

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**TENDÊNCIAS EM INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: ESTUDO
BIBLIOMÉTRICO NA BASE SCOPUS (2008 - 2024)**

RODRIGO YAMANE

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sheila Farias Alves Garcia

**Jaboticabal - SP
1º Semestre/2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Tendências em Inovação e Sustentabilidade: Estudo Bibliométrico na Base Scopus
(2008 - 2024)**

RODRIGO YAMANE

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sheila Farias Alves Garcia

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte
das exigências para graduação em Administração.**

**Jaboticabal - SP
1º Semestre/2025**

Y19t

Yamane, Rodrigo

Tendências em inovação e sustentabilidade: : Estudo
bibliométrico na base Scopus (2008 – 2024) / Rodrigo Yamane. --
Jaboticabal, 2025
77 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Administração) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Sheila Farias Alves Garcia,

1. Sustentabilidade. 2. Bibliometria. 3. Desenvolvimento
sustentável. I. Título.

RODRIGO YAMANE

**TENDÊNCIAS EM INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: ESTUDO
BIBLIOMÉTRICO NA BASE SCOPUS (2008 – 2024)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel
em Administração.

Área de Concentração: Marketing e Inovação

Data da defesa: 06/05/2025

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

 **SHEILA FARIAS ALVES GARCIA**
Documento assinado digitalmente
Data: 26/06/2025 14:13:25 (BRT)
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.ª. Dra. Sheila Farias Alves Garcia
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

 **LESLEY CARINA DO LAGO ATTADIA GALLI**
Documento assinado digitalmente
Data: 26/06/2025 19:13:21 (BRT)
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

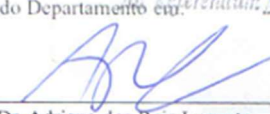
Prof.ª. Dra. Lesley Carina do Lago Attadia Galli
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

 **TAIS AFFONSO REHDER TANUS**
Documento assinado digitalmente
Data: 26/06/2025 17:55:06 (BRT)
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Mestranda Tais Affonso Rehder Tanus
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

Referendum 02/07/25


Prof. Dr. Adriano dos Reis Lucente
Chefe do Departamento de Economia,
Administração e Educação

RESUMO

Este estudo apresenta um panorama da produção científica sobre inovação sustentável entre 2008 e 2024, utilizando análise bibliométrica de documentos indexados na Scopus. A busca inicial recuperou 1 154 registros; após depuração, 790 artigos e revisões compuseram a amostra. Aplicaram-se indicadores clássicos (Bradford, Lotka, Zipf) com suporte de VOSviewer e Excel para mapear crescimento, autoria, periódicos e temas. As publicações aumentaram de um único artigo em 2008 para 154 em 2023, mantendo 153 em 2024. O núcleo de periódicos seguiu a Lei de Bradford, liderado por *Sustainability (Switzerland)*, *Journal of Cleaner Production* e *Technological Forecasting and Social Change*. A Lei de Lotka revelou dispersão autoral: J.M. Pearce liderou com 11 publicações, enquanto 94 % dos autores apareceram apenas uma vez. A análise de áreas do conhecimento destacou Ciências Sociais, Ciência da Computação e Administração, confirmando a natureza interdisciplinar do campo. Palavras-chave predominantes—*sustainability*, *innovation*, *circular economy* e *3D printing*—evidenciam convergência entre tecnologias emergentes e desafios socioambientais. Conclui-se que este mapeamento bibliométrico estabelece uma base científica robusta para orientar decisões estratégicas em pesquisa, desenvolvimento e políticas públicas no campo da inovação sustentável. Os resultados obtidos fornecem direcionamentos precisos para investimentos em P&D, identificação de lacunas de conhecimento e estabelecimento de parcerias internacionais. O estudo cria oportunidades para pesquisas futuras que, através de abordagens qualitativas e análises multi-base, podem aprofundar a compreensão dos impactos práticos e amplificar o potencial transformador das inovações sustentáveis, especialmente no contexto brasileiro.

Palavras-chave: Inovação Sustentável; Bibliometria; Economia Circular; Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

This study presents an overview of scientific output on sustainable innovation from 2008 to 2024 using a bibliometric analysis of Scopus-indexed documents. The initial search retrieved 1 154 records; after refinement, 790 articles and reviews comprised the sample. Classical indicators (Bradford, Lotka, Zipf) supported by VOSviewer and Excel mapped growth, authorship, journals, and themes. Publications rose from a single paper in 2008 to 154 in 2023, remaining high at 153 in 2024. Bradford's core was led by *Sustainability (Switzerland)*, *Journal of Cleaner Production*, and *Technological Forecasting and Social Change*. Lotka's law revealed author dispersion: J.M. Pearce topped productivity with 11 papers, while 94 % of authors appeared only once. Subject-area analysis highlighted Social Sciences, Computer Science, and Business & Management, confirming the field's interdisciplinary nature. Dominant keywords—*sustainability*, *innovation*, *circular economy*, and *3D printing*—show convergence between emerging technologies and socio-environmental challenges. The study concludes that, despite quantitative growth, qualitative approaches and additional databases are needed to capture under-represented perspectives.

Keywords: Sustainable Innovation; Bibliometrics; Circular Economy; Sustainable Development.

Lista de Abreviaturas e Siglas

CTI - Ciência, Tecnologia e Inovação

DIY - Do It Yourself (Faça Você Mesmo)

DIWO - Do It With Others (Faça Com os Outros)

ESG - Environmental, Social & Governance (Ambiental, Social e Governança)

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

IoT - Internet of Things (Internet das Coisas)

LARG - Lean, Agile, Resilient, and Green (Enxuto, Ágil, Resiliente e Verde)

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

P&D/PD&I - Pesquisa e Desenvolvimento / Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PMEs - Pequenas e Médias Empresas

RSC - Responsabilidade Social Corporativa

SNI - Sistema Nacional de Inovação

TBL - Triple Bottom Line (Tripé da Sustentabilidade)

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

TS - Tecnologia Social

Lista de Tabelas

Figura 1 – Processo metodológico	53
--	----

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Autores mais produtivos segundo a Lei de Lotka	56
Tabela 2 – Artigos mais citados (2008-2024)	58

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição temporal de publicações (2008-2024)	53
Gráfico 2 – Quantidade de trabalhos por autoria	55
Gráfico 3 – Distribuição de citações por artigo.....	57
Gráfico 4 – Dispersão de artigos por periódicos	59
Gráfico 5 – Rede de ocorrência de palavras-chave	61
Gráfico 6 – Produção científica por países	62
Gráfico 7 – Produção de artigos por instituição de afiliação (2008-2024)	64
Gráfico 8 – Rede de coocorrência de termos em títulos e resumos	66

SUMÁRIO

1. Introdução	10
1.1 Contextualização e Problematização	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Justificativa	12
1.4 Estrutura do Trabalho	13
2. Fundamentação teórica	14
2.1 Inovação e seus Desdobramentos Conceituais	14
2.1.1 Schumpeter e a Inovação como Motor do Desenvolvimento Econômico	14
2.1.2 Paradigmas Tecnológicos e Sistemas de Inovação	16
2.1.3 Inovação como Estratégia Organizacional	18
2.1.4 Inovação como Processo Interativo e Sistêmico	19
2.1.5 Inovação Aberta e Fluxos de Conhecimento	20
2.1.6 Tipologias de Inovação e Gestão Estratégica	21
2.1.7 Inovação Disruptiva e Transformações de Mercado	23
2.2 Inovação Sustentável: Princípios, Abordagens e Contextos	24
2.2.1 Definição e Elementos da Inovação Sustentável	25
2.2.2 Modelos Teóricos: Triple Bottom Line, Ecoeficiência e Capital Natural	26
2.2.3 Conexões com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	28
2.2.4 Abordagens Empresariais e Políticas Públicas	30
2.3 Intersecções Tecnológicas e Sociais	32
2.3.1 Tecnologias como Vetores da Sustentabilidade	32
2.3.2 Cultura Maker e Espaços de Inovação Colaborativa	35
2.3.3 Inclusão Social e Acesso à Inovação	38

3. METODOLOGIA	42
3.1 Fundamentos das leis de bibliometria	42
3.1.1 Lei de Bradford	44
3.1.2 Lei de Lotka	45
3.1.3 Leis de Zipf	46
3.1.4 Teoria epidêmica da disseminação de ideias	47
3.2 Coleta de dados	48
4. Análise de dados	49
4.1 Distribuição Temporal de Publicações	49
4.2 Produtividade de Autores	51
4.3 Citações	53
4.4 Dispersão de Artigos em Periódicos	58
4.5 Palavras-chave e Frequência de Ocorrência	60
4.6 Produção Científica por Países	61
4.7 Produção Científica por Afiliação	63
4.8 Co ocorrência de palavras no título e resumo de trabalhos	64
5. Conclusão	66
Referências	71

1. Introdução

A trajetória do desenvolvimento econômico e tecnológico tem sido marcada por transformações profundas que redefinem constantemente as relações entre sociedade, economia e meio ambiente. Desde a Primeira Revolução Industrial até o atual contexto da Indústria 4.0, os avanços tecnológicos têm impactado significativamente os processos produtivos, proporcionando ganhos expressivos em eficiência e competitividade (FREEMAN; PEREZ, 1988). A automação, a inteligência artificial e a interconectividade digital representam a mais recente onda dessas transformações, reconfigurando não apenas os modelos de negócios, mas também as próprias estruturas sociais e econômicas (SCHWAB, 2016).

Entretanto, esse progresso acelerado trouxe consigo desafios ambientais e sociais de magnitude sem precedentes. O consumo excessivo de recursos naturais, as mudanças climáticas e o aprofundamento das desigualdades socioeconômicas emergem como consequências diretas de um modelo de desenvolvimento que, historicamente, priorizou o crescimento econômico em detrimento da sustentabilidade ambiental e social (ELKINGTON, 2001). Esse cenário tem impulsionado uma reflexão crítica sobre os paradigmas vigentes, evidenciando a necessidade de repensar as bases sobre as quais se assentam os processos de inovação e desenvolvimento.

Nesse contexto, a sustentabilidade, que inicialmente ocupava posição periférica nas estratégias empresariais e políticas públicas, passou a assumir centralidade nos debates sobre desenvolvimento econômico e tecnológico. A transição de uma economia linear, baseada no modelo "extrair-produzir-descartar", para uma economia circular, fundamentada nos princípios de regeneração e restauração, exemplifica essa mudança de paradigma (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015). Tal transição, contudo, não se realiza sem a incorporação da inovação como elemento catalisador, capaz de viabilizar novas soluções para os desafios contemporâneos.

A inovação, compreendida em sua dimensão schumpeteriana como força motriz do desenvolvimento econômico, manifesta-se através do processo de "destruição criadora", pelo qual novas tecnologias, produtos, métodos de produção e

formas de organização emergem, tornando obsoletos os modelos anteriores e reconfigurando constantemente o cenário econômico (SCHUMPETER, 1961). Essa dinâmica, quando orientada para a sustentabilidade, pode constituir um poderoso mecanismo de transformação, capaz de conciliar prosperidade econômica, equidade social e preservação ambiental.

A convergência entre inovação e sustentabilidade tem sido objeto de crescente interesse acadêmico, resultando na consolidação do campo de estudos sobre inovação sustentável. Este campo, de natureza interdisciplinar, busca compreender como os processos inovativos podem ser direcionados para a promoção do desenvolvimento sustentável, integrando considerações econômicas, sociais e ambientais (BOONS et al., 2013). A inovação sustentável transcende a mera incorporação de tecnologias limpas ou a adoção de práticas ecoeficientes, configurando-se como uma abordagem sistêmica que reconhece a complexidade e a interconexão dos desafios contemporâneos.

Apesar da crescente atenção dedicada ao tema, ainda persiste uma lacuna na compreensão das principais tendências e abordagens da produção científica sobre inovação sustentável. A evolução desse campo de estudos, suas vertentes teóricas predominantes, os padrões de colaboração entre pesquisadores e instituições, bem como as metodologias e aplicações práticas mais recorrentes, constituem aspectos ainda não suficientemente mapeados e analisados. Essa lacuna dificulta a identificação de oportunidades para o desenvolvimento de novas soluções e estratégias que alinhem inovação e responsabilidade ambiental.

A partir dessa problemática, esse trabalho visa conhecer o panorama das publicações científicas sobre inovação sustentável, no período de 2008 a 2024. Busca-se, —compreender os focos predominantes das pesquisas acadêmicas, identificar não apenas o estado atual do conhecimento, mas também as tendências emergentes e as áreas que demandam maior atenção. Tal compreensão pode orientar tanto a agenda de pesquisa futura quanto as decisões estratégicas de organizações e formuladores de políticas públicas interessados em promover a inovação sustentável.

A abordagem bibliométrica adotada neste trabalho permite uma análise sistemática da produção científica sobre inovação sustentável, identificando não apenas os temas mais recorrentes, mas também as redes de colaboração entre pesquisadores e instituições, os periódicos mais influentes e as metodologias predominantes.

1.1 Contextualização e Problemática

Os avanços tecnológicos ao longo da história têm impactado profundamente a sociedade e a economia, desde a Primeira Revolução Industrial até o atual contexto da Indústria 4.0. A automação, a inteligência artificial e a interconectividade digital transformaram os processos produtivos, proporcionando ganhos significativos em eficiência e competitividade. Entretanto, esse progresso acelerado também trouxe desafios ambientais e sociais, relacionados ao consumo excessivo de recursos naturais, às mudanças climáticas e à desigualdade socioeconômica (Ribeiro & Steiner Neto, 2021).

Diante desse cenário, surge a necessidade de repensar os modelos de desenvolvimento econômico, buscando um equilíbrio entre inovação tecnológica e sustentabilidade. A sustentabilidade, que inicialmente era tratada como um aspecto secundário nos processos produtivos, passou a ocupar um papel central nas estratégias empresariais e políticas públicas. No entanto, apesar da crescente atenção ao tema, ainda há uma lacuna na compreensão das principais tendências e abordagens da produção científica sobre inovação sustentável. Compreender os focos predominantes das pesquisas acadêmicas, torna-se possível identificar oportunidades para o desenvolvimento de novas soluções e estratégias que alinhem inovação e responsabilidade ambiental.

A partir dessa problemática, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa:

"Qual é o panorama das publicações científicas sobre inovação sustentável, no período de 2008 a 2024?"

1.2 Objetivos

Este estudo tem como objetivo principal mapear a trajetória dos estudos sobre inovação sustentável no período de 2008 a 2024, utilizando a técnica de análise bibliométrica. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- (i) Identificar os principais temas e tendências abordados nas pesquisas sobre inovação sustentável;
- (ii) Analisar os padrões de publicação, incluindo autores, periódicos e instituições mais relevantes na área;
- (iii) Mapear as conexões entre os conceitos de inovação e sustentabilidade no contexto acadêmico.

1.3 Justificativa

A relevância deste estudo está em suportar desenvolvimento econômico e ambiental. Com a intensificação dos desafios climáticos e sociais, empresas e governos buscam soluções que minimizem os impactos negativos da atividade produtiva e garantam um crescimento sustentável.

A bibliometria se apresenta como uma ferramenta essencial para essa análise, pois permite mapear a evolução do conhecimento científico, identificando padrões, lacunas e oportunidades de pesquisa. Compreender o estado da arte da inovação sustentável possibilita que pesquisadores, tomadores de decisão e empresas tenham uma base sólida para orientar suas estratégias.

Além disso, este estudo contribuirá para o campo acadêmico ao fornecer um panorama detalhado da produção científica, facilitando a identificação de áreas sub exploradas e promovendo novas investigações na temática da inovação e sustentabilidade.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado de forma sequencial em cinco capítulos que dialogam entre si. No Capítulo 1, apresenta-se o contexto da pesquisa, delimita-se o problema, explicitam-se os objetivos geral e específicos, discutem-se as justificativas e definem-se as fronteiras do estudo, criando a base conceitual sobre a qual todo o raciocínio se apoia.

Em seguida, o Capítulo 2 aprofunda a fundamentação teórica ao reunir conceitos-chave de inovação e sustentabilidade, evidenciar suas inter-relações e analisar desafios e tendências que fundamentam a relevância do tema.

Com essa base consolidado, o Capítulo 3 descreve a metodologia bibliométrica adotada, no qual se utiliza das leis da bibliometria – Lei de Bradford, Lotka e Zipf, além da teoria epidêmica de disseminação de ideias.

O Capítulo 4 traz a análise e discussão dos resultados, revelando padrões, tendências e relações extraídas do corpus bibliográfico, sempre à luz da literatura especializada apresentada anteriormente.

Por fim, o Capítulo 5 reúne as considerações finais, sintetizando as principais contribuições do estudo, reconhecendo suas limitações e apontando caminhos para pesquisas futuras

2.Fundamentação teórica

2.1 Inovação e seus Desdobramentos Conceituais

A compreensão da inovação como fenômeno multidimensional e sua evolução conceitual ao longo do tempo constituem elementos fundamentais para o estudo da inovação sustentável. Esta seção apresenta um panorama histórico-conceitual do pensamento sobre inovação, partindo das contribuições seminais de Schumpeter sobre a "destruição criadora" como motor do desenvolvimento econômico, passando pelas abordagens sistêmicas de Freeman e Perez sobre paradigmas tecnológicos, até as perspectivas contemporâneas que enfatizam a inovação como processo

estratégico, interativo e disruptivo. Ao explorar as diferentes dimensões e tipologias da inovação, busca-se estabelecer as bases teóricas necessárias para compreender como os processos inovativos podem ser reorientados para incorporar princípios de sustentabilidade. A trajetória conceitual aqui delineada revela não apenas a complexidade do fenômeno inovativo, mas também sua natureza intrinsecamente social e contextual, aspectos essenciais para a posterior discussão sobre a integração entre inovação e sustentabilidade.

2.1.1 Schumpeter e a Inovação como Motor do Desenvolvimento Econômico

A análise da inovação como elemento central para o dinamismo econômico encontra em Joseph Alois Schumpeter um de seus pilares teóricos fundamentais. Em sua obra seminal "A Teoria do Desenvolvimento Econômico", publicada originalmente em 1911, Schumpeter estabeleceu as bases para compreender como as inovações impulsionam a transformação das estruturas econômicas capitalistas (Vargas et al., 2023). Para o autor, o desenvolvimento econômico não é um processo gradual e contínuo, mas sim um fenômeno marcado por rupturas e saltos qualitativos, essencialmente movidos pela introdução de novidades no sistema produtivo.

Schumpeter (1961) apud Vargas et al., (2023) argumenta que a força motriz do capitalismo reside no processo de "destruição criadora". Este conceito descreve a dinâmica incessante pela qual novas tecnologias, produtos, métodos de produção e formas de organização emergem, tornando obsoletos os modelos anteriores e reconfigurando constantemente o cenário econômico. A inovação, portanto, não é um evento isolado, mas o motor endógeno que perturba o equilíbrio estático da economia, gerando ciclos de crescimento e transformação. É crucial a distinção que Schumpeter faz entre invenção e inovação. Enquanto a invenção se refere à criação de uma nova ideia ou conceito, a inovação ocorre apenas quando essa invenção é efetivamente aplicada e introduzida no mercado, gerando impacto econômico (Vargas et al., 2023).

O agente central nesse processo é a figura do "empresário inovador". Diferente do mero administrador ou capitalista, o empresário schumpeteriano é aquele que

percebe oportunidades e assume os riscos de implementar novas combinações produtivas.

Schumpeter (1997) apud Vargas et al (2023) detalhou cinco tipos básicos de inovação que caracterizam a ação do empresário inovador. O primeiro tipo refere-se à introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem, representando a criação de produtos inéditos ou o aprimoramento significativo de produtos existentes. O segundo tipo abrange a introdução de um novo método de produção ou uma nova forma de manejar comercialmente um produto existente, envolvendo tanto inovações nos processos produtivos quanto nas estratégias de comercialização. O terceiro tipo consiste na abertura de um novo mercado, caracterizada pela exploração de segmentos de consumo anteriormente inexplorados ou pela expansão geográfica das atividades comerciais. O quarto tipo envolve a conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou bens semi-manufaturados, representando mudanças na cadeia de suprimentos que podem gerar vantagens competitivas. Por fim, o quinto tipo refere-se ao estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação ou destruição de uma posição de monopólio, abrangendo transformações nas estruturas organizacionais e de mercado.

A implementação dessas inovações confere vantagens competitivas temporárias às firmas pioneiras, permitindo-lhes obter lucros extraordinários. Essa busca por lucros, em um ambiente de concorrência, funciona como o principal incentivo para a atividade inovadora. A concorrência, na perspectiva schumpeteriana, não se limita à disputa por preços, mas envolve fundamentalmente a competição por meio da introdução de novidades que desestabilizam as posições estabelecidas (Costa, 2006 apud Vargas et al., 2023). Sem a possibilidade de apropriação, ainda que temporária, dos retornos gerados pela inovação, o incentivo para inovar desapareceria, levando à estagnação econômica. Assim, a teoria de Schumpeter posiciona a inovação não apenas como um fator de crescimento, mas como a essência do próprio desenvolvimento econômico capitalista, um processo intrinsecamente dinâmico e disruptivo.

2.1.2 Paradigmas Tecnológicos e Sistemas de Inovação

Ampliando a perspectiva schumpeteriana sobre o papel disruptivo da inovação, autores como Christopher Freeman e Carlota Perez, juntamente com Giovanni Dosi, desenvolveram conceitos cruciais para entender a dinâmica da mudança tecnológica em uma escala mais ampla e sistêmica. Eles argumentam que a evolução tecnológica não ocorre de forma aleatória, mas segue padrões e trajetórias específicas, influenciadas por fatores técnicos, econômicos e institucionais (Conceição & Faria, 2003).

A noção de "paradigma tecnológico", proposta por Dosi (1982) apud Conceição & Faria (2003), inspirada no conceito de paradigma científico de Thomas Kuhn, é fundamental nesse contexto. Um paradigma tecnológico pode ser entendido como um modelo e um padrão de soluções para problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios científicos e tecnológicos específicos. Ele define o campo das oportunidades de inovação, as direções de busca por novas soluções e os critérios de progresso. Dentro de um paradigma estabelecido, a inovação tende a seguir "trajetórias tecnológicas", que representam o caminho de desenvolvimento e aperfeiçoamento cumulativo das tecnologias existentes. A emergência de um novo paradigma tecnológico, frequentemente associada a inovações radicais, marca uma ruptura com as trajetórias anteriores e abre novas avenidas para o desenvolvimento.

Freeman e Perez (1988) apud Conceição & Faria (2003) expandiram essa ideia ao introduzir o conceito de "paradigma tecno-econômico". Este conceito é mais abrangente, pois não se limita aos aspectos puramente técnicos, mas engloba as interconexões entre as novas tecnologias e a organização econômica e social. Um paradigma tecno-econômico representa um conjunto de inovações técnicas, organizacionais e gerenciais inter-relacionadas, cujo impacto se difunde por toda a economia, transformando profundamente as estruturas produtivas, os custos relativos, os modelos de gestão, a infraestrutura e as instituições. Exemplos históricos incluem o paradigma da produção em massa fordista, baseado na energia elétrica e no motor a combustão, e o paradigma atual, baseado nas tecnologias da informação e comunicação (TIC).

A transição entre paradigmas tecno-econômicos é um processo complexo e disruptivo, caracterizado por "ondas longas" de desenvolvimento capitalista, como descrito por Freeman e Louçã (2001) apud Conceição & Faria (2003). Cada onda é impulsionada pela emergência e difusão de uma nova revolução tecnológica, que inicialmente gera instabilidade e destruição criadora, mas eventualmente estabelece as bases para um novo período de crescimento. A capacidade de um país ou região de se adaptar ao novo paradigma, ajustando suas instituições, infraestrutura e qualificações, é crucial para determinar sua trajetória de desenvolvimento (catching up ou falling behind).

Nesse cenário, a abordagem dos "Sistemas de Inovação" (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993) ganha relevância. Essa abordagem enfatiza que a capacidade de inovar não reside apenas nas firmas individuais, mas depende de uma complexa rede de atores e instituições – incluindo universidades, centros de pesquisa, governo, instituições financeiras, e o próprio ambiente sociocultural – e das interações entre eles. Freeman, em particular, destacou a importância dos Sistemas Nacionais de Inovação, argumentando que as especificidades institucionais e históricas de cada país moldam sua capacidade de gerar, difundir e utilizar conhecimento tecnológico (Conceição & Faria, 2003). A análise de Freeman e Perez, portanto, situa a inovação dentro de um contexto histórico, social e institucional, mostrando como os paradigmas tecnológicos e os sistemas de inovação coevoluem e moldam as longas ondas do desenvolvimento econômico.

2.1.3 Inovação como Estratégia Organizacional

Peter F. Drucker, um dos pensadores mais influentes da gestão moderna, trouxe uma perspectiva fundamental ao posicionar a inovação não apenas como um evento esporádico ou resultado de genialidade individual, mas como uma disciplina sistemática e um componente essencial da estratégia organizacional. Drucker (1989) apud Clementino (2015) argumentava que, em uma economia dinâmica e competitiva, a capacidade de inovar de forma proposital e contínua é crucial para a sobrevivência

e o sucesso de qualquer organização, seja ela uma empresa, uma instituição pública ou uma organização sem fins lucrativos.

Para Drucker, a inovação não se limita à tecnologia ou a invenções disruptivas. Ele a define de forma mais ampla como "o ato de atribuir novas capacidades aos recursos (pessoas e processos) existentes na empresa para gerar riqueza" (Drucker, 1989 apud Clementino, 2015). Isso implica que a inovação pode ocorrer em diversas áreas: no produto ou serviço, nos processos produtivos, nos métodos de marketing, na estrutura organizacional ou nas práticas de gestão. O foco está na criação de novo valor para o cliente e para a organização.

A visão de Drucker sobre inovação está intrinsecamente ligada ao conceito de empreendedorismo, que ele não restringe à criação de novos negócios. Ele enfatiza o "empreendedorismo dentro das organizações existentes", argumentando que as empresas estabelecidas precisam cultivar uma mentalidade e práticas empreendedoras para se manterem relevantes. Isso envolve a busca sistemática por oportunidades de inovação, que, segundo Drucker, podem surgir de fontes como o inesperado (sucessos ou fracassos), incongruências (entre a realidade como ela é e como deveria ser), necessidades de processo, mudanças na estrutura do setor ou do mercado, mudanças demográficas, mudanças na percepção e novos conhecimentos (Drucker, 1985).

A inovação, na perspectiva druckeriana, deve ser gerenciada como qualquer outra função empresarial. Requer objetivos claros, responsabilidades definidas, medição de resultados e, acima de tudo, um compromisso da alta administração. A estratégia organizacional, portanto, não pode ser dissociada da inovação. As empresas precisam definir onde e como pretendem inovar, alinhando seus esforços inovadores com seus objetivos estratégicos gerais. Drucker defendia que a inovação deve ser vista como uma ferramenta para atingir os propósitos da organização, e não como um fim em si mesma. A gestão estratégica da inovação envolve, assim, a análise das fontes de oportunidade, a avaliação dos riscos e a alocação de recursos para transformar ideias inovadoras em resultados concretos e sustentáveis para a organização.

2.1.4 Inovação como Processo Interativo e Sistêmico

A compreensão da inovação evoluiu significativamente para além dos modelos lineares simplistas de "*technology-push*" ou "*market-pull*". Uma contribuição crucial para essa evolução veio das abordagens que enfatizam a natureza interativa e sistêmica do processo inovador, com destaque para os trabalhos de Bengt-Åke Lundvall e Richard R. Nelson. Estes autores, juntamente com outros pesquisadores da tradição neo-schumpeteriana e evolucionária, argumentam que a inovação não é um ato isolado de uma firma, mas emerge de complexas interações sociais e institucionais.

Lundvall (1992) apud Cassiolato & Lastres (2005) foi pioneiro ao caracterizar a inovação fundamentalmente como um "processo de aprendizado interativo". Ele rejeita a visão da inovação como mera aplicação de conhecimento científico preexistente, destacando a importância do aprendizado que ocorre através das interações, especialmente entre usuários e produtores. O conhecimento relevante para a inovação, muitas vezes tácito e específico ao contexto, é gerado e compartilhado nessas interações. Essa perspectiva resgata a dimensão social da mudança tecnológica, mostrando que o aprendizado é socialmente inserido e dependente das relações estabelecidas entre os diferentes atores econômicos (Cassiolato & Lastres, 2005; Goussevskaja, 2005).

A importância das interações e das redes foi corroborada por estudos empíricos seminais, como o Projeto SAPPHO (Rothwell et al., 1974 apud Cassiolato & Lastres, 2005). Este estudo demonstrou que as inovações bem-sucedidas estavam fortemente associadas a intensas ligações das firmas com fontes externas de conhecimento (científico e tecnológico) e a uma profunda compreensão das necessidades dos usuários, frequentemente obtida através de processos cooperativos. Falhas na comunicação e interação com o ambiente externo foram características marcantes dos casos de insucesso.

Essa ênfase na interatividade e no aprendizado levou ao desenvolvimento do conceito de "Sistemas Nacionais de Inovação" (SNI), popularizado por Lundvall (1992), Freeman (1988) e Nelson (1993). Nelson (1993) apud Viegas (2018) define um SNI como "um conjunto de instituições cujas interações determinam o desempenho inovador (...) das empresas nacionais". A abordagem sistêmica argumenta que a capacidade inovadora de um país não depende apenas das capacidades individuais das firmas, mas da forma como os diferentes componentes do sistema – empresas, universidades, institutos de pesquisa, governo, sistema financeiro, sistema educacional, infraestrutura, normas e cultura – interagem para gerar, difundir e utilizar conhecimento (Cassiolato & Lastres, 2005; Kretzer, 2010). As especificidades históricas, culturais e institucionais de cada nação moldam a configuração e a eficácia do seu sistema de inovação, explicando as diferenças nas trajetórias de desenvolvimento tecnológico entre países. Portanto, a inovação é vista como um fenômeno endógeno ao sistema socioeconômico, moldado por um complexo arranjo institucional e por processos contínuos de aprendizado interativo.

2.1.5 Inovação Aberta e Fluxos de Conhecimento

Em contraste com os modelos tradicionais de inovação "fechada", que enfatizavam o desenvolvimento interno e a integração vertical das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), o conceito de "Inovação Aberta" (Open Innovation), popularizado por Henry Chesbrough no início dos anos 2000, propõe uma abordagem radicalmente diferente. Chesbrough (2003^a) apud Souza et al. (2017) define a inovação aberta como um paradigma que assume que as empresas podem e devem usar ideias externas, bem como ideias internas, e caminhos internos e externos para o mercado, à medida que procuram avançar sua tecnologia. Essencialmente, trata-se da abertura deliberada das fronteiras organizacionais para permitir e gerenciar fluxos de conhecimento.

A premissa central da inovação aberta é que, em um mundo de conhecimento distribuído, nenhuma organização, por maior ou mais capaz que seja, pode inovar de forma eficaz isoladamente. Fatores como ciclos de vida de produtos mais curtos,

custos crescentes de P&D e a mobilidade de profissionais qualificados tornam o modelo fechado cada vez menos sustentável (Gassmann & Enkel, 2004, apud Souza et al., 2017). A inovação aberta reconhece que conhecimento valioso existe fora da organização e que ideias internas não exploradas podem encontrar caminhos externos para gerar valor.

Chesbrough descreve dois fluxos principais de conhecimento que caracterizam a inovação aberta (Chesbrough & Crowther, 2006 apud Souza et al., 2017): o fluxo inbound (de fora para dentro) e o fluxo outbound (de dentro para fora). O fluxo inbound refere-se à prática de incorporar conhecimento e tecnologia externos nos processos de inovação da empresa, por meio da integração com fornecedores, clientes, universidades, startups e outras fontes externas, enriquecendo a base de conhecimento interna e acelerando o desenvolvimento. O fluxo outbound, por sua vez, envolve a exploração externa de ideias e tecnologias desenvolvidas internamente, mas que não se alinham com o modelo de negócio atual da empresa, por meio de licenciamento, spin-offs ou venda de propriedade intelectual.

Além desses fluxos direcionais, existe também o "processo acoplado", que combina inbound e outbound por meio de alianças estratégicas, joint ventures e outras formas de colaboração com parceiros complementares, permitindo trocas de conhecimento mútuas (Gassmann & Enkel, 2004, apud Souza et al., 2017). A gestão eficaz desses fluxos de conhecimento, tanto de entrada quanto de saída, torna-se uma capacidade estratégica crucial. A inovação aberta, portanto, não significa ausência de controle, mas sim uma gestão mais estratégica e permeável das fronteiras da organização, aproveitando a inteligência coletiva e os recursos distribuídos no ecossistema de inovação para acelerar o ritmo e ampliar o alcance do processo inovador.

2.1.6 Tipologias de Inovação e Gestão Estratégica

John Bessant e Joe Tidd são referências importantes no campo da gestão da inovação, oferecendo frameworks robustos para compreender e gerenciar o processo

inovador nas organizações. Uma de suas contribuições mais conhecidas é a tipologia dos "4 Ps" da inovação, que amplia a visão tradicional focada apenas em produto e processo, incorporando dimensões mais estratégicas e contextuais (Bessant & Tidd, 2009, 2018)

Essa tipologia classifica a inovação em quatro categorias principais. A Inovação de Produto refere-se às mudanças nos produtos ou serviços oferecidos pela organização, envolvendo tanto a introdução de bens completamente novos quanto melhorias significativas em produtos existentes, representando a forma mais visível de inovação para o mercado (Bessant & Tidd, 2009, 2018).

A Inovação de Processo abrange mudanças na forma como produtos ou serviços são criados e entregues, incluindo novos métodos de produção ou distribuição que resultam em maior eficiência, redução de custos e melhoria da qualidade (Bessant & Tidd, 2009, 2018).

A Inovação de Posição relaciona-se às mudanças no contexto de introdução dos produtos ou serviços, envolvendo o reposicionamento da percepção na mente dos usuários ou a exploração de novos mercados e segmentos anteriormente não explorados pela organização (Bessant & Tidd, 2009, 2018).

A Inovação de Paradigma representa a forma mais radical e estratégica, envolvendo mudanças nos modelos mentais subjacentes que moldam a lógica de negócios da organização, incluindo a redefinição do próprio negócio, missão, valores ou estrutura fundamental, como a transição para modelos baseados em serviços ou a adoção de princípios de sustentabilidade (Bessant & Tidd, 2009, 2018).

Bessant e Tidd (2009) apud Silva et al. (2014) argumentam que a gestão eficaz da inovação requer a compreensão dessas diferentes dimensões. A estratégia de inovação de uma organização deve considerar quais tipos de inovação são mais relevantes para seus objetivos e contexto competitivo. Gerir a inovação, segundo Tidd, Bessant e Pavitt (2008) apud Silva et al. (2014), envolve conceber, melhorar, reconhecer e compreender as rotinas organizacionais que efetivamente geram inovações, facilitando seu surgimento. Isso implica não apenas gerenciar projetos

individuais de P&D, mas também construir capacidades organizacionais, fomentar uma cultura de inovação e alinhar os esforços inovadores com a estratégia geral da empresa. A gestão estratégica da inovação, portanto, abrange a identificação de oportunidades nos quatro "Ps", a alocação de recursos, a gestão de riscos e a criação de um ambiente propício para que a inovação floresça de forma contínua e alinhada aos objetivos de longo prazo da organização.

2.1.7 Inovação Disruptiva e Transformações de Mercado

O conceito de "Inovação Disruptiva", introduzido por Clayton M. Christensen em meados da década de 1990, oferece uma perspectiva poderosa para entender como empresas estabelecidas podem ser derrubadas por novos entrantes, mesmo quando seguem práticas de gestão consideradas exemplares. Christensen (1997) apud Nogami (2019) observou que muitas empresas falham não por incompetência, mas precisamente porque ouvem atentamente seus clientes atuais e se concentram em melhorar incrementalmente seus produtos e serviços para os segmentos mais rentáveis do mercado – um processo que ele denominou "inovação sustentadora" (sustaining innovation).

A inovação disruptiva, em contraste, geralmente começa visando segmentos de mercado negligenciados ou criando mercados inteiramente novos. Inicialmente, essas inovações podem parecer inferiores aos produtos ou serviços existentes quando avaliadas pelos critérios de desempenho valorizados pelos clientes tradicionais. Elas podem ser mais simples, mais baratas, mais convenientes ou acessíveis a um público que antes não tinha acesso àquela categoria de produto/serviço. Exemplos clássicos incluem os minicomputadores em relação aos mainframes, os computadores pessoais em relação aos minicomputadores, e as câmeras digitais de baixo custo em relação às câmeras de filme (Christensen, 1997).

Christensen distingue dois tipos principais de inovação disruptiva: a disrupção de baixo custo (low-end disruption), que atrai clientes na base do mercado que estão satisfeitos com um desempenho "bom o suficiente" a um preço menor; e a disrupção

de novo mercado (new-market disruption), que cria um novo mercado ao transformar não-consumidores em consumidores, oferecendo uma solução mais simples ou acessível para um trabalho que antes não era realizado ou era feito de forma insatisfatória.

Com o tempo, as tecnologias e modelos de negócio disruptivos melhoram seu desempenho e começam a atrair clientes do mercado principal, eventualmente deslocando as empresas estabelecidas que não conseguiram se adaptar. Esse processo de transformação de mercado é central na teoria de Christensen. Ele argumenta que as estruturas organizacionais, os processos e os valores das empresas estabelecidas, otimizados para a inovação sustentadora, muitas vezes se tornam barreiras para reconhecer e investir em oportunidades disruptivas (Christensen & Bower, 1995 apud Souza et al., 2017).

Embora haja semelhanças com o conceito de "destruição criativa" de Schumpeter (1961) apud Nogami (2019), que também descreve como novas tecnologias e modelos de negócio substituem os antigos, a teoria de Christensen foca especificamente no mecanismo pelo qual essa substituição ocorre, destacando a dinâmica entre inovações sustentadoras e disruptivas e as respostas (ou falta delas) das empresas estabelecidas. Compreender a dinâmica da inovação disruptiva é, portanto, crucial para a gestão estratégica em ambientes de rápida mudança tecnológica e de mercado.

2.2 Inovação Sustentável: Princípios, Abordagens e Contextos

A inovação sustentável emerge como um campo de estudo e prática que busca conciliar o imperativo da inovação com os desafios da sustentabilidade global. Esta seção explora os fundamentos conceituais, modelos teóricos e contextos de aplicação da inovação sustentável, evidenciando sua natureza multidimensional que integra aspectos econômicos, ambientais e sociais. Partindo de uma definição abrangente do conceito, são analisados os principais modelos teóricos que orientam sua implementação, como o Triple Bottom Line, a Ecoeficiência e o Capital Natural, estabelecendo as bases para compreender como a inovação pode ser direcionada

para gerar valor compartilhado. A seção também examina as conexões entre a inovação sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), demonstrando como os processos inovativos podem contribuir para o alcance das metas globais de sustentabilidade. Por fim, são discutidas as abordagens empresariais e políticas públicas que impulsionam a transição para modelos de negócio e sistemas produtivos mais sustentáveis, destacando o papel complementar de atores privados e governamentais nesse processo de transformação.

2.2.1 Definição e Elementos da Inovação Sustentável

A emergência de desafios socioambientais globais, aliada à contínua busca por competitividade e desenvolvimento econômico, impulsionou a necessidade de integrar as preocupações com a sustentabilidade aos processos de inovação. Nesse contexto, surge o conceito de Inovação Sustentável, que representa uma evolução significativa na forma como as organizações concebem, desenvolvem e implementam novas soluções, buscando conciliar objetivos econômicos com a responsabilidade ambiental e social.

Embora ainda exista uma certa carência de padronização terminológica na literatura, com termos como "inovação verde", "ecoinovação" e "inovação ambiental" sendo frequentemente utilizados de forma intercambiável (Schiederig, Tietze & Herstatt, 2012, apud Pinsky et al., 2015), a noção central da inovação sustentável geralmente se apoia no conceito de sustentabilidade e seu equilíbrio multidimensional. A definição mais difundida de sustentabilidade, baseada no Triple Bottom Line (TBL) proposto por Elkington (1998), considera a integração das dimensões econômica, ambiental e social. Assim, a inovação sustentável pode ser compreendida como o processo de desenvolvimento e implementação de novos produtos (bens ou serviços), processos, métodos de marketing ou modelos organizacionais que não apenas geram valor econômico, mas também contribuem positivamente para a preservação ambiental e o bem-estar social (Elkington, 1998; Pinsky et al., 2015).

Os elementos constitutivos da inovação sustentável, portanto, transcendem a mera eficiência econômica ou a novidade tecnológica. Eles incorporam intencionalmente considerações sobre os impactos ao longo de todo o ciclo de vida do produto ou serviço, desde a extração de matérias-primas até o descarte final. Isso envolve a busca por (Pinsky et al., 2015; Tidd & Bessant, 2009):

- Redução do impacto ambiental: Minimizar o consumo de recursos naturais (energia, água, materiais), a geração de resíduos e poluição, as emissões de gases de efeito estufa e a perda de biodiversidade.
- Criação de valor social: Promover condições de trabalho justas, inclusão social, saúde e segurança, desenvolvimento comunitário e respeito aos direitos humanos.
- Viabilidade econômica: Garantir que as soluções sejam economicamente competitivas, gerando retorno financeiro, eficiência operacional e novas oportunidades de mercado.

Pinsky et al. (2015) observam, em sua revisão, que grande parte da literatura até então se concentrava mais fortemente na relação entre as dimensões ambiental e econômica, com a dimensão social sendo abordada de forma menos aprofundada. No entanto, a compreensão da inovação sustentável como um conceito verdadeiramente integrador das três dimensões é fundamental para responder aos complexos desafios contemporâneos.

A adoção da inovação sustentável é impulsionada por diversos fatores, incluindo regulações ambientais mais rigorosas, pressão de stakeholders (consumidores, investidores, ONGs), busca por eficiência e redução de custos, novas oportunidades de mercado associadas à "economia verde" e a crescente conscientização sobre os limites planetários e as desigualdades sociais (Pinsky et al., 2015; Porter & Van der Linde, 1995a). Assim, a inovação sustentável deixa de ser vista apenas como uma resposta a pressões externas ou uma questão de conformidade, tornando-se um elemento estratégico crucial para a diferenciação, a construção de resiliência e a criação de valor compartilhado a longo prazo.

2.2.2 Modelos Teóricos: Triple Bottom Line, Ecoeficiência e Capital Natural

A operacionalização do conceito de inovação sustentável nas práticas empresariais e na avaliação de desempenho organizacional tem sido apoiada por diferentes modelos e frameworks teóricos. Três abordagens se destacam por sua influência e capacidade de orientar a integração das dimensões da sustentabilidade: o Triple Bottom Line (TBL), a Ecoeficiência e o conceito de Capital Natural.

Triple Bottom Line (TBL): Cunhado por John Elkington em 1994 e popularizado em seu livro "Cannibals with Forks" (1997), o Triple Bottom Line, ou "Tripé da Sustentabilidade", propõe que as empresas devem avaliar seu desempenho não apenas pela tradicional linha de fundo financeira (lucro), mas por três linhas de fundo interconectadas: econômica, ambiental e social (Elkington, 1997, 2004). A dimensão econômica refere-se à performance financeira tradicional, à criação de valor e à saúde econômica da organização. A dimensão ambiental (Planeta) abrange os impactos da empresa nos sistemas naturais, incluindo o uso de recursos, poluição, emissões e biodiversidade. A dimensão social (Pessoas) engloba os impactos da organização sobre seus stakeholders, incluindo funcionários, comunidades locais, clientes e a sociedade em geral, abordando questões como equidade, direitos humanos, condições de trabalho e desenvolvimento comunitário. O TBL representou um marco ao expandir a visão de sucesso empresarial para além do lucro, incentivando a adoção de métricas e relatórios que refletissem uma performance mais holística e responsável, tornando-se uma base fundamental para os relatórios de sustentabilidade corporativa (Slaper & Hall, n.d.; Elkington, 2004).

Complementando a visão holística do Triple Bottom Line, o conceito de ecoeficiência, introduzido pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) no início dos anos 1990, oferece uma abordagem mais operacional e quantificável para a dimensão ambiental da sustentabilidade. A ecoeficiência representa a síntese entre eficiência econômica e ecológica, propondo uma relação otimizada entre valor econômico criado e impacto ambiental gerado. Conforme a definição formal do WBCSD, a ecoeficiência é alcançada "pela entrega de bens e

serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzem os impactos ecológicos e a intensidade de uso de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, compatível com a capacidade de suporte estimada da Terra" (WBCSD, 2000). Esta abordagem pragmática e gerencial traduz os princípios ambientais do TBL em estratégias operacionais concretas, permitindo às empresas mensurar e gerenciar sua performance ambiental através de indicadores específicos. Na prática, a ecoeficiência se manifesta através de múltiplas estratégias interconectadas: otimização de processos produtivos, prevenção da poluição na fonte, redução do consumo de materiais e energia, extensão da durabilidade dos produtos, aumento da intensidade de serviço dos bens e fechamento de ciclos de materiais (Michelsen et al., 2006). Embora criticada por alguns teóricos por focar primariamente na dimensão ambiental e por privilegiar ganhos incrementais em vez de transformações sistêmicas, a ecoeficiência representa um importante passo intermediário na transição para modelos de negócios mais sustentáveis, estabelecendo métricas e práticas que permitem às organizações avançar gradualmente em direção a uma relação mais equilibrada com os sistemas naturais.

Avançando além da otimização incremental proposta pela ecoeficiência, a abordagem do Capital Natural, popularizada por Hawken, Lovins e Lovins em "Natural Capitalism" (1999/2007), propõe uma mudança de paradigma mais radical. Este modelo argumenta que a economia é um subsistema da biosfera e depende fundamentalmente dos recursos e serviços providos pelos ecossistemas – o "capital natural". Em vez de tratar o ambiente como um recurso a ser explorado ou uma externalidade a ser gerenciada, o Capitalismo Natural defende que as empresas devem reconhecer o valor intrínseco do capital natural e investir em sua manutenção e regeneração. Isso implica em estratégias como o aumento de produtividade utilizando-se mesma ou menor energia e material; redesenho de produção, a fim de evitar resíduos (transformação em subprodutos); mudança de modelos de negócios para fluxo de serviços, a fim de incentivar durabilidade, reutilização e atualização; reinvestimento em capital natural, a fim de restaurar e proteger ecossistemas naturais (Hawken et al., 2007):

Esses três modelos oferecem lentes complementares para analisar e guiar a inovação sustentável. O TBL fornece um framework abrangente de contabilidade e reporte; a Ecoeficiência oferece ferramentas gerenciais para otimização de processos e redução de impactos; e o Capital Natural inspira uma visão mais sistêmica e transformadora, focada na integração radical da economia com a ecologia.

2.2.3 Conexões com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada por todos os Estados-Membros das Nações Unidas em 2015, representa um plano de ação global ambicioso para erradicar a pobreza, proteger o planeta e assegurar a prosperidade para todos. Seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas associadas são integrados e indivisíveis, equilibrando as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental (ONU, 2015).

A inovação, particularmente a inovação sustentável, é reconhecida como um motor fundamental e um meio de implementação crucial para o alcance dos ODS. A própria Agenda 2030 destaca a importância da ciência, tecnologia e inovação (CTI) para acelerar o progresso humano e construir sociedades do conhecimento (ONU, 2015, par. 15). A inovação sustentável, ao buscar soluções que gerem valor econômico, social e ambiental simultaneamente, alinha-se diretamente com a natureza integrada e transformadora dos ODS.

Vários ODS possuem conexões diretas com a inovação sustentável:

- ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura: Este objetivo visa construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação. Suas metas incluem aumentar o investimento em pesquisa e desenvolvimento, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos (ONU, 2015)

- ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis: Este objetivo busca assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Suas metas envolvem a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, a redução substancial da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, e o incentivo às empresas para adotarem práticas sustentáveis e integrarem informações de sustentabilidade em seus relatórios (ONU, 2015).

Em relação à outros ODS, a natureza integrada da Agenda 2030 significa que a inovação sustentável também contribui para diversos outros objetivos de forma indireta, como: ODS 6 - Água Potável e Saneamento, ODS 7 - Energia Limpa e Acessível, ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima, ODS 14 - Vida na Água, ODS 15 - Vida Terrestre.

A implementação da Agenda 2030 e o alcance dos ODS dependem, em grande medida, da capacidade de governos, empresas e sociedade civil de fomentar e adotar inovações que promovam um desenvolvimento verdadeiramente sustentável, equilibrando as necessidades das gerações presentes e futuras (ONU, 2015; Pinsky et al., 2015).

2.2.4 Abordagens Empresariais e Políticas Públicas

A transição para um modelo de desenvolvimento mais sustentável não depende apenas da evolução conceitual, mas fundamentalmente da implementação prática de estratégias e ações concretas, tanto no âmbito empresarial quanto governamental. A inovação sustentável, nesse sentido, é impulsionada e moldada por um conjunto de abordagens empresariais e políticas públicas que interagem e se influenciam mutuamente.

As empresas desempenham um papel central na promoção da inovação sustentável. Inicialmente, muitas adotaram posturas reativas, focando na conformidade legal e na gestão de riscos ambientais (Pinsky et al., 2015). Contudo, a percepção crescente de que a sustentabilidade pode gerar valor e vantagem

competitiva tem levado a abordagens mais proativas e estratégicas (Porter & Van der Linde, 1995a; Chen et al., 2006; Ribeiro & Steiner Neto, 2021). Algumas abordagens empresariais incluem:

- **Integração da Sustentabilidade na Estratégia:** Incorporar critérios socioambientais nas decisões de negócio, no desenvolvimento de produtos e na gestão da cadeia de suprimentos (Chiou et al., 2011).
- **Desenvolvimento de Competências Essenciais Verdes:** Construir capacidades internas, como aprendizado coletivo e habilidades em gestão ambiental e inovação verde, que sustentem o desenvolvimento de produtos e processos mais sustentáveis e melhorem a imagem corporativa (Chen, 2008).
- **Ecoinovação:** Focar em inovações de produto (bens e serviços com menor impacto ambiental) e de processo (produção mais limpa, ecoeficiência, redução de resíduos) (Chen et al., 2006; Barbieri et al., 2010).
- **Modelos de Negócios Sustentáveis:** Repensar a forma como o valor é criado e entregue, explorando modelos como a economia circular, a servitização (venda de serviços em vez de produtos) e negócios inclusivos (Kiron et al., 2013 apud Pinsky et al., 2015).
- **Colaboração e Parcerias:** Engajar-se com stakeholders, incluindo fornecedores, clientes, ONGs e instituições de pesquisa, para desenvolver soluções conjuntas e compartilhar conhecimento (Elkington, 2004).

Ademais os governos também têm um papel crucial em criar um ambiente favorável à inovação sustentável. As políticas públicas podem atuar como indutoras ou barreiras, influenciando as decisões e os investimentos das empresas. Instrumentos de políticas públicas incluem:

- **Regulamentação Ambiental (Comando e Controle):** Estabelecimento de normas, padrões e licenças ambientais que obrigam as empresas a reduzir seus impactos negativos. Embora tradicionalmente vista como um custo, a regulamentação bem desenhada pode estimular a inovação ao criar novas

demandas por tecnologias limpas (Porter & Van der Linde, 1995a; Pinsky et al., 2015).

- Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I): Financiamento público para pesquisa em tecnologias verdes, programas de apoio à inovação em pequenas e médias empresas (PMEs), criação de parques tecnológicos e incubadoras focadas em sustentabilidade (Barboza et al., 2017).
- Informação e Capacitação: Programas de assistência técnica, disseminação de informações sobre melhores práticas e tecnologias, e capacitação de gestores e trabalhadores (Barboza et al., 2017).

A eficácia dessas políticas depende de sua correta formulação, implementação e integração. Muitas vezes, a combinação de diferentes instrumentos (policy mix) é necessária para abordar a complexidade dos desafios da sustentabilidade (Barboza et al., 2017). A interação dinâmica entre as estratégias empresariais proativas e um arcabouço de políticas públicas bem estruturado é fundamental para acelerar a transição para uma economia mais inovadora e sustentável.

2.3 Intersecções Tecnológicas e Sociais

As intersecções entre tecnologia e sociedade constituem um campo fértil para a análise das possibilidades e desafios da inovação sustentável. Esta seção explora três dimensões fundamentais dessas intersecções: o papel das tecnologias como vetores da sustentabilidade, a emergência da cultura maker como paradigma de inovação colaborativa, e a questão da inclusão social no acesso à inovação.

2.3.1 Tecnologias como Vetores da Sustentabilidade

A relação entre tecnologia e sustentabilidade representa um dos campos mais dinâmicos e desafiadores do pensamento contemporâneo. As tecnologias, em suas múltiplas manifestações, têm se consolidado como vetores fundamentais para a

transição rumo a modelos de desenvolvimento mais sustentáveis, embora essa relação seja permeada por tensões, contradições e desafios éticos significativos.

A evolução da técnica e sua cientificação transformaram profundamente o trabalho, a vida social e praticamente todos os aspectos da cultura humana. Como observa Boff (2019), o meio natural foi gradativamente substituído pelo meio técnico, assumindo a tecnologia um papel indispensável na civilização moderna e gerando a necessidade de regulação e direcionamento de sua existência. Essa transformação, contudo, não ocorre em um vácuo ético ou político, mas sim em um contexto de disputas entre diferentes visões sobre o papel da tecnologia na sociedade.

A concepção da tecnologia como simples "ciência aplicada" ou como instrumento neutro tem sido amplamente questionada por diversos pensadores. Conforme argumenta Boff (2019, p. 266), "não é igualmente possível prosseguir na atitude ingênua de ignorar os desafios éticos da moderna tecnologia". Ao contrário, torna-se imprescindível ultrapassar a concepção antropológica unilateral e encarar a técnica numa visão global, relacionada a aspectos epistemológicos, éticos, culturais, sociais e metafísicos.

Os desafios da sustentabilidade exigem uma reflexão crítica sobre o modelo de desenvolvimento tecnológico predominante. Marcuse (1982) já apontava que a racionalidade científica moderna é intrinsecamente instrumental, e que a alegada "neutralidade" da metodologia científica estaria, em realidade, a serviço de um objetivo específico – o domínio da natureza. Essa racionalidade instrumental manifesta-se na tecnologia e através dela, legitimando estruturas de poder que frequentemente se contrapõem aos princípios da sustentabilidade.

No contexto atual, as tecnologias podem atuar como vetores da sustentabilidade em pelo menos três dimensões fundamentais:

- (i) Ecoeficiência e Desmaterialização: Tecnologias que permitem reduzir drasticamente o uso de recursos naturais e a geração de resíduos por unidade de produto ou serviço. Exemplos incluem tecnologias de eficiência energética, manufatura aditiva (impressão 3D), virtualização de produtos e serviços, e

tecnologias de reciclagem avançada. Essas inovações contribuem para a "desmaterialização" da economia, desacoplando o crescimento econômico do consumo de recursos naturais (Pinsky et al., 2015).

- (ii) Energias Renováveis e Tecnologias Limpas: O desenvolvimento e a difusão de tecnologias de energia renovável (solar, eólica, biomassa, geotérmica, entre outras) e de tecnologias limpas de produção representam um vetor crucial para a descarbonização da economia e a mitigação das mudanças climáticas. A transição energética apoiada por essas tecnologias é considerada um dos pilares fundamentais para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) (ONU, 2015).
- (iii) Tecnologias de Monitoramento e Gestão Ambiental: Sensores, sistemas de informação geográfica, big data, inteligência artificial e outras tecnologias digitais têm revolucionado nossa capacidade de monitorar, analisar e gerenciar os impactos ambientais das atividades humanas. Essas tecnologias permitem uma compreensão mais precisa dos ecossistemas e dos efeitos das intervenções humanas, possibilitando uma gestão ambiental mais eficaz e adaptativa (Ribeiro & Steiner Neto, 2021).

Entretanto, a relação entre tecnologia e sustentabilidade não é isenta de contradições e desafios. Como alerta Boff (2019), são visíveis os descontroles resultantes das tecnologias, presentes em várias manifestações como na poluição, no esgotamento progressivo de recursos naturais não renováveis, na superpopulação do planeta e na ampliação das diferenças de poder entre classes sociais, assim como no distanciamento que se estabelece entre as nações centrais e periféricas.

Um dos principais desafios reside no que Kuhn (1996) identifica como a resistência dos paradigmas dominantes à mudança. O paradigma tecnológico atual, fortemente orientado para o crescimento econômico e o consumo, tende a resistir a transformações mais profundas que seriam necessárias para uma verdadeira sustentabilidade. As crises ambientais e sociais contemporâneas podem ser interpretadas, na perspectiva kuhniana, como anomalias que sinalizam a necessidade

de uma revolução paradigmática na forma como concebemos e desenvolvemos tecnologias.

Outro desafio fundamental é o que Habermas (1983) identifica como a colonização do mundo da vida pelos sistemas técnico-econômicos. A predominância da racionalidade instrumental nas decisões sobre desenvolvimento tecnológico tende a subordinar valores éticos, culturais e ecológicos a imperativos de eficiência e lucratividade. Para que as tecnologias atuem efetivamente como vetores da sustentabilidade, é necessário reintegrar essas dimensões nas decisões sobre inovação e desenvolvimento tecnológico.

A sustentabilidade intergeracional, conceito central para o desenvolvimento sustentável, impõe desafios particulares à inovação tecnológica. Como argumenta Boff (2019), a responsabilidade com as futuras gerações exige que as decisões sobre desenvolvimento tecnológico transcendam as percepções e interesses imediatos do presente. Isso implica em considerar os impactos de longo prazo das tecnologias, incluindo aqueles que são difíceis de prever ou quantificar no momento presente.

Nesse sentido, a abordagem do princípio da precaução ganha relevância como orientador do desenvolvimento tecnológico para a sustentabilidade. Este princípio, consolidado na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), estabelece que "quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental" (ONU, 1992). Aplicado ao desenvolvimento tecnológico, o princípio da precaução não implica em paralisar a inovação, mas sim em orientá-la por uma avaliação cuidadosa dos riscos e benefícios, especialmente quando estão em jogo valores fundamentais como a saúde humana e a integridade dos ecossistemas.

Para que as tecnologias atuem efetivamente como vetores da sustentabilidade, é necessário superar a visão reducionista que as considera apenas como ferramentas neutras. Como argumentam diversos autores (Boff, 2019; Marcuse, 1982; Habermas, 1983), as tecnologias incorporam valores, visões de mundo e relações de poder. Portanto, a transição para um modelo de desenvolvimento mais sustentável requer

não apenas novas tecnologias, mas também novos processos de governança tecnológica que incorporem princípios éticos, participação democrática e responsabilidade intergeracional.

2.3.2 Cultura Maker e Espaços de Inovação Colaborativa

A cultura maker representa um movimento contemporâneo que tem transformado profundamente as dinâmicas de inovação, aprendizagem e produção colaborativa. Fundamentada no princípio do "faça você mesmo" (DIY - Do It Yourself) e, mais recentemente, no "faça com os outros" (DIWO - Do It With Others), essa cultura tem se consolidado como um paradigma que valoriza a experimentação, a criatividade, o compartilhamento de conhecimentos e a construção coletiva de soluções para problemas reais (Santos et al., 2024).

O movimento maker contemporâneo tem suas raízes em diversas tradições, desde o artesanato tradicional até a cultura hacker dos anos 1970 e 1980, mas ganhou impulso significativo no início do século XXI com o barateamento e a democratização de tecnologias de fabricação digital, como impressoras 3D, cortadoras a laser e plataformas de prototipagem eletrônica como Arduino e Raspberry Pi (Blikstein, 2013). Esse acesso ampliado às ferramentas de produção digital permitiu que indivíduos comuns se tornassem criadores e inovadores, desafiando o modelo tradicional de inovação centralizada e institucionalizada.

Segundo Santos et al. (2024), a cultura maker é fundamentada na noção de que o conhecimento é construído coletivamente, com participantes unindo esforços para descobrir e resolver desafios, facilitando assim a partilha de conhecimentos e o aprimoramento de competências sociais. Essa abordagem incentiva os indivíduos a se engajarem como produtores ativos, em contraste com o papel passivo de meros consumidores de produtos e conhecimentos.

Os espaços de inovação colaborativa, também conhecidos como makerspaces, fab labs, hackerspaces ou espaços maker, são ambientes físicos que materializam essa cultura, oferecendo infraestrutura, ferramentas e comunidade para

a realização de projetos criativos e colaborativos. Noga e Penteado (2022, p. 196) definem o espaço maker como "um local para uma abordagem criativa, onde são articuladas diferentes metodologias ativas de aprendizagem", destacando que o perfil esperado dos indivíduos na sociedade contemporânea e no mercado de trabalho está ligado a pessoas "mais críticas, criativas, proativas, polivalentes e que busquem soluções para os problemas e situações cotidianas".

Esses espaços de inovação colaborativa apresentam algumas características fundamentais que os distinguem de laboratórios ou oficinas tradicionais:

- (i) **Interdisciplinaridade e Hibridismo:** Os espaços maker rompem com as fronteiras disciplinares tradicionais, permitindo a integração de conhecimentos de áreas diversas como design, engenharia, artes, ciências da computação e ciências sociais. Essa abordagem interdisciplinar favorece a inovação, uma vez que muitas soluções criativas emergem justamente da intersecção entre diferentes campos do conhecimento (Papavlasopoulou, 2017).
- (ii) **Aprendizagem Horizontal e Distribuída:** Em contraste com modelos hierárquicos de transmissão de conhecimento, os espaços maker promovem uma aprendizagem horizontal, onde todos são simultaneamente aprendizes e mestres. O conhecimento é distribuído pela comunidade, e a expertise é reconhecida pela prática e pela contribuição, não por títulos formais (Santos et al., 2024).
- (iii) **Prototipagem Rápida e Iterativa:** A cultura maker valoriza a materialização rápida de ideias através de protótipos, seguida de ciclos de teste, feedback e refinamento. Essa abordagem iterativa permite aprender com os erros e fracassos, transformando-os em oportunidades de aprendizagem e aprimoramento (Blikstein, 2013).
- (iv) **Compartilhamento Aberto:** O ethos maker é profundamente influenciado pela cultura do código aberto (open source), valorizando o compartilhamento de projetos, códigos, designs e conhecimentos.

Plataformas digitais como Thingiverse, Instructables e GitHub facilitam esse compartilhamento global, permitindo que inovações locais tenham impacto global (Raabe, 2016).

- (v) Engajamento com Problemas Reais: Os espaços maker frequentemente se orientam para a resolução de problemas concretos e relevantes para suas comunidades, conectando a inovação a necessidades sociais, ambientais e econômicas reais (Noga & Penteado, 2022).

A relação entre a cultura maker e a sustentabilidade é particularmente relevante. Por um lado, os espaços maker podem contribuir para práticas mais sustentáveis de produção e consumo, através de iniciativas como reparo de objetos (repair cafés), upcycling, desenvolvimento de tecnologias sociais e soluções de baixo custo para problemas ambientais locais. Por outro lado, há também tensões e contradições, como o potencial aumento no consumo de materiais e energia associado à fabricação distribuída, ou questões relacionadas à toxicidade e ao descarte de materiais utilizados em impressão 3D e eletrônica (Ribeiro & Steiner Neto, 2021).

No contexto educacional, a cultura maker tem sido cada vez mais reconhecida como uma abordagem poderosa para promover o que Papert chamou de "aprendizagem construcionista" – a ideia de que as pessoas aprendem melhor quando constroem artefatos significativos e compartilháveis. Como destacam Noga e Penteado (2022, p. 197), "diante das diversas transformações advindas principalmente da revolução científica e tecnológica, existe um amplo debate sobre o novo aluno que nos espera em sala de aula", e a cultura maker oferece caminhos para desenvolver as competências exigidas pela sociedade contemporânea, como autonomia, criatividade, pensamento crítico e capacidade de colaboração.

A implementação de espaços maker em contextos educacionais, no entanto, enfrenta desafios significativos. Além das questões de infraestrutura e recursos, há desafios pedagógicos relacionados à formação de educadores, à integração com currículos tradicionais e à avaliação de aprendizagens que ocorrem em contextos não-lineares e multidisciplinares. Como observam Santos et al. (2024), a transição para

abordagens educacionais baseadas na cultura maker exige uma redefinição do papel dos educadores como orientadores e dos estudantes como participantes proativos em sua jornada de aprendizagem.

No Brasil, iniciativas como a Rede Brasileira de Fab Labs, o movimento Fab Lab Livre em São Paulo e diversos projetos em escolas públicas e privadas têm buscado adaptar e contextualizar a cultura maker às realidades locais. Essas experiências revelam tanto o potencial transformador desses espaços quanto os desafios de implementá-los em contextos marcados por desigualdades sociais e educacionais (Raabe, 2016).

Um aspecto crucial da cultura maker, particularmente relevante para o contexto brasileiro, é seu potencial para democratizar o acesso à inovação e à tecnologia. Ao valorizar conhecimentos tradicionais e locais, ao utilizar materiais acessíveis e ao promover soluções de baixo custo, os espaços maker podem contribuir para uma inovação mais inclusiva e contextualizada. Como destacam Rodrigues, Palhano e Viecei (2021), o uso da cultura maker no ambiente escolar pode ser uma estratégia para superar barreiras socioeconômicas no acesso à educação tecnológica e científica.

2.3.3 Inclusão Social e Acesso à Inovação

A relação entre inovação tecnológica e inclusão social representa um dos desafios mais complexos e urgentes da contemporaneidade. Em um mundo cada vez mais digitalizado e tecnologicamente mediado, o acesso desigual às inovações e às oportunidades por elas geradas pode tanto aprofundar quanto reduzir as disparidades sociais existentes, dependendo das políticas, valores e práticas que orientam seu desenvolvimento e difusão.

O conceito de Tecnologia de Inclusão Social ou Tecnologia Social (TS) emerge como uma construção teórica e epistemológica recente, mas de grande relevância para compreender e transformar essa relação. Conforme Mitidieri (2018), a TS representa uma abordagem que busca desenvolver e implementar tecnologias

orientadas para a resolução de problemas sociais, a partir de uma perspectiva que valoriza o conhecimento local, a participação comunitária e a emancipação dos grupos historicamente marginalizados.

Lima, Dagnino e Fonseca (2009, p. 117) propõem "um enfoque tecnológico para a compreensão do problema da inclusão/exclusão social na América Latina", argumentando que a tecnologia pode ser um vetor de transformação social quando desenvolvida "junto com os excluídos e segundo outros valores e interesses". Os autores identificam uma desconexão fundamental entre o plano conceitual (teórico-analítico) e o plano material (da intervenção social) nas iniciativas de inclusão, e defendem que o enfoque tecnológico permite compreender a Tecnologia Social "em seu sentido realmente transformador".

Essa perspectiva dialoga com a crítica à neutralidade tecnológica, reconhecendo que as tecnologias incorporam valores, interesses e relações de poder. Como observa Thomas (2009), os sistemas tecnológicos são intrinsecamente sociotécnicos, ou seja, são simultaneamente configurações de artefatos, instituições, conhecimentos e práticas sociais. Portanto, para que a inovação tecnológica promova inclusão social, é necessário repensar não apenas os artefatos técnicos em si, mas todo o sistema sociotécnico em que estão inseridos.

A inclusão social no contexto da inovação pode ser compreendida em pelo menos três dimensões fundamentais:

- (i) **Acesso às Tecnologias e seus Benefícios:** Refere-se à disponibilidade e acessibilidade de tecnologias e inovações para diferentes grupos sociais, especialmente aqueles historicamente marginalizados. Santos et al. (2024) destacam que "a tecnologia, em sua constante evolução, tem se estabelecido como uma ferramenta poderosa para promover a inclusão e ampliar o acesso à informação, educação e oportunidades". No entanto, persistem barreiras significativas, incluindo limitações econômicas, geográficas, educacionais e culturais, que restringem o acesso de grandes parcelas da população aos benefícios da inovação.

- (ii) **Participação nos Processos de Inovação:** Vai além do simples acesso às tecnologias existentes, envolvendo a participação ativa de diversos grupos sociais nos processos de concepção, desenvolvimento e implementação de inovações. Como argumenta Mitidieri (2018), as práticas de Tecnologia Social não são novas, pois "as comunidades têm desenvolvido formas de relacionamento com seu entorno desde muito antes que essas foram conceituadas como tal". Reconhecer e valorizar esses conhecimentos e práticas locais é fundamental para uma inovação mais inclusiva e contextualizada.
- (iii) **Capacidades para Apropriação e Adaptação:** Refere-se ao desenvolvimento de capacidades que permitam aos indivíduos e comunidades não apenas utilizar, mas também adaptar, modificar e criar tecnologias que respondam às suas necessidades e aspirações específicas. Noga e Penteado (2022) destacam a importância de espaços e abordagens que promovam o desenvolvimento de pessoas "mais críticas, criativas, proativas, polivalentes e que busquem soluções para os problemas e situações cotidianas".

No contexto brasileiro e latino-americano, a questão da inclusão social no acesso à inovação ganha contornos particulares, marcados por desigualdades estruturais profundas e pela herança colonial. Mitidieri (2018) propõe compreender a Tecnologia de Inclusão Social como uma "prática descolonizadora", que busca superar não apenas as desigualdades materiais, mas também as hierarquias epistêmicas que desvalorizam conhecimentos e práticas não-hegemônicos.

Lima, Dagnino e Fonseca (2009) apontam para a necessidade de uma convergência entre as políticas de ciência e tecnologia e as agendas dos movimentos sociais nos países latino-americanos, buscando reorientar os sistemas de inovação para responder às necessidades e aspirações das populações marginalizadas. Essa reorientação implica em questionar os modelos de desenvolvimento tecnológico importados acriticamente dos países centrais e valorizar as capacidades e conhecimentos locais.

A inclusão digital emerge como uma dimensão específica, mas crucial, da inclusão social no contexto contemporâneo. Porto (2003) argumenta que a inclusão digital representa um caminho para a inclusão social mais ampla, mas alerta que "o desafio para o acesso e a inclusão inicia-se pela dependência de infraestrutura tecnológica e de sua sustentação, mas, sobretudo, da capacitação das pessoas para o uso efetivo dos recursos tecnológicos". Não basta, portanto, garantir o acesso físico a dispositivos e conexões; é necessário desenvolver as habilidades, conhecimentos e atitudes que permitam um uso significativo e transformador das tecnologias digitais.

No âmbito educacional, a inclusão tecnológica apresenta tanto oportunidades quanto desafios. Souza (2021) destaca que "o acesso à rede e seu uso qualificado mostram-se primordiais para a inclusão digital e social e o consequente exercício da cidadania do aluno". No entanto, a simples inserção de tecnologias nas salas de aula não garante inclusão; pelo contrário, pode reproduzir ou até ampliar desigualdades existentes se não for acompanhada por abordagens pedagógicas adequadas e por políticas que considerem as diversas realidades socioeconômicas dos estudantes.

Santos e Franqueira (2024) exploram como as tecnologias podem ser utilizadas para promover a inclusão de pessoas com deficiência, destacando a importância de ferramentas e práticas que tornem o mundo digital acessível a todos. Os autores argumentam que a revolução digital tem o potencial de transformar positivamente a vida de milhões de pessoas, mas para isso é necessário superar barreiras físicas, sensoriais, cognitivas e sociais que ainda limitam o acesso a informações e serviços.

Um aspecto fundamental para promover a inclusão social no acesso à inovação é o desenvolvimento de tecnologias assistivas, que facilitam a participação de pessoas com deficiência em diversos contextos sociais. Santos e Franqueira (2024) destacam como essas tecnologias podem ser particularmente transformadoras no ambiente educacional, permitindo que estudantes com diferentes necessidades participem plenamente das atividades de aprendizagem.

Araújo (2025) ressalta a importância da "inserção das tecnologias assistivas no cotidiano escolar como forma de aprofundar" a inclusão, indicando que a inovação tecnológica pode ser um vetor de transformação das práticas educacionais em direção

a uma maior equidade e diversidade. No entanto, o autor também alerta para os desafios dessa implementação, que exige não apenas recursos materiais, mas também formação adequada dos educadores e uma revisão crítica das práticas pedagógicas tradicionais.

A perspectiva da inclusão social no acesso à inovação também implica em questionar os modelos dominantes de propriedade intelectual e compartilhamento de conhecimento. Movimentos como o software livre, o hardware aberto e os recursos educacionais abertos representam abordagens alternativas que buscam democratizar o acesso ao conhecimento e às tecnologias, permitindo que mais pessoas possam não apenas consumir, mas também modificar, adaptar e criar inovações.

Como argumentam Lima, Dagnino e Fonseca (2009), o enfoque tecnológico para a inclusão social permite compreender a tecnologia em seu potencial verdadeiramente transformador, não como uma simples ferramenta neutra, mas como um campo de disputas e possibilidades para a construção de relações sociais mais justas e democráticas. Nessa perspectiva, a inclusão social no acesso à inovação não se limita a garantir que mais pessoas possam utilizar as tecnologias existentes, mas envolve repensar fundamentalmente os processos, valores e objetivos que orientam o desenvolvimento tecnológico em nossa sociedade.

3. METODOLOGIA

3.1 Características da Pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo teórico, de natureza exploratória e descritiva, com abordagem quantitativa, tendo como método de pesquisa, a análise bibliométrica. Esta classificação metodológica fundamenta-se nas características específicas do objeto de estudo e nos objetivos propostos para a investigação.

Em termos gerais, são consideradas pesquisas teóricas aquelas que têm por finalidade conhecer ou aprofundar conhecimentos e discussões, com base em

levantamentos bibliográficos (Barros e Lehfeld, 2000). No contexto desta pesquisa, a abordagem teórica justifica-se pela necessidade de mapear e compreender o estado da produção científica sobre inovação sustentável, contribuindo para a consolidação do conhecimento existente na área.

Do ponto de vista da natureza da pesquisa, este trabalho pode ser classificado como exploratório, considerando que o campo de estudos sobre inovação sustentável, embora em crescimento, ainda apresenta lacunas de conhecimento que demandam investigação sistemática. Segundo Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Esta característica exploratória é particularmente relevante no contexto da inovação sustentável, área que tem experimentado rápida evolução e diversificação temática nas últimas décadas.

Simultaneamente, a pesquisa apresenta natureza descritiva, uma vez que busca descrever as características da produção científica sobre inovação sustentável, estabelecendo relações entre variáveis como autores, periódicos, instituições, países e temas de pesquisa. Conforme definição de Gil (2002), "as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis". Esta abordagem descritiva materializa-se na análise sistemática do corpus bibliográfico selecionado, permitindo a identificação de padrões, tendências e características da produção científica na área.

A escolha da abordagem quantitativa fundamenta-se na natureza dos dados coletados e nos objetivos analíticos propostos. A análise bibliométrica, por sua essência, baseia-se na aplicação de métodos estatísticos e matemáticos para quantificar e analisar a produção científica (Araújo, 2006). Esta abordagem permite a identificação de padrões objetivos na literatura, oferecendo uma perspectiva complementar às análises qualitativas tradicionalmente empregadas em revisões de literatura.

3.2 Fundamentos das leis de bibliometria

A bibliometria, inicialmente, concentrava-se na mensuração de aspectos relacionados a livros, como o número de edições e exemplares, a quantidade de palavras contidas nas obras, o espaço que ocupavam nas bibliotecas e estatísticas da indústria editorial. Com o tempo, esse foco se expandiu para incluir a análise de outros formatos de produção bibliográfica, como artigos de periódicos e diversos tipos de documentos. Posteriormente, a bibliometria passou a abranger também a avaliação da produtividade de autores e a análise de citações. Segundo Figueiredo (1977), desde seu surgimento, a bibliometria tem sido guiada por duas grandes preocupações: a análise da produção científica e a busca por benefícios práticos para bibliotecas, como o desenvolvimento de coleções e a gestão eficiente de serviços bibliotecários (Araujo, 2006)

Dentro das ciências sociais aplicadas, os estudos bibliométricos têm se concentrado na análise da produção de artigos científicos, mapeamento de comunidades acadêmicas e identificação de redes de pesquisadores. Esses estudos geram indicadores que destacam as instituições e autores mais prolíficos, acadêmicos mais citados e redes de coautoria, proporcionando uma visão abrangente sobre a dinâmica de produção e disseminação do conhecimento em áreas específicas (Okubo, 1997 apud Chueke e Amatucci, 2015).

A relevância e o rigor são critérios essenciais na condução de estudos bibliométricos e revisões integrativas de literatura. No caso da bibliometria, o rigor é mantido ao seguir as leis que regem esses estudos e ao assegurar o uso de amostras de tamanho adequado. Já as revisões integrativas de literatura exigem um planejamento detalhado, incluindo a definição clara da questão de pesquisa, a organização cuidadosa das categorias de análise e a consolidação dos achados de forma a propor novas direções para futuras investigações (Torraco, 2005 apud Chueke e Amatucci, 2015).

Essas metodologias, baseadas na premissa de que o conhecimento científico é cumulativo e cooperativo, desempenham um papel crucial no incremento da relevância e rigor de novas pesquisas, além de servir como base para estudos comparados, cada vez mais importantes em um mundo globalizado.

A ciência, ao produzir conhecimentos, assume a responsabilidade de torná-los públicos, retornando à comunidade científica os resultados de suas pesquisas. A publicação em revistas científicas é uma das principais formas de disseminar esses conhecimentos, sendo um veículo dinâmico e confiável. No entanto, o crescente número de periódicos disponíveis torna cada vez mais difícil para os cientistas decidirem qual deles utilizar para a disseminação de suas informações. Diversos fatores influenciam essa decisão, como a qualidade do periódico, que pode ser avaliada por indicadores como o fator de impacto medido pelo Institute for Scientific Information (ISI) e, no Brasil, pelo sistema Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que classifica os periódicos em diferentes estratos de qualidade (Ferreira, 2010).

O estudo da bibliometria tem suas raízes na necessidade de avaliar as atividades de produção e comunicação científica, sendo entendida como uma técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico (Araujo, 2006 apud Ferreira, 2010). Guedes e Borschiver (2005) definem a bibliometria como um conjunto de leis e princípios empíricos que ajudam a estabelecer os fundamentos teóricos da Ciência da Informação. O conceito mais utilizado de bibliometria, conforme definido por Pritchard (1969), abrange todos os estudos que tentam quantificar os processos (Pritchard, 1969 apud FERREIRA, 2010).

Entre as diversas áreas de estudo da bibliometria, a análise de citações se destaca pela sua relevância na identificação e descrição dos padrões na produção do conhecimento científico (Araujo, 2006 apud Ferreira, 2010). Merton (1973) descreve as citações como símbolos de reconhecimento dentro do sistema científico, onde citar um trabalho é relacioná-lo a outro, destacando sua qualidade e reconhecimento (Meadows, 1999 apud Ferreira, 2010).

A bibliometria evoluiu ao longo das décadas, especialmente com o advento das ferramentas eletrônicas e publicações online, que ampliaram as possibilidades de estudo, como a análise de links, URLs e motores de busca, gerando novas formas de medição, como a Webmetria (Vanti, 2002 apud Ferreira, 2010).

As três leis básicas da bibliometria, a Lei de Bradford (produtividade de periódicos), a Lei de Lotka (produtividade de autores) e a Lei de Zipf (frequência de

ocorrência de palavras), são fundamentais para a análise da produção científica. A Lei de Bradford, por exemplo, permite estabelecer o núcleo e as áreas de dispersão sobre um determinado assunto em um conjunto de revistas, sendo essencial para a compreensão da dispersão de artigos em periódicos (Vanti, 2002; Araujo, 2006 apud Ferreira, 2010).

3.2.1 Lei de Bradford

A lei bibliométrica de Bradford se aplica a coleções de periódicos e busca identificar a extensão em que artigos sobre um tema científico específico são publicados em periódicos de outras áreas. Bradford conduziu uma série de estudos que, em 1934, resultaram na formulação da lei da dispersão, examinando a distribuição dos artigos com base em variáveis de proximidade e distância. Ele observou que, dentro de uma coleção de periódicos focados em geofísica, havia um núcleo menor de periódicos fortemente relacionados ao tema, enquanto um núcleo mais amplo de periódicos apresentava relação mais distante. Nessas zonas, o número de periódicos cresce progressivamente, mas a produtividade decresce (Araujo, 2006).

Dessa forma, ao classificar uma grande coleção de periódicos por produtividade decrescente em relação a um assunto específico, aparecem três zonas distintas, cada uma contendo aproximadamente um terço do total de artigos relevantes. A primeira zona inclui poucos periódicos de alta produtividade, a segunda abrange um número maior de periódicos com produtividade menor, e a terceira, ainda mais ampla, é composta por periódicos com produtividade reduzida (Araujo, 2006).

A Lei de Bradford, proposta por Samuel C. Bradford em 1934, é fundamental para a compreensão da dispersão da literatura científica em periódicos. Ela sugere que, ao ordenar periódicos em ordem decrescente de produtividade sobre um determinado assunto, é possível identificar um núcleo de periódicos altamente produtivos, seguidos por grupos ou zonas de periódicos com menor produtividade. A relação entre esses grupos segue uma proporção matemática de $1:n^2$, onde n representa o número de periódicos em cada zona subsequente (Brookes, 1969 apud Ferreira, 2010). Essa lei é particularmente útil para o desenvolvimento de políticas de aquisição e descarte de periódicos em bibliotecas e para a gestão da informação e do

conhecimento científico, permitindo estimar a relevância de determinados periódicos em áreas específicas do conhecimento (Guedes e Borschiver, 2005).

3.2.2 Lei de Lotka

A Lei de Lotka, apresentada por Alfred J. Lotka em 1926, trata da produtividade dos autores e segue a premissa de que "alguns pesquisadores publicam muito, enquanto muitos publicam pouco" (Voos, 1974 apud Ferreira, 2010). A lei estabelece que a relação entre o número de autores e o número de artigos publicados por eles segue a Lei do Inverso do Quadrado ($1/n^2$). Essa lei tem ampla aplicabilidade na avaliação da produtividade científica, na identificação de centros de pesquisa mais desenvolvidos e na avaliação da solidez de uma área científica (Guedes e Borschiver, 2005).

$$A(n) = \frac{C}{n^2}$$

A(n) = Representa o número de autores que publicam exatamente n artigos.

n = Representa o número de artigos que um autor publicou.

C = Esta constante é ajustada para que a soma dos A(n) ao longo de todos os valores de n se iguale ao número total de autores observados.

3.2.3 Leis de Zipf

Zipf desenvolveu o princípio do menor esforço, que propõe uma economia na escolha das palavras: se a tendência é minimizar o uso de diferentes palavras, isso significa que uma mesma palavra será repetida várias vezes, evitando dispersão. As palavras mais frequentes indicam o tema principal do documento. Caso os autores tivessem o hábito de utilizar uma grande variedade de palavras, essa lei não se aplicaria (Zipf, 1949 apud Ferreira, 2010).

As Leis de Zipf, propostas por George Zipf na década de 1940, estão relacionadas à frequência de ocorrência de palavras em textos. A Primeira Lei de Zipf estabelece que, em um texto suficientemente longo, a frequência de ocorrência de

uma palavra está inversamente relacionada à sua posição na lista de palavras ordenadas por frequência, uma relação descrita pela fórmula $r.f = c$, onde r é a ordem de série da palavra, f é a frequência de ocorrência e c é uma constante (Zipf, 1949 apud Ferreira, 2010). A Segunda Lei de Zipf, revisada por Booth em 1967, aborda a frequência de palavras de baixa ocorrência, afirmando que muitas palavras em um texto possuem frequências similares, especialmente em línguas como o inglês (Booth, 1967 apud Ferreira, 2010). Essas leis são fundamentais para o desenvolvimento de técnicas de indexação automática e análise de textos, contribuindo significativamente para a gestão da informação em sistemas bibliométricos (Guedes e Borschiver, 2005).

3.2.4 Teoria epidêmica da disseminação de ideias

Uma variação de abordagem nos estudos bibliométricos é a teoria epidêmica da disseminação de ideias, desenvolvida por Goffman e Newill em 1967. Essa teoria compara a propagação de ideias em uma comunidade com o processo de transmissão de doenças infecciosas. Os autores estabeleceram uma analogia entre o ciclo da esquistossomose e a difusão de informações. Enquanto a área da saúde identifica uma pessoa infectada como um portador da doença, Goffman e Newill associam essa figura ao autor que possui uma ideia. O indivíduo suscetível, que pode contrair a doença, é representado pelo leitor que recebe e assimila a ideia. Já o agente infeccioso, que em contextos de saúde são os patógenos, na teoria epidêmica corresponde às ideias presentes na literatura (Araujo, 2006).

A análise de citações, no entanto, é considerada uma das áreas mais fundamentais da bibliometria. Uma citação pode ser entendida como um conjunto de referências bibliográficas em uma publicação que demonstram conexões entre pesquisadores, instituições e campos de estudo, evidenciando como uma obra se relaciona com outras. Segundo Foresti (1989), a análise de citações examina as relações entre documentos que citam e são citados, considerando elementos como autor, título, localização geográfica, data e idioma de publicação (Araujo, 2006).

As citações desempenham um papel importante no avanço da ciência, pois fornecem o reconhecimento necessário entre os pesquisadores, estabelecem direitos de propriedade intelectual e prioridade sobre as contribuições científicas de um autor, além de constituírem fontes valiosas de informação. Elas também ajudam a entender

os hábitos de uso da informação e identificam a literatura essencial para o trabalho dos cientistas (Araujo , 2006).

A análise de citações possibilita a identificação de padrões na produção do conhecimento científico, incluindo a descoberta dos autores mais citados, os mais produtivos, os principais centros de pesquisa, fatores de impacto, origem geográfica e institucional dos autores influentes, tipos de documentos mais usados, obsolescência da literatura e os periódicos mais relevantes em um campo específico (Araujo , 2006).

3.3 Coleta de dados

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, a coleta de dados foi estruturada em duas etapas sequenciais na fase – escolha de base de dados, definição de parâmetros para estratégias de busca-, conforme detalhado a seguir.

Na primeira etapa, foi escolhida a Scopus como a base de dados de consulta principal. A Scopus foi selecionada devido à sua abrangente cobertura internacional. A base é reconhecida por sua capacidade de indexar uma ampla variedade de publicações científicas, incluindo artigos, conferências e revisões, o que a torna ideal para a condução de uma análise bibliométrica robusta e relevante para os objetivos deste estudo.

Na segunda etapa, foram definidos os parâmetros para as estratégias de busca, bem como o período de cobertura da pesquisa. Para tanto, foi utilizada a seguinte pesquisa: "("Makerspace" OR "Maker movement" OR "Maker culture" OR "Fablab") AND ("Innovation" OR "Open innovation" OR "Free innovation" OR "Collaborative innovation") AND ("Sustainability" OR "Ecobusiness")". Esses termos foram escolhidos por refletirem diretamente os conceitos centrais deste estudo, permitindo uma cobertura ampla e focada na área de interesse.

Ao final do processo de busca e aplicação dos critérios de inclusão, o universo da pesquisa concentrou-se em 1154 trabalhos publicados na Scopus.

O período de cobertura da pesquisa foi definido para abranger publicações de 2008 até 2024. Esse intervalo temporal foi escolhido com base na evolução das

pesquisas em inovação sustentável, permitindo capturar tanto estudos iniciais quanto os mais recentes sobre o tema. Este período também reflete a crescente atenção que a inovação sustentável tem recebido na literatura acadêmica, especialmente após a virada do século, com o aumento das preocupações ambientais globais e o desenvolvimento de tecnologias verdes.

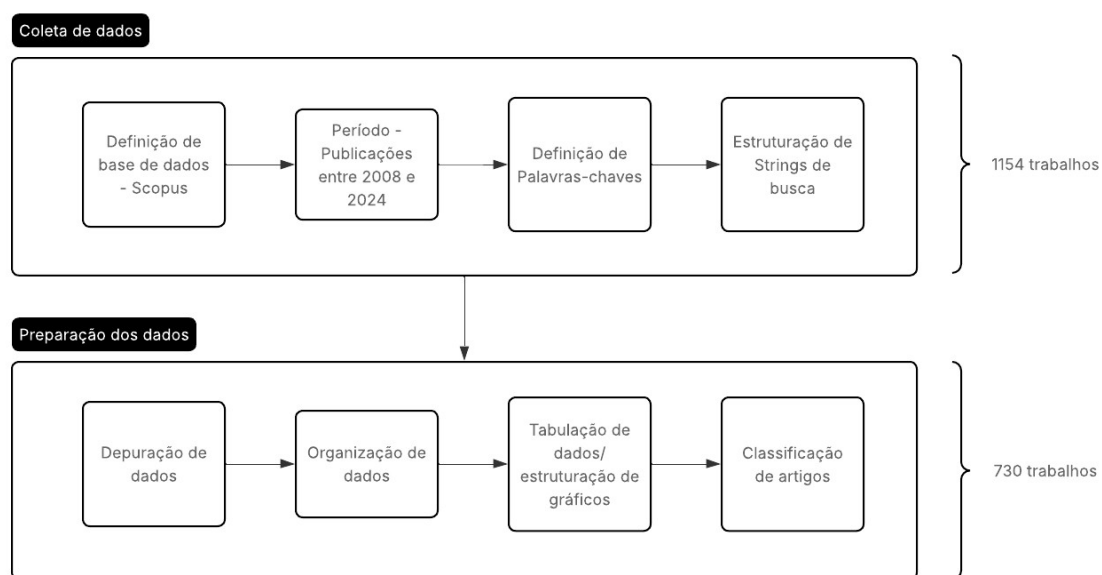
3.4 Preparação dos dados

A fase de preparação de dados também foi estruturada em duas etapas sequenciais na fase – depuração de dados coletados, depuração dos dados coletados -, conforme detalhado a seguir

Na primeira etapa, foi realizada a depuração dos dados coletados para prepará-los para a análise dos resultados. Para isso, foram retirados os documentos duplicados, aqueles sem aderência aos critérios da pesquisa e os que estavam fora do escopo da temática central de inovação sustentável. Após esse refinamento, a amostra final foi composta por 790 artigos e revisões.

Na segunda etapa, executou-se o tratamento dos dados de pesquisa mediante a exportação e tabulação dos resultados. As informações foram organizadas e analisadas utilizando VOSviewer, para a visualização de redes de coautoria e co-citação, e Microsoft Excel, para a organização e tabulação dos dados. Essas ferramentas permitiram a criação de visualizações detalhadas dos dados, facilitando a análise das principais tendências, temas recorrentes e influências acadêmicas no campo da inovação sustentável.

Figura 1 – Processo metodológico

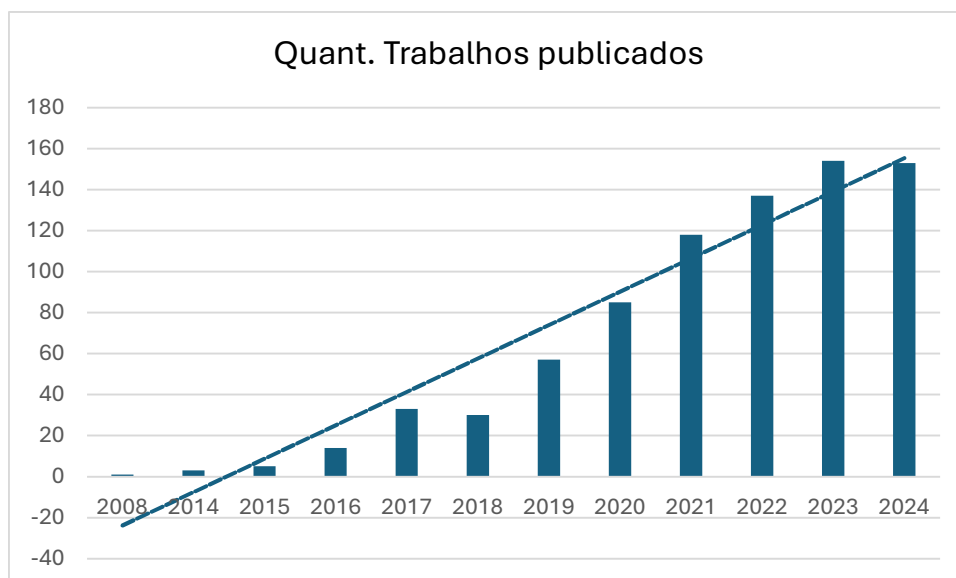


Fonte: Elaborado pelo autor

4. Análise de dados

4.1 Distribuição Temporal de Publicações

Gráfico 1 – Distribuição temporal de publicações (2008-2024)



Fonte: Elaborado pelo autor

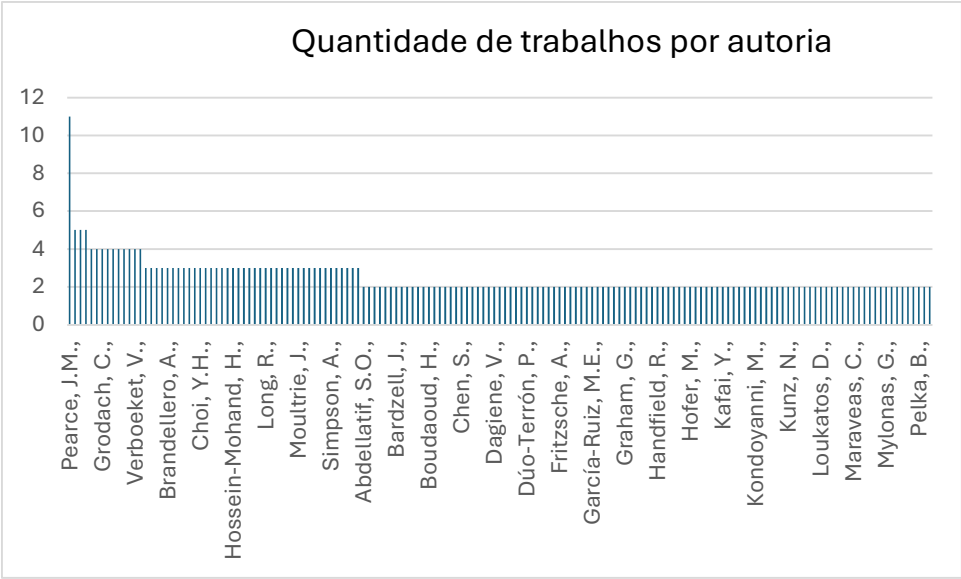
A análise dos dados de publicações científicas revela um crescimento contínuo e expressivo na produção de artigos relacionados à inovação e sustentabilidade ao longo dos anos. Observa-se um aumento gradual de publicações a partir de 2015, seguido por um crescimento mais acentuado a partir de 2019, culminando em um pico de produção entre os anos de 2020 e 2024. Este período concentra o maior volume de publicações, com destaque para 2023 e 2024, que registraram 154 e 153 artigos, respectivamente.

A análise desse crescimento evidencia o crescente interesse e comprometimento da comunidade científica com temas que abordam soluções sustentáveis para desafios contemporâneos. A aceleração da produção entre 2020 e 2024 pode também estar relacionada à maior conscientização sobre questões climáticas, impulsionada por eventos como a COP26 e os relatórios do IPCC, que reforçaram a urgência de ações coordenadas e o papel da inovação tecnológica e de políticas sustentáveis.

Esse panorama de crescimento não só destaca a importância do tema na agenda acadêmica, mas também sugere que futuras pesquisas continuarão a explorar abordagens interdisciplinares para enfrentar os desafios da sustentabilidade e promover práticas inovadoras.

4.2 Produtividade de Autores

Gráfico 2 – Quantidade de trabalhos por autoria



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise da produtividade dos autores, fundamentada na Lei de Lotka, permite identificar os principais pesquisadores que têm contribuído de forma recorrente para a produção científica na área de inovação e sustentabilidade. Utilizando os dados extraídos da base Scopus, constatou-se que a maioria dos autores contribuiu com apenas uma ou duas publicações ao longo do período de 2008 a 2024. No entanto, um grupo seleto de pesquisadores se destacou por sua alta produtividade, caracterizando-se como referência no tema.

O autor mais produtivo da amostra é Pearce, J.M., com um total de 11 publicações, seguido por Livari, N., Kohtala, C. e Lange, B., cada um com 5 publicações. Também se destacam Fox, S., com 4 publicações, e um grupo de autores com três publicações cada, como Smith, P., Smith, R.C., Stevenson, F., Troxler, P., e Zheng, Y.

Essa distribuição de produtividade segue o padrão descrito por Lotka, no qual uma minoria dos autores é responsável por uma parcela significativa das publicações. A tabela a seguir resume os autores com maior número de contribuições:

Tabela 1 – Autores mais produtivos segundo a Lei de Lotka

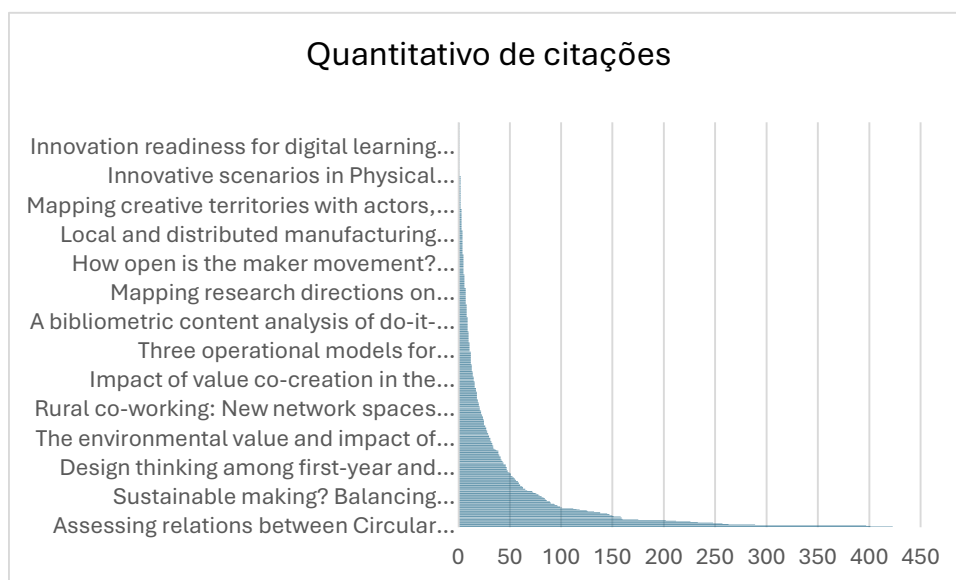
Autor	N.º de Publicações
Pearce, J.M.	11
Livari, N.	5
Kohtala, C.	5
Lange, B.	5
Fox, S.	4
Smith, P.	3
Smith, R.C.	3
Stevenso n, F.	3
Troxler, P.	3
Zheng, Y.	3
Total	45

Fonte: Elaborado pelo autor

Dessa forma, identificou-se que os 10 autores mais produtivos respondem por 5,70% das publicações realizadas, evidenciando sua relevância central para a consolidação do campo de estudo e evidenciando ainda mais o padrão descrito por Lotka. A identificação desses pesquisadores não apenas fornece subsídios valiosos para iniciantes que buscam referências teóricas robustas, mas também orienta instituições interessadas em estabelecer parcerias estratégicas e redes de colaboração. Além disso, esse mapeamento permite delinear os polos de excelência e as linhas de pesquisa consolidadas no domínio da inovação sustentável, favorecendo o avanço cumulativo do conhecimento científico. Vale notar que, ao fortalecer a visibilidade desses autores, ampliam-se as oportunidades de intercâmbio acadêmico e de construção de comunidades epistêmicas, aspectos fundamentais para o desenvolvimento e a renovação contínua do campo.

4.3 Citações

Gráfico 3 – Distribuição de citações por artigo



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise das citações é uma das abordagens mais relevantes na bibliometria, pois permite avaliar o impacto e a influência dos trabalhos científicos no campo da inovação e sustentabilidade. Com base nos dados extraídos da base Scopus, foram identificados os artigos com maior número de citações entre os anos de 2008 e 2024.

O artigo mais citado da amostra é “Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: A literature review”, publicado em 2020, com 423 citações. Esse destaque reflete a crescente relevância do debate sobre a integração entre economia circular e tecnologias emergentes, como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e automação industrial.

Outro artigo de grande impacto é “Big data analytics in supply chain management: A review and bibliometric analysis”, de 2018, com 401 citações, evidenciando o papel da análise de dados como ferramenta estratégica para práticas sustentáveis na cadeia de suprimentos. O trabalho “Connecting circular economy and industry 4.0”, de 2019, com 397 citações, também reforça essa tendência de convergência entre inovação tecnológica e sustentabilidade.

A tabela a seguir apresenta os 20 artigos mais citados da amostra:

Tabela 2 – Artigos mais citados (2008-2024)

Número de citações	Citação ABNT
423	ROSA, Paolo et al. Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 58, n. 6, p. 1662-1687, 2020.
401	NGUYEN, Truong et al. Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review. <i>Computers & operations research</i> , v. 98, p. 254-264, 2018.
397	RAJPUT, Shubhangini; SINGH, Surya Prakash. Connecting circular economy and industry 4.0. <i>International Journal of Information Management</i> , v. 49, p. 98-113, 2019.
289	FORD, Simon; MINSHALL, Tim. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. <i>Additive manufacturing</i> , v. 25, p. 131-150, 2019.
263	COHEN, Boyd; MUNOZ, Pablo. Sharing cities and sustainable consumption and production: towards an integrated framework. <i>Journal of cleaner production</i> , v. 134, p. 87-97, 2016.
257	KATHAN, Wolfgang; MATZLER, Kurt; VEIDER, Viktoria. The sharing economy: Your business model's friend or foe?. <i>Business horizons</i> , v. 59, n. 6, p. 663-672, 2016.
248	SANCHEZ, Fabio A. Cruz et al. Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. <i>Journal of Cleaner Production</i> , v. 264, p. 121602, 2020.
233	TANIKELLA, Nagendra G.; WITTBRODT, Ben; PEARCE, Joshua M. Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing. <i>Additive Manufacturing</i> , v. 15, p. 40-47, 2017.
226	DELIC, Mia; EYERS, Daniel R. The effect of additive manufacturing adoption on supply chain flexibility and performance: An empirical analysis from the automotive industry. <i>International journal of production economics</i> , v. 228, p. 107689, 2020.
212	SUCHEK, Nathalia et al. Innovation and the circular economy: A systematic literature review. <i>Business Strategy and the Environment</i> , v. 30, n. 8, p. 3686-3702, 2021.
189	DE SOUSA JABBOUR, Ana Beatriz Lopes et al. Circular economy business models and operations management. <i>Journal of cleaner production</i> , v. 235, p. 1525-1539, 2019.

175	GUPTA, Shivam et al. Achieving superior organizational performance via big data predictive analytics: A dynamic capability view. <i>Industrial Marketing Management</i> , v. 90, p. 581-592, 2020.
160	CHOI, Tsan-Ming; LAMBERT, James H. Advances in risk analysis with big data. <i>Risk Analysis</i> , v. 37, n. 8, p. 1435-1442, 2017.
159	PERGELOVA, Albena et al. Democratizing entrepreneurship? Digital technologies and the internationalization of female-led SMEs. <i>Journal of Small Business</i>
159	KHORRAM NIAKI, Mojtaba; NONINO, Fabio. Additive manufacturing management: a review and future research agenda. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 55, n. 5, p. 1419-1439, 2017.
158	CURTIS, Steven Kane; MONT, Oksana. Sharing economy business models for sustainability. <i>Journal of Cleaner Production</i> , v. 266, p. 121519, 2020.
151	RAUT, Rakesh D. et al. Big Data Analytics as a mediator in Lean, Agile, Resilient, and Green (LARG) practices effects on sustainable supply chains. <i>Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review</i> , v. 145, p. 102170, 2021.
150	DURACH, Christian F.; KURPJUWEIT, Stefan; WAGNER, Stephan M. The impact of additive manufacturing on supply chains. <i>International Journal of Physical Distribution & Logistics Management</i> , v. 47, n. 10, p. 954-971, 2017.
147	BULKELEY, Harriet et al. Urban living laboratories: Conducting the experimental city?. <i>European urban and regional studies</i> , v. 26, n. 4, p. 317-335, 2019.
147	ZAVRATNIK, Veronika; KOS, Andrej; STOJMENOVA DUH, Emilija. Smart villages: Comprehensive review of initiatives and practices. <i>Sustainability</i> , v. 10, n. 7, p. 2559, 2018.

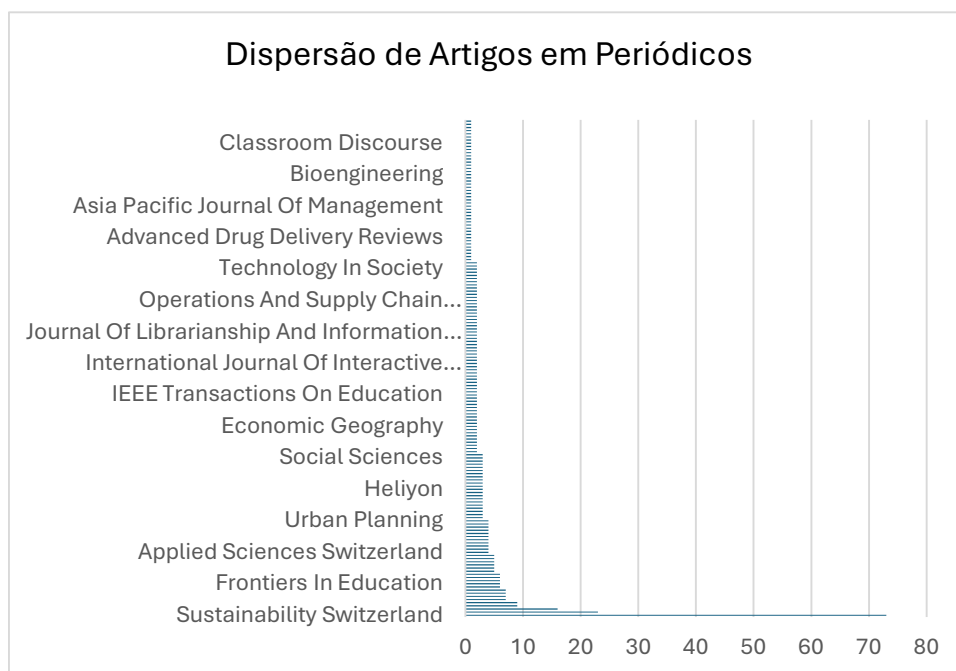
Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados mostram que os artigos mais citados abordam temas como economia circular, Indústria 4.0, big data, impressão 3D e cidades sustentáveis, refletindo os principais eixos temáticos de impacto no campo da inovação sustentável. A elevada taxa de citação desses estudos indica que eles servem como referência teórica e metodológica para uma ampla gama de pesquisas interdisciplinares, sendo fundamentais para o avanço do conhecimento e a formulação de políticas públicas e estratégias corporativas mais sustentáveis.

A análise das citações também permite identificar os trabalhos seminalmente reconhecidos pela comunidade científica, sinalizando caminhos de investigação com alto potencial de contribuição acadêmica e prática.

4.4 Dispersão de Artigos em Periódicos

Gráfico 4 – Dispersão de artigos por periódicos



Fonte: Elaborado pelo autor

A dispersão dos artigos em diferentes periódicos foi analisada com base nos dados extraídos da base Scopus, conforme apresentados na aba “Periódicos OK - SCOPUS”. Essa análise está alinhada à Lei de Bradford, a qual propõe que a literatura científica sobre um tema tende a se concentrar em um pequeno núcleo de periódicos altamente produtivos, enquanto a maior parte da produção está distribuída entre periódicos com menor frequência de publicações.

Entre os 790 artigos da amostra final, a maior concentração de publicações encontra-se no periódico Sustainability (Switzerland), com 73 artigos(7,53%), seguido por Journal of Cleaner Production - 23 (2,37%), Technological Forecasting and Social Change (16), e Education Sciences – 9 (0,93%). Esses periódicos formam o núcleo

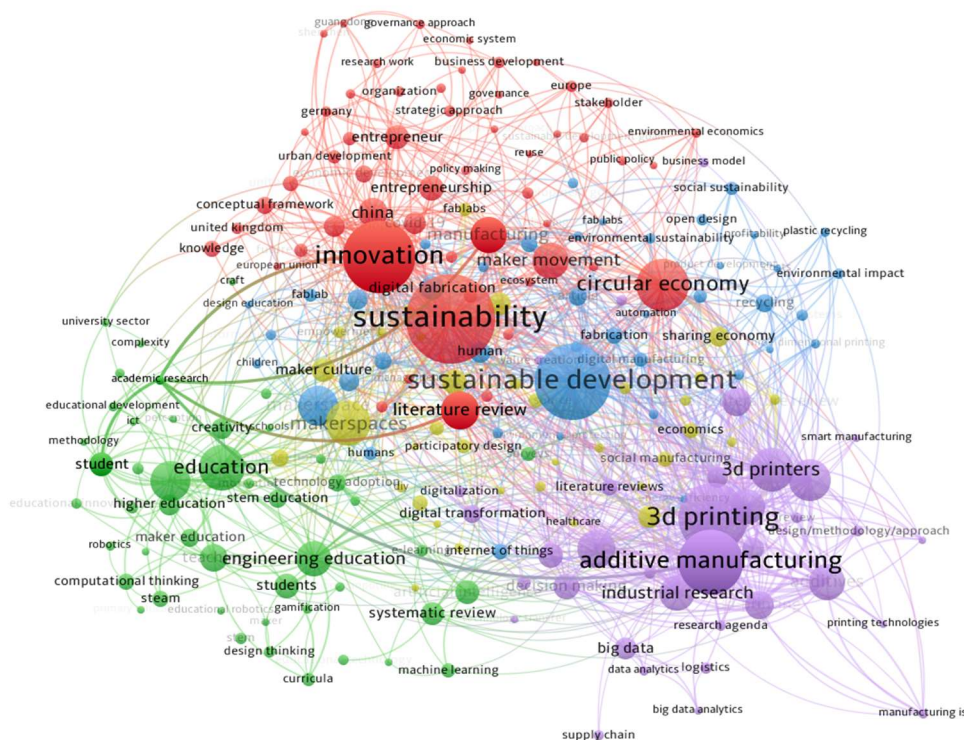
de maior produtividade, responsável por uma parcela significativa da produção científica sobre inovação e sustentabilidade.

Essa distribuição evidencia que, embora existam diversos periódicos publicando sobre o tema, uma pequena fração concentra a maior parte das publicações. Isso é consistente com a Lei de Bradford, que estabelece a existência de zonas de produtividade decrescente. O entendimento dessa dispersão é útil para pesquisadores que desejam publicar na área, pois destaca os periódicos mais relevantes e reconhecidos dentro do campo de estudo.

Além disso, a presença de periódicos voltados à educação, tecnologia e produção sustentável reforça o caráter interdisciplinar da pesquisa em inovação sustentável.

4.5 Palavras-chave e Frequência de Ocorrência

Gráfico 5 – Rede de ocorrência de palavras-chave



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise das palavras-chave nas publicações científicas revela uma clara concentração de termos centrais que refletem os principais temas de estudo na área de inovação e sustentabilidade. Observa-se que palavras-chave como “sustainability”, “innovation”, e “sustainable development” aparecem com maior destaque, indicando sua relevância predominante nas pesquisas analisadas.

A partir da visualização de palavras-chave, percebe-se uma estrutura de conexões que destacam interseções importantes entre temas. Termos como “circular economy” e “3D printing” apresentam forte presença, sugerindo um interesse crescente em tecnologias emergentes aplicadas a modelos sustentáveis. Essas conexões indicam uma tendência de pesquisa interdisciplinar que explora a intersecção entre tecnologia e sustentabilidade para propor soluções inovadoras.

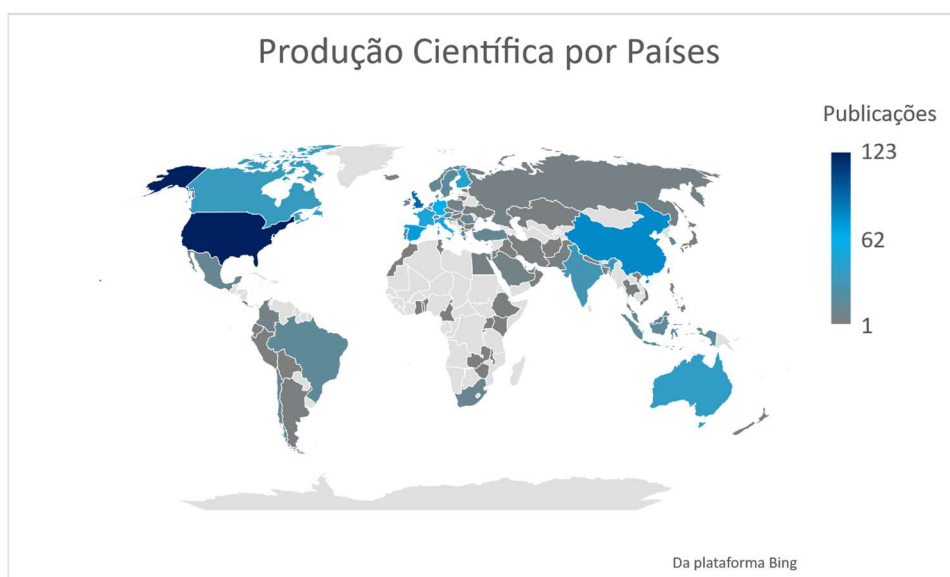
A análise dessa distribuição de palavras-chave evidencia o foco da comunidade acadêmica em práticas sustentáveis e a aplicação de inovações tecnológicas para enfrentar desafios ambientais. O uso recorrente de termos como “additive manufacturing” e “engineering education” reflete o interesse em explorar tanto os aspectos práticos quanto educacionais dessas abordagens, ampliando a compreensão e o impacto desses estudos.

Esse panorama de palavras-chave e sua frequência de ocorrência não só destacam a relevância dos temas principais, mas também apontam para uma diversidade de subtemas e especializações que enriquecem o campo de pesquisa. Palavras de menor frequência, como “maker movement” e “fablabs”, indicam nichos específicos que, embora menos recorrentes, contribuem para uma visão mais completa e diversa da área.

A compreensão dessas tendências pode orientar novos pesquisadores a identificar temas emergentes e potenciais colaborações interdisciplinares, ajudando a moldar futuras investigações e estratégias de pesquisa.

4.6 Produção Científica por Países

Gráfico 6 – Produção científica por países



Fonte: Elaborado pelo autor

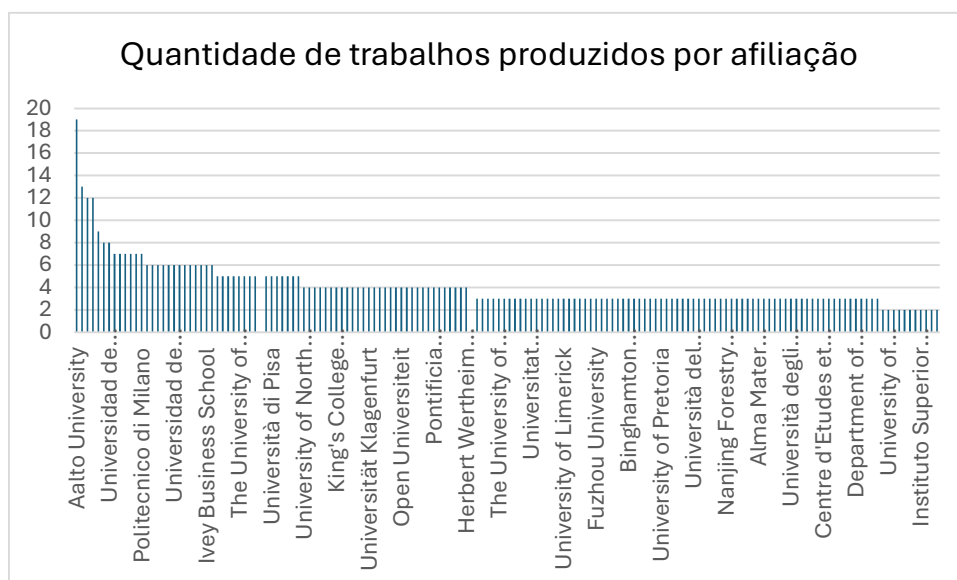
A análise da distribuição da produção científica por países revela uma concentração desigual de publicações ao redor do mundo. O mapa indica que países como os Estados Unidos, China e alguns países europeus lideram em termos de número de publicações científicas, com destaque para os Estados Unidos, que apresenta o maior volume de produção, seguido por China e Alemanha. Essa concentração sugere que esses países possuem uma infraestrutura de pesquisa robusta, investimentos significativos em ciência e tecnologia, e uma forte presença de universidades e centros de pesquisa.

A predominância de publicações nos Estados Unidos e na China pode ser associada aos grandes investimentos governamentais e privados em pesquisa e desenvolvimento (P&D), além da colaboração entre academia e indústria. Na Europa, a Alemanha se destaca como um dos líderes em produção científica, refletindo seu papel como um centro de inovação e pesquisa na região.

Em contrapartida, muitos países da América Latina, África e partes da Ásia apresentam uma produção científica consideravelmente menor. Isso pode refletir desafios como menor financiamento para a pesquisa, infraestrutura limitada e acesso restrito a recursos acadêmicos. No entanto, países como Brasil e Índia mostram uma crescente contribuição, demonstrando esforços para aumentar a produção científica e a relevância no cenário global.

4.7 Produção Científica por Afiliação

Gráfico 7 – Produção de artigos por instituição de afiliação (2008-2024)



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise da produção científica por afiliação institucional permite identificar as universidades e centros de pesquisa que mais contribuiram para o desenvolvimento de estudos sobre inovação e sustentabilidade. A partir dos dados extraídos da base Scopus, percebe-se que a produção científica está concentrada em algumas instituições de destaque global.

A Aalto University, na Finlândia, lidera a lista com 19 publicações (1,96%), seguida pela University of Cambridge, no Reino Unido, com 13 trabalhos (1,34%). Outras instituições de relevância incluem a Technische Universität Berlin e a Oulun Yliopisto (Universidade de Oulu), ambas com 12 (1,24%) publicações, além do Tecnológico de Monterrey, no México, com 9 (0,93%) publicações.

Essa distribuição revela que países como Finlândia, Reino Unido, Alemanha e México possuem instituições ativamente envolvidas na pesquisa sobre inovação sustentável. A liderança da Aalto University, conhecida por sua abordagem interdisciplinar em design, tecnologia e sustentabilidade, destaca o papel das

universidades nórdicas no avanço de soluções integradas para desafios ambientais e sociais.

Além disso, observa-se que as instituições com maior produção também mantêm fortes redes de coautoria internacional, conforme analisado nas seções anteriores, o que reforça a importância da colaboração acadêmica global para a consolidação do campo.

A identificação dessas afiliações mais produtivas é relevante para pesquisadores que buscam centros de excelência, parcerias acadêmicas e oportunidades de colaboração em projetos internacionais voltados à inovação sustentável.

Ao analisar comparativamente os dados de produção científica por países (Gráfico 6) e por instituições de afiliação (Gráfico 7), observa-se um fenômeno interessante: as instituições mais produtivas em pesquisas sobre inovação sustentável não estão necessariamente localizadas nos países com maior volume total de produção científica na área. Enquanto Estados Unidos e China lideram em termos de volume total de publicações, as instituições mais produtivas estão na Finlândia (Aalto University e Oulun Yliopisto), Reino Unido (University of Cambridge), Alemanha (Technische Universität Berlin) e México (Tecnológico de Monterrey). Este desalinhamento sugere que a excelência em pesquisa sobre inovação sustentável está concentrada em instituições específicas que desenvolveram expertise e foco estratégico nessa área, independentemente do volume total de produção científica de seus países. Fatores como especialização institucional, políticas nacionais direcionadas de ciência e tecnologia, redes de colaboração internacional e formação de nichos de excelência podem explicar por que instituições de países como Finlândia e México se destacam neste campo, mesmo quando seus países não figuram entre os maiores produtores científicos em termos absolutos.

4.8 Co ocorrência de palavras no título e resumo de trabalhos

Gráfico 8 – Rede de co-ocorrência de termos em títulos e resumos

A análise de co-ocorrência de palavras nos títulos e resumos dos trabalhos oferece uma visão clara sobre os principais eixos temáticos e suas inter-relações na literatura científica. Através da segmentação em clusters, é possível identificar grupos de termos que refletem abordagens complementares no campo da inovação sustentável.

Outro agrupamento relevante emerge a partir das palavras “education”, “learning” e “student”, indicando um foco significativo em processos educacionais

voltados à formação de competências técnicas e socioambientais. Esses estudos destacam a centralidade da educação no desenvolvimento de soluções inovadoras, reforçando o papel das universidades e escolas técnicas como agentes de transformação sustentável.

Já o cluster associado a “production”, “industry” e “manufacturing” concentra-se nas práticas industriais e tecnológicas, evidenciando a articulação entre inovação produtiva e sustentabilidade. Conceitos como “additive manufacturing” e “circular economy” são recorrentes e mostram o interesse em tecnologias que viabilizam modelos de produção mais eficientes e de menor impacto ambiental.

Além desses, surgem termos de vanguarda como “artificial intelligence” e “systematic review”, revelando a incorporação de ferramentas analíticas e abordagens metodológicas robustas no campo. Isso demonstra um amadurecimento das pesquisas, que passam a integrar métodos quantitativos para consolidar evidências e formular diretrizes mais precisas.

As conexões entre clusters também merecem destaque. A relação entre “education” e “industry” reflete o avanço de práticas como educação empreendedora e formação para a Indústria 4.0. Já a sobreposição entre “community” e “production” indica a disseminação de modelos híbridos de produção colaborativa, nos quais comunidades participam ativamente da geração de soluções locais.

Essa estrutura de co-ocorrência reforça o caráter interdisciplinar e dinâmico da inovação sustentável, ao mesmo tempo em que sinaliza oportunidades futuras de pesquisa nos pontos de intersecção entre educação, tecnologia, produção e participação social.

5. Conclusão

A análise bibliométrica realizada proporcionou uma visão abrangente sobre as tendências e padrões da produção científica em inovação e sustentabilidade. Os resultados evidenciaram um crescimento contínuo e expressivo das publicações ao longo das últimas décadas, com uma aceleração significativa a partir de 2015 e um pico entre 2020 e 2024 – especialmente nos anos de 2023 e 2024. Esse incremento temporal reflete o crescente comprometimento da comunidade acadêmica com a

pauta da sustentabilidade no contexto da inovação, alinhando-se a marcos teóricos como o Triple Bottom Line (Elkington, 1997) e os Limites Planetários (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015, 2023).

Paralelamente, a identificação dos autores mais produtivos e dos artigos mais citados permitiu mapear os principais atores e contribuições influentes nesse campo emergente. Constatou-se que, embora a maioria dos pesquisadores tenha contribuído com poucos artigos entre 2008 e 2024, um grupo seletivo destacou-se por alta produtividade, conforme previsto pela Lei de Lotka. Trabalhos que abordam a integração entre economia circular e Indústria 4.0, por exemplo, alcançaram altos índices de citações, evidenciando que a convergência entre as tecnologias emergentes e a sustentabilidade é um eixo central da discussão acadêmica.

A pesquisa também evidenciou que o núcleo temático da inovação sustentável envolve a interseção entre avanços tecnológicos e práticas socioambientais responsáveis. Temas recorrentes identificados como "sustainability", "innovation", "circular economy" e "3D printing" confirmam que o debate se estrutura em torno da necessidade de se desenvolver produtos, processos e modelos organizacionais que conciliem eficiência produtiva e responsabilidade ambiental. A presença de referências à cultura maker, embora com menor frequência, aponta para nichos específicos de inovação colaborativa e descentralizada, os quais têm potencial para amplificar soluções sustentáveis.

A análise bibliométrica sobre inovação sustentável apresenta oportunidades significativas para o Brasil, que enfrenta o desafio de conciliar desenvolvimento econômico com preservação ambiental e equidade social. O mapeamento sistemático da produção científica neste campo oferece direcionamentos estratégicos que podem fortalecer a posição brasileira no cenário global da inovação sustentável. O Brasil pode utilizar os resultados de estudos bibliométricos para direcionar de forma mais eficiente seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Ao identificar as tendências emergentes e os temas de maior impacto na literatura científica internacional, como economia circular, Indústria 4.0 e tecnologias verdes, os formuladores de políticas públicas podem estabelecer prioridades alinhadas às fronteiras do conhecimento global.

O estudo bibliométrico revelou que a excelência em pesquisa sobre inovação sustentável não está necessariamente vinculada ao volume total de produção científica de um país, mas sim à especialização institucional. O Brasil pode se inspirar no modelo de instituições como a Aalto University (Finlândia) e o Tecnológico de Monterrey (México), que se destacam globalmente apesar de estarem em países que não lideram a produção científica total. As universidades e centros de pesquisa brasileiros podem desenvolver nichos de especialização em áreas estratégicas da inovação sustentável, como bioeconomia, energias renováveis e tecnologias sociais, aproveitando as vantagens comparativas do país em biodiversidade e recursos naturais.

Os dados bibliométricos evidenciam a importância das redes de colaboração internacional para a produtividade e o impacto da pesquisa científica. O Brasil pode utilizar esse conhecimento para estabelecer parcerias estratégicas com as instituições e autores mais influentes identificados no estudo, promovendo intercâmbios acadêmicos, projetos conjuntos e programas de mobilidade. A internacionalização da pesquisa brasileira em inovação sustentável pode acelerar a transferência de conhecimento e tecnologia, além de aumentar a visibilidade e o reconhecimento das contribuições nacionais.

A análise de co-ocorrência de termos revelou a importância crescente de iniciativas colaborativas, espaços criativos e engajamento comunitário na inovação sustentável. O Brasil pode se beneficiar desses insights para fortalecer os ecossistemas de inovação locais, promovendo maior integração entre universidades, empresas, governo e sociedade civil.

Apesar da robustez metodológica e dos resultados significativos obtidos neste estudo bibliométrico sobre inovação sustentável, é importante reconhecer algumas limitações inerentes à pesquisa. A pesquisa baseou-se exclusivamente na base de dados Scopus, que, embora seja uma das mais abrangentes plataformas de indexação científica, não contempla a totalidade da produção acadêmica global. Publicações em periódicos não indexados, literatura cinzenta (relatórios técnicos, documentos governamentais, white papers) e trabalhos publicados em idiomas diferentes do inglês podem estar sub-representados na amostra analisada.

A análise bibliométrica, por sua natureza quantitativa, privilegia indicadores numéricos como quantidade de publicações e citações, que nem sempre refletem adequadamente a qualidade, originalidade ou relevância prática das contribuições científicas. A contagem de citações como medida de impacto também apresenta limitações, pois não distingue entre citações positivas ou negativas. Ademais, a delimitação do campo da "inovação sustentável" enfrenta desafios conceituais, dada a natureza interdisciplinar e a evolução constante da terminologia.

Por fim, reconhece-se que, apesar dos avanços proporcionados pela análise bibliométrica, o estudo apresenta limitações relacionadas à abrangência da base de dados e à delimitação de palavras-chave. Estudos futuros podem ampliar o escopo metodológico, combinando análises quantitativas e qualitativas para aprofundar a compreensão dos impactos práticos das inovações sustentáveis. Assim, o presente trabalho não apenas contribui para a consolidação teórica do campo, mas também estabelece diretrizes que podem orientar pesquisas subsequentes e práticas corporativas em direção a um desenvolvimento mais resiliente, ético e sustentável, especialmente no contexto brasileiro.

Referências

- ARAUJO, C. A. A. (2006). *Bibliometria: evolução histórica e questões atuais*.
- BOONS, F., & LÜDEKE-FREUND, F. (2013). Business Models for Sustainable Innovation: State-of-the-Art and Steps Towards a Research Agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9-19.
- CHUEKE, G. V., & AMATUCCI, M. (2015). *O que é bibliometria? Uma introdução ao fórum*. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, 17(54), 821-840.
- ELKINGTON, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone Publishing.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe*.
- FERREIRA, S. M. S. P. (2010). *Bibliometria na avaliação da produção científica*. Revista de Biblioteconomia de Brasília, 34(2)
- GUEDES, V. L. S., & BORSCHIVER, S. (2005). *Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento*. Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento, 3(2), 1-10.
- ROCKSTRÖM, J., ET AL. (2009). A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
- STEFFEN, W., ET AL. (2015). Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- STEFFEN, W., ET AL. (2023). Earth System Boundaries and the Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 614, 482-485.
- ARAÚJO, C. F. R. C. *Inovação tecnológica nas salas de aula*. Derecho y Cambio Social, [s.l.], 2025.
- BARBOZA, R. A. B.; FONSECA, S. A.; RAMALHEIRO, G. C. de F. O papel das políticas públicas para potencializar a inovação em pequenas empresas de base tradicional. *REGE – Revista de Gestão*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 58-71, 2017.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. Fundamentos de metodologia científica: um guia para a iniciação científica. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

BESSANT, J.; TIDD, J. *Inovação e Empreendedorismo*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BESSANT, J.; TIDD, J. *Gestão da Inovação*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BLIKSTEIN, P. Digital fabrication and “making” in education: the democratization of invention. In: WALTER-HERRMANN, J.; BÜCHING, C. (ed.). *FabLabs: of machines, makers and inventors*. Bielefeld: Transcript, 2013. p. 203-222.

BOFF, L. Tecnologia: bênção ou maldição? *Revista Eclesiástica Brasileira*, Petrópolis, v. 79, n. 313, p. 266-288, 2019.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 34-45, 2005.

CHEN, Y.-S. The driver of green innovation and green image – green core competence. *Journal of Business Ethics*, v. 81, n. 3, p. 531-543, 2008.

CHEN, Y.-S.; LAI, S.-B.; WEN, C.-T. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, v. 67, n. 4, p. 331-339, 2006.

CHESBROUGH, H. W. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston: Harvard Business School Press, 2003a.

CHESBROUGH, H. W. The era of open innovation. *MIT Sloan Management Review*, v. 44, n. 3, p. 35-41, 2003b.

CHESBROUGH, H. W.; CROWTHER, A. K. Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. *R&D Management*, v. 36, n. 3, p. 229-236, 2006.

CHIOU, T.-Y.; CHAN, H. K.; LETTICE, F.; CHUNG, S. H. The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 47, n. 6, p. 822-836, 2011.

CHRISTENSEN, C. M. *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston: Harvard Business School Press, 1997..

CLEMENTINO, V. D. R. *Estratégia empresarial e dinâmicas de inovação: referências para uma gestão estratégica de sucesso no setor vitivinícola brasileiro*. 2015. Tese (Doutorado em Gestão) – Universidade de Évora, Évora.

CONCEIÇÃO, C. S.; FARIA, L. A. E. Padrões históricos da mudança tecnológica e ondas longas do desenvolvimento capitalista. In: DATHEIN, R. (org.). *Desenvolvimentismo: o conceito, as bases teóricas e as políticas*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. p. 223-255.

DRUCKER, P. F. *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*. New York: Harper & Row, 1985.

DRUCKER, P. F. *Inovação e Gestão: uma nova concepção de estratégia de empresa*. Rio de Janeiro: Presença, 1989.

ELKINGTON, J. Enter the triple bottom line. In: HENRIQUES, A.; RICHARDSON, J. (ed.). *The Triple Bottom Line: Does It All Add Up?* London: Earthscan, 2004. p. 1-16.

FREEMAN, C. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter, 1987.

FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. *As Time Goes By: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. Oxford: Oxford University Press, 2001.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. *et al.* (ed.). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, 1988. p. 38-66.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOUSSEVSKAIA, A. Inovação interativa: capital social, *knowledge sharing* e aprendizagem. In: *Encontro da ANPAD*. Brasília: ANPAD, 2005.

HABERMAS, J. Técnica e ciência enquanto ideologia. In: BENJAMIN, W. *et al.* (org.). *Textos escolhidos*. São Paulo: Abril Cultural, 1983. p. 313-343.

HAWKEN, P.; LOVINS, A. B.; LOVINS, L. H. *Capitalismo Natural: criando a próxima revolução industrial*. São Paulo: Cultrix, 2007. (Original publicado em 1999).

KRETZER, J. Sistemas de inovação: as contribuições das abordagens nacionais e regionais ou locais. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 9, n. 1, p. 149-176, 2010.

KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1996.

LIMA, M. M. T.; DAGNINO, R. P.; FONSECA, R. Um enfoque tecnológico para inclusão social. *Perspectivas em Políticas Públicas*, v. 1, n. 2, p. 117-129, 2009.

LUNDVALL, B.-Å. (ed.). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter, 1992.

MARCUSE, H. *A Ideologia da Sociedade Industrial: o homem unidimensional*. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

MICHELSEN, O.; FET, A. M.; DAHLSTRUD, A. Eco-efficiency in the seafood industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 6-7, p. 616-626, 2006.

MITIDIERI, L. A. Tecnologia de inclusão social como prática descolonizadora. *Revista Indisciplinar*, v. 4, n. 1, 2018.

NELSON, R. R. (ed.). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NOGA, S. S.; PENTEADO, A. L. Espaço *maker*: uma abordagem criativa para o desenvolvimento de competências. *Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica*, v. 2, n. 23, p. 196-213, 2022.

NOGAMI, V. K. da C. Destruição criativa, inovação disruptiva e economia compartilhada: uma análise evolucionista e comparativa. *Suma de Negócios*, v. 10, n. 21, p. 9-18, 2019.

ONU. *Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Organização das Nações Unidas, 1992.

ONU. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Nova Iorque: Organização das Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2025.

PAPAVLASOPOULOU, S.; GIANNAKOS, M. N.; JACCHERI, L. Empirical studies on the Maker Movement: a literature review. *Entertainment Computing*, v. 18, p. 57-78, 2017.

PINSKY, V. C.; DIAS, J. L.; KRUGLIANSKAS, I.; PLONSKI, G. A. Inovação sustentável: uma perspectiva comparada da literatura internacional e nacional. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, v. 12, n. 3, p. 226-250, 2015.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*, v. 73, n. 5, p. 120-134, 1995a.

PORTO, R. M. A. B. Inclusão digital: um caminho para inclusão social. *Ciência da Informação*, v. 32, n. 1, 2003.

RAABE, A. L. A. *et al.* Movimento *maker* e construcionismo na educação básica: fomentando o exercício da liberdade cognitiva. *Anais do Workshop de Informática na Escola*, v. 22, n. 1, p. 1149, 2016.

RIBEIRO, F. M.; STEINER NETO, P. J. Inovação e sustentabilidade: desafios da indústria brasileira. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 25, n. 3, p. 1-18, 2021.

RIBEIRO, O. C. R.; STEINER NETO, P. J. Vantagem competitiva sustentável e inovação verde: uma revisão sobre proposições de escalas conjuntas. *Gestão & Produção*, v. 28, n. 3, e5669, 2021.

RODRIGUES, A.; PALHANO, M. D. M.; VIECELI, C. R. C. Cultura *maker* e educação: possibilidades para o ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 1, p. 69-88, 2021.

ROTHWELL, R. *et al.* SAPPHO updated – Project SAPPHO phase II. *Research Policy*, v. 3, n. 3, p. 258-291, 1974.

SAUSEN, F. P.; ROSSETTO, C. R.; BEHLING, H. P. Tipologias de inovação: um estudo exploratório em organizações empreendedoras. *Revista de Administração IMED*, v. 8, n. 2, p. 165-185, 2018.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Brothers, 1961.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum, 2016.

SILVA, D. O.; BAGNO, R. B.; SALERNO, M. S. Modelos para a gestão da inovação: revisão e análise da literatura. *Production*, v. 24, n. 2, p. 477-490, 2014.

SOUZA, W. V. B. de; BERMEJO, P. H. S.; CAVALCANTE, C. C. M.; DOMINGOS, R. N. Inovação aberta no setor público: como o Ministério da Educação utilizou o *crowdstorming* para impulsionar a prospecção de soluções inovadoras. In: JAYME Jr., F. G.; SILVA, J. R. F. A.; ALMEIDA, R. R. P. P. (org.). *Desenvolvimento e políticas públicas: temas contemporâneos*. Brasília: Ipea, 2017. p. 231-240.

SOUZA, M. S. Tecnologias digitais e ensino: inclusão para além da inserção. *Nuances – Estudos sobre Educação*, v. 32, p. 1-19, 2021.

THOMAS, H. Sistemas tecnológicos sociais e cidadania socio-técnica. In: *Encuentro Internacional de Culturas Científicas y Alternativas Tecnológicas*. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, 2009. p. 65-86.

VARGAS, M.; RADAELLI, A. B.; KLOC, A. E.; FERREIRA, M. A. N.; SÁ, H. A. Análise da produção científica sobre política de inovação: uma perspectiva schumpeteriana de inovação. *Brazilian Journal of Information Science: Research Trends*, v. 17, e023058, 2023. DOI: 10.36311/1981-1640.2023.v17.e023058.

VIEGAS, L. H. T. A tradicional abordagem de sistemas de inovação: uma análise crítica. *Revista da Escola Superior de Guerra*, v. 33, n. 68, p. 119-136, 2018.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. *Eco-efficiency: creating more value with less impact*. Geneva, 2000. Disponível em: https://docs.wbcsd.org/2000/01/eco_efficiency_creating_more_value.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

Kiron, D., Kruschwitz, N., Haanaes, K., & Velken, I. V. S. (2013). The Innovation Bottom Line. *MIT Sloan Management Review*, 54(3), 73-77.