



A ESTRUTURA INTELECTUAL DA AGREGAÇÃO DE VALOR SUSTENTÁVEL

THE INTELLECTUAL FRAMEWORK OF SUSTAINABLE VALUE ADDED

Sebastian Leavy

Mestre e Doutorando no Centro Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Agronegócios - CEPAN, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Investigador INTA - Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária.

Docente na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Nacional de Rosario, Argentina.

E-mail: sebaleavy@yahoo.com.ar

Diego Durante Mühl

Administrador, Mestre e doutorando no Centro Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Agronegócios - CEPAN, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

E-mail: diegomiihl@live.com

Geneci da Silva Ribeiro Rocha

Administradora, Especialista em Administração Pública, Mestra e Doutoranda no Centro Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Agronegócios - CEPAN, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

E-mail: geneci.6813.srr@gmail.com

Letícia de Oliveira

Docente no Departamento de Economia e Relações Internacionais e no Programa de Pós - Graduação em Agronegócio na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

E-mail: leticiaoliveira@ufrgs.br

Grupo de Trabalho (GT4) Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Resumo

A geração de valor e os negócios estão no centro do processo de troca econômica e têm impacto direto na sustentabilidade. A partir disso, surgiu o interesse de compreender o processo de agregação de valor sustentável. Os negócios sustentáveis têm como principal característica a capacidade de maximizar a eficiência do uso de materiais e energia, contudo, ainda é preciso compreender o processo de agregação de valor sustentável. Assim, esse artigo investiga a estrutura intelectual que permite a agregação de valor sustentável. Para tanto, procuramos demonstrar os conceitos que norteiam a agregação de valor sustentável, técnicas de bibliometria e análise de conteúdo que foram aplicadas a literatura especializada. Os resultados demonstram que o ambiente favorável para os negócios sustentáveis podem ser identificados, explicados, ou medidos a partir de quatro elementos básicos: (1) os problemas de sustentabilidade existem em determinado contexto, (2) as pessoas estão percebendo esses problemas, (3) existem soluções viáveis ou tecnologias para contornar o problema e (4) quando possível, as pessoas mudam seus hábitos em busca da sustentabilidade. Por fim, sugerimos que essas são condições fundamentais para que a agregação de valor sustentável possa se desenvolver nos negócios.

Palavras-chave: Economia Circular. Modelos de negócios. Problemas perversos. Eco-inovação.



Abstract

Value generation and business are at the heart of the economic exchange process and have a direct impact on sustainability. From this, the interest in understanding the process of adding sustainable value arose. Sustainable businesses have as their main characteristic the ability to maximize the efficiency of the use of materials and energy, however, it is still necessary to understand the process of adding sustainable value. Thus, this paper investigates the intellectual framework that enables sustainable value addition. For that, we try to demonstrate the concepts that guide the aggregation of sustainable value, bibliometric techniques and content analysis that were applied to specialized literature. The results demonstrate that the favorable environment for sustainable business can be identified, explained, or measured based on four basic elements: (1) sustainability problems exist in a given context, (2) people are realizing these problems, (3) there are viable solutions or technologies to work around the problem and (4) when possible, people change their habits in pursuit of sustainability. Finally, we suggest that these are fundamental conditions for sustainable added value to develop in business.

Key words: Circular Economy. Business model. Wicked problems. Eco-innovation.

1. Introdução

Sob influência dos paradigmas científicos do século XVIII, especialmente por influência da física, a Era Industrial passou a ser dominada pelos ideais de eficiência, especialização, planejamento e profissionalismo. Dessa forma, na economia clássica se estabeleceu o princípio dos meios mínimos. Nesse contexto, a eficiência foi considerada uma condição na qual uma tarefa específica poderia ser executada com poucos recursos (Horst W J Rittel; Webber, 1973).

Entretanto, alguns problemas enfrentados no século XXI não podem ser solucionados pelos paradigmas científicos modernos, nem mesmo o sistema econômico clássico com o princípio dos meios mínimos é capaz de alocar os recursos de uma boa maneira, evitando tais problemas, posto isto, surgem os chamados problemas perversos. Problemas como ajustar uma taxa de impostos, enfrentar o crime, definir os conteúdos dos currículos escolares, tornar a sociedade mais sustentável, enfrentar as mudanças climáticas, evitar o colapso de ecossistemas, são exemplos de problemas perversos (Horst W J Rittel; Webber, 1973; McKibben, 2010; Waddock, 2011). Os problemas perversos são caracterizados pela incerteza, inconsistência de necessidades, preferências e valores, pouca compreensão das consequências ou impacto da ação, problemas incompletos e perversos (Carley; Christie, 2000).

Curiosamente, os ideais de eficiência da modernidade e as descobertas da física impulsionaram a revolução industrial. Os ganhos de bem-estar percebidos pela sociedade são incontestáveis, a fome presente na vida da maioria das pessoas, doenças e até mesmo guerras que eram constantes e comuns para quase todos os seres humanos durante todos os outros períodos históricos, foram reduzidos drasticamente, em outras palavras a valência ecológica do ser humano, ou seja, a capacidade do ser humano sobreviver aumentou consideravelmente (Harari, 2015; Mazoyer and Roudart, 2002). Ironicamente, o crescimento populacional, a extração de recursos naturais não renováveis, como petróleo e minerais, criaram um problema perverso relacionado ao desenvolvimento sustentável (Caldwell, 1984; COSTANZA; DALY, 1992; Godfray *et al.*, 2010; Rockström *et al.*, 2009).

No entanto, a geração de valor e os negócios estão no centro do processo de troca econômica (Vargo *et al.*, 2008). Motivados pelo consumo e produção sustentável, novos conceitos como ecoinovação, ecoeficiência, responsabilidade social e corporativa passaram a integrar a agenda da sustentabilidade industrial. A indústria que outrora fora baseada na extração de recursos naturais não renováveis, os negócios que antes eram baseados estritamente na exploração de recursos precisam se transformar.



A redefinição no propósito dos negócios se mostra necessária, considerando além do lucro, as pessoas e o planeta (Elkington, 1998). Um modelo de negócios sustentável está voltado à melhoria da vida humana, gera valor para o cliente e para a empresa, respeita uma ampla gama de interesses, considerando o meio ambiente e a sociedade como partes interessadas (Garetti; Taisch, 2012; Stubbs; Cocklin, 2008).

Esse contexto motivou a busca por negócios sustentáveis. Bocken (*et al.*, 2014) elaborou alguns arquétipos descrevendo agrupamentos de mecanismos e soluções que podem contribuir para a sustentabilidade dos negócios. Os negócios sustentáveis têm como principal característica as capacidades de maximizar a eficiência do uso de materiais e energia, reaproveitar resíduos, usar recursos renováveis e processos naturais e entregar funcionalidade no lugar de propriedade (Bocken *et al.*, 2014; Stubbs; Cocklin, 2008).

Além disso, as empresas ainda não dispõem de um sistema de avaliação para o potencial de criação de valor econômico, ambiental e social dos negócios sustentáveis. Adicionalmente, essa avaliação envolve múltiplos stakeholders com diferentes participações, objetivos e habilidades. Diferentes modelos de negócios circulares variam em complexidade e proposição de geração de valor (Evans *et al.*, 2017; Geissdoerfer *et al.*, 2018).

Países em desenvolvimento ainda enfrentam outros agravantes como falta de financiamento, sendo preciso a implantação de programas de suporte para o desenvolvimento dos negócios, produtos e serviços sustentáveis (Vasilescu *et al.*, 2023). Ademais, o desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis são determinantes para o sucesso de pequenas e médias empresas que adotam modelos de negócios circulares (Almeida; Wasim, 2023).

Contudo, o desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis requer, além de investimento, um ambiente de negócios favorável, composto por fatores externos às empresas. Especialmente os fatores externos relacionados à empresa destacados por Lewandowski (2016), os quais ainda não foram muito explorados.

Nesse sentido, é preciso entender o contexto e os fatores que permitem a agregação de valor sustentável. A possibilidade de agregação de valor é fundamental para a viabilidade dos negócios sustentáveis. Por isso, esse artigo apresenta a estrutura intelectual inerente ao processo de agregação de valor sustentável.

Por fim, a sustentabilidade tem em consideração o aspecto econômico, ambiental e social. A sustentabilidade requer uma mudança cultural, que é inevitavelmente holística e local. As mudanças culturais vão além das ideias individuais, para abranger grandes grupos, em nível nacional ou global, envolvendo políticas, instituições e leis. Compreender os fatores que permitem a agregação de valor sustentável pode favorecer o desenvolvimento de estratégias para o desenvolvimento de negócios sustentáveis. Delinear a estrutura intelectual inerente ao processo de agregação de valor sustentável é um passo importante para o problema difuso da sustentabilidade dos negócios.

2. Procedimentos metodológicos

Tomadores de decisão lidam constantemente com problemas perversos, empreendedores, políticos, legisladores, administradores, são responsáveis por melhorar ou piorar algumas características do mundo em que as pessoas vivem (Horst W J Rittel; Webber, 1973). Para demonstrar o contexto na qual as oportunidades de negócios sustentáveis germinam, precisamos desvendar e descrever um fenômeno da realidade. Inspirados no



método estruturalista, criado por Lévi Strauss, procuramos construir um modelo mental que explique a totalidade do fenômeno (Marconi; Lakatos, 2010).

Como método de procedimento, foram usadas algumas ferramentas de mapeamento científico. A bibliometria pode facilitar a compreensão do estado da arte passado e atual de um campo de estudos (Holton, 2000). As técnicas bibliométricas introduzem medidas objetivas de avaliação de publicações que contrastam com o potencial viés embutido na avaliação subjetiva (Appio *et al.*, 2014). A análise da estrutura conceitual e a bibliometria são aplicados por estudos em diversas áreas do conhecimento com aplicações semelhantes à deste estudo (Belussi *et al.*, 2019; Guleria and Kaur, 2021; Mühl; de Oliveira, 2022; Muhl; Oliveira, 2022).

2.1 Coleta de dados

A base de dados Scopus foi escolhida por se tratar do maior banco de dados de periódicos revisado por pares, além disso a base de dados é recomendada por especialistas devido a sua ampla cobertura (Zupic and Čater, 2015). A pesquisa foi realizada em 03 de janeiro de 2023 e utilizou a seguinte chave de pesquisa: (Title (sustainab* AND "Add* value" OR "value add*" OR "value chain" OR "value creation") OR KEYword (sustainab* AND "Add* value" OR "value add*" OR "value chain" OR "value creation")). A busca retornou 3.488 documentos, cobrindo um horizonte temporal de 1995 a 2022, 24 documentos que se repetiram foram excluídos, restaram 3.464 documentos.

2.2 Análise de dados

O pacote Bibliometrix, baseado na linguagem R, foi usado para executar as análises. A ferramenta possui mecanismos de normalização e padronização dos dados (Aria; Cuccurullo, 2017). O Bibliometrix integra diversas técnicas de bibliometria, possui código aberto, recursos gráficos e estatísticos com flexibilidade e atualizações frequentes (Aria; Cuccurullo, 2017). Especialmente a técnica de co-word foi aplicada. Essa técnica usa as palavras para criar uma estrutura conceitual. A unidade das análises são os conceitos, presentes em títulos, palavras-chave, resumos ou textos completos (Zupic; Čater, 2015).

Foram utilizadas as contagens de palavras e os indicadores bibliométricos como ponto de partida para resgatar, ler os documentos e desenvolver a discussão dos resultados. Os indicadores quantitativos são o ponto de partida para criar a contextualização do objeto estudado. Portanto, diferentes técnicas são aplicadas gerando resultados que corroboram uns com os outros para representação do fenômeno em estudo, como apresentado a seguir.

3. Apresentação dos resultados

3.1 Bibliometria

A busca na base de dados Scopus resultou em um total de 3.464 documentos, sendo 1.962 artigos, 713 papers em conferências, 423 revisões e 268 capítulos de livros.

A Tabela apresenta algumas informações gerais dos dados da pesquisa.



Tabela 1 – Informações consolidadas da busca realizada no Scopus

Description	Results
Timespan	1995:2022
Sources (Journals, Books, etc)	1535
Documents	3464
Annual Growth Rate %	12,78
Average citations per doc	21,31
Keywords Plus (ID)	15341
Author's Keywords (DE)	9021
Authors	9939
Authors of single-authored docs	473
Single-authored docs	512

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Um intervalo de 27 anos foi considerado (1995-2022). Nesse período 1535 journal e livros trataram sobre o assunto. As principais revistas que publicaram os artigos são: Journal of Cleaner Production (42), Sustainability da Suíça (27), Bioresource Technology (24), Sustainable and Renewable Energy Review (19), Resources, conservation and Recycling (19).

Já entre os principais centros de pesquisa estão a Universidade de Wageningen, a Universidade Técnica da Dinamarca, a Universidade de Cambridge, a Universidade da Malásia, e outras. No mesmo sentido, os países com maior número de citações são o Reino Unido, a Alemanha, a Índia, os Estados Unidos, a China, a Holanda, a Itália, a Espanha, a Austrália, entre outros.

Alguns autores são especialistas, produzem muitos estudos sobre determinado assunto, no entanto, alguns estudos têm maior impacto e outros estudos possuem um menor impacto. O índice H foi uma solução desenvolvida para caracterizar a produção científica de determinado autor (Costas; Bordons, 2007). Ao medir o impacto H dos autores aparecem nos primeiros lugares Bocken N. (h12); Wang Y (h11); Jawahir I (h9); Liu J (h9); Badurdeen F (h8); Chen X (h8), entre outros.

3.2 Análise temática

As análises a seguir são oriundas da análise dos dados descritos na Tabela 1. Por exemplo, para análise de palavra-chave foram usadas as Keywords Plus, pois essas são mais efetivas para efeitos de bibliometria e investigação dos conteúdos científicos (Zhang *et al.*, 2016), ou seja, 15.341 termos foram considerados para a análise de coocorrência de palavra-chave.

Para iniciar uma imersão nas temáticas discutidas é importante verificar quais são os trabalhos mais influentes. Um trabalho que recebe muitas citações torna-se uma referência para o campo de estudo, já que muitos autores se baseiam nesse estudo para desenvolver suas próprias ideias. Na tabela 2, têm-se os 10 trabalhos com maior número de citações.

Tabela 2 - Trabalhos mais citados

Paper	Autores	Total Citações
Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review	Naik et al., 2010	2122



		1680
	Bocken et al., 2014	
Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review	Al-Salem et al., 2009	1361
Status and perspectives of CO2 conversion into fuels and chemicals by catalytic, photocatalytic and electrocatalytic processes	Kondratenko et al., 2013	1251
Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment	Artz et al., 2018	1115
Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0		1024
	Stock & Seliger, 2016	
Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges	Ford & Despeisse, 2016	833
Biomass into chemicals: Conversion of sugars to furan derivatives by catalytic processes	Tong et al., 2010	685
Sustainable management of coffee industry by-products and value addition — A review	Murthy & Madhava Naidu, 2012	554
Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products — A world prospective	Panda et al., 2010	545

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

O artigo mais citado faz uma revisão de processos para converter biomassa em biocombustíveis líquidos úteis e outros bioprodutos. Nesse contexto, os biocombustíveis de primeira geração competem com a produção de alimentos pelo uso de terras cultiváveis e apresentam um potencial para gerar estresse nas cadeias alimentícias, encarecendo os alimentos. Por outro lado, os combustíveis de segunda geração, baseados em transformação de biomassa, aparecem como uma alternativa. As biorrefinarias de segunda geração podem usar bioprocessos, pirólise e processos catalíticos para gerar moléculas e materiais úteis para a sociedade (Naik *et al.*, 2010).

O segundo estudo da Tabela 2 apresenta uma série de arquétipos para gerar modelos de negócios mais sustentáveis. Os negócios sustentáveis têm como principal característica as capacidades de maximizar a eficiência do uso de materiais e energia, reaproveitar resíduos, usar recursos renováveis e processos naturais e entregar funcionalidade no lugar de propriedade (Bocken *et al.*, 2014).

Como alternativa para reaproveitar resíduos, o terceiro artigo mais citado faz uma revisão de literatura sobre a reciclagem e recuperação de resíduos sólidos de plástico. Quatro rotas de tratamento de resíduos sólidos de plástico são apresentadas. As rotas de tratamento podem ser classificadas como primárias (re-extrusão), secundárias (mecânicas), terciárias (químicas) e quaternárias (recuperação de energia). Os esquemas de reciclagem primário e secundário estão estabelecidos e são amplamente aplicados, porém os esquemas terciário e quaternário exigem mais pesquisa quando a revisão foi realizada (Al-Salem *et al.*, 2009).

Panda *et al.* (2010), também propõem alternativas para substituir os plásticos não biodegradáveis em diferentes aplicações. As alternativas disponíveis incluem redução de fonte, reutilização, reciclagem e recuperação de valor de energia inerente por meio de incineração de resíduos em energia e aplicações de combustível processado. A produção de combustível líquido seria uma das melhores alternativas, pois o poder calorífico dos plásticos é comparável ao dos combustíveis, em torno de 40 MJ/kg.



No mesmo sentido, buscando soluções para resíduos, o estudo de (Kondratenko *et al.*, 2013) se ocupou do uso de dióxido de carbono para a produção sustentável de energia e produtos químicos. Processos como a hidrogenação catalisada heterogeneamente, a conversão fotocatalítica e eletrocatalítica de CO₂ em hidrocarbonetos e oxigenados foram discutidos na revisão dos autores. Adicionalmente, Artz *et al.*, 2018, realizam uma análise combinada do estado da arte de metodologias e processos sintéticos para a conversão sustentável do dióxido de carbono. Os autores buscam identificar oportunidades e sugerem usar o dióxido de carbono como matéria-prima que pode evitar a utilização de recursos fósseis. O dióxido de carbono pode ser convertido para atender diversas necessidades, como geração de combustíveis, produtos químicos ou até produtos especiais.

Stock e Seliger (2016), buscam maximizar a eficiência do uso de materiais e energia através da digitalização. Os autores apresentam o estado da arte da Indústria 4.0 com base em desenvolvimentos recentes em pesquisa e prática, bem como as diferentes oportunidades de fabricação sustentável da Indústria 4.0. O paradigma da Indústria 4.0 é essencialmente delineado por: integração horizontal em toda a rede de criação de valor; engenharia de ponta a ponta ao longo de todo o ciclo de vida do produto, integração vertical e sistemas de fabricação em rede. Uma vasta quantidade de informações geradas por sensores e integração digital permitem a maximização da eficiência dos processos produtivos e isso aprimora a sustentabilidade.

No mesmo sentido, Ford e Despeisse (2016,) resumem os benefícios, desafios e analisam as implicações de sustentabilidade da manufatura aditiva (MA) em termos de fontes de inovação, modelos de negócios e configuração de cadeias de valor. Eles consideram as maneiras pelas quais a MA pode possibilitar modelos de produção e consumo mais sustentáveis. Investigando a adoção de MA através de uma perspectiva de ciclo de vida, quatro categorias principais identificam onde MA alcança benefícios sustentáveis: redesenho de produtos e processos; processamento de insumos e materiais; fabricação de componentes e produtos sob encomenda; e fechamento do ciclo produtivo.

O aumento da eficiência no uso de recursos não renováveis é importante, mas a busca por fontes alternativas de energia e materiais é imprescindível. Na busca por usar recursos renováveis e processos naturais, o processamento de biomassa é uma alternativa interessante para a produção de energia e produtos químicos. Li, Mang e Tom 2010 revisam principalmente, as vias catalíticas para a síntese de 5-HMF, 2,5-FDCA, 2,5-DMF e outros derivados de furano a partir de açúcares. Eles discutem o possível mecanismo de reação para a conversão de hexoses e ainda sugerem algumas direções de pesquisa promissoras e catalisadores capazes de viabilizar a produção de produtos químicos de alto valor agregado.

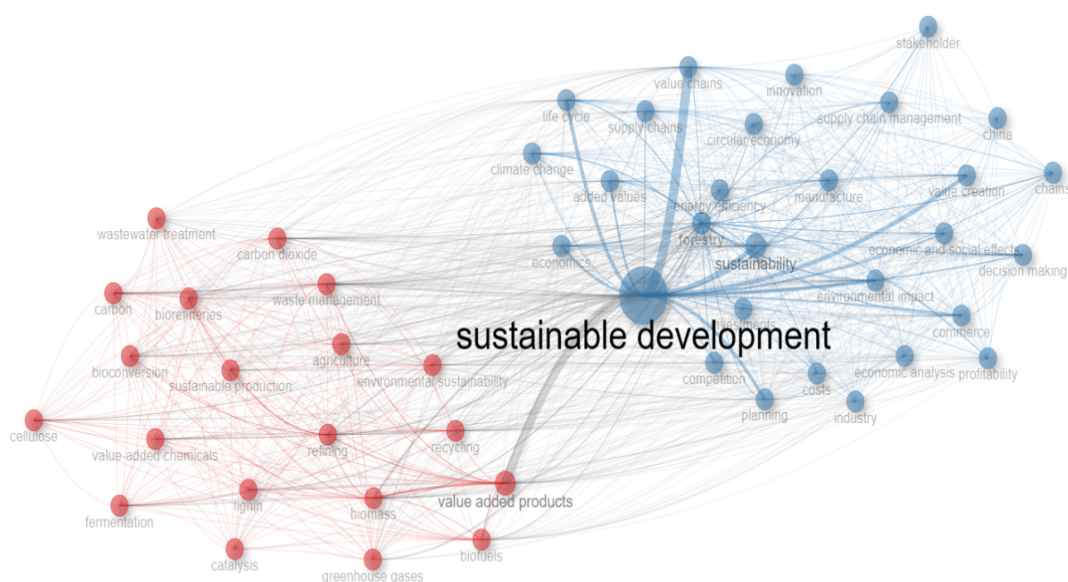
Murthy, Madhava e Naidu (2012), também exploram possibilidades para agregar valor, porém nesse caso os autores estão focados na gestão de resíduos da produção de café. Os autores fazem uma revisão das explorações de valor agregado aos subprodutos do café que podem ser alcançadas com a aplicação de princípios de bioengenharia no processamento de alimentos e gestão de resíduos. Soluções baseadas no processamento de resíduos para geração de subprodutos de alto valor agregado podem conservar o meio ambiente, solucionando os problemas de descarte, acelerando o uso de recursos ecológicos e gerando oportunidade para um novo ciclo de desenvolvimento econômico.

Portanto, os artigos mais citados ou mais influentes se ocupam de temas como transformação de biomassa, aumento da eficiência de materiais e recursos, recuperação ou reutilização de plástico, uso de dióxido de carbono, indústria 4.0, manufatura aditiva e bioengenharia para a gestão de resíduos. Esses temas podem ser considerados grandes áreas com oportunidades para o desenvolvimento de negócios sustentáveis. Por exemplo, a

transformação da biomassa, a recuperação do plástico, o uso do dióxido de carbono só poderão ser adotadas em larga escala com o aperfeiçoamento de soluções tecnológicas e o desenvolvimento de indústrias com grande capacidade produtiva em locais estratégicos para atender às necessidades de gestão de resíduos e transformação de materiais. Adicionalmente, com o aumento da conscientização relacionada às questões climáticas, o ambiente institucional, a legislação e os hábitos das pessoas tendem a criar um ambiente de negócios favorável direcionado para soluções que proporcionem a sustentabilidade.

Outro recurso interessante para explorar as temáticas de um campo de estudos e que pode ser útil nessa ocasião são as análises de palavras-chave. A partir da análise das palavras-chave em um determinado campo é possível explorar relações críticas entre conceitos. As palavras-chave plus são mais interessantes para efeitos de bibliometria e são geradas por um algoritmo das bases de dados, as palavras são extraídas a partir dos títulos dos artigos citados em um documento. A Figura 3 apresenta uma rede de coocorrência de palavras-chave, os termos estão agrupados em uma rede de acordo com a similaridade das ocorrências (Aria; Cuccurullo, 2017; Guleria; Kaur, 2021).

Figura 3 - Rede de coocorrência de palavra-chave



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

O termo desenvolvimento sustentável apresentou o maior número de ocorrências, com 1398 ocorrências, seguido de sustentabilidade 472, produtos de valor agregado 369, biomassa 327, cadeias de valor 280, gestão de resíduos 189, impacto ambiental 183, criação de valor 177, entre as primeiras posições. É importante perceber como o termo desenvolvimento sustentável não foi usado na chave de pesquisa e se destacou estabelecendo uma ligação forte com os produtos de valor agregado, como representado pela linha que conecta os termos. Já o termo sustentabilidade, usado na chave de pesquisa, aparece como segundo termo mais importante.

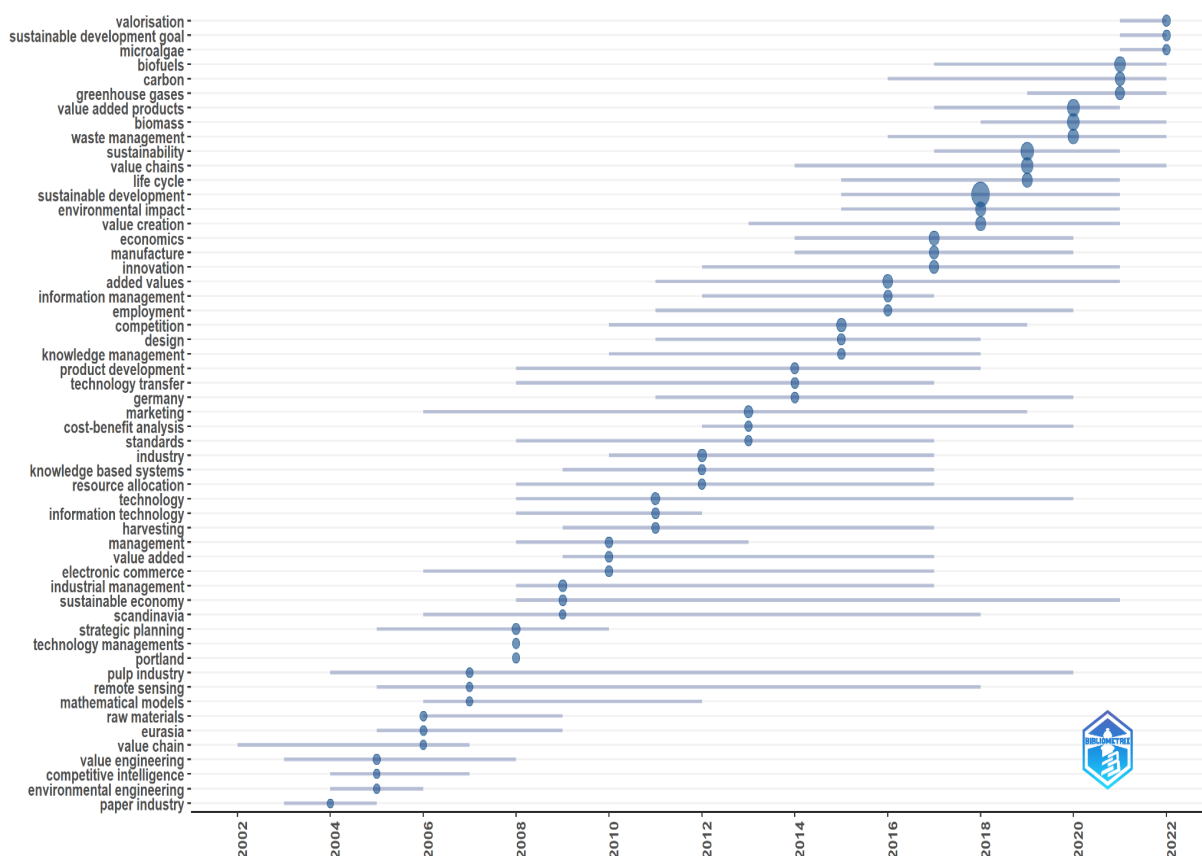
De acordo com a similaridade dos termos, o algoritmo formou dois grandes clusters, estando a relação mais forte estabelecida entre o desenvolvimento sustentável e os produtos de valor agregado. O cluster relacionado ao desenvolvimento sustentável é composto por



termos mais genéricos, teóricos de escopo mais amplo, como sustentabilidade, economia circular, inovação, cadeias de suprimentos e outros. Por outro lado, o segundo cluster relacionado aos produtos de valor agregado apresenta aspectos mais técnicos, tecnologias para gestão e transformação de resíduos como bioconversão, fermentação, catálise, biorrefinarias e outros. Esse segundo cluster apresenta algumas tecnologias, conceitos e áreas interessantes onde podem ser desenvolvidos negócios sustentáveis.

Ainda explorando as palavras-chave, outra abordagem é possível, considerando os termos que mais estiveram presentes em publicações a cada ano. Em um campo científico os assuntos ganham e perdem importância em diferentes momentos, segundo as necessidades da sociedade e o foco dos pesquisadores. A Figura 5 representa a evolução dos termos durante os anos em diversas áreas do conhecimento com aplicações semelhantes à deste estudo (Belussi *et al.*, 2019; Guleria; Kaur, 2021; Mühl; de Oliveira, 2022).

Figura 5 - Trend Topics



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

A Figura 5 mostra a evolução e as modificações dos termos ao longo dos anos. O termo “indústria de papel” começa a ser discutido em 2003 e ganha ênfase em 2004. Depois os termos “reengenharia ambiental”, cadeia de valor em 2006. Se destaca como o termo de



maior amplitude temporal a “indústria da celulose” (16 anos). No meio do período analisado, destacam-se os termos sistemas baseados em conhecimento, indústria, análise custo-benefício, transferência de tecnologia, gestão da informação. Nos últimos anos, surgiram os termos valorização, valor agregado, biocombustíveis, carbono, gases de efeito estufa, biomassa, gestão de resíduos, cadeia de valor e ciclo de vida, entre outros.

Os termos valorização e valor agregado podem ser considerados sinônimos. Da mesma forma, os termos carbono e gases de efeito estufa. Cadeias de valor, biocombustíveis e ciclo de vida possuem como elemento principal as questões de carbono e energia. Nesse sentido, (Chu ;Majumdar, 2012) argumentam que a energia limpa, acessível e confiável é uma necessidade para a prosperidade e crescimento econômico. Entre elas, a geração de energia solar e à base de água e a engenharia de micróbios para produzir biocombustíveis são alguns exemplos de alternativas que estão se desenvolvendo.

Mata *et al.* (2010) destacam que quando se fala em energia renovável, os biocombustíveis de primeira geração, ou seja, provenientes de culturas alimentares, especificamente oleaginosas, têm capacidade limitada para mitigar as mudanças climáticas. Os biocombustíveis de segunda geração de matérias-primas não alimentares, como microalgas, oferecem maiores oportunidades a longo prazo. Como as plantas, as microalgas usam a luz do sol para produzir óleos, mas o fazem com mais eficiência do que as plantas cultivadas. Além disso, o cultivo de microalgas tem outra vantagem, pois não compete diretamente com a produção de alimentos pelo uso das terras cultiváveis.

A produtividade de óleo de muitas microalgas excede em muito a produtividade de óleo das melhores culturas oleaginosas (Chisti, 2007). O estado atual do uso de microalgas para a produção de biodiesel, incluindo seu cultivo, colheita e processamento é revisado em Mata *et al.*(2010). São também apresentadas outras aplicações e produtos potenciais das microalgas, como o sequestro biológico de CO₂, tratamento de águas residuais, como aditivo alimentar para animais e humanos, para produção de medicamentos e outras aplicações.

Em Tilman *et al.* (2011) são discutidos os termos demanda global de alimentos e impacto ambiental, intensificação da agricultura e gases de efeito estufa. Searchinger *et al.* (2008) abordam a questão dos gases de estufa e as mudanças no uso da terra e dos biocombustíveis. Todavia, Cox *et al.*, (2000) falam sobre o ciclo do carbono, onde fica clara a relação entre os termos “carbono”, impacto ambiental, emissões de gases, negócios e mudanças climáticas.

Por outro lado, existe uma diversidade de artigos ligados à gestão de resíduos, relacionados a biomassa e biorrefinarias para a promoção da economia circular (Mohan *et al.*, 2016 ;Ubando *et al*, 2020). Isso demonstra o potencial que os resíduos possuem como alternativa na substituição de materiais e energia de origem tradicionais, minerais ou fósseis.

Numa perspectiva semelhante, para Cao *et al.*(2020) uma das formas mais limpas de produção de energia é a produção de hidrogênio a partir da biomassa. Embora a gaseificação de biomassa, incluindo gaseificação a vapor e gaseificação de água supercrítica, mostre alto potencial em aplicações em escala de campo, a seletividade e a eficiência da produção de hidrogênio precisam ser melhoradas para garantir aplicações industriais lucrativas. Portanto, é preciso pesquisa e investimento no desenvolvimento desse tipo de solução.

Até mesmo, processos como a produção de hidrogênio podem ser avaliados pela metodologia de análise de ciclo de vida quanto à sustentabilidade dos processos e produtos. Por exemplo, Artz *et al.* (2018) apresentam o estado da arte das metodologias e processos sintéticos e uma avaliação do ciclo de vida da cadeia de valor petroquímica. Cuéllar-Franca e Azapagic (2015) também usam a metodologia de avaliação de ciclo de vida, os autores

abordam as tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS) e captura e utilização de carbono (CCU).

A análise de custo-benefício assim como a análise de ciclo de vida é fundamental para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis. Embora a análise de custo-benefício tenha apresentado eminência em 2013, a metodologia está sempre presente na implantação das diversas alternativas sustentáveis ligadas à agregação de valor. Ragauskas *et al.* (2014) analisa a valorização da lignina no processo de biorrefinaria sob diferentes variantes genéticas de cultivos bioenergéticos. Singh *et al.* 2014 analisaram o custo-benefício do sequestro de carbono na agricultura australiana.

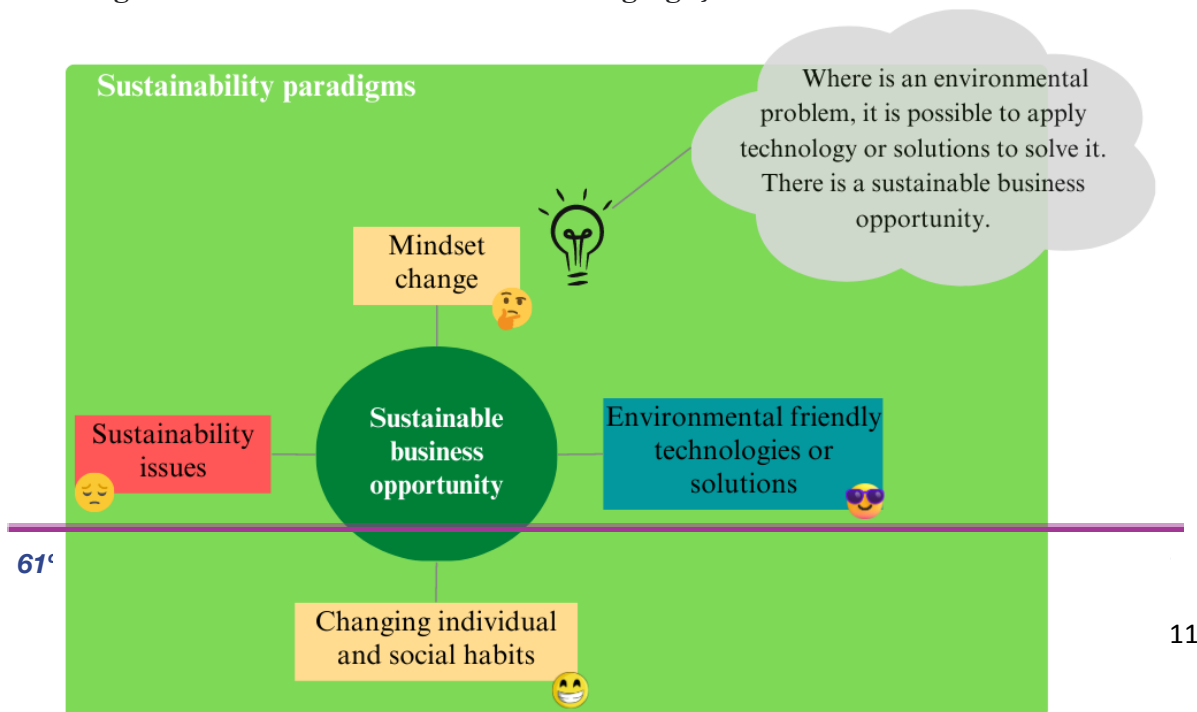
Os trend topics apresentaram uma série de conceitos, problemas, tecnologias ou soluções relacionados ao desenvolvimento sustentável como discutido por diversos autores. O mesmo ocorre com os estudos mais influentes e com as palavras-chave mais populares no campo de pesquisa, sempre é possível identificar problemas de sustentabilidade e tecnologias relacionadas. Essa dinâmica oferece alguns insights sobre as tendências e os modelos de negócios de agregação de valor sustentável que estão emergindo.

Nas análises anteriores percebemos que existem conceitos genéricos e abstratos que direcionam a pesquisa sobre sustentabilidade como desenvolvimento sustentável, economia circular, bioeconomia e outros. No mesmo sentido, as principais palavras-chave e os trend topics apresentam termos que representam um conjunto de problemas, tecnologias e soluções. Adicionalmente, na análise de conteúdo dos estudos mais influentes constam soluções, tecnologias e oportunidades para superar os problemas ambientais.

Assim procuramos classificar e organizar as principais palavras-chave em categorias. Os conceitos mais abstratos foram classificados como paradigmas da sustentabilidade, esses conceitos representam uma mudança na compreensão da relação que o ser humano deve estabelecer com a natureza e com os recursos fundamentais para sua própria sobrevivência. O ser humano compreende que os recursos naturais são finitos e a partir disso estabelece uma nova compreensão da realidade que direcionará as ações humanas.

Estabelecida essa nova compreensão da realidade os problemas ambientais causados pela ação humana começam a ser identificados. Em resposta a esses problemas ambientais, pesquisadores e a sociedade começam a buscar soluções que proporcionem a sustentabilidade das atividades humanas. Por fim, a conscientização sobre a sustentabilidade e a implementação das soluções sustentáveis se refletem numa mudança na maneira como as pessoas e a sociedade usam os recursos naturais, conforme representado na Figura 6.

Figura 6 - A Estrutura Intelectual da Agregação de Valor Sustentável





Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Portanto, a estrutura intelectual da agregação de valor sustentável pode ser compreendida a partir de quatro elementos:

1. Existem problemas de sustentabilidade;
2. As pessoas estão passando por uma mudança de pensamento, ou seja, as pessoas estão preocupadas com os problemas ambientais;
3. Existem soluções, técnicas, tecnologias e possibilidades viáveis para contornar os problemas de sustentabilidade;
4. Quando possível, as pessoas mudam seus hábitos em busca da sustentabilidade.

O conceito de agregação de valor do USDA e o de criação de valor de Sadovska (*et al.*, 2020) estariam alinhados à mesma lógica à qual podem ser adicionados os resultados e a compreensão holística consolidada na Figura 6. Nesse sentido, a implementação de tecnologias ambientalmente amigáveis seja para a transformação da biomassa, recuperação do plástico, uso do dióxido de carbono e outras tecnologias representam oportunidades de implementação de negócios sustentáveis.

Um conjunto de empreendimentos deverá se estruturar em locais estratégicos para atender às necessidades de gestão de resíduos e transformação de materiais. Essas indústrias da bioeconomia gradualmente deverão substituir antigas instalações da velha economia linear. Adicionalmente, com o aumento da conscientização relacionada às questões climáticas, o ambiente institucional, a legislação e os hábitos das pessoas tendem criar um ambiente de negócios favorável direcionado para soluções que proporcionem a sustentabilidade da sociedade. Os pesquisadores, empreendedores, o governo, os legisladores devem estar atentos e ajudar a desenvolver essa nova realidade.

4. Conclusões

Existem diversos perversos relacionados à sustentabilidade, dessa forma, uma série de soluções e tecnologias precisam ser desenvolvidas para tornar a sociedade mais sustentável. Nesse sentido, se as pessoas estiverem dispostas a mudar seus hábitos para tornar a sociedade mais sustentável, temos um ambiente favorável à agregação de valor sustentável. Portanto, a agregação de valor sustentável requer soluções que estão relacionadas a aplicação de tecnologias e a conscientização das pessoas.

Esse estudo se limitou à discussão dos temas estatisticamente mais importantes a partir das técnicas de bibliometria empregadas. Assim, esses resultados se limitaram à construção de uma estrutura que representa as principais ideias relacionadas à agregação de valor sustentável. Resultados sintetizados são ferramentas úteis para abordar problemas perversos e podem beneficiar empreendedores, políticos ou legisladores em processos de tomada de decisões.

Pesquisas futuras podem criar instrumentos para medir se o ambiente de determinada região é favorável para o desenvolvimento de negócios sustentáveis a partir dos resultados identificados. Por exemplo, se as pessoas acreditam que a sustentabilidade não é importante é preciso investimento em conscientização. Por outro lado, se não existem tecnologias ou



soluções que viabilizem a sustentabilidade pode ser necessário que determinada região desenvolva ou importe essas tecnologias. No mesmo sentido é fundamental identificar as variáveis sociais e econômicas que influenciam no processo de agregação de valor sustentável.

O estudo atual contribui com a fronteira do conhecimento ao demonstrar a estrutura intelectual que favorece a agregação de valor sustentável. Os resultados podem ajudar os tomadores de decisão a lidar com o problema perverso da sustentabilidade fomentando negócios sustentáveis. Onde existe um problema ambiental é possível aplicar uma tecnologia ou soluções e isso é uma oportunidade de negócio sustentável. Ao compreender o processo de agregação de valor sustentável os políticos podem criar políticas voltadas ao incentivo dessas soluções, investindo em pesquisa e desenvolvimento, criando mecanismos de financiamento a empresas, fomentando negócios, etc. Legisladores podem adequar a legislação à nova realidade, favorecendo o desenvolvimento de negócios de cunho sustentável, nesse sentido a própria conscientização da população a respeito da necessidade da sustentabilidade é muito importante. Por outro lado, empreendedores podem identificar oportunidades e desenvolver negócios interessantes, do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Referências

- Almeida, F., Wasim, J., 2023. Eco-innovation and sustainable business performance: perspectives of SMEs in Portugal and the UK. *Soc. Bus. Rev.* 18, 28–50. <https://doi.org/10.1108/SBR-12-2021-0233>
- Al-Salem, S.M., Lettieri, P., Baeyens, J., 2009. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Manag.* 29, 2625–2643. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004>
- Appio, F.P., Cesaroni, F., Di Minin, A., 2014. Visualizing the structure and bridges of the intellectual property management and strategy literature: a document co-citation analysis. *Scientometrics* 101, 623–661. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1329-0>
- Aria, M., Cuccurullo, C., 2017. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J. Informetr.* 11, 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Artz, J., Müller, T.E., Thenert, K., Kleinekorte, J., Meys, R., Sternberg, A., Bardow, A., Leitner, W., 2018. Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment. *Chem. Rev.* 118, 434–504. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00435>
- Belussi, F., Orsi, L., Savarese, M., 2019. Mapping Business Model Research: A Document Bibliometric Analysis. *Scand. J. Manag.* 35, 101048. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2019.101048>
- Bocken, N.M.P., Short, S.W., Rana, P., Evans, S., 2014. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *J. Clean. Prod.* 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Brundtland, G.H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S.A., Chidzero, B., Fadika, L.M., Hauff, V., Lang, I., Ma, S., Botero, M.M., Singh, N., 1987. Our common future ; by world commission on environment and development.
- Caldwell, L.K., 1984. Political Aspects of Ecologically Sustainable Development. *Environ. Conserv.* 11, 299–308. <https://doi.org/10.1017/S037689290001465X>



- Cao, L., Yu, I.K.M., Xiong, X., Tsang, D.C.W., Zhang, S., Clark, J.H., Hu, C., Ng, Y.H., Shang, J., Ok, Y.S., 2020. Biorenewable hydrogen production through biomass gasification: A review and future prospects. *Environ. Res.* 186, 109547. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109547>
- Carley, M., Christie, I., 2000. *Managing sustainable development*, 2nd ed. ed. Earthscan, London ; Sterling, VA.
- Chisti, Y., 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Adv.* 25, 294–306. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>
- Chu, S., Majumdar, A., 2012. Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature* 488, 294–303. <https://doi.org/10.1038/nature11475>
- COSTANZA, R., DALY, H.E., 1992. Natural Capital and Sustainable Development. *Conserv. Biol.* 6, 37–46. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- Costas, R., Bordons, M., 2007. The h-index: Advantages, limitations and its relation with other bibliometric indicators at the micro level. *J. Informetr.* 1, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2007.02.001>
- Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A., Totterdell, I.J., 2000. Erratum: Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408, 750–750. <https://doi.org/10.1038/35047138>
- Cuéllar-Franca, R.M., Azapagic, A., 2015. Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts. *J. CO2 Util.* 9, 82–102. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.12.001>
- Elkington, J., 1998. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. *Environ. Qual. Manag.* 8, 37–51. <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>
- Evans, S., Vladimirova, D., Holgado, M., Van Fossen, K., Yang, M., Silva, E.A., Barlow, C.Y., 2017. Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models. *Bus. Strategy Environ.* 26, 597–608. <https://doi.org/10.1002/bse.1939>
- Ford, S., Despeisse, M., 2016. Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *J. Clean. Prod.* 137, 1573–1587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150>
- Garetti, M., Taisch, M., 2012. Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Prod. Plan. Control* 23, 83–104. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.591619>
- Geissdoerfer, M., Morioka, S.N., de Carvalho, M.M., Evans, S., 2018. Business models and supply chains for the circular economy. *J. Clean. Prod.* 190, 712–721. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C., 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Guleria, D., Kaur, G., 2021. Bibliometric analysis of ecopreneurship using VOSviewer and RStudio Bibliometrix, 1989–2019. *Libr. Hi Tech* 39, 1001–1024. <https://doi.org/10.1108/LHT-09-2020-0218>
- Harari, Y.N., 2015. *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Harper Collins.
- Holton, G., 2000. *Einstein, History, and Other Passions: The Rebellion against Science at the End of the Twentieth Century*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Horst W J Rittel, Webber, M.M., 1973. Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sci.* 4, 155–169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>



- Kondratenko, E.V., Mul, G., Baltrusaitis, J., Larrazábal, G.O., Pérez-Ramírez, J., 2013. Status and perspectives of CO₂ conversion into fuels and chemicals by catalytic, photocatalytic and electrocatalytic processes. *Energy Environ. Sci.* 6, 3112–3135. <https://doi.org/10.1039/C3EE41272E>
- Lewandowski, M., 2016. Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework. *Sustain. Switz.* 8. <https://doi.org/10.3390/su8010043>
- MARCONI, M.D.A.M., Lakatos, E.M., 2010. Fundamentos de metodologia científica. Editora Atlas S.A.
- Mata, T.M., Martins, A.A., Caetano, Nidia.S., 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 14, 217–232. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020>
- Mazoyer, M., Roudart, L., 2002. Histoire des agricultures du monde: du néolithique à la crise contemporaine, Histoire. Éditions du Seuil, Paris.
- McKibben, B., 2010. Eearth: Making a Life on a Tough New Planet. Henry Holt and Company.
- Mohan, S.V., Butti, S.K., Amulya, K., Dahiya, S., Modestra, J.A., 2016. Waste Biorefinery: A New Paradigm for a Sustainable Bioelectro Economy. *Trends Biotechnol.* 34, 852–855. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.06.006>
- Mühl, D.D., de Oliveira, L., 2022. A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon* 8, e09369. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09369>
- Murthy, P.S., Madhava Naidu, M., 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resour. Conserv. Recycl.* 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Naik, S.N., Goud, V.V., Rout, P.K., Dalai, A.K., 2010. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 14, 578–597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.003>
- Panda, A.K., Singh, R.K., Mishra, D.K., 2010. Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 14, 233–248. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.005>
- Ragauskas, A.J., Beckham, G.T., Biddy, M.J., Chandra, R., Chen, F., Davis, M.F., Davison, B.H., Dixon, R.A., Gilna, P., Keller, M., Langan, P., Naskar, A.K., Saddler, J.N., Tschaplinski, T.J., Tuskan, G.A., Wyman, C.E., 2014. Lignin valorization: improving lignin processing in the biorefinery. *Science* 344, 1246843. <https://doi.org/10.1126/science.1246843>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J., 2009. Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.* 14. <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- Sadovska, V., Ekelund Axelsson, L., Mark-Herbert, C., 2020. Reviewing Value Creation in Agriculture—A Conceptual Analysis and a New Framework. *Sustainability* 12, 5021. <https://doi.org/10.3390/su12125021>
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T.-H., 2008. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse



- gases through emissions from land-use change. *Science* 319, 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>
- Singh, B., Macdonald, L.M., Kookana, R.S., Zwieten, L. van, Butler, G., Joseph, S., Weatherley, A., Kaudal, B.B., Regan, A., Cattle, J., Dijkstra, F., Boersma, M., Kimber, S., Keith, A., Esfandbod, M., Singh, B., Macdonald, L.M., Kookana, R.S., Zwieten, L. van, Butler, G., Joseph, S., Weatherley, A., Kaudal, B.B., Regan, A., Cattle, J., Dijkstra, F., Boersma, M., Kimber, S., Keith, A., Esfandbod, M., 2014. Opportunities and constraints for biochar technology in Australian agriculture: looking beyond carbon sequestration. *Soil Res.* 52, 739–750. <https://doi.org/10.1071/SR14112>
- Stock, T., Seliger, G., 2016. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Decoupling Growth from Resource Use 40, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Stubbs, W., Cocklin, C., 2008. Conceptualizing a “Sustainability Business Model.” *Organ. Environ.* 21, 103–127. <https://doi.org/10.1177/1086026608318042>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Befort, B.L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Ubando, A.T., Felix, C.B., Chen, W.-H., 2020. Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresour. Technol.* 299, 122585. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122585>
- UNDP, U.N.D.P., 2023. Sustainable Development Goals | United Nations Development Programme [WWW Document]. UNDP. URL <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (accessed 3.16.23).
- Vargo, S.L., Maglio, P.P., Akaka, M.A., 2008. On value and value co-creation: A service systems and service logic perspective. *Eur. Manag. J.* 26, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2008.04.003>
- Vasilescu, M.D., Dimian, G.C., Gradinaru, G.I., 2023. Green entrepreneurship in challenging times: a quantitative approach for European countries. *Econ. Res.-Ekon. Istraz.* 36, 1828–1847. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2093767>
- Waddock, S., 2011. We Are All Stakeholders of Gaia: A Normative Perspective on Stakeholder Thinking. *Organ. Environ.* 24, 192–212. <https://doi.org/10.1177/1086026611413933>
- Zhang, J., Yu, Q., Zheng, F., Long, C., Lu, Z., Duan, Z., 2016. Comparing keywords plus of WOS and author keywords: A case study of patient adherence research. *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.* 67, 967–972. <https://doi.org/10.1002/asi.23437>
- Zupic, I., Čater, T., 2015. Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organ. Res. Methods* 18, 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>