UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERACIONAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

GABRIEL AUGUSTO SOUZA E SILVA

Revisão exploratória sobre Sistema Nacional de Inovação e Ecoinovação:
Quando as trajetórias de desenvolvimento encontram os limites ambientais

Uberlândia
2026

GABRIEL AUGUSTO SOUZA E SILVA

Revisão exploratória sobre Sistema Nacional de Inovação e Ecoinovação:
Quando as trajetórias de desenvolvimento encontram os limites ambientais

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial exigido para a conclusão do curso de graduação em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Germano Mendes de Paula

Uberlândia

2026

GABRIEL AUGUSTO SOUZA E SILVA

Revisão exploratória sobre Sistema Nacional de Inovação e Ecoinovação:
Quando as trajetórias de desenvolvimento encontram os limites ambientais

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial exigido para a conclusão do curso de graduação em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Germano Mendes de Paula

Uberlândia, 27 de julho de 2026

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Germano Mendes de Paula (Orientador)
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

_____

Profa. Dra. Marisa dos Reis Azevedo Botelho
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

_____

Profa. Dra. Thaís Guimarães Alves Nonato
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

AGRADECIMENTOS

Sou profundamente grato à Universidade Federal de Uberlândia pela infraestrutura, pelo apoio institucional e pelas oportunidades de aprendizado proporcionadas ao longo da graduação. A formação recebida nessa instituição foi de valor incomensurável para meu desenvolvimento.

Agradeço aos professores do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia que contribuíram para minha formação como economista. Em especial, à Profa. Dra. Ana Paula Macedo de Avellar, por quem nutro grande carinho, respeito e admiração. Agradeço por ter me orientado nas etapas iniciais deste trabalho e por me apresentar à pesquisa, atividade pela qual desenvolvi especial interesse ao longo da graduação.

Ao Prof. Dr. Germano Mendes de Paula, expresso minha gratidão pelos ensinamentos transmitidos dentro e fora da sala de aula, os quais contribuíram para minha preparação para o mercado de trabalho, para a vida profissional e para a elaboração e defesa desta monografia. Sua famosa exigência e seu rigor refletem sua elevada competência e habilidade. Ao buscar sua orientação, tive a expectativa de me aproximar, ainda que modestamente, do seu patamar.

À Profa. Dra. Thaís Guimarães Alves Nonato, agradeço por acompanhar minha trajetória acadêmica, especialmente após o período em que assumi a presidência da ACPE. Ela foi uma tutora, apoio e confidente em momentos importantes de minha formação.

À Profa. Dra. Marisa dos Reis Azevedo Botelho, agradeço pelos ensinamentos compartilhados em aulas e palestras, por meio dos quais pude compreender fundamentos da economia industrial utilizados neste trabalho, bem como refletir sobre a sociedade e o papel enquanto economista.

Por fim, agradeço à minha família e aos meus amigos, que estiveram ao meu lado ao longo desses anos e me deram forças para superar as adversidades enfrentadas. O apoio, o cuidado e a confiança que recebi constituem um privilégio que reconheço com profunda gratidão e que foi decisivo para que eu pudesse concluir esta etapa da minha vida.

RESUMO

Esta monografia examina a relação entre o Sistema Nacional de Inovação (SNI) e a ecoinovação, partindo do entendimento de que a mudança tecnológica é produzida por processos de aprendizagem e pela interação entre empresas, universidades, instituições de pesquisa, Estado, sistema financeiro e demais organizações. O objetivo é analisar de que modo as capacidades constituídas no interior dos SNI podem favorecer a geração e a difusão de ecoinovações e porque essas capacidades, isoladamente, não asseguram resultados ambientais positivos. A pesquisa possui caráter qualitativo e exploratório e foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica. Os resultados da revisão indicam que inovação e ecoinovação compartilham conhecimentos, competências, financiamento e redes de cooperação, mas a dupla externalidade da ecoinovação amplia a importância da regulação e da coordenação pública. Também se observa que um SNI desenvolvido não se torna automaticamente ambientalmente sustentável, pois suas capacidades podem permanecer vinculadas a trajetórias produtivas intensivas em recursos e poluição. Conclui-se que a orientação ambiental do sistema é tão relevante quanto sua capacidade geral de inovar e que a literatura ainda oferece espaço para maior integração teórica entre os dois campos.

Palavras-chave: Sistema Nacional de Inovação. Ecoinovação. Sistemas de Inovação Orientados à Sustentabilidade. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This monograph examines the relationship between the National Innovation System (NIS) and eco-innovation, based on the understanding that technological change arises from learning processes and interactions among firms, universities, research institutions, government, the financial system, and other organizations. Its objective is to analyze how capabilities built within NISs can support the generation and diffusion of eco-innovations and why such capabilities, by themselves, do not ensure positive environmental outcomes. The study is qualitative and exploratory and was conducted through a literature review. The review indicates that innovation and eco-innovation rely on common knowledge, skills, financing mechanisms, and cooperation networks, while the double externality of eco-innovation increases the relevance of regulation and public coordination. It also shows that a developed NIS does not automatically become environmentally sustainable, since its capabilities may remain tied to resource- and pollution-intensive production paths. The study concludes that the environmental direction of the system is as important as its overall innovation capacity and that further theoretical integration between the two fields is still needed.

Keywords**:** National Innovation System. Eco-innovation. Technological Directionality; Sustainability-oriented Innovation Systems. Socio-technical transitions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – *Categorias funcionais para identificar os tipos de processos de inovação em negócios*.....21
Quadro 2 – *Classificação das economias no Global Innovation Index (GII) de 2025*.....25
Quadro 3 – *Indicadores da Organização Mundial da Propriedade Intelectual*.....27
Gráfico 1 – *Externalidade negativa e imposto pigouviano*.....31
Gráfico 2 – *Representação da Curva de Kuznets Ambiental*.....36
Gráfico 4 – *Evolução da produção acadêmica sobre tipos de inovação sustentável*.....40
Figura 1 – *Modelo conceitual dos tipos de inovação sustentável*.....41
Quadro 4 – *Tipos de tecnologias ambientais*.....45
Quadro 5 – *Principais determinantes da ecoinovação*.....49
Quadro 6 – *Conceitos de sistemas de inovação com orientação ambiental identificados na literatura*.....60

SUMÁRIO

Introdução 9

Capítulo 1: Revisão bibliográfica do Sistema Nacional de Inovação 12

1.1 Gênese do conceito 14

1.2 Abrangência geográfica dos Sistemas de Inovação 15

1.3 Visão restrita e ampla de SNI 17

1.4 Participação das instituições no SNI 21

1.5 Classificação dos SNI 22

Capítulo 2: Revisão bibliográfica de ecoinovação 27

2.1 Economia e meio ambiente: Economia Ambiental e Economia Ecológica 28

2.2 Meio ambiente e tecnologia: problema ou solução? 33

2.3 Ecoinovação: conceito e tipos 37

2.4 Determinantes da Ecoinovação 43

Capítulo 3: Sistemas nacionais de inovação e ecoinovação: Intersecção da literatura dos conceitos 49

3.1 Convergências e especificidades entre inovação e ecoinovação 49

3.2 Dos determinantes da ecoinovação às funções do Sistema Nacional de Inovação 51

3.3 Direcionalidade e resultados ambientais 53

3.4 Ecoinovação e mudança de trajetória tecnológica 54

3.5 É necessário um conceito de Sistema Nacional de Inovação sustentável? 56

Considerações Finais 60

Referências 63

Introdução

O objetivo desta monografia é analisar a relação entre SNI e ecoinovação, identificando seus pontos de convergência e suas diferenças. O argumento desenvolvido é que capacidade inovativa e direcionalidade constituem dimensões relacionadas, mas distintas. As capacidades acumuladas podem reforçar setores e tecnologias consolidados, criando dependência de trajetória e dificultando a difusão de alternativas. Por essa razão, a análise da ecoinovação em escala nacional precisa considerar não apenas quanto um país inova, mas quais problemas orientam seus esforços, quais atividades recebem apoio e quais trajetórias tecnológicas são favorecidas.

A inovação, termo comum para ambos os conceitos analisados, ocupa uma posição central nas explicações sobre o desenvolvimento econômico. A tradição inaugurada por Schumpeter mostrou que o capitalismo não se transforma de maneira linear: novos produtos, processos e formas de organização alteram a estrutura produtiva, abrem oportunidades de investimento e deslocam atividades antes consolidadas. Essa dinâmica, contudo, não ocorre com a mesma intensidade em todos os países. A capacidade de gerar, absorver e difundir tecnologias depende de condições construídas historicamente, o que ajuda a explicar a permanência de diferenças entre economias que participam da mesma fronteira tecnológica e comercial (Freeman; Soete, 1997; Schumpeter, 1961).

A abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) foi formulada para compreender essa dimensão coletiva e histórica da mudança tecnológica. Em vez de tratar a inovação como resultado exclusivo da iniciativa de uma empresa ou de investimentos isolados em pesquisa e desenvolvimento, essa perspectiva considera as relações entre firmas, universidades, instituições de pesquisa, organizações financeiras, agentes governamentais e o conjunto de regras formais e informais que orienta suas decisões. O desempenho inovativo de uma economia decorre, assim, não apenas dos recursos de cada ator, mas também da qualidade das interações, dos processos de aprendizagem e da capacidade de transformar conhecimento em soluções produtivas.

A crescente relevância dos problemas ambientais acrescenta uma dificuldade a esse debate. O progresso técnico ampliou a produtividade e a disponibilidade de bens e serviços, mas também esteve associado à expansão do consumo de recursos

naturais, da geração de resíduos e das emissões de poluentes. A tecnologia pode contribuir para reduzir esses impactos, embora não exista uma relação automática entre inovação e melhoria ambiental. Novos produtos e processos também podem aprofundar padrões produtivos intensivos em energia e materiais ou tornar mais duradouras trajetórias que já se mostram incompatíveis com os limites ecológicos.

É nesse contexto que se desenvolve a literatura sobre ecoinovação. O conceito abrange inovações que, ao longo de seu ciclo de vida, produzem impactos ambientais menores do que as alternativas relevantes. Embora faça parte do processo geral de mudança tecnológica, a ecoinovação possui especificidades. Além dos transbordamentos de conhecimento presentes em outras inovações, seus benefícios ambientais nem sempre podem ser apropriados pela empresa responsável por desenvolvê-la ou adotá-la. Essa dupla externalidade ajuda a compreender por que a demanda de mercado e o impulso tecnológico podem ser insuficientes e por que a regulação, os instrumentos econômicos e a coordenação pública adquirem especial importância (Rennings, 2000).

Os estudos sobre SNI e ecoinovação alcançaram desenvolvimento considerável quando observados separadamente. A primeira literatura oferece instrumentos para analisar a formação de capacidades científicas, produtivas, organizacionais e institucionais em escala nacional. A segunda avançou na definição da ecoinovação, na classificação de seus tipos e na identificação de seus principais determinantes. Ainda assim, são menos numerosos os trabalhos que promovem um diálogo teórico direto entre essas duas abordagens. A produção existente permanece dispersa entre estudos sobre desempenho ambiental, inovação verde, sistemas orientados à sustentabilidade e aplicações setoriais, sem que se tenha consolidado uma interpretação comum sobre o vínculo entre capacidade inovativa e orientação ambiental (Chaparro-Banegas; Mas-Tur; Roig-Tierno, 2023).

A pesquisa possui natureza qualitativa e caráter exploratório. O procedimento adotado foi a revisão bibliográfica de contribuições clássicas e recentes sobre sistemas de inovação, economia ambiental, economia ecológica, ecoinovação e abordagens que incorporam explicitamente a sustentabilidade aos sistemas de inovação. A revisão não pretende esgotar a produção existente nem realizar uma mensuração bibliométrica sistemática. Seu propósito é organizar os conceitos, aproximar literaturas que nem sempre dialogam entre si e construir uma interpretação

coerente para a relação entre capacidades nacionais de inovação e resultados ambientais.

A monografia está organizada em três capítulos, além desta introdução e das considerações finais. O primeiro apresenta a formação do conceito de SNI, suas diferentes delimitações, as abordagens ampla e restrita, o papel das instituições e as formas de classificação dos sistemas nacionais. O segundo discute a incorporação do meio ambiente ao pensamento econômico, a relação ambivalente entre tecnologia e sustentabilidade, o conceito e os tipos de ecoinovação e seus principais determinantes. O terceiro articula os dois campos, examinando as capacidades comuns à inovação e à ecoinovação, a importância da direcionalidade, os resultados encontrados pela literatura empírica, a dependência de trajetória e as propostas de sistemas de inovação orientados à sustentabilidade.

Capítulo 1:
Revisão bibliográfica do Sistema Nacional de Inovação

O presente capítulo visa a apresentar uma revisão teórica acerca do tema de Sistema Nacional de Inovação (SNI), como forma de viabilizar a análise das interconexões com sustentabilidade. Será debatido nessa parte do capítulo a evolução histórica do conceito, suas principais abordagens e delimitações, bem como a relevância das instituições e das interações sistêmicas inerentes ao processo inovativo.

O debate proposto nesta sessão tem como alicerce o conceito de inovação, o qual foi amplamente difundido pelos trabalhos de Joseph Schumpeter (1961), sendo este corriqueiramente reconhecido como o “pai da inovação” por colocar este tema no centro da discussão sobre o desenvolvimento. Apesar da importante contribuição de autores da teoria econômica clássica, neoclássica e Karl Marx, foi com a tradição neo-schumpeteriana - uma vertente derivada da teoria de Schumpeter - que a inovação passou a ser analisada de forma mais ampla e sistemática, como será abordado em sequência.

Por este motivo, é importante abordar a definição de inovação, a qual é apresentada no *Manual de Oslo*, o principal guia internacional de diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre o tema. A última edição do manual traz o seguinte: “An innovation is a new or improved product or process (or combination thereof) that differs significantly from the unit’s previous products or processes and that has been made available to potential users (product) or brought into use by the unit (process)” (OCDE; Eurostat, 2018, p. 20).

A partir disso, fica implícita a importância do progresso técnico, já que estão associados à geração de novos produtos e processos. Esse é um fator reconhecido desde o princípio da economia enquanto ciência, pois ela começa a se desenvolver no contexto das grandes mudanças da Primeira Revolução Industrial. Evidência disso, é a teoria da Divisão Social do Trabalho, materializada no exemplo da fábrica de alfinetes, formulada por Adam Smith em “*A Riqueza das Nações*”, que é um exemplo de inovação de processo basilar para economia clássica. Ademais, Smith e David Ricardo colocam a acumulação de capital e melhoramento de máquinas no centro de suas análises (Tigre, 2019).

Posteriormente, Karl Marx também abordou o progresso tecnológico, mas como um aspecto primordial para analisar as relações sociais e indissociáveis do funcionamento do capitalismo. Por esta perspectiva, as empresas procuram aumentar a mais-valia por meio de melhoramentos no processo de produção e pela introdução de máquinas, substituindo o trabalho por capital constante (Tigre, 2019).

Em contrapartida, a teoria neoclássica busca explicar a economia por meio da teoria dos Equilíbrios Parcial e Geral, isto é, por meio de modelos matemáticos define as quantidades e preços que levam múltiplos mercados para um estado de equilíbrio. Entretanto, para essa proposição ser plausível, os mercados devem ser considerados perfeitamente competitivos, o que pressupõe uma série de fatores determinantes para a inovação, como: atomicidade dos mercados, bens e serviços homogêneos e ausência de barreiras nos mercados. Por isso, a teoria neoclássica negligencia o progresso tecnológico e o trata como um fator exógeno (Tigre, 2019).

Enquanto as teorias descritas no parágrafo anterior dominavam o debate econômico, Schumpeter coloca as inovações como fator primordial para o desenvolvimento econômico. Segundo ele, a implementação de certas inovações gera a imitação por concorrentes e permite o desenvolvimento de outros produtos, serviços e processos com essa nova base técnica. Portanto, a economia progride por meio de ciclos resultados de uma onda de investimentos, motivada pala ação de empreendedores que buscam implementar uma técnica que é mais rentável do que as preexistentes. Isto pode ser percebido no seguinte trecho:

> *Essas revoluções não são permanentes, num sentido estrito; ocorrem em explosões discretas, separadas por períodos de calma relativa. O processo, como um todo, no entanto, jamais para, no sentido de que há sempre uma revolução ou absorção dos resultados da revolução, ambos formando o que é conhecido como ciclos econômico (Schumpeter, 1961, p. 110).*

Em concordância com Marx, Schumpeter escreve o capítulo sete de *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1961), “o processo da destruição criadora”. Neste trecho, ele descreve que as empresas buscam inovar para fornecer produtos e serviços diferentes, o que as tornaria monopolistas pelo breve momento que as concorrentes não conseguem copiar essas práticas. O objetivo do empresário nesse processo é garantir um lucro extraordinário proveniente da redução da concorrência. Assim, Schumpeter faz uma disrupção com a teoria neoclássica e inspira os economistas que viriam a criar o termo SNI.

1.1 Gênese do conceito

A noção de Sistema de Inovação é elaborada quando a concepção apresentada no trecho anterior já não era mais suficiente para explicar a falta de convergência do desenvolvimento entre os países. Schumpeter atribuiu grande importância ao ímpeto individual do empreendedor, mas a história mostrava a existência de algo mais sistemático, que mantinha alguns países consistentemente na liderança de produção tecnológica, enquanto não acompanhavam a passagem das Revoluções Industriais (Freeman; Soete, 1997).

Antes mesmo dos autores neo-schumpeterianos, no período entre a Primeira e a Segunda Revolução Industrial, Friedrich List antecipou esse debate e é reconhecido posteriormente como precursor do tema. Esse economista buscou analisar os motivos pelos quais a Alemanha conseguiu alcançar o nível de desempenho tecnológico da Inglaterra, processo denominado *catching-up*. Entre os fatores levantados estão a importância atribuída ao capital intelectual, a importação de tecnologia estrangeira, a proteção à indústria nascente e a capacitação da mão de obra (Freeman; Soete, 1997).

Por mais que tenha semelhanças com as propostas neo-schumpeterianas, o termo utilizado por List foi "*National System of Political Economy*". Em vista disso, a primeira utilização formal do termo é atribuída ao artigo apresentado por Christopher Freeman (1982) para o grupo de *Ciência, Tecnologia e Competitividade da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico* (OCDE). Neste documento é questionada a teoria das vantagens comparativas, que afirmava que cada país teria maiores benefícios do comércio internacional ao se especializar nos produtos que possuem maior eficiência relativa.

Freeman, assim como Schumpeter, questiona a teoria neoclássica ao defender que as vantagens não dependem apenas de preços ou quantidades, mas estão fortemente relacionados com o desempenho tecnológico. Com isso, outros autores passaram a atomar posicionamento parecido, utilizando o termo Sistema Nacional de Inovação. Um deles foi Lundvall, que em *Product Innovation and Users - producer Interaction* (1985) critica a teoria dos custos de transação e a microeconomia neoclássica.

Freeman publicou *Technology, Policy, and Economic Performance: Lessons from Japan*, em 1987, analisando o processo de industrialização do Japão e a relação do SNI com a infraestrutura científica. Posteriormente, Dosi *et al.* (1988) organizaram o compêndio *Technical Change and Economic Theory*, cuja quinta parte é dedicada ao conceito de SNI. Com a popularização do termo, a OCDE passou a incorporar a abordagem em recomendações de políticas, como em *Technology and the Economy: The Key Relationships* (Sharif, 2006).

O que reúne as diversas proposições dentro da mesma vertente econômica - a neo-schumpeteriana - é uma metodologia baseada nas análises empíricas e históricas, que questiona a teoria neoclássica das vantagens comparativas e atribui grande importância para os fatores propulsores do desempenho tecnológico. Nesse sentido, abordam as características sociais, culturais, naturais e econômicas que influenciam no desempenho inovativo de um país, bem como a diversidade dos agentes envolvidos nesse processo, que juntos formam um ecossistema.

Também é comum serem chamados de evolucionistas, como referência ao evolucionismo de Charles Darwin. A relação entre essas ciências diferentes (economia e biologia) ocorre justamente pela complexidade e dinamicidade que os neo-schumpeterianos apresentam para a inovação, e, como no evolucionismo tradicional, o meio sempre seleciona os mais adaptados e molda o crescimento. Portanto, fica nítido que cada país possui suas idiossincrasias e sua trajetória tecnológica é única, sendo impossível determinar uma única maneira de progresso (Bittencourt; Cário, 2021).

1.2 Abrangência geográfica dos Sistemas de Inovação

Apesar de a dimensão nacional ser mais adequada para o objetivo de contrapor a macroeconomia neoclássica, existem outras delimitações para os Sistemas de Inovação, por exemplo, no nível regional, local, setorial ou até supranacional. Estas análises carregam uma herança da geografia econômica que analisa os efeitos para a organização dos processos produtivos e inovativos da proximidade entre empresas, insumos e recursos, o que gera economias externas, ou também chamadas de economias de aglomeração (Szapiro; Matos; Cassiolato, 2021).

Nesse sentido, Lundvall (2002) afirma que a regionalização é mais efetiva para países maiores, porque eles tendem a ter maiores diferenças internas, enquanto

países menores tendem a ser mais homogêneos e dispensam análises desagregadas. O desmembramento é mais relevante ainda em economias em desenvolvimento, porque são usualmente mais afligidas por desigualdades regionais, levando a existência de ambientes e estruturas produtivas muito distintas dentro de uma mesma nação (Szapiro; Matos; Cassiolato, 2021).

Em contrapartida, o processo de globalização intensificado na década de 1980 fez com que a distância física e fronteiras entre territórios se tornasse cada vez menos significante. Isso é uma consequência do avanço das tecnologias de telecomunicação e transporte, tornando a ciência cada vez mais internacional e levando a formulação do conceito de Sistema Global de Inovação (SGI). Com isso, a relevância de fatores locais para a inovação passou a ser questionada, já que o conhecimento e inovações poderiam ser aproveitados por outras localidades com maior facilidade (Britto; Ribeiro; Albuquerque, 2021).

Outro fator que serviu de crítica ao SNI é a atuação das empresas multinacionais, que transferem tecnologias e meios de produção de maior complexidade tecnológica dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento. Assim, países periféricos podem reduzir parcialmente o hiato tecnológico sem desenvolver integralmente seu sistema de inovação, apropriando-se de benefícios da tecnologia produzida nos países centrais (Britto; Ribeiro; Albuquerque, 2021; Freeman; Soete, 1997).

Entretanto, essa atividade possui limites, uma vez que os países-sede se apropriam dos lucros, concentram os empregos mais qualificados e comandam a produção. Patel e Pavitt (1991 *apud* Freeman; Soete, 1997) e Patel (1995 *apud* Freeman; Soete, 1997) apontam que menos de 10% das atividades de P&D das empresas norte-americanas foram realizadas fora do território nacional entre 1981 e 1986, enquanto, no Japão, essa proporção foi inferior a 2% entre 1985 e 1990. Mais recentemente, o estudo empírico de Fagerberg, Lundvall e Srholec (2018) não encontrou significância estatística do investimento direto estrangeiro para o crescimento do PIB *per capita* em uma amostra ampla de países.

Ademais, internacionalização e nacionalidade não são antagônicas, a base teórica de SNI por Freeman (1982) já analisava a interação da Alemanha com a Inglaterra por meio de importação de tecnologia, migração de inventores ingleses, mobilidade de engenheiros e empresários alemães para Inglaterra e desenvolvimento

de treinamento para adquirir e assimilar tecnologia estrangeira. Portanto, os SNI não são isolados e contêm em sua essência a interação com outros sistemas.

Nesse contexto, Freeman e Soete (1997), que apesar de demonstrarem a concentração de P&D em países sedes, apontam para o sucesso da Malásia em estabelecer atividades inovativas em empresas subsidiárias da indústria eletrônica. Esta constatação é consonante com Britto, Ribeiro e Albuquerque (2021) relatam que o processo de globalização foi intensificando o fluxo de conhecimento ao longo do tempo, tornando os vínculos regionais com comunidades internacionais cada vez mais relevantes no processo inovativo. Entretanto, descartam a hipótese de que o SGI tenha substituído a relevância do SNI, mas os benefícios colhidos do setor internacional dependem das características regionais.

1.3 Visão restrita e ampla de SNI

Uma característica comum a todos os autores neo-schumpeterianos é a característica sistêmica do processo de inovação, uma vez que o esforço individual da firma não é o único fator determinante. Na verdade, esse é o resultado de interações complexas e não lineares de diversos atores da sociedade, sejam elas outras empresas ou outras instituições e organizações que servem de apoio.

A negligência ao caráter sistêmico da inovação talvez seja resultado do caráter mais individualista na Primeira Revolução Industrial, porque os empresários inovadores, em grande parte das vezes, eram os próprios inventores, como apontam Freeman e Soete (1997). Contudo, a complexidade que a tecnologia assumiu e as incertezas associadas ao processo de inovação tornou o aspecto mais dependente do processo de interação entre outras firmas e organizações. Esta complexidade pode ser um dos motivos que popularizaram a difusão do conceito, já que a análise de inovação como um evento isolado na firma não era suficiente.

Apesar da difusão do termo, Edquist (2005) aponta que muitos utilizaram sem um rigor metodológico, o que pode gerar equívoco. Uma das proposições deste autor é a definição dos elementos a serem analisados em estudos de SNI para sua padronização. Apesar de uma definição única não ter sido adotada, podem ser notadas duas abordagens para SNI, uma ampla e outra restrita.

A visão restrita de SNI remete aos primeiros estudos sobre o tema, em que mantinha estreita relação com o sistema de educação e ciência. Esta importância

atribuída à infraestrutura científica também tem como contexto o desenvolvimento dos laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e pesquisas sobre o tema. O sucesso da indústria química alemã com a implementação da P&D, fez o prestígio desse modelo crescer até a Segunda Guerra Mundial. Durante o conflito, o Projeto Manhattan atingiu um grande avanço tecnológico que impressionou por sua magnitude, a bomba nuclear, essa foi uma demonstração da capacidade e impacto dos institutos de pesquisa (Freeman; Soete, 1997).

A produção científica alcançou grande prestígio e consolidou-se uma visão linear da inovação: (1) a pesquisa básica estimularia (2) a P&D em grandes laboratórios, que, por sua vez, geraria (3) aplicações e novidades técnicas. Todavia, essa análise negligenciava inovações de menor intensidade tecnológica, a importância da difusão e a complexidade das interações no processo de inovação (Freeman, 1995). Isso se refletiu nas pesquisas acadêmicas e nas proposições de políticas públicas, que ressaltavam a capacidade científica como fonte principal de progresso tecnológico. Por exemplo, Schmookler (1966) demonstrou que mais da metade das invenções industriais nos Estados Unidos surgiu em laboratórios profissionais e corporativos de P&D, corroborando a narrativa da visão restrita.

Em 1993, Richard Nelson organizou um estudo comparativo entre quinze países com o intuito de fornecer uma estrutura analítica bem articulada para SNI. O estudo teve como centro de sua análise a relação entre o esforço em P&D das firmas e organizações de Ciência e Tecnologia (C&T) das economias selecionadas. Este foi um exemplo de trabalho considerado restritivo, entretanto foi identificado que os resultados variaram muito em função de fatores relevantes para o sistema terem sido negligenciados (Bittencourt; Cário, 2021).

Mesmo não representando o posicionamento de Nelson, este procedimento é uma consequência da complexidade para analisar as peculiaridades de cada sistema e a disponibilidade dos diversos dados para possibilitar a comparação no âmbito internacional. Ainda assim, é importante ressaltar que não existe um desenvolvimento teórico que determine quais fatores devem ser observados em estudos de caso sobre SNI, dificultando ainda mais a consolidação de pesquisas mais abrangentes (Edquist, 2005).

Assim, a visão ampla é uma alternativa para contornar a dificuldade de analisar a inovação como um todo e não somente como o desenvolvimento de novas tecnologias. Freeman e Soete (1997) classificam empresas quanto à estratégia

inovativa, sendo seis possibilidades, mas para exemplificar a importância da difusão serão ressaltadas duas, a ofensiva e defensiva. Aquelas que se enquadram na ofensiva objetivam estar na frente de seus competidores, implementando novos produtos, enquanto as defensivas buscam acompanhar as mudanças das concorrentes. Demonstrando a importância da adoção de inovações que não são as primeiras no mercado, Freeman e Soete apontam que a estratégia defensiva pode ser tão intensiva em P&D quanto às ofensivas, além de que em todos os países líderes a maior parte das empresas é defensiva.

Nessa perspectiva, Szapiro, Matos e Cassiolato (2021, p. 344) afirmam que as inovações não são necessariamente resultado de atividades intensivas em ciência: “qualquer pequena transformação em processos de produção, em aspectos organizacionais, na variedade de produtos ou em fatores que possibilitem o acesso a novos mercados pode ter um impacto considerável”. Essa asserção teve como base Lundvall (2002), que analisou o desempenho dos sistemas nórdicos, que apresentaram resultados significativos em adensamento industrial, capacidade inovativa e sustentação da competitividade, mesmo sem estarem amparados exclusivamente em processos de aprendizagem intensivos em conhecimento científico (Bittencourt; Cário, 2021).

Um importante estudo empírico sobre o assunto foi o projeto SAPPHO, uma pesquisa de 58 tentativas de inovação no setor químico e de instrumentos científicos, que apontou fatores de sucesso ou fracasso para esses casos. Este projeto apontou para a necessidade de compreender a necessidade dos usuários, criar redes de comunicação externas para adquirir informações e integrar P&D com os demais departamentos. Salientando assim, que a inovação não dependia somente da capacidade cientifica, mas também da gestão interna e relações externas com os clientes e organizações científicas (Freeman; Soete, 1997).

Outro qualitativo da amplitude do processo inovativo é o exemplo abordado por Freeman e Soete (1997) de Josiah Wedwood, um oleiro nascido na cidade de Staffordshire em 1730. Apesar de possuir produtos diferentes, seus modelos eram facilmente copiados por outros artesãos, mesmo assim sua empresa apresentou um grande crescimento e preços acima da média do mercado. Portanto, os autores apontam que esse sucesso foi resultado de uma inovação de *marketing*, ao exibir serviços de jantares e se associarem com a família real, transmitiram uma percepção de maior valor agregado.

Para não incorrer em incoerências teóricas, como a existência ou não de SNI em todos os países, convém resgatar o conceito apresentado pelo Manual de Oslo como referência. Ele é convergente com as das visões mais amplas apresentadas nos últimos parágrafos, porque identifica além da inovação de produto e processo, mais seis tipos de *business process innovations*, que se trata de atividades do *core business* da empresa e atividades auxiliares, o que pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1: Categorias funcionais para identificar os tipos de processos de inovação em negócios

Produção de bens ou serviços	Atividades que transformam insumos em bens ou serviços, incluindo atividades de engenharia e os respectivos testes técnicos, análises e certificações destinados a apoiar a produção.
Distribuição e logística	Esta função inclui: a) transporte e prestação de serviços; b) armazenamento; c) processamento de pedidos.
Marketing e vendas	Esta função inclui: a) métodos de marketing, incluindo publicidade — promoção e colocação de produtos e embalagem dos produtos —, marketing direto — telemarketing —, exposições e feiras, pesquisa de mercado e outras atividades destinadas ao desenvolvimento de novos mercados; b) estratégias e métodos de precificação; c) atividades de vendas e pós-vendas, incluindo centrais de atendimento, outros serviços de suporte ao cliente e atividades de relacionamento com clientes.
Sistemas de informação e comunicação	Manutenção e disponibilização de sistemas de informação e comunicação, incluindo: a) hardware e software; b) processamento de dados e bancos de dados; c) manutenção e reparo; d) hospedagem de sites e outras atividades de informação relacionadas à informática. Essas funções podem ser desempenhadas por uma divisão específica ou por divisões responsáveis por outras funções.
Administração e gestão	Esta função inclui: a) gestão estratégica e geral dos negócios — tomada de decisões entre diferentes áreas —, incluindo a organização das responsabilidades de trabalho; b) governança corporativa — atividades jurídicas, planejamento e relações públicas —; c) contabilidade, escrituração contábil, auditoria, pagamentos e outras atividades financeiras ou de seguros; d) gestão de recursos humanos — treinamento e educação, recrutamento de pessoal, organização do ambiente de trabalho, fornecimento de pessoal temporário, gestão da folha de pagamento e apoio à saúde e à assistência médica —; e) compras; f) gestão de relações externas com fornecedores, alianças e outros parceiros.
Desenvolvimento de produtos e processos de negócio	Atividades destinadas a delimitar, identificar, desenvolver ou adaptar produtos ou processos de negócio da empresa. Esta função pode ser realizada de forma sistemática ou pontual e executada internamente ou obtida de fontes externas. A responsabilidade por essas atividades pode ficar a cargo de uma divisão específica ou de divisões responsáveis por outras funções, como a produção de bens ou serviços.
Produção de bens ou serviços	Atividades que transformam insumos em bens ou serviços, incluindo atividades de engenharia e os respectivos testes técnicos, análises e certificações destinados a apoiar a produção.

Fonte: OCDE e Eurostat (2018), tradução própria.

Na tentativa de elencar os fatores importantes para uma análise que englobasse todos esses conceitos como inovação, Edquist (2005) propõe dez atividades que devem ser observadas nos SNI, são elas: (1) P&D; (2) Construção de

competências para a força de trabalho; (3) Formação de novos mercados de produtos; (4) Articulação com a necessidade dos usuários; (5) Criação e mudanças em organização necessárias para a inovação; (6) *Networking* entre as diferentes organizações envolvidas no processo inovativo; (7) Criação e mudanças institucionais; (8) Atividades de incubação; (9) Inovações financeiras; (10) Serviços de consultoria. Em resposta a este artigo, Lundvall (2007) também propõe que existem outras atividades importantes, como concorrência, abertura para o mercado internacional, dinâmica do mercado de trabalho, sistemas de bem-estar social e qualidade do capital social.

Por fim, a perspectiva restrita tem foco na interação entre firmas e a estrutura de C&T, o que pode concentrar a análise nos atores mais significativos. Entretanto, isso negligência muitos fatores importantes, tornando necessário ampliar a concepção de inovação. Com isso, é possível compreender esse sistema como uma teia formada por todas as diversas organizações que participam em alguma etapa do processo inovativo e pelas relações entre elas. Além disso, esses fatores do processo de inovação são muito diversos, como é possível perceber sob a ótica das instituições.

1.4 Participação das instituições no SNI

O caráter sistêmico e histórico do SNI ressalta as particularidades de cada economia, na perspectiva ampla isso engloba a forma como os agentes tomam decisões. Dada a diferença entre o sucesso empresarial nas diferentes nações, é difícil pensar que isso é resultado aleatório ou que é explicado exclusivamente pela falta de competência das empresas. Pelo contrário, é mais factível pensar na existência de regras, costumes e padrões que norteiam a tomada de decisões dos agentes, já que se o indivíduo deduzisse tudo aquilo que usa no seu cotidiano, a menor das ações requereria um esforço tremendo. Tais padrões são denominados pela literatura como instituições, como pode se perceber a seguir:

> Essas instituições estão materializadas em elementos como motivação, estilos de vida, racionalidade, artes e ciências, no próprio Estado, na propriedade privada, no sistema financeiro e nos mecanismos de mercado, cujos estágios alcançados foram considerados por Schumpeter como pré-requisitos essenciais para terem trazido à existência o capitalismo. Dessa forma, as instituições foram – e continuam sendo – as responsáveis tanto pela emergência, legitimação e cristalização de certos tipos de comportamentos (coletivos ou individuais) quanto pela construção de

> ambientes necessários às práticas econômicas (Felipe; Villaschi Filho, 2021, p. 86).

Com isso, as instituições podem facilitar ou servir como travas para o desenvolvimento da capacidade inovativa. Assim, elas são produtos das complexas relações sociais e não se submetem à lógica da eficiência alocativa. Inclusive, a inovação desafia os hábitos e padrões, então as instituições podem negar o progresso em prol da estabilidade. Em face disso, o objetivo dos países é construir e reformar suas instituições para torná-las favoráveis à incorporação de novas tecnologias no ambiente social (Nelson, 2008).

Além disso, as instituições podem ser classificadas como formais ou informais, o primeiro caso trata de casos de regras explícitas, a legislação, tradições, enquanto o segundo relaciona-se a hábitos, valores sociais e tradições. Entretanto, não se deve confundir o conceito de organizações e instituições. É isso que Edquist (2005) afirma, ao apontar uma falta de definição do conceito e autores utilizarem a mesma palavra para designar coisas diferentes. Portanto, o conceito utilizado nesse trabalho será o seguinte:

> *Organizations = formal structures that are consciously created and have an explicit purpose. They are players or actors.*
>
> *Institutions = sets of common habits, norms, routines, established practices, rules, or laws thar regulate the relation and interactions between individuals, groups, and organizations, they are the rules of the game* (Edquist, 2005, p. 2).

1.5 Classificação dos SNI

Como cada sistema apresenta características peculiares, convém categorizar os Sistemas Nacionais de Inovação de acordo com suas especificidades e com sua capacidade de promover o desenvolvimento econômico dos países. Albuquerque (1996) propõe uma tipologia composta por três grupos distintos. O primeiro corresponde aos SNI maduros, que permitem aos países manterem-se na fronteira tecnológica. Em seguida, encontram-se os SNI em processo de *catching up*, característicos de países cuja principal dinâmica está associada à difusão de tecnologias, embora ainda não apresentem forte capacidade de gerar novas tecnologias. Por fim, a terceira categoria reúne países que ainda não completaram

seus SNI; nesses casos, os sistemas não são suficientemente efetivos para apoiar os setores-chave da economia e reduzir o hiato tecnológico.

Mais recentemente, Chaves *et al*. (2017) propuseram uma nova classificação baseada na produção científica, na produção tecnológica e no PIB per capita. A partir dessas variáveis, os autores dividiram 100 países em três *clusters*. O grupo com maior riqueza econômica, tecnológica e científica é composto por 19 países e apresenta correlação de 0,74 entre produção científica e tecnológica. O regime intermediário, por sua vez, reúne 50 nações e apresenta índice de correlação de 0,52. Por fim, o agrupamento formado pelos países menos desenvolvidos possui 30 integrantes e apresenta correlação de 0,24.

Esses resultados indicam que há diferentes níveis de maturidade entre os SNI, uma vez que alguns sistemas demonstram maior capacidade de converter produção científica em produção tecnológica. Além disso, a análise de Chaves *et al.* (2017) considera diferentes períodos e identifica exemplos de migração entre regimes, o que evidencia a natureza dinâmica dessas relações. Tal resultado é compatível com a abordagem neoschumpeteriana, segundo a qual os sistemas de inovação se transformam historicamente em função das mudanças tecnológicas, institucionais e produtivas.

Outra forma que vêm se tornando popular para classificação na literatura é o ranking do *Global Innovation Index* (GII), que apesar de não fornecer agrupamento explícito de economias semelhantes, permite comparabilidade de diversos indicadores para desenvolvimento de análise. Os resultados de 2025 apresentados estão no Quadro 2 como exemplificação.

Quadro 2 - Classificação das economias *no Global Innovation Index* (GII) de 2025

Pos.	Economia	Pos.	Economia	Pos.	Economia
1	Suíça	48	Catar	95	Cabo Verde
2	Suécia	49	Romênia	96	Quirguistão
3	Estados Unidos	50	Filipinas	97	República Dominicana
4	Coreia do Sul	51	Chile	98	El Salvador
5	Singapura	52	Brasil	99	Paquistão
6	Reino Unido	53	Maurício	100	Camboja
7	Finlândia	54	Sérvia	101	Gana
8	Países Baixos	55	Indonésia	102	Quênia
9	Dinamarca	56	Geórgia	103	Paraguai
10	China	57	Marrocos	104	Ruanda
11	Alemanha	58	México	105	Nigéria
12	Japão	59	Armênia	106	Bangladesh
13	França	60	Federação Russa	107	Nepal
14	Israel	61	África do Sul	108	Tajiquistão
15	Hong Kong (China)	62	Barein	109	Laos
16	Estônia	63	Macedônia do Norte	110	Costa do Marfim
17	Canadá	64	Montenegro	111	Bolívia
18	Irlanda	65	Jordânia	112	Zâmbia
19	Áustria	66	Ucrânia	113	Equador
20	Noruega	67	Albânia	114	Trinidad e Tobago
21	Bélgica	68	Uruguai	115	Argélia
22	Austrália	69	Omã	116	Camarões
23	Luxemburgo	70	Irã	117	Togo
24	Islândia	71	Colômbia	118	Benin
25	Chipre	72	Costa Rica	119	Honduras
26	Nova Zelândia	73	Kuwait	120	Madagascar
27	Malta	74	Moldávia	121	Tanzânia
28	Itália	75	Seicheles	122	Mianmar
29	Espanha	76	Tunísia	123	Guatemala
30	Emirados Árabes Unidos	77	Argentina	124	Uganda
31	Portugal	78	Mongólia	125	Malaui
32	República Tcheca	79	Uzbequistão	126	Burquina Faso
33	Lituânia	80	Peru	127	Burundi
34	Malásia	81	Cazaquistão	128	Moçambique
35	Eslovênia	82	Panamá	129	Zimbábue
36	Hungria	83	Jamaica	130	Nicarágua
37	Bulgária	84	Barbados	131	Mauritânia
38	Índia	85	Bielorrússia	132	Lesoto
39	Polônia	86	Egito	133	Guiné
40	Croácia	87	Botsuana	134	Etiópia
41	Letônia	88	Brunei	135	Mali
42	Grécia	89	Senegal	136	Venezuela
43	Turquia	90	Líbano	137	Congo
44	Vietnã	91	Namíbia	138	Angola
45	Tailândia	92	Bósnia e Herzegovina	139	Níger
46	Arábia Saudita	93	Sri Lanka	-	-
47	Eslováquia	94	Azerbaijão	-	-

Fonte: elaborado pelo autor com base em *World Intellectual Property Organization* (WIPO, 2025).

A pesquisa é elaborada anualmente pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), a classificação é feita através de um índice que é calculado a partir da média de notas de zero a cem para os pilares apresentados no Quadro 3. Apesar de não serem desenvolvidos especificamente para mensurar SNI, o GII incorpora dimensões amplamente discutidas por essa literatura, que inclusive já foram mencionadas nesse capítulo. Todavia, como será discutido nos capítulos seguintes, a elevada capacidade inovativa medida por indicadores dessa natureza não implica, necessariamente, que o sistema esteja orientado para a geração de ecoinovações ou para a promoção da sustentabilidade ambiental.

Quadro 3 - Indicadores da Organização Mundial da Propriedade Intelectual

Pilar	Subpilar	Principais indicadores
1. Instituições	Ambiente institucional	Ambiente político; estabilidade política e segurança; efetividade governamental.
	Ambiente regulatório	Qualidade regulatória; Estado de Direito; custo de demissão.
	Ambiente de negócios	Facilidade para abertura de empresas; facilidade para resolução de insolvências; políticas favoráveis ao empreendedorismo e à cultura organizacional.
2. Capital humano e pesquisa	Educação	Gastos públicos em educação; gastos governamentais por estudante; razão aluno/professor; desempenho em leitura, matemática e ciências; avaliação PISA.
	Ensino superior	Matrículas no ensino superior; graduados em áreas de ciência e engenharia; mobilidade internacional de estudantes.
	Pesquisa e desenvolvimento (P&D)	Pesquisadores por milhão de habitantes; gastos em P&D; qualidade das universidades; classificação global das universidades.
3. Infraestrutura	Tecnologias da informação e comunicação (TIC)	Acesso às TIC; uso das TIC; serviços públicos digitais; participação eletrônica.
	Infraestrutura geral	Produção de eletricidade; desempenho logístico; formação bruta de capital; intensidade energética.
	Sustentabilidade ecológica	PIB por unidade de energia; desempenho ambiental; certificações ambientais ISO 14001.
4. Sofisticação de mercado	Crédito	Crédito ao setor privado; capitalização de mercado; financiamento por capital de risco.
	Investimentos	Valor de mercado de empresas; investimentos de capital de risco; operações de investimento.
	Comércio, diversificação e escala de mercado	Tarifas; tamanho do mercado doméstico; intensidade da concorrência; diversificação de mercado.
5. Sofisticação Empresarial	Trabalhadores do conhecimento	Emprego intensivo em conhecimento; gastos empresariais em P&D; cooperação universidade-empresa; importação de serviços intensivos em conhecimento.
	Vínculos de inovação	Colaboração universidade-indústria; desenvolvimento de clusters; joint ventures e alianças estratégicas; famílias de patentes por PIB; financiamento de P&D por empresas.
	Absorção do conhecimento	Pagamentos por propriedade intelectual; importação de alta tecnologia; importação de serviços de TIC; investimento direto estrangeiro (IED).
6. Produtos de conhecimento e tecnologia	Criação do conhecimento	Patentes; modelos de utilidade; artigos científicos e técnicos; índice H; depósitos de patentes internacionais (PCT).
	Impacto do conhecimento	Crescimento da produtividade; criação de empresas; certificações ISO 9001; manufaturas de alta e média-alta tecnologia; intensidade tecnológica.
	Difusão do conhecimento	Receitas de propriedade intelectual; exportações de alta tecnologia; exportações de serviços de TIC; saídas de investimento direto estrangeiro (IED).
7. Produtos criativos	Ativos intangíveis	Marcas registradas; desenhos industriais; valor de marcas globais.
	Bens e serviços criativos	Exportações de bens criativos; produção audiovisual; mercado editorial; bens culturais.
	Criatividade on-line	Aplicativos móveis; desenvolvimento de software; criação de conteúdo digital; domínios de internet.

Fonte: Adaptado de *Global Innovation Index 2025* (WIPO, 2025).

Capítulo 2:
Revisão bibliográfica de ecoinovação

O crescimento exponencial da produção, possibilitado pela Revolução Industrial, ampliou significativamente a qualidade de vida da humanidade, sobretudo por meio do aumento da disponibilidade de bens e serviços. Entretanto, esse processo veio acompanhado de impactos sociais e ambientais, uma vez que passou a demandar maior volume de recursos naturais e a liberar quantidades crescentes de poluentes. As emissões de gases de efeito estufa contribuem para o aquecimento global, sendo que a temperatura média global já aumentou 1,1 °C em comparação aos níveis observados entre os períodos de 1850-1900 e 2011-2020. Esse fenômeno intensifica a ocorrência de eventos climáticos extremos, resultando em limitação da produtividade agrícola, redução da segurança alimentar[1], interrupção de serviços urbanos, perdas econômicas e impactos negativos sobre o bem-estar social (IPCC, 2023).

Diante dessa realidade, a posição de economistas e pesquisadores em relação ao meio ambiente tem se transformado. A ecologia, antes tratada como tema periférico na ciência econômica, passou a ocupar espaço crescente no debate acadêmico. Nesse contexto, torna-se necessário analisar a inovação não apenas sob a ótica econômica, mas também a partir de seus efeitos ambientais (Takalo; Tooranloo; Parizi, 2021). Este capítulo explora os elementos necessários à compreensão desse tipo específico de inovação em quatro seções. Na primeira, discute-se a relação entre economia e meio ambiente; na segunda, analisa-se a relação entre meio ambiente e tecnologia; na terceira, apresenta-se o conceito de ecoinovação e suas principais nuances; por fim, na quarta, examinam-se os determinantes da ecoinovação.

[1] De acordo com o Sexto Relatório do IPCC: "*Climate change has reduced food security and affected water security, hindering efforts to meet Sustainable Development Goals (high confidence). Although overall agricultural productivity has increased, climate change has slowed this growth over the past 50 years globally (medium confidence), with related negative impacts mainly in midland low latitude regions but positive impacts in some high latitude regions (high confidence). Ocean warming and ocean acidification have adversely affected food production from fisheries and shellfish aquaculture in some oceanic regions (high confidence). Roughly half of the world's population currently experience severe water scarcity for at least part of the year due to a combination of climatic and non-climatic drivers (medium confidence)*" (IPCC, 2023, p. 6).

2.1 Economia e meio ambiente: Economia Ambiental e Economia Ecológica

Por muito tempo, a preocupação com o meio ambiente ocupou posição periférica no debate econômico. A teoria clássica tangenciou o tema, mas não o colocou no centro de sua análise. Adam Smith, por exemplo, considerava a terra um fator produtivo, juntamente com o capital e o trabalho. No entanto, o contexto histórico em que escreveu pode ter influenciado essa abordagem. Como nasceu antes da consolidação da Revolução Industrial e em uma sociedade ainda marcada por amplo espaço para expansão produtiva, a escassez de recursos naturais não aparecia como uma restrição evidente ao crescimento. Assim, a terra tendia a ser compreendida como um recurso relativamente abundante e não como um limite absoluto à expansão econômica (Venkatachalam, 2025).

Malthus apresentou uma perspectiva distinta ao apontar a produção agrícola como possível limite à expansão populacional. Segundo o autor, a população cresceria em progressão geométrica, enquanto os meios de subsistência cresceriam em progressão aritmética; por isso, o crescimento populacional tenderia a encontrar limites físicos (Malthus, 1996). Com preocupação semelhante, David Ricardo elaborou a teoria dos rendimentos marginais decrescentes, considerando a escassez relativa das terras mais férteis. Quando essas terras fossem plenamente ocupadas, a expansão agrícola exigiria o uso de áreas menos produtivas, reduzindo os rendimentos do cultivo. Embora Ricardo não tenha formulado uma teoria da degradação ambiental nos termos contemporâneos, sua análise já incorporava a existência de uma restrição relativa dos recursos naturais (Venkatachalam, 2025).

Posteriormente, parte relevante dos autores da tradição neoclássica concentrou sua análise na alocação eficiente entre capital e trabalho, sem tratar os recursos ambientais como limite central ao crescimento econômico. Como essa vertente se consolidou como corrente dominante da economia, as questões ambientais permaneceram, por longo período, relativamente negligenciadas, e muitos economistas não as consideravam propriamente pertencentes ao escopo da ciência econômica (Koeller *et al.*, 2020).

A incorporação sistemática desse debate ocorreu com o desenvolvimento de duas abordagens no interior da economia: a Economia Ambiental e a Economia Ecológica. A primeira deriva da tradição neoclássica e tende a interpretar os problemas ambientais como falhas de mercado. A segunda, por sua vez, adota uma

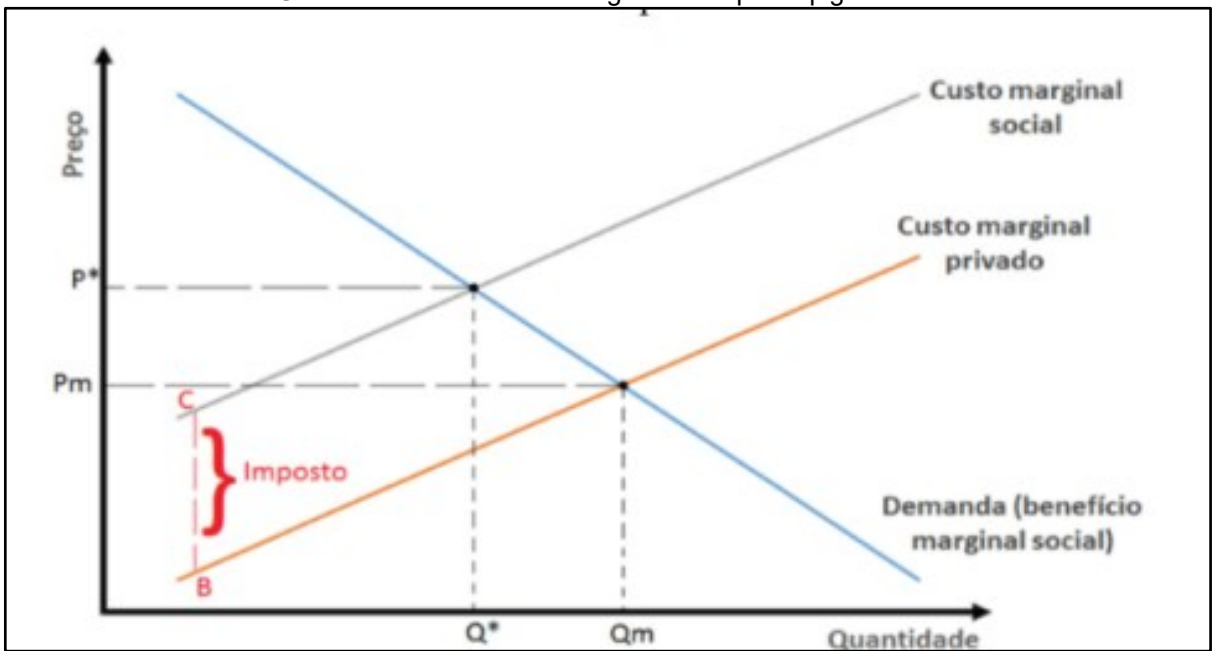
perspectiva multidisciplinar e heterodoxa, incorporando contribuições da biologia, da ecologia, da política ambiental e das leis da biofísica.

Um dos principais expoentes da Economia Ambiental foi Arthur Cecil Pigou (1877-1959), que discorreu sobre o conceito de externalidade. Esse conceito interpreta impactos ambientais como falhas de mercado, uma vez que a produção ou o consumo de bens e serviços poluentes pode afetar terceiros que não participam da transação. Nesse sentido, a quantidade e o preço de equilíbrio de mercado não expressam corretamente os benefícios e os custos sociais, mesmo em condições de concorrência perfeita, podendo resultar em produção acima ou abaixo do nível socialmente desejável (Pigou, 1932; Venkatachalam, 2025).

Em Pigou (1932), o problema de alocação decorre da divergência entre o produto líquido marginal privado e o produto líquido marginal social. O primeiro corresponde ao retorno líquido apropriado pela firma que realiza o investimento, enquanto o segundo representa o efeito líquido total dessa decisão sobre a sociedade. Como as empresas orientam suas decisões pelo retorno privado, e não pelo retorno social, pode haver produção acima ou abaixo do nível eficiente do ponto de vista coletivo.

Para solucionar esse problema, Pigou propõe a atuação estatal por meio de impostos e subsídios. Quando o custo marginal social é superior ao custo marginal privado, há produção excessiva de bens ou serviços ambientalmente prejudiciais. Nesses casos, a imposição de um imposto pode elevar o custo marginal privado até o nível do custo marginal social, reduzindo a atividade ao patamar compatível com o bem-estar social. O mesmo raciocínio se aplica no sentido inverso: quando o benefício social marginal excede o benefício privado marginal, há subinvestimento, e a concessão de subsídios pode elevar a produção ao nível socialmente desejável (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Externalidade negativa e imposto pigouviano



Fonte: Santos *et al.* (2017, p. 106).

No exemplo apresentado, o custo marginal social é maior do que o custo marginal privado, caracterizando uma externalidade negativa. Como consequência, a quantidade de equilíbrio de mercado (Qm) é superior à quantidade socialmente desejável (Q*), enquanto o preço de mercado (Pm) é inferior ao preço que refletiria os custos sociais. O segmento BC representa o impacto que o imposto ecológico deve exercer para elevar o custo marginal privado ao mesmo nível do custo marginal social, deslocando a produção para a quantidade de equilíbrio socialmente desejável.

Outro autor relevante para o debate ambiental no âmbito da economia neoclássica é Ronald Coase (1910-2013). Ele se contrapôs à teoria dos impostos pigouvianos, na medida em que estes ainda gerariam distorções no mercado e não conduziriam necessariamente ao ótimo de Pareto, pois restringir a atividade poluidora também impõe custos ao agente econômico responsável pela produção. Para Coase, as falhas de mercado estão associadas, em grande medida, à ausência ou à má definição dos direitos de propriedade. Assim, a solução eficiente dependeria da definição clara dos direitos envolvidos e da possibilidade de negociação entre as partes afetadas (Coase, 1960; Venkatachalam, 2025). A solução proposta pode ser resumida no seguinte trecho:

> *In scenarios where property rights over environmental amenities are assigned to the victims of pollution, if the polluter's willingness to pay (WTP) compensation equals the victim's willingness to accept and if the negotiation*

> *is costless, a socially optimal outcome can be reached. This could manifest in various forms: the affected party receiving adequate compensation and relocating from the polluted area, resulting in Pareto improvement despite continued pollution; the affected party rejecting compensation, compelling the polluter to cease operations, which is also socially desirable; or, if transaction costs of negotiation (e.g., information acquisition) and post-negotiation activities (e.g., monitoring and legal enforcement) are significant, the status quo (with pollution) may represent an efficient equilibrium* (Venkatachalam, 2025, p. 31).

Tanto a abordagem pigouviana quanto a coasiana apresentam entraves. Enquanto a mensuração dos custos e benefícios sociais é complexa e os impostos pigouvianos não garantem, necessariamente, soluções ótimas de Pareto, o teorema de Coase também encontra limitações diante de altos custos de transação, grande número de agentes envolvidos e dispersão geográfica dos afetados. Além disso, a presença de caroneiros[2] pode dificultar a negociação coletiva. Ainda assim, essas formulações abriram caminho para o desenvolvimento de novas teorias, que buscavam corrigir suas limitações (Venkatachalam, 2025).

Baumol e Oates (1971), partindo das contribuições de Pigou, elaboraram uma solução de *second-best* para contornar a dificuldade de quantificar funções de custo social e dano ambiental. Os autores propõem o estabelecimento de níveis de poluição socialmente aceitáveis e a cobrança de uma alíquota sobre os poluidores, de modo a induzir o cumprimento desses padrões. Embora esse sistema de preços e padrões não tenha a pretensão de alcançar uma alocação ótima de recursos, ele permite que os administradores públicos ajustem os instrumentos de política ambiental caso análises posteriores indiquem que as medidas adotadas foram insuficientes para atingir os objetivos definidos.

Dales (1968), em diálogo com a abordagem coasiana, defende que a definição de direitos de propriedade pode contribuir para a redução eficiente da poluição. Para isso, propõe o mecanismo de permissões negociáveis (*tradable permits*), no qual o Estado estabelece previamente um limite agregado de emissões e cria permissões correspondentes a essa cota, que podem ser transacionadas no mercado.

Nesse sistema, o Estado define o limite ambiental e transfere ao mercado a alocação das permissões entre os agentes. Empresas com menor custo marginal de

[2] O problema dos caroneiros pode ser compreendido a partir de Olson (1965), para quem indivíduos racionais e autointeressados tendem a não agir voluntariamente para alcançar interesses coletivos quando podem usufruir dos benefícios sem arcar com os custos da ação. Assim, em contextos envolvendo bens públicos ou externalidades ambientais, alguns agentes podem se beneficiar da redução da poluição ou da preservação ambiental sem contribuir proporcionalmente para sua provisão.

abatimento tendem a reduzir suas emissões e vender permissões excedentes, enquanto aquelas com maior custo de abatimento tendem a comprá-las. Desse modo, a meta ambiental pode ser alcançada ao menor custo agregado possível. A proposta de Dales pode ser interpretada como uma aplicação institucional da lógica coasiana, pois cria direitos negociáveis sobre o uso do recurso ambiental e reduz os custos de transação que dificultariam a negociação direta entre múltiplos poluidores e agentes afetados. Essa proposta fundamenta uma das políticas ambientais mais relevantes da atualidade: os mercados de carbono e os créditos de carbono (Dales, 1968; Venkatachalam, 2025).

A Economia Ecológica se desenvolve, em parte, da insatisfação com os limites da visão neoclássica para lidar com os problemas ambientais contemporâneos. Essa abordagem incorpora elementos da biologia, da ecologia, da política ambiental e das leis da biofísica. A origem dessa perspectiva pode ser associada a Kenneth Boulding (1910-1993), que comparou o planeta Terra a uma espaçonave: um sistema fechado no qual o impacto da tripulação sobre os recursos disponíveis pode comprometer sua própria sobrevivência (Romeiro, 2012).

Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994) utilizou as leis da termodinâmica e entropia[3], para demonstrar os limites biofísicos do sistema econômico. A Segunda Lei da Termodinâmica permite compreender que o processo econômico transforma recursos naturais (baixa entropia) em produtos, resíduos e poluição (alta entropia). Dessa forma, a atividade econômica envolve, inevitavelmente, desgaste material e energético, o que implica reconhecer a existência de limites biofísicos ao crescimento econômico (Romeiro, 2012; Venkatachalam, 2025).

Herman Daly (1938-2022), por sua vez, analisa o sistema econômico como um subsistema da biosfera. Nesse sistema, matéria e energia são retiradas do ecossistema, transformado no interior do sistema econômico e devolvido à biosfera na forma de degradação e poluição. Esse fluxo de matéria e energia é denominado *throughput* e não deve ultrapassar a capacidade de carga (*carrying capacity*) do planeta, determinada pela capacidade de absorção e resiliência dos ecossistemas. Para assegurar essa condição, Daly propõe a ideia de estado estacionário da economia, entendido como uma organização econômica na qual os estoques de

[3] A entropia pode ser entendida como o grau de desordem de um sistema. Segundo a Segunda Lei da Termodinâmica, “a entropia total de um sistema aumenta ou permanece constante em qualquer processo espontâneo; ela nunca diminui” (Urone; Hinrichs, 2022, p. 674, tradução nossa).

população e riqueza física são mantidos relativamente constantes, sustentados por um *throughput* ecologicamente sustentável. Assim, Daly não propõe uma economia estagnada, mas uma economia que substitua o crescimento quantitativo permanente pelo desenvolvimento qualitativo, baseado em maior eficiência, bem-estar e preservação dos estoques ecológicos fundamentais (Daly, 2005; Romeiro, 2012; Venkatachalam, 2025).

De modo geral, enquanto autores vinculados à Economia Ambiental tendem a defender mecanismos de mercado e instrumentos econômicos para corrigir externalidades e viabilizar o crescimento sustentável, economistas ecológicos tendem a considerar tais medidas insuficientes diante dos limites biofísicos do crescimento. Essa divergência está associada aos conceitos de sustentabilidade fraca e sustentabilidade forte. A sustentabilidade fraca, mais próxima da Economia Ambiental neoclássica, pressupõe a possibilidade de substituição entre capital, trabalho e recursos naturais; nesse caso, o progresso tecnológico poderia compensar perdas ambientais, e os recursos naturais não seriam absolutamente escassos. A sustentabilidade forte, associada à Economia Ecológica, sustenta que há limites à substituição entre diferentes tipos de capital, uma vez que capital produzido, capital humano e capital natural são complementares (Venkatachalam, 2025).

2.2 Meio ambiente e tecnologia: problema ou solução?

Considerando a crescente relevância da ecologia no debate econômico, torna-se necessário discutir o papel da tecnologia nesse processo. Para isso, é útil retomar a transição apresentada por Herman Daly (2015), segundo a qual, antes da Segunda Guerra Mundial, a sociedade vivia em um mundo relativamente “vazio” de capital produzido pelo homem e abundante em recursos naturais. Como afirma o autor:

> *Our technologies of extraction and harvesting were not very powerful, and our numbers were small. Fish reproduced faster than we could catch them, trees grew faster than we could harvest them, and minerals in the Earth’s crust were abundant. In other words, natural resources were not really scarce. In the empty world, it made economic sense to say that there was no conflict between economic growth and the ecosystem, even if it were not strictly true in a physical sense* (Daly, 2015, p. 2).

Entretanto, esse cenário se transformou. A população e o capital produzido pelo homem cresceram, tornando o mundo “cheio” de capital e relativamente escasso em

recursos naturais. A tecnologia permitiu o aumento da produtividade agrícola, o abastecimento de grandes cidades, a melhoria das condições de saneamento básico e avanços na medicina que elevaram a expectativa de vida. Ao mesmo tempo, a Revolução Industrial marcou uma mudança profunda na forma de produção. A introdução de máquinas cada vez mais produtivas ampliou a utilização de recursos naturais, intensificou a emissão de poluentes e permitiu a elevação considerável do consumo *per capita*. Nesse sentido, a tecnologia pode ser interpretada como uma das causas de grande parte dos desequilíbrios ambientais contemporâneos, conforme argumentaram Commoner (1974) e os participantes do Clube de Roma (Meadows *et al.*, 1972) (Daly, 2015; Koeller *et al.*, 2020).

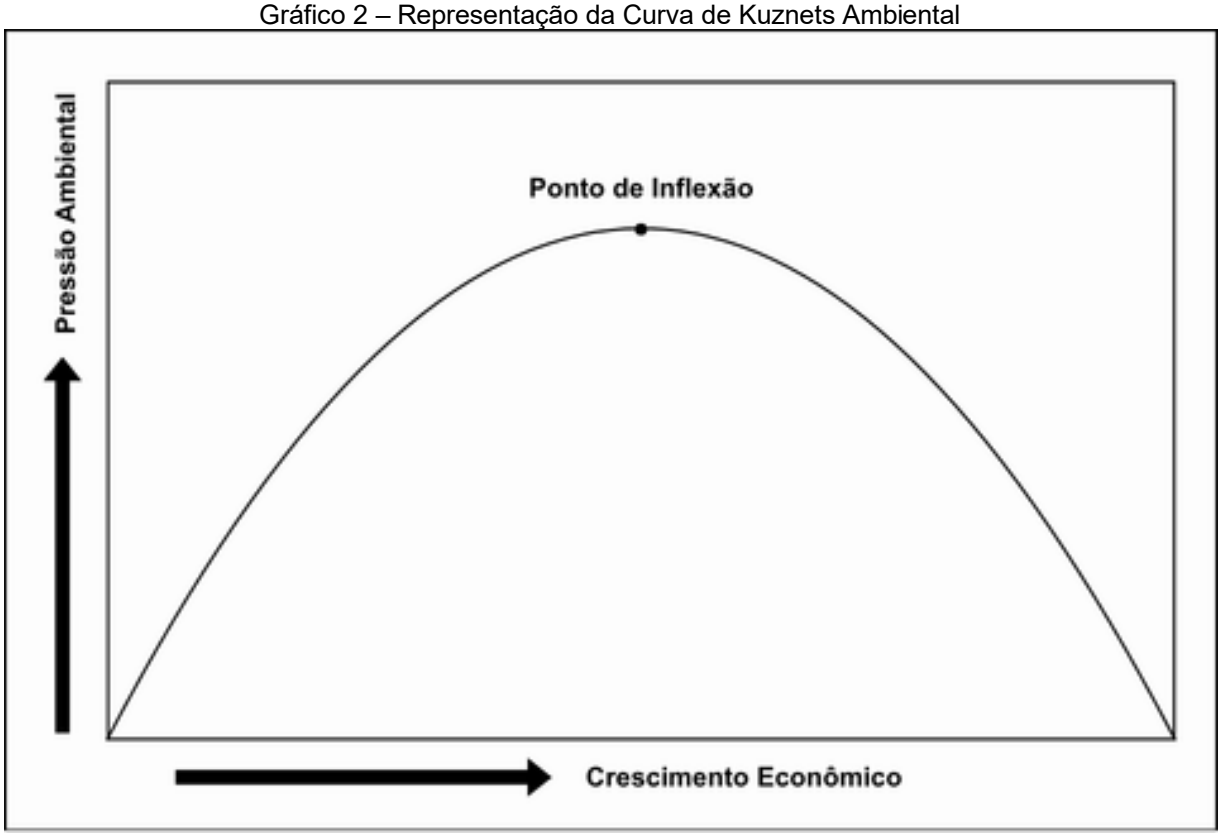
Um relatório especialmente marcante nesse debate foi The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind, de Meadows *et al.* (1972). O estudo apresentou previsões pessimistas sobre o futuro ao sugerir que o crescimento da população, da ocupação da terra, da produção, do consumo e do desperdício seria incompatível com os limites naturais e com a capacidade de regeneração do planeta. A proposta de conter o crescimento gerou forte reação, sobretudo por parte de países subdesenvolvidos, que ainda não haviam experimentado plenamente os benefícios do desenvolvimento econômico. Essa controvérsia estimulou respostas políticas e acadêmicas contrárias à perspectiva do crescimento zero (Koeller *et al.*, 2020).

Autores associados à corrente do crescimento zero geralmente concentram sua análise nos impactos ecológicos da expansão econômica e mantêm maior afinidade com a Economia Ecológica. Em contraposição, autores mais otimistas em relação à tecnologia, como Solow (1974), defendem que o progresso técnico e o capital produzido podem substituir parte do capital natural, o que tornaria desnecessária a imposição de restrições absolutas ao crescimento. Outra contribuição frequentemente associada a essa perspectiva é o trabalho de Grossman e Krueger (1995). Os autores realizaram uma análise econométrica de indicadores de poluição do ar urbano e contaminação de rios, contribuindo para a formulação posterior da hipótese da Curva de Kuznets Ambiental[4]. Segundo essa hipótese, em estágios iniciais de crescimento,

[4] Grossman e Krueger não utilizam originalmente o termo Curva de Kuznets Ambiental, mas sua análise contribuiu para a formulação posterior dessa hipótese. A curva de Kuznets original relaciona PIB per capita e desigualdade, apresentando formato de U invertido. A semelhança entre as duas formulações está no formato da curva e na presença do PIB per capita como variável explicativa.

o aumento do PIB *per capita* (apresentado como eixo das ordenadas do Gráfico 2) estaria associado à elevação da degradação ambiental (apresentado como eixo das abscissas do Gráfico 2); contudo, após determinado ponto de inflexão, novos aumentos de renda tenderiam a reduzir os impactos ambientais, formando uma curva em formato de U invertido. De acordo com este artigo, desenvolvimento permite que a população se preocupe menos com situações mais voltadas para a subsistência e passe a se importar mais com aspectos não econômicos, o que causa a inversão da curvatura observada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Representação da Curva de Kuznets Ambiental



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Grossman e Krueger (1995).

No trecho da curva anterior ao ponto de inflexão, a degradação ambiental ainda tende a crescer. Quando esse crescimento ocorre em proporção inferior ao crescimento do PIB, há desacoplamento relativo (também denominado fraco). Esse tipo de desacoplamento ocorre quando a elasticidade-PIB do impacto ambiental é menor do que um[5]. Isso significa que o crescimento do PIB ainda gera impacto ambiental, mas em proporção inferior ao crescimento da produção. Entretanto, para

[5] Tapio (2005) analisa o desacoplamento das emissões de gás carbônico no transporte rodoviário, mas seu conceito pode ser generalizado para outros setores produtivos e tipos de impacto ambiental.

que o crescimento econômico seja acompanhado por redução absoluta da pressão ecológica, é necessário o desacoplamento forte ou absoluto. Este último pode ser representado por uma elasticidade-PIB do impacto ambiental menor do que zero, ou seja, por uma situação em que o crescimento do PIB ocorre simultaneamente à diminuição da pressão ambiental (Tapio, 2005).

Há, contudo, críticas relevantes quanto aos métodos utilizados, às variáveis selecionadas e à falta de evidências de que esse comportamento se mantenha em diferentes recortes temporais e espaciais (Tapio, 2005). Além disso, Grossman e Krueger (1995) já reconhecem que a redução dos impactos ambientais não ocorre automaticamente com o aumento da renda, mas depende da adoção de tecnologias mais limpas e de mudanças institucionais. Sobretudo no caso do desacoplamento absoluto, é difícil imaginar reduções expressivas de impactos ambientais com a manutenção das mesmas formas de produção. Nesse sentido, as inovações tornam-se essenciais para viabilizar mudanças qualitativas em direção ao desenvolvimento sustentável. Hazarika e Zhang (2019) vão além ao argumentar que apenas inovações radicais seriam capazes de produzir transformações ambientais significativas.

Outra crítica relevante ao otimismo tecnológico aparece no paradoxo de Jevons, segundo o qual o surgimento de uma tecnologia mais eficiente no uso de determinado recurso pode aumentar, e não reduzir, o consumo agregado desse mesmo recurso. Em The Coal Question, Jevons (1866) analisa os avanços no maquinário que ampliaram a eficiência no uso do calor do carvão na siderurgia. Com a redução do custo associado ao mineral, o lucro da indústria aumentou e estimulou o surgimento de novas fábricas. O consumo agregado pode ser compreendido como o número de unidades produtivas multiplicado pelo consumo médio. Nesse caso, ainda que o consumo médio por unidade diminua, o aumento do número de unidades produtivas pode elevar o consumo total do recurso. Portanto, mesmo que uma tecnologia reduza o uso de recursos naturais ou a emissão de poluentes por unidade produzida, esse efeito pode ser compensado pelo efeito escala (Koeller *et al.*, 2020).

Em contraposição, a corrente chamada Sociologia Ambiental reconhece que a tecnologia gerou impactos ecológicos negativos, mas trazem a inovação direcionada para tecnologias corretas como uma solução (Koeller *et al.*, 2020). Isso evidência que a tecnologia pode ter efeitos ambíguos, a depender da base teórica (Economia Ambiental ou Economia Ecológica) e dos impactos reais.

Essa interpretação vai ao encontro da proposta de Norgaard, segundo a qual o desenvolvimento não sustentável resultou do avanço tecnológico em ritmo superior ao das mudanças nas organizações sociais. Para alcançar o desenvolvimento sustentável, instituições, regulações e incentivos devem evoluir em ritmo compatível com o desenvolvimento tecnológico (Norgaard, 1994 *apud* Rennings, 2000). Assim, a tecnologia pode se tornar uma aliada da sustentabilidade desde que seja orientada por finalidades ecológicas e acompanhada de transformações institucionais adequadas.

2.3 Ecoinovação: conceito e tipos

O conceito de inovação ganhou notoriedade na ciência econômica a partir das contribuições de Schumpeter, especialmente desde a década de 1940. Sua definição é ampla e pode seguir diferentes direções, inclusive sem compromisso com a sustentabilidade. O objetivo deste capítulo, contudo, é tratar da inovação com viés ambiental. Esse recorte confere uma direção específica ao processo inovativo, tornando as tecnologias dele decorrentes facilitadoras, e até condições necessárias, para alcançar o crescimento sustentável com desacoplamento dos impactos ambientais ou, nos termos de Daly, o desenvolvimento qualitativo (Koeller *et al.*, 2020).

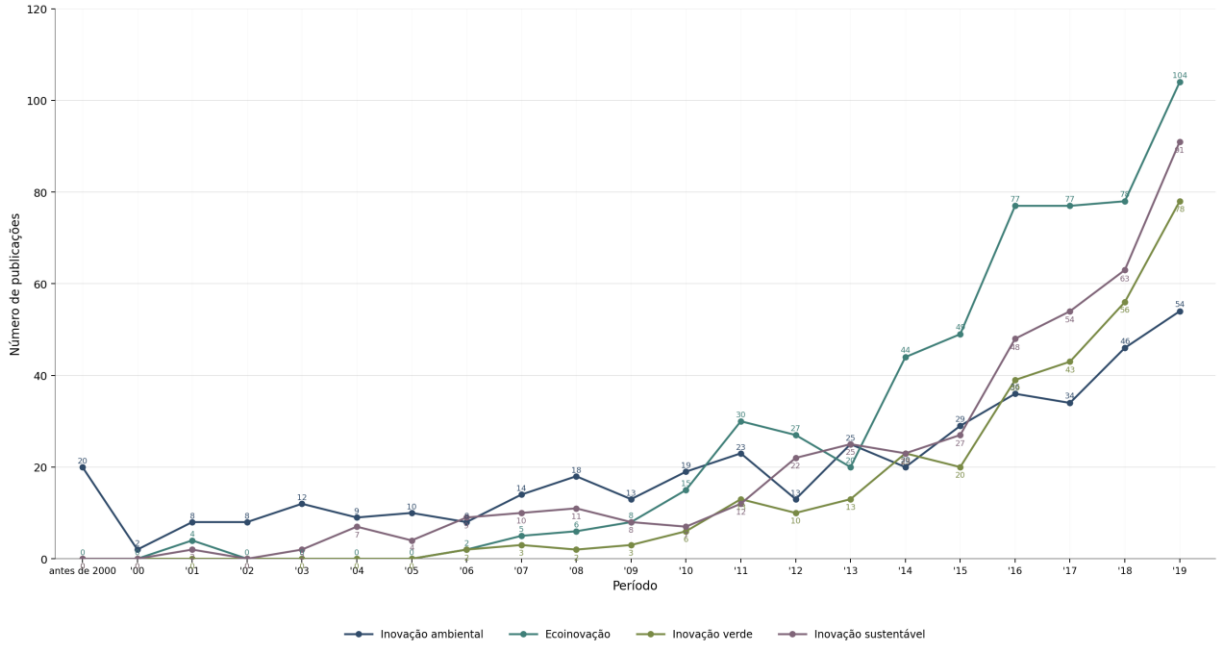
Por se tratar de um tema relativamente recente na ciência econômica, ainda há divergências terminológicas na literatura. Entre os principais termos utilizados, destacam-se *eco-innovation*, *green innovation*, *sustainable innovation* e *environmental innovation*. Embora esses conceitos possuam aplicações semelhantes e sejam frequentemente empregados como sinônimos, há diferenças relevantes entre eles. Em geral, *sustainable innovation* apresenta escopo mais amplo, pois incorpora explicitamente dimensões sociais (Schiederig; Tietze; Herstatt, 2012; Takalo; Tooranloo; Parizi, 2021; Degler *et al*., 2021).

Apesar da sobreposição conceitual, Schiederig, Tietze e Herstatt (2012) apontam que os artigos tendem a utilizar apenas uma dessas terminologias, o que sugere a possibilidade de diferenças nos contextos teóricos e metodológicos de aplicação. Os autores afirmam que a ecoinovação parece ser um conceito mais preciso e desenvolvido, enquanto a inovação verde aparece em parte da literatura, de forma mais associada à gestão e ao desempenho empresarial. Em revisão mais

recente, Takalo, Tooranloo e Parizi (2021), ao analisarem a literatura sobre *green innovation*, constroem uma rede de citações na qual se observa que autores frequentemente associados à ecoinovação, como Rennings, Schiederig e Porter, possuem menor conexão com autores que utilizam majoritariamente o termo inovação verde.

Degler *et al.* (2021) apresentam uma revisão bibliométrica ampla, na qual analisam conjuntamente e individualmente os termos *sustainable innovation*, *environmental innovation*, *eco-innovation* e *green innovation*. O estudo evidencia o crescimento expressivo da produção acadêmica sobre o tema desde 2010 (Gráfico 4), o que indica a possibilidade de mudanças no estado da arte desde a publicação do trabalho de Schiederig, Tietze e Herstatt (2012).

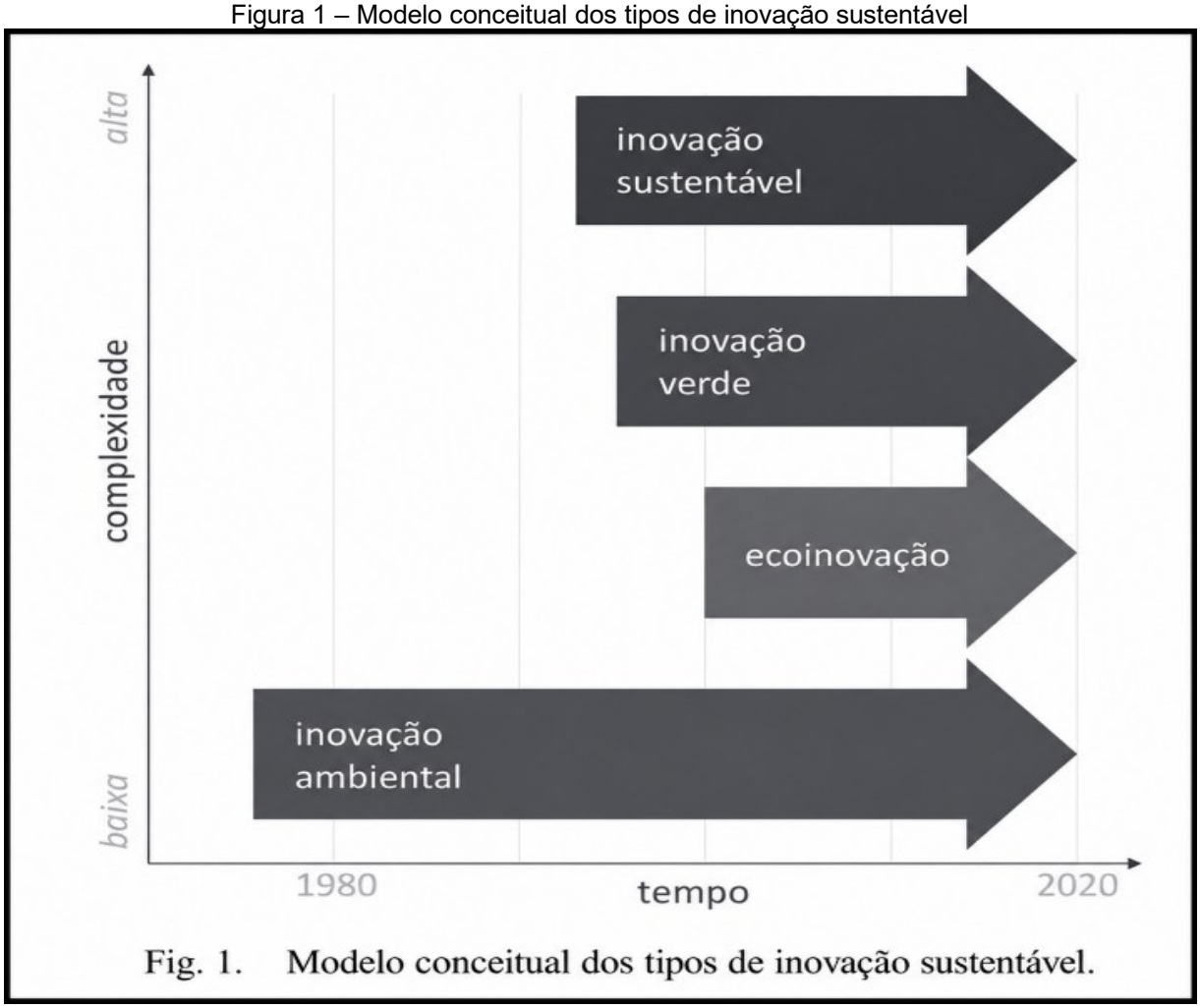
Gráfico 4 – Evolução da produção acadêmica sobre tipos de inovação sustentável



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Degler *et al*. (2021).

Um conceito amplamente utilizado de inovação ambiental (ou *environmental innovation*) é o de Oltra e Saint Jean (2009, p. 1), segundo os quais se trata de "*innovations that consist of new or modified processes, practices, systems, and products which benefit the environment and so contribute to environmental sustainability*". Esse conceito possui uso mais antigo (Figura 1) e apresenta relação direta com mudanças climáticas, impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente e ecologia.

Figura 1 – Modelo conceitual dos tipos de inovação sustentável



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Degler *et al*. (2021).

A inovação sustentável (ou *sustainable innovation*) pode ser definida como:

> "*a process where sustainability considerations (environmental, social, financial) are integrated into company systems from idea generation through to research and development (R&D) and commercialisation. This applies to products, services, and technologies, as well as new business and organisation models*" (Charter; Clark, 2007, p. 9).

Esse conceito busca uma abordagem mais sistemática da sustentabilidade, com ênfase nos impactos sociais, ambientais e econômicos ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Um dos artigos mais influentes sobre inovação verde (ou *green innovation*) é o de Chen *et al.* (2006). Os autores definem o conceito como "*hardware or software innovation that is related to green products or processes, including the innovation in technologies that are involved in energy-saving, pollution-prevention, waste recycling, green product designs, or corporate environmental management*" (Chen *et al.*, 2006,

p. 333). A inovação verde está, portanto, frequentemente associada à análise de efeitos, determinantes e práticas de gestão de tecnologias sustentáveis (Degler *et al.*, 2021; Paipa-Sanabria; González-Montoya; Coronado-Hernández, 2025; Schiederig; Tietze; Herstatt, 2012; Takalo; Tooranloo; Parizi, 2021).

O primeiro registro da definição de ecoinovação é atribuído a Fussler e James (1996). Contudo, uma das definições mais influentes é a de Kemp e Pearson (2007), segundo os quais:

> *Eco-innovation is the production, assimilation or exploitation of a product, production process, service or management or business method that is novel to the organisation (developing or adopting it) and which results, throughout its life cycle, in a reduction of environmental risk, pollution and other negative impacts of resources use (including energy use) compared to relevant alternatives* (Kemp; Pearson, 2007, p. 7).

A ecoinovação é o termo mais utilizado nos períodos recentes analisados; é também o termo sugerido por Schiederig, Tietze e Herstatt (2012), além de ser apontado por Degler *et al.* (2021) como a terminologia mais próxima dos debates econômicos. Por esse motivo, este trabalho adotará o termo ecoinovação. Essa escolha não implica afirmar uma contraposição ou uma superioridade conceitual em relação aos demais termos, mas indica que a perspectiva da ecoinovação parece mais adequada para analisar sua articulação com os SNI, uma vez que articula inovação, desempenho ambiental, efeitos econômicos e perspectiva de ciclo de vida. O excerto a seguir ilustra essas nuances:

> *The types of innovation do not refer to specific innovations as such. Instead, they are lenses through which innovations are studied. The development of electric vehicles can, for example, be studied as an environmental innovation with a focus on the impact it has on the environment. Applying the lens of sustainable innovation, we would be more concerned about the societal impact, while with the perspective of eco-innovation, we would also take into account economic effects. Studies of electric vehicles as green innovations would likely consider aspects related to innovation management* (Degler *et al.*, 2021, p. 4).

Considerando a relevância da definição proposta por Kemp e Pearson (2007), convém detalhar alguns de seus elementos constitutivos. O conceito de inovação da quarta edição do Manual de Oslo foi apresentado no capítulo anterior, mas essa versão foi publicada após 2007; por isso, Kemp e Pearson utilizam como referência a terceira edição do manual. Essa definição é compatível com a difusão da inovação e

contempla diferentes tipos de inovação - produto, processo, marketing e organização -, embora ainda atribua à empresa o papel central como locus da inovação (Koeller *et al.*, 2020).

Em seguida, é necessário definir o conceito de impacto ambiental. A definição utilizada na legislação brasileira, presente na Resolução Conama n.º 001, de 23 de janeiro de 1986, é suficientemente abrangente:

> [...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
> II - as atividades sociais e econômicas;
> III - a biota;
> IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
> V - a qualidade dos recursos ambientais (Brasil, 1986, art. 1).

O risco ambiental, por sua vez, pode ser compreendido como a possibilidade de ocorrência de um evento, processo ou atividade capaz de causar danos ao ambiente físico e gerar consequências negativas para a sociedade (Koeller *et al.*, 2020). Embora não seja utilizado diretamente por Kemp e Pearson (2007), o conceito de desenvolvimento sustentável também aparece em parte da literatura como finalidade da ecoinovação. Essa ideia foi desenvolvida no contexto posterior ao debate iniciado por Meadows *et al.* (1972) e buscou conciliar crescimento econômico e preservação ambiental, conforme expresso no *Relatório Brundtland*: "*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" (United Nations, 1987, p. 41).

A literatura diverge quanto ao critério mais adequado para definir ecoinovação: a intenção ambiental do agente (Rennings, 2000; Tsai; Liao, 2017) ou o resultado ambiental produzido (Kemp; Pearson, 2007; Hazarika; Zhang, 2019; Takalo *et al.*, 2021). Algumas inovações podem gerar resultados ambientais positivos por razões não necessariamente ecológicas, como a diminuição de custos, aumento de participação de mercado ou melhoria de eficiência produtiva. Um exemplo possível é a redução do consumo de combustível em automóveis com motor de combustão interna: ao longo do tempo, os motores se tornaram mais eficientes e menos poluentes, mas essa mudança também esteve relacionada à busca por economia para consumidores e produtores, não apenas a uma intenção ambiental.

Nessa linha, Tsai e Liao (2017) apresentam o conceito de *Proactive Environmental Strategies* (PES), definido como um conjunto sistemático de práticas voluntárias que buscam gerar impactos ambientais superiores às exigências regulatórias. Os autores realizam uma análise econométrica e indicam que firmas que adotam PES apresentam probabilidade até 20% maior de sucesso na adoção de ecoinovações.

Hazarika e Zhang (2019) corroboram a importância da motivação ao mobilizar a Teoria do Comportamento Planejado (TCP), segundo a qual a intenção é o predecessor direto do comportamento. Assim, a motivação da inovação pode exercer impactos significativos sobre sua adoção, a ponto de justificar, para parte da literatura, a classificação da ecoinovação com base na intenção ambiental do agente.

Por outro lado, Kemp e Pearson (2007) defendem que utilizar a motivação como critério conceitual pode restringir excessivamente o escopo da ecoinovação e introduzir maior subjetividade na definição. Além disso, soluções integradas frequentemente dependem de diversas inovações incrementais que, isoladamente, podem apresentar motivações distintas, mas que, em conjunto, geram efeitos ambientais positivos. Essa posição, baseada no resultado ambiental, seria a mais adotada pela literatura recente (Koeller *et al.*, 2020).

A perspectiva de ciclo de vida é importante para a análise da ecoinovação porque permite avaliar todas as etapas do processo, desde a produção até o consumo e o descarte. As tecnologias sustentáveis podem atuar em diferentes fases da cadeia produtiva, e seus benefícios ambientais devem ser avaliados considerando esse conjunto de etapas, como indicado no Quadro 4. Conforme destaca o Koeller *et al.* (2020), nos anos 1990 diversas instituições passaram a se dedicar ao avanço dessa metodologia e, em 1997, a International Organization for Standardization (ISO) lançou a norma ISO 14040 - Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura -, seguida por outras normas voltadas à consolidação metodológica da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Nesse sentido, a ACV confere maior precisão e robustez ao conceito de ecoinovação, pois estabelece um padrão objetivo para verificar se determinada inovação reduz efetivamente impactos ambientais em comparação com alternativas existentes. Além disso, evita que a melhoria ambiental em uma etapa do ciclo de vida seja acompanhada pelo deslocamento de impactos para outra (Schiederig; Tietze; Herstatt, 2012).

Quadro 4 - Tipos de tecnologias ambientais

Tipo de tecnologia	Definição sintética	Exemplos
Tecnologias de fim de tubo (*end-of-pipe*)	Soluções adicionadas ao final do processo produtivo para tratar ou reduzir poluentes já gerados, sem alterar substancialmente o processo de produção.	Filtros, estações de tratamento de efluentes, incineradores e equipamentos de controle de emissões.
Tecnologias curativas ou de remediação	Tecnologias aplicadas após a ocorrência do dano ambiental, com o objetivo de recuperar, restaurar ou descontaminar ambientes degradados.	Descontaminação de solos, recuperação de áreas degradadas, tratamento de áreas contaminadas e restauração ambiental.
Tecnologias preventivas ou integradas	Soluções incorporadas ao próprio processo produtivo para evitar a geração de poluição, resíduos ou uso excessivo de recursos.	Substituição de insumos tóxicos, reaproveitamento interno de resíduos e redução do consumo de energia e água.
Tecnologias mais limpas	Tecnologias que tornam produtos ou processos menos poluentes em comparação com alternativas existentes.	Processos produtivos menos intensivos em recursos, equipamentos de baixa emissão e produção mais limpa.
Tecnologias de monitoramento e controle	Instrumentos utilizados para medir, acompanhar, fiscalizar ou controlar impactos ambientais.	Sensores ambientais, sistemas de medição de emissões, satélites de monitoramento e auditorias ambientais.
Tecnologias de propósito geral com efeitos ambientais	Tecnologias originalmente não ambientais, mas que podem gerar benefícios ambientais quando aplicadas à gestão, à produção ou ao monitoramento ambiental.	TICs, biotecnologia, nanotecnologia, automação e sistemas digitais de gestão energética.
Tecnologias ecoeficientes	Tecnologias que reduzem impactos ambientais e, simultaneamente, aumentam a eficiência econômica ou produtiva.	Eficiência energética, redução de perdas, menor uso de matérias-primas e otimização do consumo de insumos.

Fonte: Koeller *et al.* (2020).

2.4 Determinantes da Ecoinovação

Determinantes, ou *drivers*, são fatores que impulsionam ou motivam a adoção da ecoinovação. Rennings (1998, 2000) argumenta que a ecoinovação possui uma particularidade em relação às inovações convencionais: além de envolver transbordamentos de conhecimento (*knowledge spillovers*), também gera externalidades ambientais positivas. Essa dupla externalidade faz com que a base teórica tradicional da inovação seja insuficiente para explicar plenamente a ecoinovação (Hojnik; Ruzzier, 2016).

De acordo com Hazarika e Zhang (2019), as teorias mais utilizadas para analisar a ecoinovação são a Visão Baseada em Recursos (VBR), a Teoria Institucional e a Teoria dos *Stakeholders*. A primeira, a Visão Baseada em Recursos (VBR), parte da ideia de que a competitividade das firmas decorre da quantidade e da qualidade dos recursos que possuem e de sua capacidade de utilizá-los de forma

eficiente. Nessa abordagem, eles podem ser compreendidos como ativos específicos da firma, cujo valor depende do contexto econômico, tecnológico e organizacional em que são empregados. Esses meios podem ser tangíveis, como capital físico, equipamentos, infraestrutura produtiva e recursos financeiros, ou intangíveis, como conhecimento interno, propriedade intelectual, reputação, cultura organizacional, relacionamento com clientes, qualificação da força de trabalho e compromisso gerencial. Para sustentar vantagens competitivas, tais bens devem ser valiosos, raros, difíceis de imitar e difíceis de substituir.

No caso da ecoinovação, esses recursos condicionam a capacidade da firma de desenvolver, adotar e difundir soluções ambientalmente superiores. Assim, a VBR ajuda a explicar por que firmas expostas a pressões ambientais semelhantes podem apresentar respostas distintas: sua capacidade de ecoinovar depende dos recursos e das capacidades que conseguem mobilizar (Hojnik; Ruzzier, 2016; Del Río; Peñasco; Romero-Jordán, 2016; Hazarika; Zhang, 2019; Tariq *et al.*, 2017).

A Teoria Institucional, por sua vez, sustenta que as firmas não agem apenas em busca de eficiência econômica, mas também precisam obter legitimidade, cumprir regras, responder a normas sociais e adequar-se às expectativas de governos, mercados, associações, certificações e demais instituições, como discutido no primeiro capítulo. As pressões institucionais podem influenciar as organizações a adotar comportamentos ambientalmente proativos (Hojnik; Ruzzier, 2016).

No caso das instituições públicas, essa influência pode ocorrer por meio da definição de padrões ambientais, concessão de subsídios, estabelecimento de metas e aplicação de regulações específicas (Hazarika; Zhang, 2019). Já no âmbito das instituições privadas, a influência pode ocorrer por alterações nos modelos de negócio, formação de redes e cooperação com governos, fornecedores, clientes, organizações empresariais e instituições de pesquisa. Esses mecanismos favorecem a circulação de conhecimento e a adoção de tecnologias ambientalmente superiores (Hazarika; Zhang, 2019; Tariq *et al.*, 2017).

As instituições também podem ser classificadas como formais ou informais. As instituições formais incluem leis ambientais, padrões técnicos, certificações e sistemas de gestão ambiental, como a ISO 14001 (Hojnik; Ruzzier, 2016; Horbach; Rammer; Rennings, 2012). As instituições informais, por sua vez, atuam por meio de demandas dos consumidores, reputação, responsabilidade socioambiental, competição e pressão social (Hojnik; Ruzzier, 2016; Tariq *et al.*., 2017).

A Teoria dos Stakeholders analisa como as decisões das firmas são influenciadas por diferentes grupos que afetam ou são afetados por suas atividades. Esses atores podem incluir *stakeholders* primários, como empregados, fornecedores, clientes e órgãos públicos, e *stakeholders* secundários, como mídia, ONGs, grupos de interesse e associações. A literatura mostra, por exemplo, que a pressão de clientes e da cadeia de suprimentos, a cooperação com fornecedores, a preocupação com a imagem ambiental, o envolvimento da alta gestão e a pressão pública podem atuar como estímulos à ecoinovação. Contudo, essa relação deve ser tratada com cautela, pois alguns estudos indicam que o efeito da pressão dos *stakeholders* sobre a inovação verde pode variar conforme o setor, o contexto e o tipo de ecoinovação analisado (Hazarika; Zhang, 2019; Hojnik; Ruzzier, 2016; Tariq *et al.*, 2017).

Quando analisados separadamente das teorias que os fundamentam, os *drivers* da ecoinovação apresentam diversas semelhanças (Hojnik; Ruzzier, 2016). Por isso, podem ser agregados em quatro *clusters* principais: indução pela demanda (*demand pull*), impulso pela tecnologia (*technology push*), pressão ou incentivo regulatório (*regulatory push/pull*) e fatores específicos da firma (*firm-specific features*) (Horbach; Rammer; Rennings, 2012; Zubeltzu-Jaka; Erauskin-Tolosa; Heras-Saizarbitoria, 2018).

A indução pela demanda refere-se aos estímulos provenientes do mercado e dos usuários. Nesse grupo, incluem-se a demanda por produtos ambientalmente superiores, a pressão de consumidores, fornecedores e organizações sociais, a expectativa de aumento do faturamento e o desempenho econômico prévio da firma. Assim, a ecoinovação pode ser estimulada quando há oportunidades de mercado associadas a produtos verdes, exigências de clientes ou benefícios percebidos pelos consumidores (Horbach; Rammer; Rennings, 2012; Zubeltzu-Jaka; Erauskin-Tolosa; Heras-Saizarbitoria, 2018).

O impulso tecnológico diz respeito aos fatores ligados à capacidade técnica e inovativa da firma. Esse grupo envolve investimentos e atividades de P&D, capacidades organizacionais, inovação organizacional, preocupação ambiental, redes externas de colaboração e cooperação com agentes como universidades, centros de pesquisa, fornecedores e clientes. Nessa perspectiva, a ecoinovação é impulsionada pela disponibilidade de conhecimento, competências tecnológicas e capacidades internas ou relacionais que permitem à firma desenvolver ou adotar soluções

ambientalmente superiores (Zubeltzu-Jaka; Erauskin-Tolosa; Heras-Saizarbitoria, 2018).

A pressão e o incentivo regulatório correspondem ao papel das normas, políticas públicas e instrumentos econômicos na indução da ecoinovação. Esse grupo inclui padrões ambientais, regulações presentes ou esperadas, instrumentos de comando e controle, subsídios, impostos e demais incentivos econômicos. No caso da ecoinovação, esse fator é particularmente relevante porque tecnologias ambientalmente superiores nem sempre se difundem apenas por demanda de mercado ou por impulso tecnológico, exigindo apoio regulatório específico para compensar externalidades ambientais e estimular mudanças produtivas (Rennings, 1998; Horbach; Rammer; Rennings, 2012; Zubeltzu-Jaka; Erauskin-Tolosa; Heras-Saizarbitoria, 2018).

Por fim, os fatores específicos da firma correspondem às características internas que condicionam sua propensão a ecoinovar. A literatura inclui nesse grupo elementos como porte, idade, setor de atuação, localização, capacidades internas, sistemas de gestão ambiental e treinamento dos trabalhadores. Esses fatores ajudam a explicar por que firmas submetidas a pressões semelhantes podem responder de maneiras distintas: algumas dispõem de recursos, estruturas e trajetórias organizacionais mais favoráveis à adoção contínua de ecoinovações, enquanto outras enfrentam maiores limitações internas (Zubeltzu-Jaka; Erauskin-Tolosa; Heras-Saizarbitoria, 2018). Um resumo das principais características encontradas na literatura está no Quadro 5.

Quadro 5 – Principais determinantes da ecoinovação

Grupo de determinantes	Subcategoria	Principais fatores analisados	Referências-base
Indução pela demanda (*market pull*)	Demanda de clientes e mercado	Demanda por produtos ambientalmente superiores; exigências e benefícios percebidos pelos clientes; disposição a pagar; criação de novos mercados; expectativa de aumento das vendas e da participação de mercado; diferenciação, imagem e reputação ambiental.	Belin, Horbach e Oltra (2011); Horbach, Rammer e Rennings (2012); Hojnik e Ruzzier (2016); Zubeltzu-Jaka *et al.* (2018)
	Cadeia produtiva e concorrência	Pressão de fornecedores, compradores e demais partes interessadas; requisitos da cadeia de suprimentos; envolvimento de fornecedores; pressão competitiva e exposição a mercados internacionais.	Hojnik e Ruzzier (2016); Zubeltzu-Jaka *et al.* (2018)
	Resultados econômicos esperados	Redução de custos de energia, água, matérias-primas e tratamento de resíduos; ganhos de produtividade e flexibilidade; expectativa de faturamento, receitas e melhoria do desempenho econômico.	Belin, Horbach e Oltra (2011); Horbach, Rammer e Rennings (2012); Kiefer, Carrillo-Hermosilla e Del Río (2019); Zubeltzu-Jaka *et al*. (2018)
Impulso tecnológico (*technology push*)	P&D, conhecimento e capacitações	Investimentos e atividades de P&D; estoque de conhecimento; capital humano; qualificação da força de trabalho; capacidade tecnológica e absortiva; disponibilidade de tecnologias e modernização de equipamentos.	Horbach, Rammer e Rennings (2012); Hojnik e Ruzzier (2016); Zubeltzu-Jaka *et al*. (2018)
	Cooperação e fontes externas	Cooperação com universidades, institutos de pesquisa, fornecedores, clientes, concorrentes e consultorias; participação em redes; acesso a fontes externas de conhecimento e informação.	Belin, Horbach e Oltra (2011); Hojnik e Ruzzier (2016); Zubeltzu-Jaka *et al.* (2018)
	Capacidades organizacionais e ambientais	Inovações organizacionais; sistemas de gestão ambiental e certificações; treinamento; compromisso de recursos; apoio da alta administração; preocupação e consciência ambiental; integração de critérios ambientais ao projeto e ao ciclo de vida.	Hojnik e Ruzzier (2016); Tariq *et al*. (2017); Zubeltzu-Jaka *et al.* (2018)
Indução regulatória (regulatory push/pull)	Instrumentos de comando e controle	Regulações e padrões ambientais atuais; expectativa de regulações futuras; rigor regulatório; fiscalização e pressão para conformidade; desenho da regulação, incluindo flexibilidade, previsibilidade e horizonte temporal.	Rennings (2000); Belin, Horbach e Oltra (2011); Horbach, Rammer e Rennings (2012); Borsatto e Bazani (2021)
	Instrumentos econômicos e apoio público	Tributos ambientais; subsídios, subvenções e financiamento público; incentivos à P&D ambiental; acordos voluntários; apoio governamental e outros mecanismos que alteram custos e retornos da ecoinovação.	Hojnik e Ruzzier (2016); Zubeltzu-Jaka *et al.* (2018); Borsatto e Bazani (2021)
Fatores específicos da firma	Características estruturais	Porte, idade, setor de atividade, localização, inserção internacional e posição na cadeia de valor. Essas características condicionam a disponibilidade de recursos e a exposição às pressões ambientais.	Del Río, Peñasco e Romero-Jordán (2016); Hojnik e Ruzzier (2016); Zubeltzu-Jaka *et al.* (2018)
	Recursos, estratégia e trajetória	Recursos financeiros, físicos e humanos; experiência inovativa prévia; estratégia ambiental; cultura organizacional; responsabilidade socioambiental e propensão a assumir riscos.	Horbach (2008); Hojnik e Ruzzier (2016); Tariq *et al.* (2017)

Fonte: elaboração própria, 2026.

A análise dos determinantes da ecoinovação evidencia que a decisão de ecoinovar não depende apenas da racionalidade individual da firma, mas de um conjunto de pressões, capacidades e incentivos distribuídos no sistema econômico. Demanda, regulação, oportunidades tecnológicas e recursos específicos da firma interagem com instituições, políticas públicas, redes de conhecimento e trajetórias produtivas. Esse ponto aproxima diretamente a literatura sobre ecoinovação da abordagem dos SNI, pois sugere que o desempenho ambiental da inovação depende da forma como o sistema orienta, seleciona e difunde trajetórias tecnológicas ambientalmente superiores.

Capítulo 3:
Sistemas nacionais de inovação e ecoinovação: Intersecção da literatura dos conceitos

O primeiro capítulo demonstrou que a inovação não constitui um fenômeno isolado no interior da firma, mas resulta de processos cumulativos de aprendizagem e da interação entre empresas, universidades, instituições de pesquisa, organizações financeiras, agentes governamentais e demais componentes do (SNI). O segundo capítulo, por sua vez, evidenciou que a ecoinovação integra o processo geral de mudança técnica, embora se diferencie da inovação convencional por gerar, ao longo de seu ciclo de vida, desempenho ambiental superior ao das alternativas relevantes.

Este capítulo articula essas duas bases teóricas para analisar de que maneira as capacidades desenvolvidas pelos SNI podem favorecer a geração, a adoção e a difusão de ecoinovações. A necessidade dessa articulação decorre de uma lacuna identificada na literatura: apesar da amplitude dos estudos sobre sistemas de inovação e ecoinovação quando considerados separadamente, a interseção entre os dois campos permanece relativamente pouco explorada e conceitualmente fragmentada (Chaparro-Banegas; Mas-Tur; Roig-Tierno, 2023).

A capacidade de inovar e a orientação ambiental dessa capacidade constituem dimensões relacionadas, mas distintas. O desenvolvimento do SNI pode ampliar a base científica, tecnológica, financeira, produtiva e organizacional disponível para a inovação. Essas capacidades, entretanto, não determinam automaticamente quais problemas serão priorizados, quais tecnologias receberão apoio nem quais trajetórias produtivas serão consolidadas. A análise exige, portanto, considerar simultaneamente a formação de capacidades e a direcionalidade da mudança técnica.

3.1 Convergências e especificidades entre inovação e ecoinovação

A ecoinovação integra o processo geral de mudança produtiva e, por isso, compartilha diversos determinantes com as inovações convencionais. Horbach (2008) encontrou evidências de que firmas com experiência inovativa anterior apresentavam maior probabilidade de introduzir inovações ambientais. Resultado semelhante foi identificado no complexo eletrônico brasileiro por Ansanelli *et al.* (2021), indicando que

as competências acumuladas em atividades inovativas também favorecem o desenvolvimento ou a adoção de soluções ambientalmente superiores.

Essa relação pode ser explicada pela natureza cumulativa da inovação. Atividades de P&D, aquisição de máquinas e conhecimentos, qualificação da força de trabalho e reorganização dos processos produtivos geram competências que não se esgotam no projeto inicialmente executado. Esses recursos passam a integrar a base de conhecimentos e rotinas da firma, reduzindo os custos de busca, avaliação, absorção e aplicação de novas tecnologias. A ecoinovação, nesse sentido, mobiliza parte das mesmas capacidades utilizadas em outras modalidades de inovação, embora possa requerer conhecimentos adicionais e articulações externas específicas.

Em consonância com essa proximidade, a literatura sobre os determinantes da ecoinovação utiliza categorias derivadas da teoria geral da inovação. Conforme discutido no capítulo anterior, esses fatores podem ser agrupados em indução pela demanda (*demand pull*), impulso tecnológico (*technology push*), pressão ou incentivo regulatório (*regulatory push/pull*) e características específicas da firma (*firm-specific features*). Essa correspondência poderia sugerir que a ecoinovação estaria plenamente contemplada pelas teorias gerais da inovação e, por extensão, pela abordagem tradicional dos SNI.

A existência de uma base comum, contudo, não implica que os determinantes apresentem a mesma importância ou operem de forma idêntica. Rennings (1998, 2000) identifica como particularidade central da ecoinovação a ocorrência de uma dupla externalidade. A primeira corresponde aos transbordamentos de conhecimento, também presentes nas inovações convencionais: como a firma inovadora não consegue impedir completamente a circulação do conhecimento produzido, parte dos benefícios é apropriada por outros agentes.

A segunda externalidade decorre dos benefícios ambientais gerados pela adoção e difusão da ecoinovação. Além do problema tradicional de apropriação do conhecimento, a firma enfrenta dificuldade para capturar privadamente os ganhos ambientais proporcionados à sociedade. Essa dupla externalidade ajuda a explicar por que os incentivos de mercado podem ser insuficientes e por que a política ambiental tende a assumir maior relevância na ecoinovação do que em parte das inovações convencionais (Rennings, 2000; Del Río; Peñasco; Romero-Jordán, 2016).

A hipótese de Porter afirma que “padrões ambientais bem desenhados podem induzir inovações que compensam parcial ou mais do que integralmente os custos

incorridos pelas firmas para atender às exigências regulatórias" (Porter; Van der Linde, 1995, p. 98, tradução nossa). A proposição contrapõe a interpretação de que a regulação representa apenas um custo adicional para as empresas. A literatura empírica posterior não confirma esse efeito de forma automática, mas reconhece a regulação como um dos indutores mais recorrentes da ecoinovação. Hojnik e Ruzzier (2016) a identificam como o fator mais frequentemente examinado, enquanto Belin, Horbach e Oltra (2011) encontram elevada importância das políticas ambientais nas indústrias francesa e alemã.

Outra especificidade está relacionada à utilização de conhecimento externo. A literatura indica que a ecoinovação tende a depender mais de fontes externas de informação e de cooperação do que a inovação convencional. Hojnik e Ruzzier (2016) sintetizam essa evidência ao observar que empresas ecoinovadoras recorrem com maior frequência a parceiros e conhecimentos externos. Del Río, Peñasco e Romero-Jordán (2016) chegam a conclusão semelhante ao revisar estudos econométricos comparativos, enquanto Horbach, Rammer e Rennings (2012) mostram que os determinantes variam conforme o tipo de impacto ambiental produzido.

A redução de custos também aparece como motivação relevante. Ganhos de eficiência produtiva podem decorrer da diminuição do consumo de energia e matérias-primas ou da menor geração de resíduos. Nesses casos, uma inovação inicialmente orientada à produtividade pode ser classificada como ecoinovação por gerar impacto ambiental inferior ao das alternativas existentes, independentemente da intenção original da firma (Kemp; Pearson, 2007). Por essa razão, Belin, Horbach e Oltra (2011) e Horbach, Rammer e Rennings (2012) identificam a economia de recursos como motivação especialmente importante para ecoinovações de processo.

3.2 Dos determinantes da ecoinovação às funções do Sistema Nacional de Inovação

A proximidade entre os determinantes da ecoinovação e os elementos que compõem o SNI permite estabelecer uma relação direta entre os dois conceitos. O impulso tecnológico depende da produção de conhecimento, das atividades de P&D, da formação de pesquisadores, da qualificação da força de trabalho e da existência de instituições capazes de desenvolver e difundir tecnologias. Esses elementos correspondem às universidades, institutos de pesquisa, empresas, centros de

formação e demais componentes da infraestrutura científica e tecnológica discutida no primeiro capítulo.

A indução pela demanda também possui dimensão sistêmica. Preferências dos consumidores, exigências de compradores empresariais e pressões das cadeias de fornecimento podem ampliar a procura por produtos e processos ambientalmente superiores. O Estado participa dessa dimensão por meio de compras públicas, encomendas tecnológicas e critérios ambientais capazes de criar mercados ou reduzir a incerteza associada a novas tecnologias. A demanda, portanto, não decorre apenas de decisões individuais, mas também de padrões de consumo, relações interempresariais e instrumentos de política pública.

O mesmo ocorre com a pressão e o incentivo regulatório. A formulação de normas ambientais, padrões técnicos, impostos, subsídios, certificações e compromissos voluntários depende das instituições formais do país e da capacidade estatal de formular, implementar e fiscalizar políticas. Além de alterar os custos relativos das alternativas tecnológicas, esses instrumentos podem reduzir a incerteza, antecipar exigências futuras e sinalizar quais trajetórias receberão apoio.

Essa correspondência pode ser observada nas atividades dos sistemas de inovação propostas por Edquist (2005). A geração de conhecimento, a formação de competências, a criação de mercados, a articulação das necessidades dos usuários, o financiamento, a incubação, a consultoria e a formação de redes são relevantes tanto para a inovação em geral quanto para a ecoinovação. A diferença fundamental não reside necessariamente na presença de novas funções, mas no conteúdo dos problemas selecionados e na direção atribuída às atividades já desempenhadas pelo sistema.

O SNI pode, assim, ser compreendido como a estrutura que forma e conecta capacidades necessárias à ecoinovação. Ele influencia a quantidade e a qualidade do conhecimento disponível, a capacidade de absorção das empresas, o acesso ao financiamento, a criação de mercados e a intensidade das pressões regulatórias. A mera presença desses elementos, contudo, não garante sua mobilização para objetivos ambientais. Essa distinção conduz ao problema da direcionalidade.

3.3 Direcionalidade e resultados ambientais

A direcionalidade refere-se à orientação assumida pelas capacidades do sistema. Como existem alternativas tecnológicas concorrentes, a inovação pode ser direcionada a objetivos distintos e até contraditórios. Uma mesma base científica pode contribuir para desenvolver energias renováveis ou ampliar a exploração de combustíveis fósseis; da mesma forma, o sistema financeiro pode apoiar tecnologias de baixo carbono ou financiar atividades intensivas em emissões. A existência de capacidade inovativa não determina, portanto, a direção da mudança técnica (Altenburg; Pegels, 2012).

Estudos empíricos que relacionam SNI e desempenho ambiental ajudam a evidenciar essa diferença. Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2022) utilizam os pilares do *Global Innovation Index* de 2020 como aproximações das capacidades nacionais de inovação e o *Environmental Performance Index* de 2020 como medida de desempenho ambiental. Os resultados indicam associações positivas para instituições, capital humano e pesquisa e infraestrutura, ao passo que a sofisticação de mercado apresenta coeficiente negativo e estatisticamente significativo.

Brás e Robaina (2024) retomam a relação com dados do GII 2021 e do EPI 2022 e desagregam o desempenho ambiental em saúde ambiental, vitalidade dos ecossistemas e mudança climática. Instituições, capital humano e infraestrutura apresentam contribuições positivas, especialmente para a saúde ambiental, enquanto os efeitos sobre a vitalidade dos ecossistemas são menos consistentes. A sofisticação de mercado também permanece negativamente associada a algumas dimensões ambientais, reforçando a necessidade de distinguir capacidade econômica de orientação sustentável.

Gerged *et al.* (2025), por sua vez, examinam a relação entre a configuração nacional de inovação e a ecoinovação em empresas manufatureiras de diferentes economias, no período de 2007 a 2018. Os autores identificam associação agregada negativa entre os dois constructos. Na análise desagregada, a colaboração universidade-indústria apresenta efeito positivo, enquanto a qualidade das instituições de pesquisa e as compras governamentais de produtos de alta tecnologia exibem coeficientes negativos. Os próprios autores consideram que sistemas de inovação sem orientação explícita para a sustentabilidade podem fortalecer atividades inovativas sem necessariamente ampliar a ecoinovação.

As diferenças entre esses estudos devem ser interpretadas com cautela, pois decorrem de amostras, períodos, indicadores e métodos distintos. Ainda assim, os resultados convergem quanto à insuficiência da capacidade inovativa como garantia de desempenho ambiental. O coeficiente negativo da sofisticação de mercado[6], por exemplo, não permite concluir que crédito, investimento ou ampliação dos mercados sejam intrinsecamente prejudiciais. É mais plausível que o efeito dependa da composição setorial e do direcionamento dos recursos, hipótese que exige investigação específica.

Essa interpretação é compatível com Yan *et al.* (2024), que analisam uma reforma chinesa e encontram evidências de que a inovação financeira integrada ao SNI ampliou a inovação verde das firmas. Entre os mecanismos identificados estão o aumento da participação de empréstimos de longo prazo e de crédito, a redução do custo da dívida e a melhoria da compatibilidade entre a maturidade do financiamento e os projetos inovativos. O estudo indica que a sofisticação financeira pode favorecer a ecoinovação quando seus instrumentos reduzem restrições relevantes e direcionam recursos para investimentos verdes de longa duração.

Resultados positivos também aparecem quando as capacidades sistêmicas são associadas explicitamente a práticas ambientais. Uyar *et al.* (2024) encontram evidências de que a capacidade de inovação das empresas e o ambiente nacional de inovação favorecem o uso de energia renovável. Além do efeito direto, a configuração nacional fortalece a relação entre capacidades internas e adoção dessas fontes, demonstrando que iniciativas empresariais e condições macroinstitucionais podem atuar de maneira complementar.

3.4 Ecoinovação e mudança de trajetória tecnológica

A relação entre SNI e ecoinovação também pode ser compreendida a partir das trajetórias tecnológicas. Quando um paradigma tecnológico se estabelece, os esforços de pesquisa, os investimentos e a formação de competências tendem a se concentrar em determinados problemas e soluções. Esse processo pode facilitar o aperfeiçoamento das tecnologias existentes e, ao mesmo tempo, dificultar a adoção

[6] Para mais detalhes sobre esse e outros pilares do GII vide Quadro 2.

de alternativas significativamente distintas (Altenburg; Pegels, 2012; Dosi, 1982; Freeman; Soete, 1997).

A experiência inovativa acumulada pode, portanto, produzir efeitos ambíguos. As capacidades científicas, tecnológicas e organizacionais desenvolvidas anteriormente favorecem a identificação e a absorção de ecoinovações. Entretanto, quando essas capacidades permanecem vinculadas a padrões produtivos intensivos em emissões ou recursos naturais, elas também podem reforçar trajetórias ambientalmente prejudiciais.

Esse efeito está relacionado à dependência de trajetória, segundo a qual escolhas anteriores condicionam as alternativas disponíveis no presente. A difusão de uma tecnologia é acompanhada pela formação de infraestruturas, competências, redes produtivas e instituições compatíveis com seu funcionamento. Esses elementos geram mecanismos de autorreforço e podem elevar os custos da transição para alternativas ambientalmente superiores (Arthur, 1989).

A dependência de trajetória ajuda a explicar porque componentes desenvolvidos do SNI podem coexistir com resultados ambientais negativos. Um sistema pode gerar e difundir inovações de forma eficiente e, simultaneamente, permanecer direcionado a setores ou tecnologias ambientalmente intensivos. As diferenças entre países também refletem trajetórias institucionais, produtivas e tecnológicas distintas, aspecto observado por Belin, Horbach e Oltra (2011).

Nem toda ecoinovação, por sua vez, altera a trajetória predominante. Melhorias incrementais podem reduzir impactos ambientais sem modificar os principais elementos do sistema produtivo. Embora relevantes essas mudanças não devem ser confundidas com transformações capazes de substituir padrões tecnológicos consolidados.

Mudanças mais abrangentes podem exigir transformações no regime sociotécnico, entendido como o conjunto relativamente estável de tecnologias, infraestruturas, regulações, conhecimentos, práticas empresariais e padrões de consumo que orientam determinado sistema de produção e consumo. A transição sociotécnica envolve, portanto, alterações articuladas nesses diferentes componentes, e não apenas a substituição isolada de uma tecnologia (Geels, 2002, 2004).

Para que a ecoinovação contribua para uma mudança de trajetória, torna-se necessário coordenar os componentes do sistema e reduzir as vantagens

institucionais e econômicas das tecnologias dominantes. A sustentabilidade depende, assim, não apenas da existência de capacidades inovativas, mas da direção em que essas capacidades são mobilizadas (Altenburg; Pegels, 2012; Hazarika; Zhang, 2019).

3.5 É necessário um conceito de Sistema Nacional de Inovação sustentável?

A diferença entre capacidade inovativa e direcionalidade conduz à discussão sobre a necessidade de formular um conceito específico de SNI sustentável. Lundvall (2024) defende que o conceito tradicional de SNI é suficientemente amplo para incorporar a sustentabilidade. Para o autor, o predomínio histórico de objetivos relacionados ao crescimento e à competitividade decorre mais da orientação das políticas do que de uma limitação inerente ao referencial.

Desse ponto de vista, os atores, as instituições, as interações e os processos de aprendizagem já contemplados pela literatura de SNI podem ser mobilizados para enfrentar problemas ambientais. Não seria necessário substituir o conceito, mas ampliar sua aplicação e conferir orientação ambiental às capacidades do sistema.

Outros autores argumentam que a abordagem tradicional precisa ser complementada. Schot e Steinmueller (2018) observam que os sistemas de inovação foram utilizados principalmente para promover competitividade e crescimento econômico. Problemas ambientais exigiriam uma perspectiva transformativa, capaz de incorporar direcionalidade e mudanças mais amplas nos sistemas de produção e consumo.

Nesse contexto, diferentes denominações passaram a ser empregadas para explicitar a orientação ambiental dos sistemas de inovação. Elas apresentam sobreposições, mas não formam uma abordagem única ou plenamente consolidada. Os títulos e resumos dos trabalhos identificados indicam diferenças quanto à escala de análise e à dimensão ambiental enfatizada.

A formulação mais recorrente é *Sustainability-Oriented Innovation Systems*, ou Sistemas de Inovação Orientados à Sustentabilidade. Altenburg e Pegels (2012, p. 8) definem o conceito como “networks of institutions which create, import, modify and diffuse new technologies that help to reduce environmental impacts and resource intensity to a level commensurate with the earth’s carrying capacity. Trabalhos

posteriores aplicam essa perspectiva a setores e comparações nacionais, como Altenburg, Bhasin e Fischer (2012), Kılkış (2016) e Manzoor *et al.* (2023).

Chaparro-Banegas, Mas-Tur e Roig-Tierno (2023) empregam a expressão *eco-innovation systems* ao aproximar a literatura de ecoinovação das abordagens sistêmicas. No Brasil, Levino, Araújo e Amorim (2022) utilizam a formulação Sistema Nacional de (Eco)Inovação no estudo do setor eólico. Chaparro-Banegas *et al*. (2023), por sua vez, analisam fatores nacionais associados à ecoinovação.

Outras denominações incluem Sistema Nacional de Inovação sustentável, sistema de inovação sustentável e Sistema Nacional de Inovação verde. Os trabalhos de Bossink (2008, 2009a, 2009b) concentram-se na construção residencial neerlandesa, enquanto Zartha Sossa, López Montoya e Acosta Prado (2021) investigam os determinantes de um sistema de inovação sustentável. Wu e Li (2019) utilizam a expressão Sistema Nacional de Inovação verde em uma revisão sobre Israel.

Schlaile *et al.* (2017) discutem sistemas de inovação para transformações em direção à sustentabilidade e enfatizam a dimensão normativa da mudança. Os sistemas de inovação de baixo carbono possuem recorte mais específico, associado à redução das emissões e à transição energética. O Quadro 6 reúne os principais conceitos e trabalhos identificados. Sua finalidade não é tratá-los como equivalentes, mas demonstrar as diferentes formas pelas quais a literatura procura explicitar a orientação ambiental dos sistemas de inovação.

Quadro 6 – Conceitos de sistemas de inovação com orientação ambiental identificados na literatura

Conceito	Autor(es) e ano	Título do artigo ou trabalho
Sistemas de inovação orientados à sustentabilidade	Stamm *et al.* (2009)	*Sustainability-oriented innovation systems: towards decoupling economic growth from environmental pressures?*
	Altenburg e Pegels (2012)	*Sustainability-oriented innovation systems: managing the green transformation*
	Altenburg, Bhasin e Fischer (2012)	*Sustainability-oriented innovation in the automobile industry: advancing electromobility in China, France, Germany and India*
	Kılkış (2016)	*Sustainability-oriented innovation system analyses of Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey and Singapore*
	Manzoor *et al.* (2023)	*Sustainability-oriented innovation system and economic stability of the innovative countries*
Sistemas de Ecoinovação	Chaparro-Banegas, Mas-Tur e Roig-Tierno (2023)	*Driving research on eco-innovation systems: crossing the boundaries of innovation systems*
Sistema Nacional de Ecoinovação	Levino, Araújo e Amorim (2022)	Evidências para um Sistema Nacional de (Eco)Inovação para o setor eólico
	Chaparro-Banegas *et al.* (2023)	*Factors driving national eco-innovation: new routes to sustainable development*
Sistema Nacional de Inovação Sustentável	Bossink (2008)	*Interdependent sustainable innovation processes and systems in Dutch residential building*
	Bossink (2009a)	*Assessment of a national system of sustainable innovation in residential construction: a case study from the Netherlands*
	Bossink (2009b)	*Nation-wide development of sustainable production patterns: the case of 16 years of sustainability in Dutch residential house building*
Sistema de Inovação Sustentável	Zartha Sossa, López Montoya e Acosta Prado (2021)	*Determinants of a sustainable innovation system*
Sistema Nacional de Inovação Verde	Wu e Li (2019)	*A review of the national green innovation system in Israel*
	Askary *et al.* (2022)	*The prospect of green energy and technology in Bangladesh*
Sistemas de inovação para transformações em direção à sustentabilidade	Schlaile *et al.* (2017)	*Innovation systems for transformations towards sustainability? Taking the normative dimension seriously*
Sistemas de inovação de baixo carbono	Andersen e Johnson (2015)	*Low-carbon development and inclusive innovation systems*

Fonte: elaboração própria.

Desse modo, não é indispensável abandonar o conceito tradicional de SNI para analisar a sustentabilidade. Entretanto, as formulações apresentadas no Quadro 6 possuem utilidade analítica porque tornam explícita a orientação ambiental da inovação. Mais importante do que adotar uma denominação única é reconhecer que um SNI desenvolvido não se converte automaticamente em um sistema ambientalmente sustentável.

Considerações Finais

Esta monografia procurou aproximar duas literaturas que se desenvolveram, em grande medida, por caminhos paralelos. De um lado, a abordagem dos SNI oferece uma explicação histórica e institucional para as diferenças na capacidade tecnológica dos países. De outro, os estudos sobre ecoinovação investigam inovações que geram resultados ambientais superiores e os fatores que favorecem sua adoção. A leitura conjunta desses campos permitiu compreender que a formação de capacidades inovativas é parte importante da resposta aos problemas ambientais, mas não é suficiente para determinar a direção da mudança tecnológica.

O primeiro capítulo mostrou que a inovação não pode ser reduzida à pesquisa formal ou às decisões individuais da firma. Ela resulta de processos cumulativos de aprendizagem e das relações entre empresas, instituições científicas, sistema educacional, Estado, financiamento e demais organizações. A visão ampla de SNI é particularmente útil para esta pesquisa porque permite incluir instituições, padrões de consumo, formação de competências, mercado de trabalho e outros elementos que influenciam a geração, a difusão e o uso das tecnologias. Ao mesmo tempo, o caráter histórico dos sistemas explica por que capacidades semelhantes podem produzir resultados distintos em contextos nacionais diferentes.

O segundo capítulo evidenciou que a ecoinovação mantém vínculos estreitos com a inovação convencional, mas não se confunde com ela. Ambas dependem de conhecimento, investimento, aprendizagem, cooperação e capacidade de absorção. A ecoinovação, entretanto, enfrenta a dupla externalidade decorrente dos transbordamentos de conhecimento e da dificuldade de apropriação privada dos benefícios ambientais. Essa particularidade amplia o peso da regulação e dos instrumentos de política pública. Também ficou evidente que os determinantes não atuam de forma isolada: demanda, impulso tecnológico, pressão regulatória e características da firma se combinam de maneira diferente conforme o setor, o tipo de inovação e o impacto ambiental considerado.

A articulação realizada no terceiro capítulo indicou que os principais determinantes da ecoinovação encontram correspondência nas funções desempenhadas pelo SNI. A produção de conhecimento, a formação de trabalhadores, o financiamento, a criação de mercados, a cooperação e a capacidade regulatória compõem a infraestrutura necessária para desenvolver e difundir soluções

ambientais. Os resultados empíricos discutidos, contudo, não apresentam uma relação uniforme entre desenvolvimento do sistema de inovação e desempenho ambiental. Enquanto alguns componentes produzem associações positivas, outros podem apresentar efeitos negativos ou variar conforme a dimensão ambiental analisada. Essa diversidade reforça a distinção entre possuir capacidade de inovar e orientar essa capacidade para objetivos ambientais.

A dependência de trajetória oferece uma explicação para essa diferença. Conhecimentos, infraestruturas, investimentos e regras construídos ao longo do tempo podem favorecer determinadas tecnologias e elevar os custos de adoção de alternativas. Um sistema eficiente na geração de inovações pode, portanto, permanecer vinculado a atividades intensivas em recursos naturais e emissões. As ecoinovações incrementais produzem melhorias relevantes, mas nem sempre alteram as estruturas que sustentam essas trajetórias. A mudança ambiental mais profunda exige coordenação entre tecnologia, financiamento, regulação, produção e padrões de consumo.

A revisão também identificou diferentes propostas para tornar explícita essa orientação, entre elas os Sistemas de Inovação Orientados à Sustentabilidade, os sistemas de ecoinovação e os sistemas nacionais de inovação verde ou sustentável. Essas formulações não constituem uma corrente plenamente unificada. Em parte da literatura, elas funcionam como complementos ao conceito tradicional de SNI; em outros trabalhos, procuram destacar novas funções para o Estado e para as políticas de inovação. A denominação adotada é menos importante do que a questão teórica que essas propostas levantam: sistemas de inovação não são neutros quanto aos problemas que selecionam, aos setores que apoiam e às tecnologias que ajudam a consolidar.

Apesar do crescimento recente da produção, ainda existe pouca literatura que relacione diretamente SNI e ecoinovação e, sobretudo, que desenvolva essa relação como um debate teórico próprio. Muitos estudos se concentram em indicadores nacionais, setores específicos ou associações econométricas entre inovação e desempenho ambiental. Essas contribuições são relevantes, mas permanecem fragmentadas e utilizam conceitos, escalas e medidas distintas. A presente pesquisa, por seu caráter exploratório, também possui limites: não realizou uma revisão sistemática exaustiva nem testou empiricamente as relações identificadas. Seu

resultado principal consiste em organizar os pontos de contato entre os dois campos e evidenciar a centralidade da direcionalidade.

Pesquisas futuras podem aprofundar essa interação por meio da teoria das transições e da mudança dos sistemas sociotécnicos. Essa abordagem permite observar como tecnologias, instituições, infraestrutura, práticas empresariais e hábitos de consumo se estabilizam em regimes e como alternativas desenvolvidas em nichos podem ganhar espaço diante de pressões econômicas, sociais e ambientais. A incorporação dessa perspectiva ao estudo dos SNI pode ajudar a explicar por que algumas capacidades nacionais favorecem transições ambientais, enquanto outras reforçam o regime existente. Também abre caminho para comparações entre países, setores e tecnologias e para a análise das políticas necessárias à coordenação de mudanças que ultrapassam a introdução isolada de uma inovação.

Conclui-se, assim, que a existência de um SNI desenvolvido amplia as possibilidades de geração e difusão de ecoinovações, mas não garante que elas sejam priorizadas. O resultado ambiental depende da direção atribuída ao conhecimento, ao financiamento, à regulação e às demais capacidades do sistema. Reconhecer essa diferença é um passo necessário para que a política de inovação deixe de tratar a sustentabilidade como efeito eventual do progresso técnico e passe a incorporá-la como um objetivo explícito da transformação produtiva.

Referências

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Revoluções tecnológicas e general purpose technologies: mudança técnica, dinâmica e transformações do capitalismo. In: RAPINI, Márcia Siqueira; RUFFONI, Janaina; SILVA, Leandro Alves; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e (org.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global*. 2. ed. Belo Horizonte: FACE-UFMG, 2021. p. 53-83.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 387-404, jul./set. 1996. DOI: https://doi.org/10.1590/0101-31571996-0891.

ALTENBURG, Tilman; BHASIN, Shikha; FISCHER, Doris. Sustainability-oriented innovation in the automobile industry: advancing electromobility in China, France, Germany and India. *Innovation and Development*, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 67-85, 2012. DOI: https://doi.org/10.1080/2157930X.2012.664036.

ALTENBURG, Tilman; PEGELS, Anna. Sustainability-oriented innovation systems: managing the green transformation. *Innovation and Development*, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 5-22, 2012. DOI: https://doi.org/10.1080/2157930X.2012.664037.

ANDERSEN, Allan Dahl; JOHNSON, Björn. Low-carbon development and inclusive innovation systems. *Innovation and Development*, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 279-296, 2015. DOI: https://doi.org/10.1080/2157930X.2015.1049849.

ANSANELLI, Stela Luiza de Mattos *et al.* Fatores determinantes da ecoinovação no complexo eletrônico brasileiro. *Revista Brasileira de Inovação*, [s. l.], v. 20, e021005, 2021.

ARTHUR, W. Brian. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, [s. l.], v. 99, n. 394, p. 116-131, mar. 1989. DOI: https://doi.org/10.2307/2234208.

ASKARY, Md. Abu Hasan Al; HAI, Tasmia Binte; SHOWMIK, S. S. K.; KADER, Md. Abdul; RAHMAN, Md. Tauhidur. The prospect of green energy and technology in Bangladesh. *Journal of Physics: Conference Series*, [s. l.], v. 2312, n. 1, art. 012009, 2022. DOI: https://doi.org/10.1088/1742-6596/2312/1/012009.

BAUMOL, William J.; OATES, Wallace E. The use of standards and prices for protection of the environment. *The Swedish Journal of Economics*, [s. l.], v. 73, n. 1, p. 42-54, mar. 1971.

BELIN, Jean; HORBACH, Jens; OLTRA, Vanessa. *Determinants and specificities of eco-innovations: an econometric analysis for the French and German industry based on the Community Innovation Survey*. Pessac: GREThA, 2011. 22 p. (Cahiers du GREThA, n. 2011-17).

BITTENCOURT, Pablo Felipe; CÁRIO, Silvio Antônio Ferraz. Sistemas de inovação: das raízes no século XIX à análise global contemporânea. In: RAPINI, Márcia Siqueira; RUFFONI, Janaina; SILVA, Leandro Alves; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e (org.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global*. 2. ed. Belo Horizonte: FACE-UFMG, 2021. p. 351-384.

BORSATTO, Jaluza Maria Lima Silva; BAZANI, Camila Lima. Green innovation and environmental regulations: a systematic review of international academic works. *Environmental Science and Pollution Research*, [s. l.], v. 28, n. 45, p. 63751-63768, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-020-11379-7.

BOSSINK, Bart A. G. Interdependent sustainable innovation processes and systems in Dutch residential building. *Journal of Green Building*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 139-155, 2008. DOI: https://doi.org/10.3992/jgb.3.1.139.

BOSSINK, Bart A. G. Assessment of a national system of sustainable innovation in residential construction: a case study from the Netherlands. *International Journal of Environmental Technology and Management*, [s. l.], v. 10, n. 3-4, p. 371-381, 2009a.

BOSSINK, Bart A. G. Nation-wide development of sustainable production patterns: the case of 16 years of sustainability in Dutch residential house building. *International Journal of Global Environmental Issues*, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 356-372, 2009b. DOI: https://doi.org/10.1504/IJGENVI.2009.027263.

BRÁS, Gonçalo Rodrigues; ROBAINA, Margarita. National innovation systems and sustainable environmental performance: a cross-country analysis. *Environmental Challenges*, [s. l.], v. 16, art. 100978, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100978.

BRASIL. *Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 fev. 1986*. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF. Acesso em: 1 jul. 2026.

BRITTO, Jorge Nogueira de Paiva; RIBEIRO, Leonardo Costa; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Global systems of innovation: introductory notes on a new layer and a new hierarchy in innovation systems. *Innovation and Development*, [s. l.], v. 11, n. 2-3, p. 259-279, 2021. DOI: https://doi.org/10.1080/2157930X.2021.1934255.

CHAPARRO-BANEGAS, Nuria; MAS-TUR, Alicia; PARK, Han Woo; ROIG-TIERNO, Norat. Factors driving national eco-innovation: new routes to sustainable development. *Sustainable Development*, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 2711-2725, 2023. DOI: https://doi.org/10.1002/sd.2541.

CHAPARRO-BANEGAS, Nuria; MAS-TUR, Alicia; ROIG-TIERNO, Norat. Driving research on eco-innovation systems: crossing the boundaries of innovation systems. *International Journal of Innovation Studies*, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 218-229, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijis.2023.04.004.

CHARTER, Martin; CLARK, Tom. *Sustainable innovation: key conclusions from sustainable innovation conferences 2003-2006*. Farnham: The Centre for Sustainable Design, 2007.

CHAVES, Catari Vilela; RIBEIRO, Leonardo Costa; SANTOS, Ulisses Pereira; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. *Sistemas de inovação e mudanças na divisão centro-periferia: notas sobre uma metodologia para identificar trajetórias de países a partir de estatísticas de ciência e tecnologia*. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2017. 26 p. (Texto para Discussão, n. 558). ISSN 2318-2377.

CHEN, Yu-Shan; LAI, Shyh-Bao; WEN, Chao-Tung. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 331-339, 2006. DOI: https://doi.org/10.1007/s10551-006-9025-5.

COASE, Ronald H. The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, [s. l.], v. 3, p. 1-44, 1960. DOI: https://doi.org/10.1086/466560.

COMMONER, Barry. *The closing circle: nature, man, and technology*. New York: Bantam Books, 1974.

DALES, John Harkness. *Pollution, property and prices: an essay in policy-making and economics*. Toronto: University of Toronto Press, 1968. Disponível em: https://archive.org/details/pollutionpropert0000dale_v1j2/page/106/mode/2up. Acesso em: 1 jul. 2026.

DALY, Herman E. Economics in a full world. *Scientific American*, [s. l.], v. 293, n. 3, p. 100-107, set. 2005.

DALY, Herman E. *Economics for a full world. Great Transition Initiative, 2015*. Disponível em: https://greattransition.org/publication/economics-for-a-full-world. Acesso em: 1 jul. 2026.

DEGLER, Thomas; AGARWAL, Nivedita; NYLUND, Petra A.; BREM, Alexander. Sustainable innovation types: a bibliometric review. *International Journal of Innovation Management*, [s. l.], v. 25, n. 9, art. 2150096, 2021. DOI: https://doi.org/10.1142/S1363919621500961.

DEL RÍO, Pablo; PEÑASCO, Cristina; ROMERO-JORDÁN, Desiderio. What drives eco-innovators? A critical review of the empirical literature based on econometric methods. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 112, p. 2158-2170, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.009.

DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 147-162, jun. 1982. DOI: https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6.

DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Richard R.; SILVERBERG, Gerald; SOETE, Luc (ed.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.

EDQUIST, Charles. Systems of innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (ed.). *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 181-208.

FAGERBERG, Jan; LUNDVALL, Bengt-Åke; SRHOLEC, Martin. Global value chains, national innovation systems and economic development. *The European Journal of Development Research*, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 533-556, jun. 2018. DOI: https://doi.org/10.1057/s41287-018-0147-2.

FELIPE, Ednilson Silva; VILLASCHI FILHO, Arlindo. Schumpeter, os neo-schumpeterianos e as instituições: conceito e atuação numa economia dinâmica e globalizada. In: RAPINI, Márcia Siqueira; RUFFONI, Janaina; SILVA, Leandro Alves; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e (org.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global*. 2. ed. Belo Horizonte: FACE-UFMG, 2021. p. 84-113.

FERNANDES, Ana Joana Candeias; RODRIGUES, Ricardo Gouveia; FERREIRA, João J. National innovation systems and sustainability: what is the role of the environmental dimension? *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 347, art. 131164, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131164.

FREEMAN, Christopher. *Technological infrastructure and international competitiveness*. [S. l.: s. n.], 1982. Draft paper submitted to the OECD Ad Hoc Group on Science, Technology and Competitiveness. Disponível em: https://redesist.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0079_Freeman.pdf. Acesso em: 16 jul. 2026.

FREEMAN, Christopher. *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. London: Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, Christopher. The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. *The economics of industrial innovation*. 3. ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1997.

FUSSLER, Claude; JAMES, Peter. *Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability*. London: Pitman, 1996.

GEELS, Frank W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, [s. l.], v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274, 2002. DOI: https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8.

GEELS, Frank W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, [s. l.], v. 33, n. 6-7, p. 897-920, 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015.

GERGED, Ali Meftah; UYAR, Ali; JIRAPORN, Pornsit; KARAMAN, Abdullah S. Does national innovation layout spur eco-innovation? The upper echelon’s role. *Business Strategy and the Environment*, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 6791-6813, 2025. DOI: https://doi.org/10.1002/bse.4325.

GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, [s. l.], v. 110, n. 2, p. 353-377, maio 1995.

HAZARIKA, Natasha; ZHANG, Xiaoling. Evolving theories of eco-innovation: a systematic review. *Sustainable Production and Consumption*, [s. l.], v. 19, p. 64-78, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.03.002.

HOJNIK, Jana; RUZZIER, Mitja. What drives eco-innovation? A review of an emerging literature. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, [s. l.], v. 19, p. 31-41, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.09.006.

HORBACH, Jens. Determinants of environmental innovation: new evidence from German panel data sources. *Research Policy*, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 163-173, 2008. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.08.006.

HORBACH, Jens; RAMMER, Christian; RENNINGS, Klaus. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact: the role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, [s. l.], v. 78, p. 112-122, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.005.

IPCC. *Climate change 2023: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team: H. Lee; J. Romero (ed.). Geneva: IPCC, 2023. DOI: https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

JEVONS, William Stanley. *The coal question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*. London: Macmillan and Co., 1866. Disponível em: http://oll-resources.s3.amazonaws.com/titles/317/Jevons_0546_EBk_v6.0.pdf. Acesso em: 1 jul. 2026.

KEMP, René; PEARSON, Peter. *Final report MEI project about measuring eco-innovation*. Maastricht: UNU-MERIT, 2007. Deliverable 15. Project Measuring Eco-Innovation — MEI, Project n. 044513, Sixth Framework Programme.

KIEFER, Christoph P.; CARRILLO-HERMOSILLA, Javier; DEL RÍO, Pablo. Building a taxonomy of eco-innovation types in firms: a quantitative perspective. *Resources, Conservation & Recycling*, [s. l.], v. 145, p. 339-348, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.021.

KILKIŞ, Şiir. Sustainability-oriented innovation system analyses of Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey and Singapore. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 130, p. 235-247, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.138.

KOELLER, Priscila; MIRANDA, Pedro; LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira; PODCAMENI, Maria Gabriela. *Ecoinovação: revisitando o conceito*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2020. (Texto para Discussão, n. 2556). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9965. Acesso em: 1 jul. 2026.

LEVINO, Natallya de Almeida; ARAÚJO, Anderson Henrique dos Santos; AMORIM, José Francisco Oliveira de. Evidências para um Sistema Nacional de (Eco)Inovação para o setor eólico. *Redes*, Santa Cruz do Sul, v. 27, n. 1, 2022. DOI: https://doi.org/10.17058/redes.v27i1.15543.

LIST, Friedrich. *The national system of political economy*. Philadelphia: J. B. Lippincott & Co., 1885.

LUNDVALL, Bengt-Åke. *Product innovation and user-producer interaction*. Aalborg: Aalborg University Press, 1985.

LUNDVALL, Bengt-Åke. *The university in the learning economy*. Aalborg: Danish Research Unit for Industrial Dynamics, 2002. (DRUID Working Paper, n. 02-06).

LUNDVALL, Bengt-Åke. National innovation systems: analytical concept and development tool. In: DRUID TENTH ANNIVERSARY SUMMER CONFERENCE, 2005, Copenhagen. Proceedings [...]. Copenhagen: Danish Research Unit for Industrial Dynamics, 2005. 43 p.

LUNDVALL, Bengt-Åke. National innovation systems—analytical concept and development tool. *Industry and Innovation*, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 95-119, 2007. DOI: https://doi.org/10.1080/13662710601130863.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Transformative innovation policy: lessons from the innovation system literature. *Innovation and Development*, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 297-314, 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/2157930X.2022.2158996.

MALTHUS, Thomas Robert. *Princípios de economia política e considerações sobre sua aplicação prática; Ensaio sobre a população*. Tradução de Antonio Alves Cury. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

MANZOOR, Faiza; WEI, Longbao; SUBHAN, Qazi Abdul; SIRAJ, Mahwish. Sustainability-oriented innovation system and economic stability of the innovative countries. *Frontiers in Public Health*, [s. l.], v. 11, art. 1138034, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1138034.

MEADOWS, Donella H. *et al.*. The limits to growth: a report for the Club of Rome's Project on the predicament of mankind. New York: Universe Books, 1972.

NELSON, Richard R. What enables rapid economic progress: what are the needed institutions? *Research Policy*, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 1-11, 2008. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.10.008.

OCDE. *Technology and the economy: the key relationships*. Paris: OCDE, 1992.

OCDE; EUROSTAT. *Oslo Manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data*. 3. ed. Paris: OECD Publishing, 2005. (The Measurement of Scientific and Technological Activities). ISBN 92-64-01308-3.

OCDE; EUROSTAT. *Oslo Manual 2018: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*. 4. ed. Paris: OECD Publishing, 2018. (The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities). DOI: https://doi.org/10.1787/9789264304604-en.

OLSON, Mancur. *The logic of collective action: public goods and the theory of groups*. Cambridge: Harvard University Press, 1965.

OLTRA, Vanessa; SAINT JEAN, Maïder. Sectoral systems of environmental innovation: an application to the French automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, [s. l.], v. 76, n. 4, p. 567-583, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.03.025.

PAIPA-SANABRIA, Edwin Giovanny; GONZÁLEZ-MONTOYA, Daniel; CORONADO-HERNÁNDEZ, Jairo. Understanding eco-innovation: a critical examination of theories and tools for achieving societal sustainability. *Journal of Sustainability Research*, [s. l.], v. 7, n. 1, e250013, 2025. DOI: https://doi.org/10.20900/jsr20250013.

PIGOU, Arthur Cecil. *The economics of welfare*. 4. ed. London: Macmillan, 1932. Disponível em: https://oll-resources.s3.us-east-2.amazonaws.com/oll3/store/titles/1410/Pigou_0316_EBk_v6.0.pdf. Acesso em: 24 maio 2026.

PORTER, Michael E.; VAN DER LINDE, Claas. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995. DOI: https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97.

RENNINGS, Klaus. *Towards a theory and policy of eco-innovation: neoclassical and co-evolutionary perspectives*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, 1998. (ZEW Discussion Papers, n. 98-24). Disponível em: https://hdl.handle.net/10419/24575. Acesso em: 1 jul. 2026.

RENNINGS, Klaus. Redefining innovation: eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 319-332, 2000. DOI: https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos Avançados*, [s. l.], v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

SANTOS, L. M.; PORTO, A. J. M.; SAMPAIO, R. S. R. Direito de propriedade e instrumentos econômicos de regulação ambiental: análise das atribuições implícitas. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, Brasília, DF, v. 7, n. 2, p. 97-120, ago. 2017.

SCHIEDERIG, Tim; TIETZE, Frank; HERSTATT, Cornelius. Green innovation in technology and innovation management: an exploratory literature review. *R&D Management*, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 180-192, 2012. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00672.x.

SCHLAILE, Michael P.; URMETZER, Sophie; BLOK, Vincent; ANDERSEN, Allan Dahl; TIMMERMANS, Job; MUELLER, Matthias; FAGERBERG, Jan; PYKA, Andreas. Innovation systems for transformations towards sustainability? Taking the normative dimension seriously. *Sustainability*, [s. l.], v. 9, n. 12, art. 2253, 2017. DOI: https://doi.org/10.3390/su9122253.

SCHMOOKLER, Jacob. *Invention and economic growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.

SCHOT, Johan; STEINMUELLER, W. Edward. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, [s. l.], v. 47, n. 9, p. 1554-1567, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011.

SCHUMPETER, Joseph A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Tradução de Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SHARIF, Naubahar. Emergence and development of the national innovation systems concept. *Research Policy*, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 745-766, 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.04.001.

SOLOW, Robert M. The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review*, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 1-14, maio 1974.

STAMM, Andreas; DANTAS, Eva; FISCHER, Doris; GANGULY, Sunayana; RENNKAMP, Britta. *Sustainability-oriented innovation systems: towards decoupling economic growth from environmental pressures*? Bonn: German Development Institute, 2009. (Discussion Paper, n. 20/2009).

SZAPIRO, Marina; MATOS, Marcelo Gerson Pessoa de; CASSIOLATO, José Eduardo. Sistemas de inovação e desenvolvimento. In: RAPINI, Márcia Siqueira; RUFFONI, Janaina; SILVA, Leandro Alves; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e (org.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global*. 2. ed. Belo Horizonte: FACE-UFMG, 2021. p. 323-350.

TAKALO, Salim Karimi; TOORANLOO, Hossein Sayyadi; PARIZI, Zahra Shahabaldini. Green innovation: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 279, art. 122474, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122474.

TAPIO, Petri. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 137-151, 2005. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.001.

TARIQ, Adeel; BADIR, Yuosre F.; TARIQ, Waqas; BHUTTA, Umair Saeed. Drivers and consequences of green product and process innovation: a systematic review, conceptual framework, and future outlook. *Technology in Society*, [s. l.], v. 51, p. 8-23, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.06.002.

TIGRE, Paulo Bastos. *Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

TSAI, Kuen-Hung; LIAO, Yi-Chuan. Sustainability strategy and eco-innovation: a moderation model. *Business Strategy and the Environment*, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 426-437, 2017. DOI: https://doi.org/10.1002/bse.1926.

UNITED NATIONS. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. [S. l.]: United Nations, 1987*. Disponível em: http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf. Acesso em: 23 maio 2026.

URONE, Paul Peter; HINRICHS, Roger. *College physics 2e*. Houston: OpenStax, 2022. Disponível em: https://openstax.org/details/books/college-physics-2e. Acesso em: 16 jul. 2026.

UYAR, Ali; GERGED, Ali Meftah; KUZEY, Cemil; KARAMAN, Abdullah S. Corporate innovation capacity, national innovation setting, and renewable energy use.

Technological Forecasting and Social Change, [s. l.], v. 205, art. 123459, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123459.

VENKATACHALAM, L. Environmental economics and ecological economics: historical evolution and the current status. *Review of Development and Change*, [s. l.], v. 30, n. 1_suppl, p. S25-S49, 2025. DOI: https://doi.org/10.1177/09722661241309458.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). *Global Innovation Index 2025: innovation at a crossroads*. Geneva: WIPO, 2025. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2025-en-global-innovation-index-2025-innovation-at-a-crossroads.pdf. Acesso em: 16 jul. 2026.

WU, Tong; LI, Yuting. A review of the national green innovation system in Israel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, [s. l.], v. 252, n. 4, art. 042120, 2019. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/252/4/042120.

YAN, Kai; ZHANG, Ziyi; YANG, Lisi; CAO, Yuqiang; SHAN, Yaowen. Capital generates green: evidence from China's national innovation system policy. *International Review of Financial Analysis*, [s. l.], v. 91, art. 103033, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.103033.

ZARTHA SOSSA, Jhon Wilder; LÓPEZ MONTOYA, Oscar Hernán; ACOSTA PRADO, Julio César. Determinants of a sustainable innovation system. *Business Strategy and the Environment*, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 1345-1356, 2021. DOI: https://doi.org/10.1002/bse.2689.

ZUBELTZU-JAKA, Eugenio; ERAUSKIN-TOLOSA, Artitzar; HERAS-SAIZARBITORIA, Iñaki. Shedding light on the determinants of eco-innovation: a meta-analytic study. *Business Strategy and the Environment*, [s. l.], v. 27, n. 7, p. 1093-1103, 2018. DOI: https://doi.org/10.1002/bse.2054.