

MECANISMOS, ESTRATÉGIAS E CONTEXTO DA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE E INOVAÇÃO VERDE: REVISÃO DE ESCOPO**MECHANISMS, STRATEGIES, AND CONTEXT OF GREEN TECHNOLOGY TRANSFER AND GREEN INNOVATION: A SCOPING REVIEW****MECANISMOS, ESTRATEGIAS Y CONTEXTO DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA VERDE E INNOVACIÓN VERDE: UNA REVISIÓN DE ALCANCE**

10.56238/revgeov17n2-116

Jaqueline Santos Vieira

Doutoranda em Ciência da Propriedade Intelectual
Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

E-mail: vieirajaqueline@academico.ufs.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1604-8645>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0214346896139785>

Maria Emilia Camargo

Doutora em Engenharia da Produção
Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

E-mail: mekamargo@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3800-2832>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7617091280907670>

RESUMO

O objetivo deste estudo é examinar a transferência de tecnologia verde (TTV) em organizações corporativas e sua relação com a inovação verde, buscando investigar os mecanismos que conectam a TTV à inovação verde, as estratégias corporativas envolvidas e a influência de fatores contextuais. A metodologia adotada consiste em uma revisão sistemática de escopo, baseada no protocolo PRISMA-ScR e nas orientações do Joanna Briggs Institute (JBI), com o propósito de mapear e sistematizar as evidências científicas existentes. Os procedimentos metodológicos incluem a aplicação Matriz FOFA para análise estratégica da transferência de tecnologia verde, como análises bibliométricas e cientométricas, com o apoio de softwares de tratamento de dados (Mendeley, R/RStudio, VOSviewer). No período de 2016 a 2024, observou-se um crescimento médio anual da produção científica de 7,87% ao ano (CAGR). Os resultados revelam temas que impulsionam as pesquisas e identificam indicadores de transferência de tecnologia verde organizados em quatro dimensões: difusão, colaboração, valor e contexto, além da proposição de um modelo conceitual. Conclui-se que a existência de um ecossistema de inovação robusto, associado a incentivos às empresas, domínio técnico e financiamento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) constitui fator essencial para o fortalecimento da transferência de tecnologia verde.

Palavras-chave: Revisão Sistemática. Indicadores. Modelo Conceitual. Capacidade Absortiva Verde.



ABSTRACT

The objective of this study is to examine Green Technology Transfer (GTT) in corporate organizations and its relationship with green innovation, seeking to investigate the mechanisms that connect GTT to green innovation, the corporate strategies involved, and the influence of contextual factors. The adopted methodology consists of a systematic scoping review, based on the PRISMA-ScR protocol and the guidelines of the Joanna Briggs Institute (JBI), with the purpose of mapping and systematizing existing scientific evidence. The methodological procedures include the application of the SWOT Matrix for strategic analysis of green technology transfer, as well as bibliometric and scientometric analyses, supported by data processing software (Mendeley, R/RStudio, VOSviewer). In the period from 2016 to 2024, an average annual growth in scientific production of 7.87% per year (CAGR) was observed. The results reveal themes that drive research and identify green technology transfer indicators organized into four dimensions: diffusion, collaboration, value, and context, in addition to the proposal of a conceptual model. It is concluded that the existence of a robust innovation ecosystem, associated with incentives for companies, technical domain, and funding in research and development (R&D), constitutes an essential factor for strengthening green technology transfer.

Keywords: Systematic Review. Indicators. Conceptual Model. Green Absorptive Capacity.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es examinar la Transferencia de Tecnología Verde (TTV) en organizaciones corporativas y su relación con la innovación verde, buscando investigar los mecanismos que conectan la TTV con la innovación verde, las estrategias corporativas involucradas y la influencia de factores contextuales. La metodología adoptada consiste en una revisión sistemática de alcance, basada en el protocolo PRISMA-ScR y en las directrices del Joanna Briggs Institute (JBI), con el propósito de mapear y sistematizar la evidencia científica existente. Los procedimientos metodológicos incluyen la aplicación de la Matriz FODA para el análisis estratégico de la transferencia de tecnología verde, así como análisis bibliométricos y cienciométricos, con el apoyo de software de procesamiento de datos (Mendeley, R/RStudio, VOSviewer). En el período de 2016 a 2024, se observó un crecimiento promedio anual de la producción científica del 7.87% anual (CAGR). Los resultados revelan temas que impulsan las investigaciones e identifican indicadores de transferencia de tecnología verde organizados en cuatro dimensiones: difusión, colaboración, valor y contexto, además de la proposición de un modelo conceptual. Se concluye que la existencia de un ecosistema de innovación robusto, asociado a incentivos a las empresas, dominio técnico y financiación en investigación y desarrollo (I+D), constituye un factor esencial para el fortalecimiento de la transferencia de tecnología verde.

Palabras clave: Revisión Sistemática. Indicadores. Modelo Conceptual. Capacidad Absortiva Verde.



1 INTRODUÇÃO

A Transferência de Tecnologia Verde (TTV) constitui um mecanismo fundamental para a promoção de um futuro sustentável, na medida em que acelera a adoção, a adaptação e a disseminação de tecnologias e práticas ambientalmente sustentáveis (Adomako e Tran, 2024). Esse processo favorece o desenvolvimento sustentável ao possibilitar o intercâmbio tecnológico entre países, regiões e organizações (Zang e Ren, 2023), podendo gerar impactos em diferentes escalas, incluindo o nível urbano e regional. Nesse sentido, a literatura reconhece a TTV como um instrumento estratégico no enfrentamento das mudanças climáticas, sobretudo quando associada à inovação verde (Yan *et al.*, 2024; Moore e Thiongane (2000); Borthakur (2023)).

Desde a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), a transferência de tecnologias ambientalmente sustentáveis passou a ocupar posição de importância explícita nas agendas internacionais. No entanto, apesar de sua relevância, os mecanismos de implementação da transferência de tecnologia verde permanecem problemáticos (Morsink, Hofman e Lovett, 2011). Entre os principais entraves destacam-se as limitações impostas por acordos internacionais de propriedade intelectual, como o Acordo TRIPS, que estabelece regras mínimas e obrigações específicas que podem restringir a TTV (Dominguez e Cruz, 2023).

Estudos recentes como de apontam que a transferência de tecnologia verde ainda é subutilizada em nível global. Borthakur (2023) atribui a escassez de instrumentos jurídicos internacionais eficazes e a elevada concentração das tecnologias verdes em um número restrito de países ou grandes corporações. Esse cenário evidencia a complexidade inerente ao processo de TTV, que exige o equilíbrio entre interesses públicos e privados (Zang e Ren, 2023), bem como a harmonização entre políticas ambientais, comerciais e tecnológicas. complexo.

O conceito de transferência de tecnologia verde é frequentemente empregado de forma análoga a termos como “transferência de tecnologias ambientalmente corretas”, “sustentáveis” ou “amigáveis” ao meio ambiente. Considerando que a expressão “transferência de tecnologia verde” é a mais recorrente na literatura científica analisada, adotou-se, neste estudo, a expressão “transferência de tecnologia verde” de modo a assegurar maior consistência conceitual e alinhamento metodológico.

A transferência de tecnologia verde caracteriza-se como um processo complexo de movimentação tecnológica que envolve múltiplos canais, tais como o fluxo de talentos, parcerias tecnológicas, comércio internacional, investimento direto estrangeiro, assistência técnica, cooperação entre indústrias e universidades (Shang, Lyu e Mi, 2022), entre outros. Trata-se, portanto, de um fenômeno multidimensional, que abrange produtos e processos tecnológicos, mas também o compartilhamento de conhecimento tácito (Zhang e Ren, 2023), competências organizacionais e capacidades produtivas.

Diante desse contexto, a transferência de tecnologia verde emerge como um mecanismo crítico



para acelerar a transição sustentável nas organizações corporativas. Contudo, a relação entre a transferência de tecnologia verde e a inovação verde permanece fragmentada na literatura, sobretudo, em estudos voltados a países emergentes. Embora existam investigações que abordam políticas públicas, instrumentos isolados ou modelos específicos, ainda se observa a ausência de uma síntese integradora que explore, de forma sistemática, os fatores que conectam a TTV à inovação verde no âmbito organizacional.

Assim, o objetivo deste estudo é responder à seguinte questão de pesquisa: o que motiva as empresas a adotarem a transferência de tecnologia verde e como esse processo se relaciona com a inovação verde? Para tanto, adota-se como estratégia metodológica uma revisão de escopo, com a finalidade de mapear e sistematizar as evidências científicas existentes acerca de: (i) os mecanismos que conectam a transferência de tecnologia verde à inovação verde; (ii) as estratégias corporativas associadas a esse processo; e (iii) a influência de fatores contextuais sobre a transferência de tecnologia verde em organizações corporativas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE, DIFUSÃO DE TECNOLOGIA VERDE E COOPERAÇÃO DE TECNOLOGIA VERDE

A transferência de tecnologia verde está intrinsecamente relacionada aos processos de difusão e de cooperação de tecnologia verde. Em termos gerais, transferência de tecnologia verde se refere às estratégias de movimentação de tecnologias verdes, tais como licenciamento ou cessão de tecnologia, investimento direto estrangeiro e outras ações (Jiang, Xu e Wang (2024); Bai *et al.* (2020)).

A difusão diz respeito à adoção das inovações verdes por agentes distintos do inovador; e cooperação envolve arranjos colaborativos que viabilizam e aceleram ambos os processos. Assim, a transferência costuma depender de mecanismos de difusão e cooperação entre as partes interessadas (Yan *et al.*, 2017), especialmente quando consideram as dinâmicas concorrenciais, inclusive a presença de estruturas concentradas ou monopólios (Zhang, Xue e Zhou, 2019).

Sob a perspectiva da Teoria Baseada em Recursos, alianças estratégicas entre partes interessadas funcionam como ativos e capacidades relacionais que permitem o acesso e combinação de recursos externos valiosos, influenciando o percurso de desenvolvimento das organizações parceiras (Baum *et al.*, 2015; Zhang, Xue e Zhou, 2019).

A difusão de tecnologia verde pode ser entendida, conforme Losacker (2022) como um processo pelo qual uma inovação é adotada por agentes diferentes do inovador, representando seu alcance e a disseminação no sistema econômico. Esse processo, contudo, é condicionado por fatores técnicos e organizacionais, como a carência de capacidades específicas de tecnologia verde e o baixo



desempenho técnico do capital associado a tecnologias ainda imaturas (Hotte, 2020), o que pode limitar a adoção em determinados contextos setoriais e regionais.

A cooperação em tecnologia verde desempenha papel central como mecanismo habilitador da transferência e da difusão. Evidências empíricas, como as de Chen *et al.* (2016), mostram que cooperações interempresariais alavancam redes multidisciplinares e uma forte articulação com o governo local para lidar com os desafios da produção de baixo carbono na China. Li *et al.* (2021) identificam uma rede global de tecnologia verde em rápida expansão, com estrutura de núcleo-periferia, na qual nações com trajetória tecnológica consolidada ocupam posições centrais de interconexão.

Dessa forma, a cooperação internacional em tecnologias verdes torna-se importante para acelerar a difusão tecnológica entre as partes interessadas e impulsionar projetos de transferência de tecnologia verde (Yan *et al.*, 2017). Arranjos cooperativos entre empresas, universidades, governos e outros atores (Ma, Wu e Hu, 2025) tendem a reduzir riscos, favorecer o compartilhamento de recursos inovadores, e por conseguinte, a melhorar a eficiência industrial e contribuir para a diminuição das emissões de carbono (Zao *et al.*, 2024). Parte desses avanços pode ser incorporada aos produtos de exportação (Yuan, Lu e Zhang, 2023).

2.2 TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE E INOVAÇÃO VERDE NAS ORGANIZAÇÕES CORPORATIVAS

Em contexto corporativo, a transferência de tecnologia verde chega às empresas por múltiplos canais. Xing e Dong (2023) argumentam que a TTV e a inovação verde favorecem a modernização industrial e a obtenção de um equilíbrio entre a sustentabilidade econômica e ambiental.

O efeito indireto de transferência de tecnologia verde, via IDE, pode induzir um transbordamento da tecnologia estrangeira. Xing e Dong (2023) mostram que se houver investimento em P&D doméstico e regulamentação ambiental pode promover inovação verde doméstica, assim, quando bem-sucedida ocorre a modernização da estrutura industrial desse país anfitrião. Adomako e Tran (2024) tratam a transferência de tecnologia verde como variável mediadora entre o P&D e inovação verde, isto é, a TTV funciona como um mecanismo que converte recursos de P&D em resultados de inovação verde nas organizações.

Além do investimento direto estrangeiro, Yang, Jia e Yang (2023) destacam canais adicionais de transbordamento - importações e o migrante internacional que aplica seu conhecimento à inovação científica nas empresas do país anfitrião. Nguyen *et al.* (2022) observam que gestores corporativos frequentemente manifestam cautela quanto ao uso e importação de tecnologias verdes externas.



2.3 CAPACIDADE DE ABSORÇÃO VERDE E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

De acordo com Hotte (2020), a capacidade de absorção é a habilidade das empresas em utilizar efetivamente uma tecnologia verde ou inovação verde, por meio de um conhecimento tácito que é específico de cada empresa. Shi, Sui e Huang (2025) ressaltam que esse tipo de capacidade permite que as empresas compreendam, integrem e apliquem tecnologias externas com maior eficácia, reduzindo assim os desafios e riscos associados ao recebimento da transferência de tecnologia verde.

Yang, Jia e Yang (2023) recomendam o financiamento e apoio político para P&D de produtos relacionados e mão de obra qualificada para criar uma capacidade de absorção de tecnologia de produtos. Por fim, cabe destacar que Cohen e Levinthal (1990) argumentaram que o P&D tem uma dupla função em empresa: gerar inovações e construir a capacidade da empresa de identificar, assimilar e explorar conhecimento externo.

3 METODOLOGIA

Adota-se uma revisão de escopo como estratégia metodológica, conduzida conforme as diretrizes do Protocolo - *Preferred Reporting Items and Meta-Analyses* (PRISMA-ScR) e as orientações metodológicas do Joanna Briggs Institute (JBI).

A revisão de escopo, também chamada de “revisão de mapeamento” é uma síntese qualitativa de evidências textuais. Pollock *et al.* (2023) ressaltam a finalidade desse tipo de revisão para esclarecer conceitos na literatura e identificar características relacionados a um conceito, bem como identificar lacunas na literatura. Este estudo segue as indicações para essa modalidade de revisão conforme Munn *et al.* (2018).

Dessa forma, o método permitiu: (i) identificação os tipos de evidências disponíveis em uma determinada área; (ii) identificação e análise lacunas de conhecimento; (iii) esclarecimento conceitos/definições-chave na literatura; (iv) analisar como a pesquisa é conduzida em determinado tópico ou área; e (v) identificar as principais características ou fatores relacionados a um conceito.

3.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA E FONTES DE INFORMAÇÃO

A estratégia de busca foi estruturada a partir de um levantamento de palavras-chave relacionadas à transferência de tecnologia verde, contemplando três idiomas: português, inglês e o espanhol, de modo a ampliar a cobertura internacional da revisão. Foram utilizados termos principais e variações semânticas associadas à transferência de tecnologia verde, incluindo conceitos correlatos como difusão tecnológica verde e cooperação tecnológica verde.

No idioma inglês, os termos de busca incluíram: *green technology transfer*, *sustainable technology transfer*, *transfer of environmentally sound technolog**, *green technology cooperation*, *green technology diffusion*, com o uso do truncador (*) para abranger variações morfológicas. No



espanhol, empregou-se o termo *transferência de tecnologias ecologicamente racionais*. No português foram utilizados descritores equivalentes à transferência de tecnologia verde e seus desdobramentos conceituais.

As bases de dados selecionadas foram Scopus (122 documentos) e Web of Science (107) com maior número de artigos publicados sobre o tema. Foram considerados apenas artigos científicos e revisões de literatura, publicados no período de interesse do estudo.

3.2 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE E PROCESSO DE SELEÇÃO

Os documentos recuperados foram submetidos a um processo estruturado de identificação, triagem e elegibilidade, conforme o fluxograma do PRISMA-ScR. Inicialmente, os registros duplicados foram identificados e removidos com o auxílio do software Mendeley, a partir da importação dos arquivos em formato RIS.

Os critérios de inclusão adotados foram: (i) estudos que abordassem empresas, países, regiões ou localidades; e (ii) pesquisas relacionadas à aplicação ou análise da transferência de tecnologia verde em contextos organizacionais. Já os critérios de exclusão contemplaram: (i) estudos sem foco ambiental; (ii) publicação em idiomas diferentes dos previamente definidos; e (iii) tipos de documentos distintos de artigos e revisões.

A triagem ocorreu em duas etapas. Na primeira, foram analisados os títulos e resumos dos documentos recuperados. Na segunda, procedeu-se à leitura integral dos artigos selecionados, a fim de verificar a aderência aos critérios de elegibilidade estabelecidos.

3.3 EXTRAÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

Após a seleção final dos estudos, os dados foram extraídos e organizados em planilhas eletrônicas. A etapa de tratamento dos dados contou com suporte do software R (versão 4.5.0) e do Rstudio(versão 2025.09.2+418), além do VOSviewer, utilizados para análises bibliométricas e cientométricas, como coocorrência de palavras-chave, redes de autoria e mapeamento temático.

As análises realizadas incluíram estatísticas descritivas da produção científica, indicadores cientométricos, análises bibliométricas e a aplicação da Matriz FOFA (*SWOT*) empregada como instrumento de análise estratégica da transferência de tecnologia verde. Essa abordagem permitiu identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças associadas à TTV, tanto em nível organizacional quanto contextual.

3.4 SÍNTESE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da revisão de escopo foram organizados de forma descritiva e analítica, contemplando: (i) a caracterização da produção científica ao longo do tempo; (ii) o mapeamento



temático da literatura; (iii) a identificação de modalidades de transferência de tecnologia verde; (iv) a proposição de indicadores organizados em dimensões analíticas; e (v) a identificação de modelos conceituais existentes e lacunas de pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROTOCOLO PRISMA-SCR

A seleção das fontes de evidência foi conduzida nas bases de dados Scopus e Web of Science, reconhecidas por sua ampla cobertura e relevância internacional na área de estudos em ciência, tecnologia e inovação. O processo inicial de busca resultou em 229 registros, sendo 122 provenientes da Scopus e 107 da Web of Science.

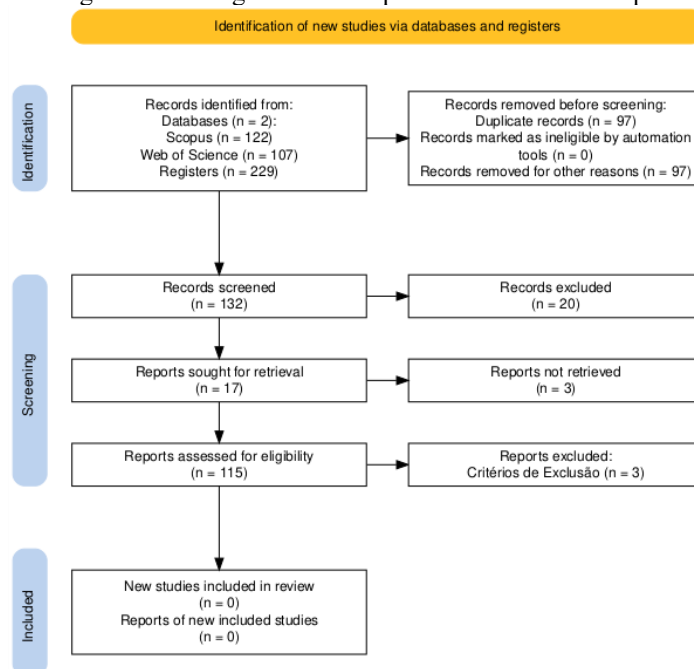
Na etapa de identificação, removeram-se 97 registros duplicados, procedimento essencial para evitar a super-representação de estudos e assegurar a consistência do corpus analisado. Em seguida, procedeu-se à triagem dos 132 registros remanescentes, com base na análise de títulos e resumos, conforme os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Nessa fase, excluíram-se 20 registros, por não apresentarem aderência ao escopo temático da pesquisa.

Na etapa de elegibilidade, 17 textos completos foram selecionados para avaliação integral. Desses, três documentos não puderam ser recuperados, impossibilitando sua análise aprofundada. Ao final do processo, 115 artigos científicos e revisões de literatura atenderam plenamente aos critérios estabelecidos e foram incluídos na revisão de escopo, compondo o corpus final do estudo.

A figura apresenta de forma sintética e sistematizada o fluxograma das etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos, em conformidade com as diretrizes do PRISMA-ScR. Esse procedimento assegura transparência, rastreabilidade e rigor metodológico ao processo de seleção das evidências, fortalecendo a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados da revisão.



Figura 1 - Fluxograma das Etapas da Revisão de Escopo



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.2 MAPEAMENTO CIENTÍFICO

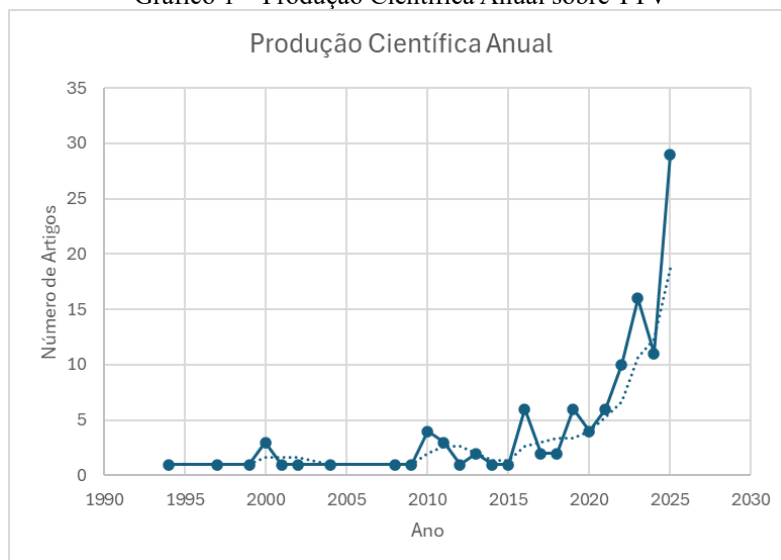
A produtividade anual científica sobre o tema é demonstrada pelo cálculo do número de artigos publicados sobre a TTV desde o ano de 1994 até 2024. Considerando que o ano 2025 (ano em curso) os dados são parciais até novembro/2025. Contudo esse ano ultrapassou o máximo de publicações da série histórica com 29 artigos publicados.

A figura 2 mostra artigos publicados por ano (1994-2025), observa-se crescimento a partir do ano 2005 e picos em anos específicos, como o ano de 2023. A linha pontilhada indica a tendência das publicações com uma média móvel de 3 anos, que é uma média aritmética simples.

Por questões metodológicas de acordo com os dados mais consistentes de publicações sobre o tema, os indicadores cientométricos serão tratados no período de 2016-2024, devido aos anos anteriores a 2016 apresentarem baixa ou nenhuma publicação. Assim, o recorte temporal no período de 2016-2024 reduz viés e melhora a comparabilidade interanual.



Gráfico 1 – Produção Científica Anual sobre TTV



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

No período 2016-2024, a produção acumulou 63 artigos publicados sobre o tema. A taxa de crescimento composto (*CAGR*) nesse período foi de , aproximadamente 7,87% ao ano, calculada como $(6/11)^{(1/8)} - 1 = 0,0787$, considera-se a média geométrica que é menos sensível as oscilações, indicando uma tendência a longo prazo.

A dinâmica ano a ano pode ser mais bem observada pela Taxa de Crescimento Anual (*AAGR*) soma das taxas anuais da média aritmética dividido por 8 anos resulta em aproximadamente de 30,68% ao ano, que evidencia as variações anuais positivas e altas. Como a *AAGR* de 30,68% é superior a *CAGR* de 7,87%, indica maior volatilidade no período de publicações, com anos de fortes altas e/ou quedas.

Para o período 2016-2024, as variações anuais no número de artigos apresentaram uma taxa mínima de -66,67% e máxima de 200%, com mediana de 25,00%. O desvio padrão das taxas foi de aproximadamente 84%(amostral), indicando elevada volatilidade ano a ano, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Análise Cientométrica da Produtividade de Artigos Científicos

Indicador	Valor
<i>CAGR</i> (2016-2024)	7,87%
<i>AAGR</i> (média das taxas definidas)	30,68%
Desvio-padrão (das taxas definidas)	84%
Taxa Mínima Anual Definida	-66,67%
Taxa Máxima Anual Definida	200,00%
Mediana (das taxas definidas)	25,00%

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Com base na taxa de crescimento percentual ano a ano (*AG*, considerando para o cálculo o número de artigos do ano atual subtraídos dos artigos do ano anterior e depois divididos pelo número de artigos do ano anterior. (2016-2017:-66,7%; 2017-2018:0,0%; 2018-2019:200,0%; 2019-2020:-33,3%; 2020-2021:50,0%; 2021-2022:66,7%; 2022-2023: 60% e 2023-2024: -31,3%). O que indica



um ganho estrutural nas publicações sobre o tema após 2021, apesar do recuo de 2024 em relação a 2023 a média é superior à média histórica do período 2016-2024.

Em 2023 foi identificada uma rede de autoria envolvendo Caten, Carla Shwengber Tem; Gaia, Silva; Silva, Luan Carlos Santos. A partir desse ano, observa-se elevação do patamar anual de publicações: a média passou de aproximadamente 5,1 artigos/ano em 2016-2022 para 13,5 artigos/ano em 2023-2024, com crescimento de 60% entre 2022-2023. Esses resultados sugerem influência da colaboração em rede no aumento da produtividade científica.

Pela análise de co-ocorrência das palavras-chave utilizadas pelos autores, foram identificadas redes, assim, as redes mais relevantes relacionam temas distintos (1) transferência de tecnologia, desenvolvimento sustentável e a transferência de tecnologia verde. Em menor grau de relevância, são atribuídas a redes (2) tecnologias verdes, inovação ambiental e difusão da inovação (3) sustentabilidade e tecnologias verdes (4) produção limpa e tecnologias amigas do ambiente.

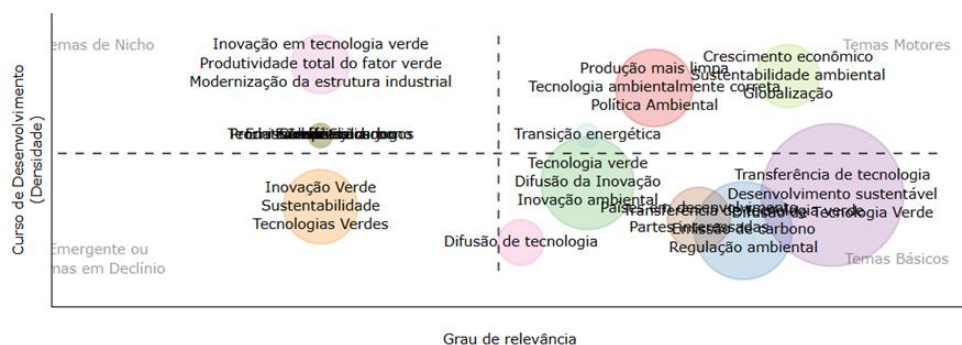
O mapeamento temático sobre a transferência de tecnologia verde identifica clusters abordados de maior relevância. Os temas básicos, que estão situados no quadrante à direita-baixo: (1) A relação entre a transferência de tecnologia, o desenvolvimento sustentável e difusão tecnológica verde (2) Partes interessadas (*stakeholders*) e desenvolvimento das cidades (3) transferência de tecnologia verde (4) Difusão tecnológica (5) Emissão de carbono e regulação ambiental.

Os temas que estão alavancando as publicações científicas, isto é, de maior interesse dos pesquisadores situados no quadrante superior direito, são: (1) Sustentabilidade Ambiental, crescimento econômico e globalização; (2) Produção Limpa, tecnologias ambientalmente corretas e política ambiental; (3) tecnologias verdes, inovação ambiental e difusão da inovação; (4) transição energética.

O tema considerado emergente, situado no quadrante inferior esquerdo, relaciona as tecnologias verdes, inovação verde e sustentabilidade.

Por fim, que são considerados temas de nicho, situados no quadrante superior esquerdo, com foco em organizações corporativas, são: (1) ecoeficiência, (2) política, financiamento e inovação (3) modernização da estrutura industrial, fator de produtividade total verde e inovação verde.

Figura 2 – Mapeamento Temático sobre Transferência de Tecnologia Verde



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.



Com base no tratamento de dados do VOSviewer, os cinco países que mais contribuíram com o tema são Brasil, China, Índia, Reino Unido e Estados Unidos.

A China, que apresenta o maior número de publicações e citações sobre o tema, especificamente o tema transferência de tecnologia verde, tem destacado a região da China, a Delta do Rio Yangtze. No entanto, tanto a TTV quanto a difusão de tecnologia verde são considerados como temas fundamentais, sendo impulsionados pelas pesquisas sobre inovação verde. Nos estudos mais especializados ou de nicho, os dois temas mais relevantes são: a associação entre a produtividade total dos fatores verdes e o aprimoramento da estrutura industrial, além da relação entre a regulação ambiental e a emissão de CO₂. Destaca-se também a relevância dos países que compõem o BRICS.

As publicações do Reino Unido no período de 2000 a 2025 remetem a estudos de países em desenvolvimento ou grupos de países, como os BRICS. Como também, ao impacto positivo da transformação digital para a transferência de economia verde, além disso, estudos voltados para o conceito de crescimento verde em relação ao crescimento econômico, além da importância das interações regulatórias na promoção da evolução da transferência de tecnologia verde entre regiões.

Em relação às publicações oriundas dos Estados Unidos a partir do ano 2000 sobre o tópico em questão, dedica-se a uma comparação entre as transferências de tecnologias ambientalmente sustentáveis provenientes de países industrializados avançados e aquelas nações em desenvolvimento. Entretanto, as mais relevantes contribuições para o estado da arte, com foco na indústria, incluem o artigo de Du e Li, publicado em 2019, o qual exerceu considerável influência nos estudos correlatos, estabelecendo uma relação entre a inovação verde e o fator total de produtividade de carbono associado às tecnologias verdes, tendo recebido 706 citações.

A Índia publica artigos sobre o tema desde 2013, com 5 artigos com abordagens voltadas para organizações corporativas formais e informais. Foco no papel das políticas ambientais na cadeia de suprimentos; as barreiras à TTV e exploram a interdependência entre o IDE e as tecnologias verdes emergentes na indústria.

No Brasil, cinco publicações entre 2019 e 2023 voltadas à exploração da transferência de tecnologia verde das tecnologias verdes desenvolvidas pelas academias, como as universidades. Focam na constatação do problema da fraca associação de tecnologias verdes transferidas para empresas, por meio da transferência de tecnologia verde na forma de contrato de licenciamento e no desenvolvimento de ferramentas para facilitar a TTV entre a Academia e Empresa. Esses trabalhos são de pesquisadores afiliados principalmente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal dos Grandes Dourados e Universidade Tecnológica do Paraná.

Sobre a coautoria de um pesquisador com outros de diferentes países, foram encontrados apenas autores dos Estados Unidos e China e China e Reino Unido, foram identificados, conforme evidenciado pelos indicadores de Força Total de ligação (vínculos) entre os pesquisadores.



Dessa forma, os dados são o seguinte: Brasil (5 artigos, 53 citações e 4 FLT); China (54 artigos, 1985 citações e 66 FLT); Índia (5 artigos, 164 citações e 3 FLT); Reino Unido (9 artigos, 322 citações e 38 FLT); e Estados Unidos (8 artigos, 818 citações e 23 FLT).

As teorias relacionadas a TTV no corpus são: Teoria da lacuna tecnológica; teoria da bricolagem de recursos, visão baseada em recursos e hipótese de Potter, Teoria dos sistemas e da teoria da aprendizagem; Teoria baseada em Recursos e Inovação Sustentável; Teoria das Redes Sociais, Teoria Baseada em Recursos e Teoria do Sistema de Inovação Regional; e Triple Bottom Line.

4.3 MAPEAMENTO ESTRATÉGICO DA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

A Matriz FOFA tradução do inglês da “SWOT matrix” criada para auxiliar na identificação de estratégias, tais como utilizar forças para aproveitar as oportunidades, investir em P&D para maximizar o IDE ou mitigar as fraquezas para enfrentar as ameaças, como a implementação de regulamentações para diminuir o controle corporativo. Ela considera as categorias de forças e fraquezas internas de uma organização e/ou país, além da avaliação de interações externas, tais como oportunidades e ameaças apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Matriz FOFA/SWOT para Transferência de Tecnologia Verde

Categoria	Descrição	Autores
Forças (Strengths) - Elementos internos que facilitam a TTV	Ambientes propícios com instituições de inovação, envolvimento social, capacidades humanas, políticas macroeconômicas, mercados sustentáveis, proteção de direitos de propriedade intelectual, P&D e equidade. Expectativas de líderes empresariais (reputação, vantagem competitiva) e especialistas em tecnologia (produção verde, inovação). Disponibilidade de fundos via apoio à P&D.	Hedger <i>et al.</i> (2000); Nguyen <i>et al.</i> (2022); Duan e Jin (2022); He (2024).
Fraquezas (Weaknesses) - Barreiras internas que limitam o processo.	Questões técnicas, jurídicas e preocupações legais na transferência. Competição industrial como moderadora negativa. Escassez de regulamentações específicas para importação e uso de tecnologias verdes.	Ramanathan (2002); Nguyen <i>et al.</i> (2022); Liao <i>et al.</i> (2024).
Oportunidades (Opportunities) - Fatores externos que podem ser explorados.	Agenda internacional de comércio e meio ambiente para financiamento e espaço político. Regulamentações ambientais semelhantes entre países para aumentar transferências. Investimento Direto Estrangeiro (IDE) como facilitador. Apoio à P&D para eficiência.	Banga (2022); Duan e Jin (2022); de Oliveira (2015); He (2024); Nguyen <i>et al.</i> (2022).
Ameaças (Threats) - Riscos externos que impedem a difusão.	Escassez de instrumentos jurídicos internacionais. Controle de tecnologias por poucos países ou corporações. Competição industrial exacerbada.	Borthakur (2023); Liao <i>et al.</i> (2024); Nguyen <i>et al.</i> (2022).

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

A matriz indica que um ecossistema de inovação robusto, incentivos empresariais e domínio técnico, financiamento de P&D estimulam a TTV. Já os obstáculos internos para as organizações são



os desafios técnicos, jurídicos e regulatórios, bem como a competição industrial e lacunas regulatórias específicas para importação e uso das tecnologias verdes.

Os fatores externos que trazem oportunidades são o apoio internacional e espaço político sobre o combate aos impactos ruins ao meio ambiente, uma harmonização regulatória ambiental, o investimento direto estrangeiro, a eficiência da P&D. E as ameaças externas são as lacunas existentes nos instrumentos internacionais, a concentração de controle tecnológico e a competição industrial intensificada.

4.4 PROGRAMAS/PLANOS DE AÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

Alguns programas de intervenção sobre a prática da transferência de tecnologia verde que envolveu países e empresas, são: O Projeto Transferência de Tecnologia Ambientalmente Adequada - TEST em economias de transição do Danúbio, como exemplo; Criação de Centros de Produção Mais Limpa - CPCs ou centros de tecnologia ambiental financiados e implementados pela Secretaria de Estado para Assuntos Econômicos da Suíça (SECO) e promovidos pela Organização das Nações Unidas e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA.

Além disso, a criação da Rede de Centros de Tecnologia Climática (CTCN) pela UNFCCC, que efetiva a transferência de tecnologia verde através da assistência técnica, acesso à informação e formação de rede, a partir da COP-16 em 2010. O Quadro 2, apresenta um comparativo entre os programas.

Quadro 2: Comparativo das iniciativas de transferência de tecnologia verde: programas globais e seus impactos

Programa	Foco Principal	Entidades envolvidas	Impacto Econômico/Inovador	Ano de Início/Exemplo
TEST	Transferência em economias de transição	UE, Países do Danúbio	Redução de custos e emissões; estímulo ao PIB verde	2010; Economias do Leste Europeu
CPCs	Processos industriais sustentáveis	SECO (Suíça), ONU, PNUMA	Eficiência operacional; inovação em economia circular	1990; Global, incluindo Brasil
CTCN	Assistência técnica e redes	UNFCCC	Acesso a tecnologias mais avançadas, evitando fases obsoletas	2010 (COP-16); Projetos de Bioeconomia na Amazonia

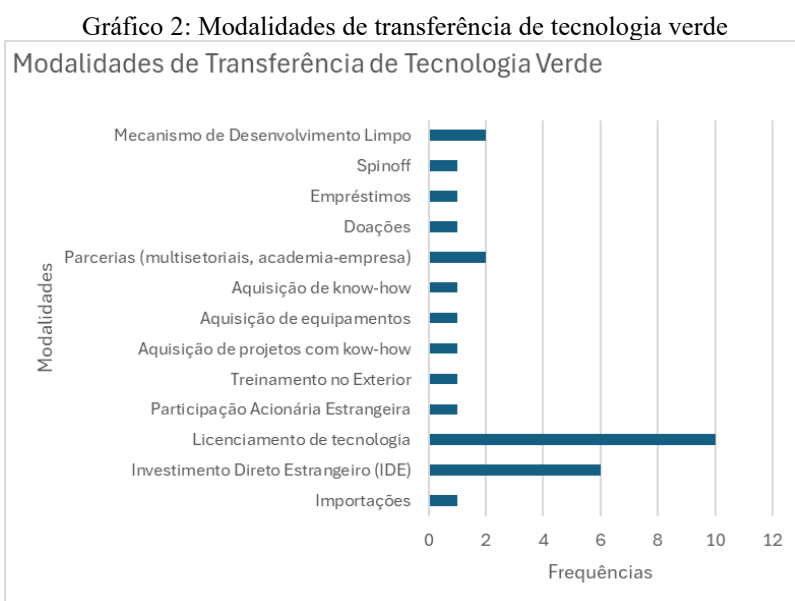
Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.5 FORMAS DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

A respeito das Formas de transferência de tecnologia verde, existem diversas modalidades relatadas nos estudos, de acordo com as frequências dos estudos do corpus, conforme o Gráfico 2, que mostra as modalidades de transferência de tecnologia verde. As modalidades mais citadas pelos autores são licenciamento de tecnologia e investimento direto estrangeiro.



A modalidade de transferência de tecnologia verde inclui ainda, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, *spin-off*, empréstimos, parcerias, aquisição de know-how ou de equipamentos, treinamento no exterior, participação acionária estrangeira e importações.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.6 INDICADORES DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

Quanto a medição de transferência de tecnologia verde, foi elaborado um conjunto de indicadores e suas respectivas dimensões, com base nos estudos desse corpus de Fernandes, Veiga, Ferreira e Hughes (2021), Zhao e Rasoulinezhad (2023), Shang, Lyu e Mi (2022), Liao *et al.* (2024), Jiang, Xu, Wang (2024).

Dimensão 1: Difusão e Adoção de Tecnológica (Foco na disseminação quantitativa)

- I. DT (Difusão Tecnológica): Contagem de patentes verdes por milhão de habitantes (fonte: OCDE/WIPO).
- II. Difusão Espacial: Número de acordos de licença/cessão de patentes verdes por região (fonte: bases de patentes nacionais).
- III. Fluxo de Conhecimento via Citações: Média de citações por patente verde (Base de Dados de Patentes).

Dimensão 2: Colaboração e Redes Internacionais (Foco nas parcerias)

- I. CITD (Colaboração Internacional): % de coinvenções com estrangeiros (Base de Dados de Patentes).
- II. Rede de Difusão do Conhecimento: Grau de conectividade em redes de citações (análise de rede).



- III. IDE % PIB Verde: Investimento direto estrangeiro em tecnologias verdes como % do PIB (Banco Mundial, em sinergia com Correlação entre IDE verde e redução de emissões - HPH).

Dimensão 3: Valor Multidimensional das Patentes (Foco na qualidade)

- I. Top (Valor Técnico): Número médio de citações de patentes recebidas.
II. Eop (Valor Econômico): Número de patentes citantes.
III. Lop (Valor Legal): Número médio de reivindicações por patente.

Dimensão 4: Contexto Econômico e Competitivo (Foco em barreiras competitivas)

- I. HHI (Concorrência Setorial): Índice de concentração no mercado de tecnologias verdes.
II. Sinergia HPH: Correlação entre IDE verde e redução de emissões atmosféricas

Para visualização do conjunto de indicadores foi elaborado o Quadro 3, para efeitos de comparação dos indicadores e suas respectivas dimensões.

Quadro 3 – Comparativo de indicadores de transferência de tecnologia verde

Dimensão	Indicador	Fórmula	Aplicações
Difusão	DT	Patentes verdes / População (milhões)	Medir adoção local
Colaboração	CITD	% Coinvenções internacionais	Fluxos transfronteiriços
Valor	Top	Nº citações recebidas da patente	Impacto Técnico
Contexto	HHI	Soma (quotas ²)	Barreiras Competitivas

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

4.7 MODELOS DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

Foram identificados três modelos sobre transferência de tecnologia verde (TTV): (I) Modelo Teórico baseado em Barreiras com e Oportunidades, com quatro macroetapas do ciclo PDCA de Corsi *et al.* (2021); (II) Modelo Conceitual no âmbito universidade-empresa de Silva, Tem Caten e Gaia (2023); (III) Modelo de Rede Multicamadas que incorpora conhecimento, empresas e cidades, elaborados por Shi, Sui e Huang (2025).

O modelo I enfatiza o gerenciamento da TTV por meio de abordagem mais gerencial e de processo através da aplicação do ciclo PDCA para uma gestão de melhoria contínua. Esse modelo propõe superar os desafios da TTV por um roadmap de ação e autocorreção de aspectos práticos e de gestão da TTV.

O modelo II detalha as fases e atividades específicas da TTV com um foco particular no contexto da universidade-empresa. Esse modelo entrega os fluxos de trabalho para transferir uma tecnologia verde de uma universidade para empresa como um guia passo a passo.

Ele estrutura a TTV em três macro fases com etapas operacionais: a) Pré-Transferência que envolve uma avaliações antropto-tecnológica, da estrutura da TTV e de educação empreendedora; b)



Desenvolvimento da Transferência que engloba a gestão da propriedade intelectual, valoração da tecnologia e gestão da transferência; e c) Pós-Transferência que requer a análise de mercado, análise da sociedade e a análise ambiental.

As principais contribuições são na estruturação em fases que detalha o ciclo de vida da tecnologia desde a concepção até o monitoramento; o foco Universidade-empresa aborda as particularidades da TTV entre a academia e indústria, que é um dos principais canais, contribui também com as atividades operacionais com ações concretas para cada etapa (ex: planejamento de pesquisa, definição de equipe, definição de ferramentas, etc.) e, por fim, incluem dimensões abrangentes como os aspectos sociais e ambientais no pós-transferência reforçando a “verde” da tecnologia.

O modelo III foca na estrutura subjacente e nos fatores contextuais que influenciam a TTV. Esse modelo é importante para entender o ambiente onde a TTV acontece, as interconexões entre atores e as barreiras ou facilitadores estruturais. Respondendo assim, os padrões de fluxo de conhecimento e se a localização ou a bagagem de conhecimento das empresas afetam a capacidade de TTV.

Ele propõe uma rede multicamadas que interliga o conhecimento (patentes etc.) que se conectam, as empresas com suas interações e a capacidade de absorver e transferir tecnologia com as cidades/regiões que impactam a TTV pelo ambiente macro (geográfico, institucional e cognitivo).

As principais contribuições é o reconhecimento que a TTV acontece em meio de uma rede complexa de relações, a indicação de fatores micro e macro que analisa tanto as características internas das empresas (recursos de conhecimento, especialização, potencial de combinação) quanto as distâncias entre elas (geográfica, institucional e cognitiva), bem como o impacto da Absorção e Transferência Externa diferenciando o que facilita uma empresa a receber tecnologia do que a transferir para outras.

4.8 AGRUPAMENTO DE CLUSTERS E IDENTIFICAÇÃO DE LACUNA DE PESQUISA

Ao realizar o agrupamento de clusters sobre o tema, o cluster 1 indica as lacunas de conhecimento sobre a relação entre transferência de tecnologia verde, inovação e capacidade absorptiva, que apresentou os melhores indicadores, na proporção percentual de green technology transfer - conf 45.5% innovation - conf 100% absorptive capacity - conf 100%. O que evidencia os termos “inovação” e “capacidade absorptiva” são temas bem explorados individualmente na literatura (confiança de 100%) a relação específica entre a transferência de tecnologia verde (TTV) e a capacidade absorptiva ainda é um território menos mapeado (45,5% de confiança), apesar de ter uma centralidade e impactos significativos, centralidade de 1.738 e impacto de 1.140 e frequência total de 11, conforme o agrupamento do Cluster 1 e os scores dos documentos de acordo com as citações locais, sendo que o artigo Adomako (2024) possui o maior score de 2,54 e os demais score 1. No documento de Xu (2024), a capacidade de absorção verde está relacionada a tecnologia de difusão verde.



Esse cluster aponta para uma área de grande potencial para o aprofundamento dessa pesquisa, para entender como a capacidade absorptiva verde (CAV) interage, influencia e é influenciada especificamente no contexto da Transferência de Tecnologia Verde.

4.9 PERSPECTIVAS SOBRE A INFLUÊNCIA DA CAPACIDADE ABSORTIVA VERDE NOS MODELOS DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA VERDE

Ao incorporar a Capacidade Absortiva Verde (CAV) em um arcabouço unificado que integre os modelos I, II e III de Modelos de transferência de tecnologia verde (TTV) examinados neste estudo, emergem as seguintes considerações:

No modelo I. A CAV, apesar de não ser um componente explícito do ciclo PDCA, atua como premissa fundamental para o sucesso de todas as etapas. Organizações com CAV incipiente tendem a apresentar fragilidades na etapa do planejamento Plan (identificação de tecnologias relevantes), no Do (implementação da TTV), no Check (avaliação de resultados e impactos) e no Act (ajustes orientados pela aprendizagem).

Essa lacuna configura uma oportunidade de refinamento: explicitar, no próprio PDCA aplicado a TTV, uma etapa dedicada à avaliação, ao desenvolvimento da CAV. Esse aspecto suscita a necessidade de investigações futuras sobre em que medida a fase Act pode ser desenhada para induzir intervenções que elevem a CAV dos atores envolvidos na TTV?

A respeito do modelo II. No plano operacional, a CAV é determinante, sobretudo nas fases de Pré-Transferência (por exemplo, diagnóstico da estrutura de TTV, educação empreendedora e organizacional que potencializa a capacidade absorptiva) e de Pós-Transferência (quando a efetividade da tecnologia transferida, no mercado, na sociedade e no ambiente - depende da capacidade do destinatário de internalizá-la e explorá-la).

Como oportunidade de aprimoramento, propõe-se detalhar atividades operacionais específicas para aferir e desenvolver a CA dos parceiros. Exemplos: incluir, na Pré-Transferência, uma “Análise da Capacidade Absortiva do Receptor”, com indicadores e instrumentos específicos; e, na Pós-Transferência, mensurar o incremento da CAV como resultado da TTV, em vez de tratá-la apenas como condicionante do processo.

No Modelo III, a literatura frequentemente trata a capacidade absorptiva como um atributo da firma que condiciona a assimilação tecnológica. Persiste, entretanto, uma lacuna quanto a: (i) como a estrutura de rede influencia o desenvolvimento da CAV especificamente no domínio das tecnologias verdes; e (ii) de que modo a CAV modula a formação, a estabilidade e o desempenho das relações de TTV em redes multicamadas.

Nesse sentido, há espaço para investigar não apenas a existência da CAV, mas também sua trajetória evolutiva e suas dinâmicas de interação no interior dessas estruturas.



4.10 PROPOSTA DE MODELO CONCEITUAL ADAPTADO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Propõe-se um modelo integrado de transferência de tecnologia verde (TTV), onde a Capacidade Absortiva Verde (CAV) é vista como um eixo transversal, dinâmico e interligado entre as diversas camadas analíticas.

A CAV é concebida não como atributo estático, mas como uma capacidade que se desenvolve, avalia e se aprimora ao longo do tempo, influenciando e sendo influenciada pelos processos de TTV. Portanto, o modelo inclui três níveis de análise da TTV: (i) nível sistêmico (estrutural e contextual), (ii) nível gerencial, e (iii) nível operacional. A Capacidade Absortiva Verde (CAV) se mantém como um ponto central que liga e troca informações entre esses três níveis com o tempo.

4.10.1 Nível sistêmico (estrutural e contextual):

- Diagnóstico da CAV: Adotar um enquadramento estrutural e contextual inspirado em Shi, Sui e Huang (2025) para diagnosticar a CAV em diferentes ambientes organizacionais e territoriais.
- Efeitos de rede e posicionamento: Avaliar como o posicionamento da firma em redes multicamadas, as distâncias geográfica, institucional e cognitiva, e a conectividade com atores-chave (cidades, instituições de pesquisa, empresas âncora) moldam a CAV relevante para a TTV.
- Acoplamento CAV-TTV: Investigar como a CAV pré-existente modula a formação de relações de TTV e a velocidade de difusão de tecnologias verdes, bem como como a TTV retroalimenta e constrói a CAV ao longo do tempo.

Dimensão Gerencial

4.10.2 Nível gerencial (ciclo PDCA) - Com base em Corsi *et al.* (2021), a gestão da TTV deve incorporar a avaliação e o desenvolvimento da CAV ao longo do ciclo PDCA:

- Plan (planejar): Realizar uma avaliação sistemática da CAV dos atores envolvidos na TTV, definindo requisitos mínimos de CAV para o êxito da transferência e verificando a adequação dos parceiros.
- Do (executar): Implementar programas específicos para desenvolver ou fortalecer a CAV dos receptores, como treinamentos, workshops e intercâmbio de pessoal, com atenção especial às tecnologias verdes de maior complexidade.
- Check (verificar): Monitorar o progresso no desenvolvimento da CAV e mensurar sua relação com resultados intermediários e finais da TTV.



- Act (agir): Ajustar programas e mecanismos de transferência com base nas evidências coletadas em “Check”, aprimorando continuamente o alinhamento entre requisitos de CAV e estratégias de TTV.

4.10.3 Nível Operacional (fases do processo) Seguindo Silva *et al.* (2023), as fases operacionais incorporam a CAV como critério e mecanismo:

- Pré-transferência: Incluir uma subetapa explícita de análise de prontidão da CAV do receptor, avaliando base de conhecimento, diversidade de habilidades e cultura organizacional específicas para TTV verde. A educação empreendedora deve ser utilizada como instrumento de construção de CAV.
- Desenvolvimento da transferência: Conduzir a valoração da tecnologia e a gestão da propriedade intelectual considerando a CAV do receptor ao definir termos e mecanismos de transferência. Em contextos de CAV mais baixa, prever suporte ampliado e modelos de licenciamento diferenciados.
- Pós-transferência: Avaliar impactos de mercado, sociais e ambientais juntamente com a verificação de como a TTV construiu ou aprimorou a CAV do receptor e como essa evolução da CAV influenciou o impacto final da tecnologia verde.

4.11 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Como o estudo é qualitativo, de revisão de escopo da literatura, cabe considerar que estudos com aplicação de questionários em organizações corporativas e academias podem mostrar um perfil por segmentos de atuação, meio de um delineamento quantitativo. A partir disso, é possível reavaliar a proposta do modelo adaptado e talvez considerar uma nova proposta de modelo, diferente deste modelo adaptado, ou dos modelos individualizados I, II e III do corpus.

5 CONCLUSÃO

De acordo com essa revisão de escopo, o tema transferência de tecnologia verde ainda carece de amadurecimento, principalmente em alguns países emergentes. Entretanto, as investigações sobre transferência de tecnologia verde e seus diversos mecanismos de execução apontam para o aprofundamento da lacuna de pesquisa sobre a capacidade de absorção verde que se revela o elo importante entre a TTV e inovação verde.

No contexto geral, para avançar na prática da TTV, são necessários investimentos do país e de empresas em educação, pesquisa e desenvolvimento, criar políticas que recompensem empresas mais sustentáveis ambientalmente e oferecer dispositivos legais que protejam a propriedade intelectual, incentivando assim a inovação verde.



Além disso, as nações devem buscar acordos bilaterais e multilaterais para harmonizar as regulamentações e criar um ambiente mais propício para o investimento direto estrangeiro e melhor direcionamento de apoio a P&D.

Avançar na cooperação internacional para desenvolver marcos jurídicos mais robustos e equitativos, promover a diversificação das fontes de tecnologia verde, fomentar a inovação local para reduzir as dependências tecnológicas e combater a concentração de capital e tecnologia irá reduzir as ameaças e barreiras à transferência de tecnologia verde.

Mostra-se importante a adoção de um modelo conceitual que valorize a capacidade dinâmica absorptiva verde para melhorar a transferência de tecnologia verde nas organizações corporativa e sua relação com as organizações que desenvolvem pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D e I). Além disso, o estudo contribui para o avanço teórico ao integrar a capacidade absorptiva verde como elemento transversal nos modelos de transferência de tecnologia verde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001. E o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano).



REFERÊNCIAS

- ADOMAKO, Samuel; TRAN, Mai Dong. Exploring the effect of R&D support, green technology transfer, sustainable innovation. *Sustainable Development*, v. 32, n. 5, p. 4758-4769, 2024.
- BAI, Yu et al. Can environmental innovation benefit from outward foreign direct investment to developed countries? Evidence from Chinese manufacturing enterprises. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 12, p. 13790-13808, 2020.
- BANGA, Rashmi. Trade and Environment: Can International Trading Rules Help?. *Development*, v. 65, n. 1, p. 10-13, 2022.
- BAUM, Matthias; SCHWENS, Christian; KABST, Ruediger. A latent class analysis of small firms' internationalization patterns. *Journal of World Business*, v. 50, n. 4, p. 754-768, 2015.
- BORTHAKUR, Barasha. Who owns what? The patent landscape of environmentally sound technologies. *Journal of Intellectual Property Law and Practice*, v. 18, n. 8, p. 566-586, 2023.
- CHEN, Yanchun; HAN, Botang; LIU, Wenmei. Green technology innovation and energy intensity in China. *Natural Hazards*, v. 84, n. Suppl 1, p. 317-332, 2016.
- COHEN, Wesley M. et al. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.
- CORSI, Alana et al. Technology transfer oriented to sustainable development: proposal of a theoretical model based on barriers and opportunities. *Scientometrics*, v. 126, n. 6, p. 5081-5112, 2021.
- DU, Kerui; LI, Jianglong. Towards a green world: How do green technology innovations affect total-factor carbon productivity. *Energy Policy*, v. 131, p. 240-250, 2019.
- DUAN, Dezhong; JIN, Hong. Environmental regulation and green technology diffusion: A case study of Yangtze River Delta, China. *Land*, v. 11, n. 11, p. 1923, 2022.
- ESCOBAR DOMINGUEZ, Alina; MORENO CRUZ, Marta Milagros. Propiedad intelectual y transferencia de tecnologías ecológicamente racionales: apuntes sobre el preámbulo, los objetivos y principios del acuerdo sobre los ADPIC. *Revista chilena de derecho y ciencia política*, v. 14, 2023.
- FERNANDES, Cristina I. et al. Green growth versus economic growth: do sustainable technology transfer and innovations lead to an imperfect choice?. *Business strategy and the environment*, v. 30, n. 4, p. 2021-2037, 2021.
- HE, Yugang. Promoting Environmental Sustainability: The Role of Renewable Energy Systems and Environmental Taxes. *Applied Sciences*, v. 14, n. 16, p. 7404, 2024.
- HEDGER, M. M. et al. Enabling environments for technology transfer. In: *Methodological and technological issues in technology transfer. A special report of IPCC Working Group III*. Cambridge University Press, 2000. p. 105-141.
- HÖTTE, Kerstin. How to accelerate green technology diffusion? Directed technological change in the presence of coevolving absorptive capacity. *Energy Economics*, v. 85, p. 104565, 2020.



JIANG, Ying; XU, Jin; WANG, Guofei. Trade in green patents: How do green technologies flow in China?. *The Journal of Technology Transfer*, v. 49, n. 3, p. 823-856, 2024.

KIRCHHERR, Julian; URBAN, Frauke. Technology transfer and cooperation for low carbon energy technology: Analysing 30 years of scholarship and proposing a research agenda. *Energy policy*, v. 119, p. 600-609, 2018.

LI, Yaya et al. Structural characteristics and determinants of an international green technological collaboration network. *Journal of Cleaner Production*, v. 324, p. 129258, 2021.

LIAO, Zhongju et al. Does the patent value of green technology affect its transfer? The moderating role of industry competition. *Environmental Research*, v. 241, p. 117620, 2024.

LOSACKER, Sebastian. 'License to green': Regional patent licensing networks and green technology diffusion in China. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 175, p. 121336, 2022.

MA, Jing; WU, Lihua; HU, Jingxuan. Dynamic evolution and driving mechanism of a multi-agent green technology cooperation innovation network: Empirical evidence based on exponential random graph model. *Systems*, v. 13, n. 8, p. 706, 2025.

MOORE, Keith M.; THIONGANE, Soukeye. Rural Senegalese perceptions of environmental quality. *The Journal of Technology Transfer*, v. 25, n. 3, p. 307-317, 2000.

MORSINK, Karlijn; HOFMAN, Peter S.; LOVETT, Jon C. Multi-stakeholder partnerships for transfer of environmentally sound technologies. *Energy Policy*, v. 39, n. 1, p. 1-5, 2011.

MUNN, Zachary et al. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC medical research methodology*, v. 18, n. 1, p. 143, 2018.

NGUYEN, Hieu Thanh et al. Green technology transfer in a developing country: Mainstream practitioner views. *International Journal of Organizational Analysis*, v. 30, n. 3, p. 699-720, 2022.

POLLOCK, Danielle et al. Recommendations for the extraction, analysis, and presentation of results in scoping reviews. *JBIM evidence synthesis*, v. 21, n. 3, p. 520-532, 2023.

RAMANATHAN, R. Successful transfer of environmentally sound technologies for greenhouse gas mitigation: a framework for matching the needs of developing countries. *Ecological Economics*, v. 42, n. 1-2, p. 117-129, 2002.

SANTOS SILVA, Luan Carlos et al. Tool for assessment of the green technology transfer structure in Brazilian public universities. *Sustainability*, v. 15, n. 8, p. 6873, 2023.

SHANG, Yongmin; LYU, Guoqing; MI, Zefeng. Green technology transfer, environmental regulation, and regional green development chasm: Based on the empirical evidence from Yangtze River Delta. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 21, p. 13925, 2022.

SHI, Xiaoyi; SUI, Feixue; HUANG, Xiaoxia. Green technology transfer for firms in a multi-layer network perspective: The dual impact of knowledge resources and regional environment. *Environmental Technology & Innovation*, v. 39, p. 104291, 2025.



TERÁN-BUSTAMANTE, Antonia; MARTÍNEZ-VELASCO, Antonieta; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, Andrée Marie. University–industry collaboration: a sustainable technology transfer model. *Administrative Sciences*, v. 11, n. 4, p. 142, 2021.

WU, Aiping; LI, Hua. The impact of government subsidies on contract design of green technology R&D cooperation. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 34, n. 11, p. 1263-1279, 2022.

XING, Guangyuan; DONG, Hao. Outward foreign direct investment and industrial structure upgrading: The mediating role of reverse green technology innovation, the moderating role of R&D investment and environmental regulation. *Sustainability*, v. 15, n. 11, p. 9062, 2023.

XU, Guannan et al. How do competition and collaboration promote green technology diffusion? Evidence from the global hydropower industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 478, p. 143890, 2024.

YAN, Zheming et al. Convergence or divergence? Understanding the global development trend of low-carbon technologies. *Energy Policy*, v. 109, p. 499-509, 2017.

YANG, Xiaohui; JIA, Zhen; YANG, Zhongmin. Spatial impact mechanism of Chinese technology diffusion on CO2 emissions in the countries along the Belt and Road Initiative. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 8, p. 21368-21383, 2023.

YUAN, Wenhua; LU, Weixiao; ZHANG, Junyan. The impact of depth of environmental provisions and CO2 emissions embodied in international trade. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 49, p. 108301-108318, 2023.

ZHANG, Lupeng; XUE, Lan; ZHOU, Yuan. How do low-carbon policies promote green diffusion among alliance-based firms in China? An evolutionary-game model of complex networks. *Journal of cleaner production*, v. 210, p. 518-529, 2019.

ZHANG, Zhenyu; REN, Xumin. Multidimensional legal research on the transfer of environmentally sound technologies in China. *Sustainability*, v. 15, n. 3, p. 2151, 2023.

ZHAO, Hong-xiao et al. Spatial evolution of green technology cooperation among three major urban agglomerations in China and its carbon emission reduction effect. *Journal of Natural Resources*, v. 39, n. 6, p. 1341-1357, 2024.

ZHAO, Linhai; RASOULINEZHAD, Ehsan. Role of natural resources utilization efficiency in achieving green economic recovery: evidence from BRICS countries. *Resources Policy*, v. 80, p. 103164, 2023.

