrangente das práticas de gestão de resíduos obtida. As bases de dados Scopus e Web of Science foram usadas para busca de artigos. O total de 858 artigos foram analisados com o software VOSView.

Análise dos Resultados

Os resultados apontam para duas grandes oportunidades para a geração de valor a partir dos resíduos agrícolas. Uma oportunidade está relacionada a reciclagem de resíduos não orgânicos como os plásticos e a outra oportunidade está relacionada a gestão da biomassa ou dos resíduos orgânicos.

Conclusão

O desenvolvimento de alternativas para a valorização de resíduos das cadeias agrícolas requer o estudo de tecnologias inovadoras e novas práticas de negócios. Uma reestruturação dos sistemas de produção existentes deverá incorporar soluções tecnológicas que permitam o aproveitamento dos aspectos bioquímicos dos mais diversos tipos de resíduos. A principal contribuição científica dessa pesquisa foi apresentar uma compreensão das possibilidades de agregação de valor às cadeias produtivas do agronegócio.

Referências Bibliográficas

AWASTHI, M.K. et al. 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*, [s. l.], v. 127, 2020. CORATO, Ugo de. Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of The Total Environment*, [s. l.], v. 738, p. 139840, 2020.

Palavras Chave

Agregação de valor, Economia circular, Sustentabilidade

A VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS NAS CADEIAS PRODUTIVAS DO AGRONEGÓCIO

1 INTRODUÇÃO

Atividades produtivas geram resíduos e emissões que afetam os ecossistemas em diferentes escalas e habitats. O esgotamento de recursos naturais, o aumento da população, as mudanças climáticas e a diminuição de bem-estar são alguns dos diversos impactos que podem ser observados nas condições atuais do meio ambiente. Awasthi (*et al.*, 2020) apresenta que um terço de todos os alimentos produzidos no mundo se perde ou é desperdiçado e Cristóbal (*et al.*, 2018) prevê um crescimento populacional contínuo que aumentará a demanda global por alimentos.

Para Corato (2020), o desenvolvimento de inovações nas práticas sustentáveis traz consigo a mitigação de impactos ambientais, portanto há um incentivo para a busca de alternativas ecologicamente corretas de reaproveitamento produtivo que gerem benefícios para a qualidade do solo e crescimento das plantas.

1.2 Problema De Pesquisa

Dado o aumento projetado de um terço da população mundial até 2050 as melhores estimativas indicam a necessidade de aumentar a produção agrícola em 2/3 para alimentar mais de 2 bilhões de pessoas a níveis adequados de nutrição (AWASTHI *et al.*, 2020). Corato (2020), apresenta que o crescimento populacional contínuo e o aumento do consumo estão impulsionando a demanda global por alimentos e gerando impactos nas mudanças climáticas.

As altas temperaturas e mudanças nos padrões globais de precipitação causam a redução das colheitas e a proliferação de pragas em terras agrícolas; também as monoculturas contínuas causam diminuição na matéria orgânica do solo e a emissão de gases de efeito estufa; além disto, a crescente preocupação com a saúde humana devido aos produtos químicos e fertilizantes de uso massivo incentivam os agricultores a buscar diferentes alternativas (CORATO, 2020).

1.3 Objetivo

Diante do contexto apresentado, o objetivo foi identificar práticas de gestão de resíduos que podem agregar valor nas cadeias produtivas do agronegócio, fomentando o desenvolvimento de inovações capazes de evitar os desperdícios e reduzir as emissões. Especificamente, objetivou-se: apresentar as principais características das tecnologias de agregação de valor de resíduos, sumarizar os desafios para o desenvolvimento dessas tecnologias e descrever os benefícios econômicos e ambientais que podem ser gerados a partir do aumento de produção com o consumo de menos recursos.

Este artigo justifica-se pela necessidade de promover a sustentabilidade do agronegócio encontrando mecanismos que valorizem os resíduos agrícolas. Com o desenvolvimento de uma fundamentação teórica e familiarização com os dados científicos foi possível desenvolver noções sobre as principais características das tecnologias de valorização de resíduos e compreender como o conceito de economia circular pode viabilizar em termos práticos a agregação de valor às atividades de cuidado ao meio ambiente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos

Awasthi (*et al.*, 2020) apresenta que a matéria-prima orgânica se refere a materiais derivados que podem ser utilizados de forma mais sustentável, com maior eficiência e custos mais baixos de processamento. Resíduos agrícolas, ou a parte não-grão da planta, como palha, caule, talo, bagaço, casca e sabugo, são a porção mais substancial dos resíduos à base de plantas que podem ser usados como matéria-prima convertida em biocombustíveis e bioquímicos.

A lei de Resíduos número 12.305, de 2 de agosto de 2010, define resíduo como: material ou coisa que o possuidor abandonou, vai abandonar ou é obrigado a abandonar. Exemplos típicos são os produtos secundários da agricultura, como estrume e resíduos de madeira. Em 2016, o mundo gerou 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos, que até 2050 serão 3,4 bilhões de toneladas; essa tendência e a destinação incorreta dos resíduos causam diversos problemas ambientais, como: a poluição, a emissão de gases de efeito estufa e a ocorrência de doenças (SOUSA *et al.*, 2022). O livro de Kaza (*et al.*, 2018) prevê que, em 2050, os níveis de resíduos duplicarão, sendo gerado mais rapidamente do que outros poluentes ambientais.

Donner; Gohier; De Vries (2020), apresentam que uma redução no impacto ambiental e fechamento do ciclo completo de materiais é alcançado quando os produtos reaproveitados têm o mesmo uso ou seu próximo uso tem mais valor que o atual.

2.2 Criação De Valor

Para Donner; Gohier; de Vries (2020), a criação de valor pode ser realizada por meio de uma cadeia cruzada com valorização dos subprodutos agrícolas. Pretende-se analisar a aplicação de tecnologias como uma fonte de geração de valor para o agronegócio. Neste sentido, espera-se compreender quais práticas tecnológicas podem agregar valor, contribuir para o desenvolvimento de inovações nas práticas sustentáveis e mitigar os impactos ambientais.

Para uma utilização eficaz dos subprodutos agrícolas, tanto em benefícios ambientais como de valor acrescentado, é necessário associar resíduos agrícolas com tecnologias e oportunidades de negócios, desenvolvendo uma visão de valorização intersetorial. A implementação da economia circular nas cadeias produtivas do agronegócio traz oportunidades técnicas, ambientais e socioeconômicas que impactam na sustentabilidade dos sistemas agrícolas e geram cadeias de valor sustentável (DONNER; GOHIER; DE VRIES, 2020).

2.3 Economia Circular

Um modelo de negócios circular é a lógica de como uma organização cria, entrega e captura valor em ciclos de materiais fechados. Este modelo diferencia-se do modelo de negócios clássico pelo seu objetivo, que não visa principalmente desempenho econômico, mas sim fechar circuitos energéticos e de materiais, garantindo uma boa saúde financeira e a viabilidade de longo prazo da empresa. O conceito de economia circular propõe novas formas para criar valor anteriormente não alcançado (DONNER; GOHIER; DE VRIES, 2020).

D'amato (*et al.*, 2017) propôs a seguinte definição: a economia circular é construída a partir de sistemas que maximizam o serviço produzido. Ela contribui para o desenvolvimento sustentável usufruindo os ciclos do ecossistema, em respeito as taxas de reprodução toleradas pela natureza, e utilizando fluxos de materiais cíclicos em conjunto com fontes de energia renovável.

Para Korhonen; Honkasalo; Seppälä, (2018) os três pilares da sustentabilidade são o impacto social, o ambiental e o econômico, que permitem uma nova ótica para tomada de decisões sobre as vias de valorização benéficas e sustentáveis. As principais ações pelas quais uma economia circular ocorre são os “3R” princípios de redução, reutilização e reciclagem que focam na circulação de materiais no sistema (RANTA; AARIKKA-STENROOS; MÄKINEN, 2018).

A economia circular busca reduzir o desperdício, fazendo o melhor uso dos resíduos produzidos por meio de procedimentos viáveis para aumentar o valor, e realizar a implementação de uma economia circular em todo o setor agroalimentar. A economia circular promove a preservação e o valor econômico do produto tentando estender a vida útil máxima de seus componentes e visando o maior valor agregado possível (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Deste conceito sugere a criação simultânea de benefícios ambientais e econômicos que tem potencial para gerar oportunidades de emprego (VILARIÑO; FRANCO; QUARRINGTON, 2017).

Figura 1 – Economia Circular



Fonte: Autores, 2022

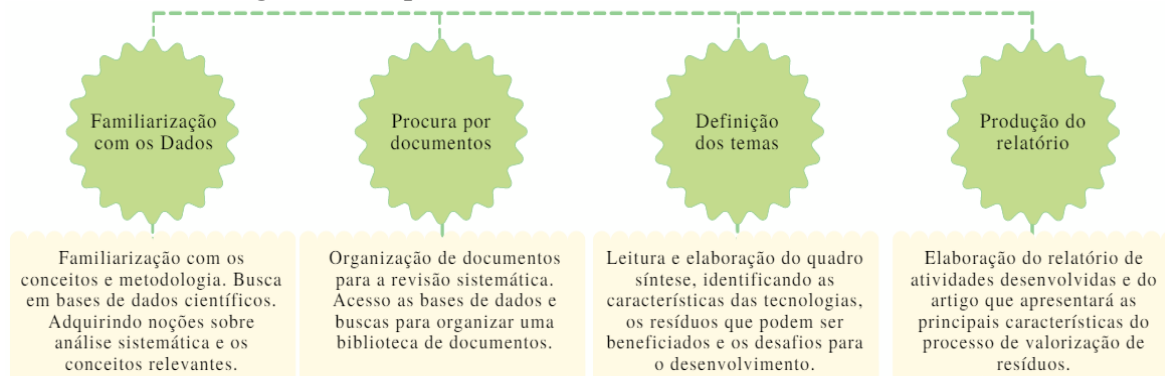
3 MÉTODO

Para caracterização da pesquisa e inclusão dos artigos adotamos as orientações do protocolo PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (GALVÃO, 2015) que compreende as seguintes etapas: identificação, triagem, seleção e inclusão de estudos de modo que os resultados de cada etapa sejam registrados. Os procedimentos metodológicos constituíram-se em análise bibliométrica e técnicas quantitativas para explorar os padrões e tendências que ocorrem na literatura abordada (NAVROTSKY; PATSEI, 2021).

Para analisar os dados coletados, foi empregado a técnica da análise temática: processo de codificação da informação qualitativa em uma série de padrões, entendido por temas. A partir das informações foi possível descrever e organizar as observações para interpretar os aspectos dos fenômenos. A análise temática é pautada na codificação, um processo de pesquisa qualitativa que extrai segmentos de texto, os códigos, para rotulá-los e transformá-los em dados (BOYATZIS, 1998).

Miles; Huberman; Saldaña (2020), postulam que os códigos são usados para reaver e categorizar partes similares dos dados, de modo que o pesquisador possa rapidamente encontrar, extrair e agrupar os dados para relacioná-los à questão da pesquisa.

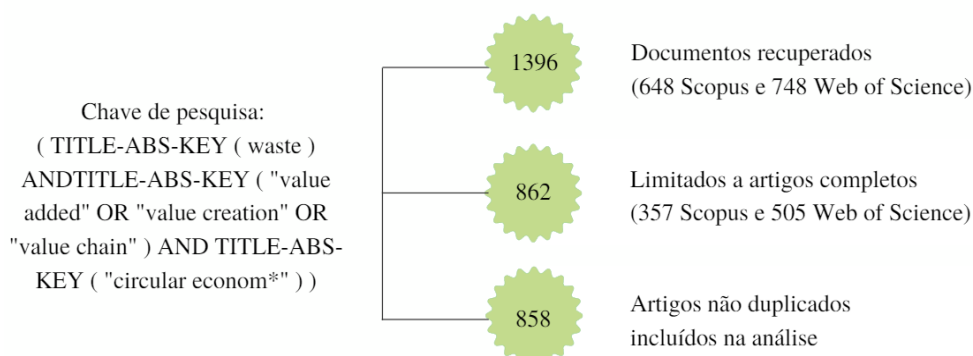
Figura 2 - Etapas Adotadas Conforme Protocolo PRISMA



Fonte: Autores, 2022

As palavras-chave de pesquisa definidas foram: resíduos, economia circular e criação de valor, porém, para ampliar a busca utilizamos palavras-chave sinônimas fazendo com que a pesquisa fosse: (TITLE-ABS-KEY (waste) AND TITLE-ABS-KEY ("value added" OR "value creation" OR "value chain") AND TITLE-ABS-KEY ("circular econom*")). A ordem de pesquisa considerou esses termos em títulos, resumos e palavra-chave para os documentos disponibilizados na base Scopus, retornando 648 documentos, porém, para manter um nível de qualidade, os resultados foram limitados a artigos, assim restaram 357 documentos da base Scopus. A mesma chave de pesquisa foi aplicada na base Web of Science (TI=(waste AND "value added" OR "value creation" OR "value chain" AND "circular econom*") AND AB=(waste AND "value added" OR "value creation" OR "value chain" AND "circular econom*") AND AK=(waste AND "value added" OR "value creation" OR "value chain" AND "circular econom*")) e retornou 748 documentos, porém, também limitando a busca por artigos, resultaram em 505 documentos resgatados.

Figura 3 - Elegibilidade Da Pesquisa



Fonte: Autores, 2022

A pesquisa ocorreu com 862 documentos incluídos na biblioteca do gerenciador de referências *Zotero*, que apresentou 4 documentos duplicados, que foram removidos, restando então 858 artigos que foram incluídos nas análises do software *VOSviewer*, uma ferramenta desenvolvida pelo Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia da Universidade de Leiden na Holanda (www.vosviewer.com).

4 RESULTADOS

A estratégia adotada para a recuperação dos artigos apresentou 858 resultados. Esses documentos já foram citados o total de 19956 vezes e trazem uma média de 23,26 citações cada.

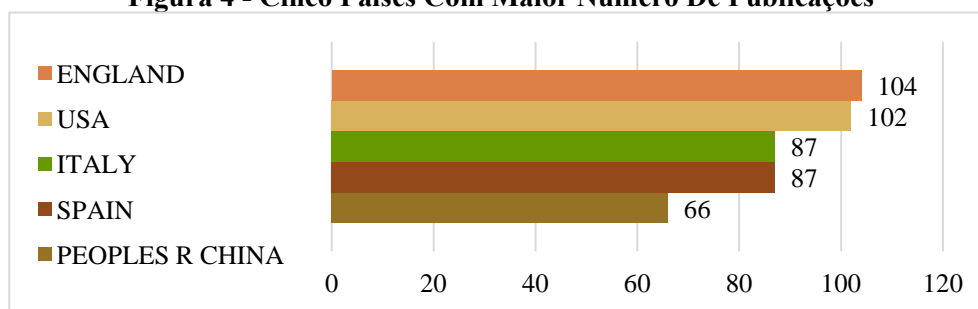
Tabela 1 - Informações Gerais Do Conjunto De Artigos

Descrição	Resultados
Ano das publicações	21 Anos (2001 – 2022)
Documentos	858
Citações	19956
Média de Citações de Cada Artigo	23,26

Fonte: Autores, 2022

Para demonstrar informações sobre o conjunto de arquivos estudados podemos observar quais os países que realizaram o maior número de publicações referentes ao tema. Os cinco que mais desenvolveram estudos foram a Inglaterra, os Estados Unidos, a Itália, a Espanha e a China. Na figura 1 está disposto a quantidade de publicação de cada um destes países.

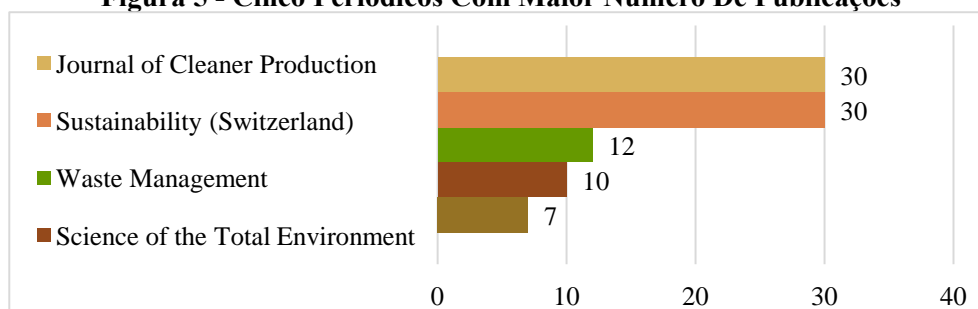
Figura 4 - Cinco Países Com Maior Número De Publicações



Fonte: Autores, 2022

Os periódicos que realizaram o maior número de publicações constam na figura 05. Dos cinco que mais desenvolveram estudos sobre o tema, quatro são situados nos Estados Unidos e apenas o segundo na Suíça. Na figura abaixo está disposto a quantidade de publicação de cada um destes periódicos.

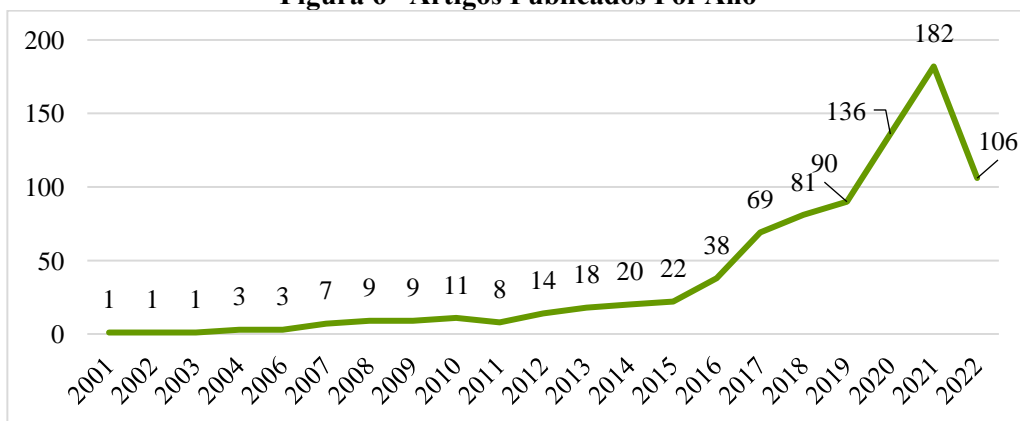
Figura 5 - Cinco Periódicos Com Maior Número De Publicações



Fonte: Autores, 2022

Com a exceção de 29 artigos recuperados, que não apresentavam o ano de desenvolvimento, foi possível identificar que a discussão de grande volume referente ao tema é muito recente e vem aumentando seu desenvolvimento e relevância ao longo dos anos. O ano de 2021 foi o que mais apresentou publicações até o momento e houve um crescimento expressivo na quantidade de publicações a partir de 2016.

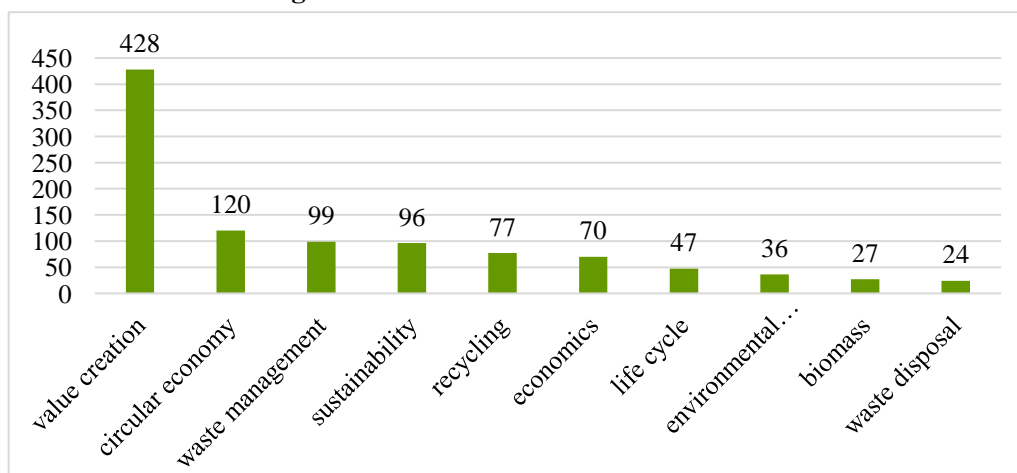
Figura 6 - Artigos Publicados Por Ano



Fonte: Autores, 2022

Para observar quantitativamente a contagem das palavras-chave, a figura 07 foi inserida no estudo. É possível constatar que criação de valor é o termo dominante, ou seja, é a palavra-chave que teve maior ocorrência em todos os períodos. Foi seguido de economia circular, gestão de resíduos, sustentabilidade, reciclagem, economia, ciclo de vida, impacto ambiental, biomassa e depósito de resíduo. Os termos criação de valor, resíduos e economia circular foram buscados no momento da pesquisa, portanto esses termos são o ponto de partida para a análise.

Figura 7 - Análise De Palavras-chave

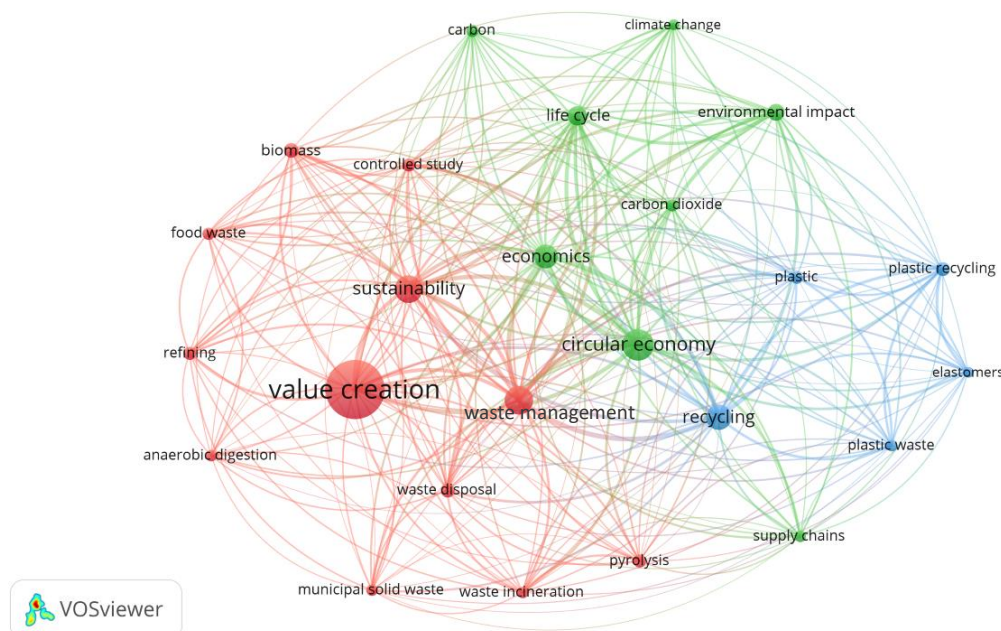


Fonte: Autores, 2022

Para aprofundar a investigação dos conteúdos foi realizada uma análise de palavras-chave utilizando o software VOSviewer onde foi possível verificar quais as mais recorrentes entre os autores e efetivamente determinar quais são as tecnologias que foram mais aplicadas para valorização de resíduos no agronegócio. Esse recurso conta o número de ocorrências de palavras-chave. Uma palavra-chave com muitas ocorrências se refere a uma temática popular no meio de pesquisa (VAN ECK; WALTMAN, 2010). O total de 4995 palavras foram consideradas para a análise, porém utilizamos apenas 271 dessas buscando observar as que foram citadas no mínimo 5 vezes. Além disto foram unidas as seguintes palavras similares: life cycle analysis, life cycle assessment e life cycle assessment (lca) com life cycle; valorisation, valorization e value added products com value creation; environmental economics e economic aspect com economics; waste treatment com waste management; sustainable development com sustainability; plastics com plastic; e as palavras article, human, nonhuman e priority journal

foram desconsideradas. Utilizando o recurso para verificar a ocorrência de palavras o software *VOSviewer* apresentou os seguintes resultados:

Figura 8 - Palavras Com Maior Ocorrência E Cores Por Agrupamento De Tema



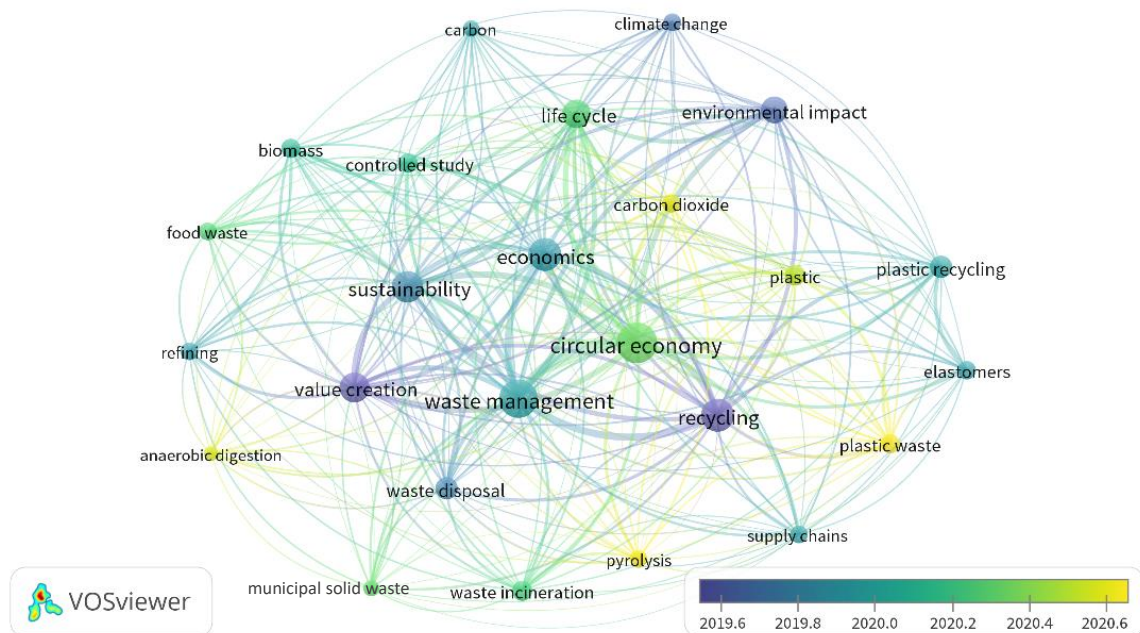
Fonte: Autores, 2022

O mapa de correlação de palavra-chave apresenta também a relação entre os termos. A reciclagem está mais relacionada com resíduos não orgânicos e com plástico, resíduos plásticos e reciclagem de plástico. Existe também uma proximidade entre reciclagem e tecnologias térmicas para a gestão de resíduos, como no caso da pirólise e da incineração. Do outro lado do mapa, o algoritmo apresenta termos mais relacionados com a gestão de resíduos orgânicos, e os termos biomassa e restos de alimentos demonstram uma proximidade maior com a tecnologia de digestão anaeróbica. O termo refinamento se apresenta relacionado com a prática de purificação do biogás gerado na digestão anaeróbica. O ciclo de vida e o impacto ambiental podem se relacionar com as propostas de tecnologias de biomassa. Por fim, os outros termos representam as principais preocupações relacionadas com a valorização de resíduos: economia circular, gerenciamento de resíduos, sustentabilidade e reciclagem são alguns dos temas mais estudados (COBO *et al.*, 2015; VIRTANEN *et al.*, 2019).

É constatável que a gestão de resíduos, pode efetivamente agregar valor as cadeias do agronegócio e que existem duas grandes oportunidades para a geração de valor a partir dos resíduos. Uma relacionada a reciclagem de resíduos não orgânicos, como os plásticos, e a outra relacionada a gestão da biomassa ou resíduos orgânicos. Tecnologias biológicas podem ser aplicadas para a gestão dos resíduos orgânicos e tecnologias térmicas podem ser aplicadas para a reciclagem de resíduos não orgânicos (RENTIZELAS; SHPAKOVA; MAŠEK, 2018).

A digestão anaeróbica, a pirólise, a incineração de resíduo, o refinamento de biomassa e a gestão de resíduos são agrupados na cor vermelha, que tem como maior palavra-chave a criação de valor. Com esta figura identifica-se as principais tecnologias para valorização de resíduos do agronegócio encontradas a partir da pesquisa.

Figura 9 - Palavras Com Maior Força De Links E Cores Por Data De Publicação



Fonte: Autores, 2022

Com esta imagem é possível identificar que o tema levantado é de estudos recentes, sendo entre 2019 e 2020 a sua grande concentração de palavras-chave. As palavras economia circular, gestão de resíduos e sustentabilidade são temas centrais. A criação de valor também apresentou uma relação com a maioria dos outros termos. Algumas das tecnologias usadas para valorização de resíduos já aparecem na análise das 25 palavras-chave mais comentadas e, conforme o número de ocorrências das palavras, podemos observar quais são as soluções mais estudadas e apresentar noções gerais de cada uma dessas tecnologias.

Ao observar os documentos com maior número de citações a partir de 2016, que somam 702 documentos, e realizar uma busca em artigos que tratassem da tecnologia para resíduos do agronegócio, verificou-se que o total de 360 focavam majoritariamente em reciclagem plástica e criação de valor empresarial, mas 342 artigos tratavam sobre a busca principal do artigo. Para concluir essa análise estão identificados abaixo os 10 principais documentos investigados sobre a discussão do tema conforme o maior número de citações.

O artigo mais citado aborda as iniciativas dos ciclos de transformação de resíduos em insumos, como uma solução para o problema da sustentabilidade dos sistemas, por meio de sua busca por uma economia circular (MATHEWS; TAN, 2011). O segundo artigo mais citado aborda a ideia de uma economia circular na formulação de políticas europeias e chinesas com uma base conceitual comum e preocupações semelhantes de aumentar a eficiência dos recursos, no entanto, sugerem propostas por região (MCDOWALL *et al.*, 2017). Entre os 10 artigos mais citados já é possível identificar processos tecnológicos voltados a valorização de resíduos e constatar que apenas o primeiro é de 2011, mas os demais são dos últimos 5 anos.

Tabela 2 - Os 10 Artigos Mais Citados

Citações	Título do Artigo	Autor / Ano	Revista
286	Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative	(MATHEWS; TAN, 2011)	Journal of Industrial Ecology

270	Circular Economy Policies in China and Europe	(MCDOWALL <i>et al.</i> , 2017)	Journal of Industrial Ecology
268	Construction and demolition waste best management practice in Europe	(GÁLVEZ-MARTOS <i>et al.</i> , 2018)	Resources, Conservation and Recycling
109	Consumption in the circular economy: A literature review	(CAMACHO-OTERO; BOKS; PETTERSEN, 2018)	Sustainability (Switzerland)
101	Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models	(RANTA; AARIKKA-STENROOS; MÄKINEN, 2018)	Journal of Cleaner Production
100	Techno-economic and profitability analysis of food waste biorefineries at European level	(CRISTÓBAL <i>et al.</i> , 2018)	Bioresource Technology
91	A research challenge vision regarding management of agricultural waste in a circular bio-based economy	(GONTARD <i>et al.</i> , 2018)	Critical Reviews in Environmental Science and Technology
81	Refining biomass residues for sustainable energy and bio-products: An assessment of technology, its importance, and strategic applications in circular bio-economy	(AWASTHI <i>et al.</i> , 2020)	Renewable and Sustainable Energy Reviews
80	An overview of the challenges and trade-offs in closing the loop of post-consumer plastic waste (PCPW): Focus on recycling	(HAHLADAKIS; IACOVIDOU, 2019)	Journal of Hazardous Materials
77	Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization	(KINNUNEN; KAKSONEN, 2019)	Journal of Cleaner Production

Fonte: Autores, 2022

5 DISCUSSÃO

5.1 Tecnologias De Agregação De Valor Para Resíduos

As tecnologias encontradas de agregação de valor para resíduos nas cadeias produtivas do agronegócio, foram a digestão anaeróbica e a pirólise, que se dão através do refinamento de biomassa e da incineração e gestão de resíduos (EBIKADE *et al.*, 2020). Para identificar como elas fomentam o desenvolvimento de inovações, capazes de evitar os desperdícios e de reduzir as emissões, foram exploradas as principais características de cada uma delas.

As tecnologias específicas de biomassa são baseadas em produtos como bioetanol, biodiesel, biopolímeros, bioplásticos, biogás, bio-óleo e biocarvão. Biorrefinarias são classificadas conforme as matérias-primas, como: tipos convencionais, safra inteira, matéria-prima oleoquímica, lignocelulósica, biorrefinarias verdes e aquáticas; e também podem ser classificadas com base da rota de conversão, como: termoquímica, bioquímica, refino de biomassa, digestão anaeróbica, hidrólise, fermentação e digestão que possibilitam a geração de produtos comercializáveis. Os processos de biorrefinaria aumentam a eficiência da matéria-prima, recuperando seus nutrientes e tornando-se um processo integrado (AWASTHI *et al.*, 2020).

Os resíduos agrícolas apresentam uma interessante fonte de proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e outros fitoquímicos bioativos. Portanto, existe um grande potencial de recuperação e conversão desses compostos em produtos valiosos por novos processos. Nesse sentido, uma ampla gama de oportunidades é disponível para recuperar diretamente moléculas altamente benéficas desses resíduos, para produzir novo material, ou utilizá-los como meio de cultura de baixo custo em processos biotecnológicos (BRITO NOGUEIRA *et al.*, 2020).

Figura 10: Práticas Adequadas De Gestão De Resíduos



Fonte: Autores, 2022

A logística para o transporte da biomassa requer locais de armazenamento e instalações de manuseio. Isso faz com que os custos da cadeia de suprimentos dependam da localização dos espaços de armazenamento e manuseio (AWASTHI et al., 2020).

O primeiro resultado tecnológico encontrado foi o de digestão anaeróbica, um processo bioquímico que realiza a degradação das plantas por microrganismos sem oxigênio, passando por etapas de hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese para obter biogás e digestato. O biogás pode ser utilizado como energia e o digestato como fertilizante. Adicionando diferentes tipos de biomassa o modelo de coddigestão pode melhorar o desempenho do sistema (ANGELIDAKI *et al.*, 2009).

O processo de digestão anaeróbica envolve a decomposição de materiais biodegradáveis e acaba se tornando economicamente viável e ecologicamente correto. Ele tem um papel significativo para a conversão de resíduos alimentares em matéria útil e energia, o que gera muitos benefícios ambientais, como: geração de energia limpa, redução de poluição, redução da acidificação da água e redução em emissões de carbono (HUSSAIN; MISHRA; VANACORE, 2020).

O segundo resultado tecnológico encontrado foi o da pirólise que é uma decomposição térmica transformada pelo calor, entre 280°C e 500°C. Ele é útil para aplicações na agricultura e silvicultura ou utilizado para valorização energética. O processo do Biochar pode ser usado como um adsorvente de poluentes orgânicos em água ou para obter energia renovável a partir de sua combustão. Enquanto a fração gasosa, poderia ser utilizada para obter calor para a secagem da biomassa antes da pirólise. Assim, o uso dos produtos de pirólise atingiria zero desperdício, promovendo uma economia verde e circular e a produção de produtos químicos e materiais verdes em um contexto de biorrefinaria. (DEL POZO *et al.*, 2021; GIL, 2021).

Ambos os resultados necessitam de processos de refinamento de biomassa e de incineração e gestão de resíduos. As tecnologias capazes de agregar valor as atividades das cadeias produtivas do agronegócio apresentam importância pois sua aplicação estratégica na economia circular possibilita uma nova fonte de geração de valor para produzir mais e consumir

menos recursos, através da prevenção de contaminação e degradação da qualidade dos produtos (EBIKADE *et al.*, 2020).

O manuseio para empacotamento, estoque e distribuição de novos produtos depende da criação e melhoria dos mercados de coprodutos e do controle sobre a produção seletiva de produtos desenvolvidos por tecnologias apropriadas (AWASTHI *et al.*, 2020). A valorização efetiva da biomassa por meio do uso estratégico de recursos é essencial para geração de produtos valiosos, desenvolvimento sustentável, maximização ecológica e resultados socioeconômicos.

No Brasil produzimos milhões de toneladas de resíduos de biomassa por ano entre bagaço de palha das culturas de soja e milho, pontas de cana, cascas de arroz e café, resíduos de madeira, coco, feijão, amendoim e mandioca, resíduos da pecuária e da suinocultura. A transformação deste material se dá por combustão, gaseificação ou biodigestão. Além da abundância de matéria-prima, a energia da biomassa é considerada altamente sustentável e renovável, e a utilização dos resíduos promove a retirada deles do meio ambiente, mitigando impactos ambientais (DORILEO, 2019). Devido a isto podemos observar quais os resíduos mais comuns no Brasil que podem ser beneficiados conforme as tecnologias exploradas.

Tabela 3 - Principais Tecnologias E Resíduos Que Podem Ser Beneficiados

Resíduo da matéria-prima	Processo tecnológico	Valorização do resíduo	Referência
Beterraba, cana de açúcar, alfafa, canola, girassol, café, palha de trigo e de milho, capim, algas, grama, farelo de trigo, soja e amendoim, resíduos de arroz e feijão	Digestão anaeróbica	Produção de metano, biometano, carbono, biogás e energia	(AWASTHI <i>et al.</i> , 2020)
Palha de trigo, milho e algodão, palma de óleo e cacho de frutas	Conversão hidrotérmica	Recuperação de compostos de açúcar, biocombustíveis e produtos químicos	
Casca e bagaço de laranja, resíduos de repolho, casca de mamão, resíduos de tomates, descartes de cenoura, bananas supermaduras e cachos	Recuperação e extração de biocomposto	Óleo essencial, pó de fibra alimentar, carotenoides, licopeno, açúcar, polissacarídeos sem amido, antocianinas, fenólicos e ácidos orgânicos	(BRITO NOGUEIRA <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: Autores, 2022

5.2 Os Desafios E As Oportunidades Para A Valorização Dos Resíduos

Os negócios circulares e a cadeia de suprimentos circulares ajudam a concretizar a ambição de sustentabilidade, porém, o desperdício dos recursos utilizados em cada etapa de produção, como terra, água e energia, também contribuem para o aumento desnecessário das emissões de gases de efeito estufa. Do ponto de vista econômico as mudanças climáticas estão envolvidas nos riscos econômicos mais impactantes e podem afetar a saúde das pessoas e dos ecossistemas (VILARIÑO; FRANCO; QUARRINGTON, 2017).

A perda de alimentos refere-se à diminuição da massa de alimentos comestíveis que ocorre nas etapas de produção, pós-colheita e processamento, antes de chegar no consumidor. Já o desperdício de alimentos refere-se a alimentos que são de boa qualidade para consumo humano, mas que não são consumidos porque são descartados no final da cadeia alimentar. A perda e desperdício de alimentos também contribuem para as mudanças climáticas, sendo

responsáveis por cerca de 8% das emissões globais de gás do efeito estufa (VILARIÑO; FRANCO; QUARRINGTON, 2017).

As cadeias produtivas de hortaliças ganham maior relevância e são o principal setor agrícola onde insumos químicos podem causar poluição ambiental devido ao uso de produtos químicos sintéticos, atendendo a demanda do consumidor. O sistema de cultivo intensivo traz relevância devido ao uso abusivo de fertilizantes que gera perda de biodiversidade, poluição ambiental, toxicidade residual, e perigos para a saúde animal e humana (CORATO, 2020).

Figura 11 - Desafios Para Os Modelos De Valorização De Resíduos



Fonte: Autores, 2022

Awasthi (et al., 2020) informa que práticas adequadas de coleta e pré-tratamento de resíduos aumentam o grau de valorização e mitigam efeitos dos pontos críticos de geração de impactos ambientais nas cadeias produtivas do agronegócio, a partir de soluções tecnológicas e oportunidades que podem ser adequadas aos problemas encontrados. Para Corato (2020), analisando as cadeias de valor sustentáveis podemos informar diretrizes, práticas de gestão e recomendações de políticas para melhoramento no setor.

Passar de uma economia linear para uma circular é uma adaptação necessária para integrar novas tecnologias (DONNER; GOHIER; DE VRIES, 2020). Individualmente há pouca capacidade financeira para investir em infraestrutura de valorização e para reunir a quantidade de subprodutos necessários para uma via de valorização, porém, estratégias de implementação e conscientização dos processos possibilitam a geração de negócios.

Os desafios e oportunidades para a valorização dos resíduos agrícolas e subprodutos têm sido frequentemente considerados de uma perspectiva tecnológica, mas muito menos de uma perspectiva socioeconômica, e nem ainda no contexto de modelos de negócios sustentáveis ou circulares. Isso é especificamente desafiador devido à heterogeneidade de recursos, às mudanças em volumes e qualidade da produção ao longo do tempo e regiões, e à variedade de conversões até o usuário final (DONNER; GOHIER; DE VRIES, 2020).

Há alguns desafios para o desenvolvimento dessas tecnologias, porém os benefícios de seu desenvolvimento são encontrados nos ramos econômicos e ambientais, gerando um aumento de produção com o consumo de menos recursos (CORATO, 2020).

6 CONCLUSÃO

O estudo de tecnologias inovadoras e práticas de negócios rentáveis para lidar com a utilização de resíduos agrícolas, seus produtos e coprodutos requer avaliação e reestruturação dos sistemas de produção existentes, incorporando soluções tecnológicas que permitam o desenvolvimento dos aspectos bioquímicos do sistema e demonstrem a viabilidade técnica das tecnologias de valorização.

Ao buscar contribuir para o processo de transição circular a pesquisa precisa explorar mais a implementação prática da valorização de resíduos e seus efeitos benéficos. A aplicação da economia circular em todo o setor agroalimentar exige estudo, recomendações, novidades, inovações, sustentabilidade e direções de pesquisas futuras que podem ajudar a resolver uma série dessas questões sob a nova perspectiva de um sistema de economia circular. Mais pesquisas e práticas dos resultados encontrados são necessárias para desenvolver tecnologias eficazes de biorrefinação e permitir a exploração eficiente dos biorecursos. Uma maior consideração deve ser aplicada aos caminhos de energia necessários para apoiar estas tecnologias e suportar as mudanças de mercado, gerando novos modelos comerciais de economia circular.

A compreensão das possibilidades de agregação de valor às cadeias produtivas do agronegócio proporciona a aprendizagem e o desenvolvimento para o campo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANGELIDAKI, I. *et al.* Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water Science and Technology**, [s. l.], v. 59, n. 5, p. 927–934, 2009. Disponível em: <https://iwaponline.com/wst/article/59/5/927/15563/Defining-the-biomethane-potential-BMP-of-solid>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- AWASTHI, M.K. *et al.* 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**, [s. l.], v. 127, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85083891614&doi=10.1016%2fj.rser.2020.109876&partnerID=40&md5=2a3a013964bfec60f8d5c73a8c372e00>.
- BOYATZIS, Richard E. **Transforming qualitative information: thematic analysis and code development**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1998.
- BRITO NOGUEIRA, T.B. *et al.* Fruits and vegetable-processing waste: a case study in two markets at Rio de Janeiro, RJ, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 15, p. 18530–18540, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082867855&doi=10.1007%2fs11356-020-08244-y&partnerID=40&md5=1bd607b557fff51c50350cccaf56eddb>.
- CAMACHO-OTERO, J.; BOKS, C.; PETTERSEN, I.N. Consumption in the circular economy: A literature review. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 8, 2018.

Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051111077&doi=10.3390%2fsu10082758&partnerID=40&md5=9bdc51d0e435798c6f3b75b71846a2b2>.

COBO, M.J. *et al.* 25years at Knowledge-Based Systems: A bibliometric analysis.

Knowledge-Based Systems, [s. l.], v. 80, p. 3–13, 2015. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950705115000076>. Acesso em: 24 ago. 2022.

CORATO, Ugo de. Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 738, p. 139840, 2020. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896972033360X>. Acesso em: 24 ago. 2022.

CRISTÓBAL, J. *et al.* Techno-economic and profitability analysis of food waste biorefineries at European level. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 259, p. 244–252, 2018. Disponível em:

[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044123452&doi=10.1016%2fj.biortech.2018.03.016&partnerID=40&md5=ef9ba5c861a0883673b2342a3d6b62c6)

[85044123452&doi=10.1016%2fj.biortech.2018.03.016&partnerID=40&md5=ef9ba5c861a0883673b2342a3d6b62c6](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044123452&doi=10.1016%2fj.biortech.2018.03.016&partnerID=40&md5=ef9ba5c861a0883673b2342a3d6b62c6).

D'AMATO, D. *et al.* Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 168, p. 716–734, 2017. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617320425>. Acesso em: 24 ago. 2022.

DEL POZO, C. *et al.* Converting coffee silverskin to value-added products by a slow pyrolysis-based biorefinery process. **Fuel Processing Technology**, [s. l.], v. 214, 2021.

Disponível em: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098859418&doi=10.1016%2fj.fuproc.2020.106708&partnerID=40&md5=396b695ff69e8ae33707ed70f9ec6b07)

[85098859418&doi=10.1016%2fj.fuproc.2020.106708&partnerID=40&md5=396b695ff69e8ae33707ed70f9ec6b07](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098859418&doi=10.1016%2fj.fuproc.2020.106708&partnerID=40&md5=396b695ff69e8ae33707ed70f9ec6b07).

DONNER, M.; GOHIER, R.; DE VRIES, H. A new circular business model typology for creating value from agro-waste. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 716, 2020.

Disponível em: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079000969&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2020.137065&partnerID=40&md5=b31ead95dc105c24f1c872a2a23b3d1e)

[85079000969&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2020.137065&partnerID=40&md5=b31ead95dc105c24f1c872a2a23b3d1e](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079000969&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2020.137065&partnerID=40&md5=b31ead95dc105c24f1c872a2a23b3d1e).

EBIKADE, E. *et al.* The Future is Garbage: Repurposing of Food Waste to an Integrated Biorefinery. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, [s. l.], v. 8, n. 22, p. 8124–8136, 2020. Disponível em: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85088377846&doi=10.1021%2facssuschemeng.9b07479&partnerID=40&md5=ff8657771f08323969c6135fd476b461)

[85088377846&doi=10.1021%2facssuschemeng.9b07479&partnerID=40&md5=ff8657771f08323969c6135fd476b461](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85088377846&doi=10.1021%2facssuschemeng.9b07479&partnerID=40&md5=ff8657771f08323969c6135fd476b461).

GALVÃO, Taís Freire. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 335–342, 2015. Disponível em: [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742015000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)

[49742015000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742015000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 5 jul. 2022.

GÁLVEZ-MARTOS, J.-L. *et al.* Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 136, p. 166–178, 2018.

Disponível em: [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046625344&doi=10.1016%2fj.resconrec.2018.04.016&partnerID=40&md5=4b3c9c1d003ec90707b1d2eee8abfa3e)

[85046625344&doi=10.1016%2fj.resconrec.2018.04.016&partnerID=40&md5=4b3c9c1d003ec90707b1d2eee8abfa3e](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046625344&doi=10.1016%2fj.resconrec.2018.04.016&partnerID=40&md5=4b3c9c1d003ec90707b1d2eee8abfa3e).

GIL, A. Current insights into lignocellulose related waste valorization. **Chemical Engineering Journal Advances**, [s. l.], v. 8, 2021. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85122707638&doi=10.1016%2fj.ceja.2021.100186&partnerID=40&md5=90d8597005e44252f4234da610eee7a1.

GONTARD, N. *et al.* A research challenge vision regarding management of agricultural waste in a circular bio-based economy. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 48, n. 6, p. 614–654, 2018. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85052320801&doi=10.1080%2f10643389.2018.1471957&partnerID=40&md5=c074a912bcd895e369870f717e3239fe>.

HAHLADAKIS, J.N.; IACOVIDOU, E. An overview of the challenges and trade-offs in closing the loop of post-consumer plastic waste (PCPW): Focus on recycling. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 380, 2019. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85069589249&doi=10.1016%2fj.jhazmat.2019.120887&partnerID=40&md5=b4810646de5f7ea5bb3f8357da78a8a2>.

HUSSAIN, Z.; MISHRA, J.; VANACORE, E. Waste to energy and circular economy: the case of anaerobic digestion. **Journal of Enterprise Information Management**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 817–838, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086580498&doi=10.1108%2fJEIM-02-2019-0049&partnerID=40&md5=b5d5d2bdc0d91862dc9b7fd2cc7d2253>.

IVO LEANDRO DORILEO. **A biomassa no futuro da matriz energética.** , 2019.

Disponível em:

http://www.sindenergia.com.br/arquivos/159_ivo_dorileo_a_biomassa_no_futuro_da_matriz_energ%C3%A9tica.pdf.

KAZA, Slipa *et al.* **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050.** Washington, DC, USA: World Bank Group, 2018. (Urban development series).

KINNUNEN, P.H.-M.; KAKSONEN, A.H. Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 228, p. 153–160, 2019. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85065083131&doi=10.1016%2fj.jclepro.2019.04.171&partnerID=40&md5=2e6cf837b7d1e163bf4a871a170c31be>.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 143, p. 37–46, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800916300325>. Acesso em: 24 ago. 2022.

MATHEWS, J.A.; TAN, H. Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 435–457, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79957993786&doi=10.1111%2fj.1530-9290.2011.00332.x&partnerID=40&md5=b6ba92b0e70e22039621a9caba80787c>.

MCDOWALL, W. *et al.* Circular Economy Policies in China and Europe. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 651–661, 2017. Disponível em:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018405593&doi=10.1111%2fjiec.12597&partnerID=40&md5=f0872a5dab2a13f344005fd9ec6fec40>.

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, Johnny. **Qualitative data analysis: a methods sourcebook**. Fourth editioned. Los Angeles: SAGE, 2020.

NAVROTSKY, Yaroslav; PATSEI, Natallia. Zipf's Distribution Caching Application in Named Data Networks. *Em: 2021 IEEE OPEN CONFERENCE OF ELECTRICAL, ELECTRONIC AND INFORMATION SCIENCES (ESTREAM), 2021. 2021 IEEE Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)*. [S. l.: s. n.], 2021. p. 1–4.

RANTA, V.; AARIKKA-STENROOS, L.; MÄKINEN, S.J. Creating value in the circular economy: A structured multiple-case analysis of business models. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 201, p. 988–1000, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85053080716&doi=10.1016%2fj.jclepro.2018.08.072&partnerID=40&md5=4a43715bc94a69dd9a454efc63fecf51>.

RENTIZELAS, A.; SHPAKOVA, A.; MAŠEK, O. Designing an optimised supply network for sustainable conversion of waste agricultural plastics into higher value products. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 189, p. 683–700, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047967302&doi=10.1016%2fj.jclepro.2018.04.104&partnerID=40&md5=7f9585e374a38dec1b5f1070c04483f8>.

SOUSA, M.H. de *et al.* Valorizing municipal organic waste to produce biodiesel, biogas, organic fertilizer, and value-added chemicals: an integrated biorefinery approach. **Biomass Conversion and Biorefinery**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 827–841, 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099206587&doi=10.1007%2fs13399-020-01252-5&partnerID=40&md5=a467df28eb1448c76ce662f351660fed>.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11192-009-0146-3>. Acesso em: 24 ago. 2022.

VILARIÑO, Maria Virginia; FRANCO, Carol; QUARRINGTON, Caitlin. Food loss and Waste Reduction as an Integral Part of a Circular Economy. **Frontiers in Environmental Science**, [s. l.], v. 5, p. 21, 2017. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2017.00021/full>. Acesso em: 24 ago. 2022.

VIRTANEN, M. *et al.* Regional material flow tools to promote circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 235, p. 1020–1025, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068541184&doi=10.1016%2fj.jclepro.2019.06.326&partnerID=40&md5=a1dfc44359798db617553f7fb5d1db68>.