

Balanços Bibliográficos

Instrumentos do Estado para estimular a ecoinovação: uma revisão sistemática

ID Emanuel Galdino^I

<https://orcid.org/0000-0002-2922-3940>

ID Tania Pereira Christopoulos^{II}

<https://orcid.org/0000-0001-6310-3216>

DOI: [10.17666/bib10006/2024](https://doi.org/10.17666/bib10006/2024)

Submetido em: 09/06/2023

Ressubmetido em: 09/06/2023

Aceito em: 03/06/2024

Introdução

A mudança do paradigma tecnológico e a promoção de uma economia baseada nos princípios do desenvolvimento sustentável são desafios tanto globais como regionais. Apesar de estar na pauta dos governos ao redor do mundo, na prática, essa transformação vai depender de ações de todos os setores da sociedade, incluindo o privado. As empresas e a indústria terão papel fundamental na redução do impacto ambiental e uso eficiente de recursos naturais. Para tanto, deverão desenvolver novos processos e tecnologias mais limpas (Jang *et al.*, 2015).

No entanto, existe sempre o perigo dessas tecnologias emergentes aderirem a um ciclo vicioso, de não serem adotadas por terem um custo elevado para o seu desenvolvimento e serem justamente custosas porque não são adotadas. Barreiras externas e internas podem ser citadas, contribuindo para a retroalimentação desse processo. Entre as principais barreiras internas para o desenvolvimento, estão as condições das empresas, como a falta de recursos financeiros e características tecnoeconômicas, já que a ecoinovação pode ser muito custosa ou estar totalmente incompatível com o processo de produção adotado. No ambiente externo, contribuem a dinâmica dos mercados em que as empresas estão inseridas (Caravella; Crespi, 2020) e a ausência de pressão de atores sociais (consumidores, formuladores de políticas e organizações não governamentais) (del Río; Carrillo-Hermosilla; Könnölä, 2010; del Río *et al.*, 2016).

^I Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP) - São Paulo (SP), Brasil. E-mail: emanuel.galdino@usp.br.

^{II} Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP) - São Paulo (SP), Brasil. E-mail: tchristo@usp.br.

As forças do mercado fornecem incentivos insuficientes para que a empresa invista no desenvolvimento ou na difusão de tecnologias ambientais (Popp, 2019) pois, seja qual for o objetivo da inovação, ambiental ou não, o seu desenvolvimento sempre estará sujeito a três tipos de falhas de mercado: a apropriação incompleta, barreiras econômicas e financeiras e demanda incerta (Caravella; Crespi, 2020), agravadas por assimetria de informações (Tsai; Liao, 2017b).

A apropriação incompleta de atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), derivada da falta de recursos para investimentos nas fases pré-comerciais da oferta da tecnologia é empecilho para que muitas tecnologias ambientais cheguem ao mercado (Polzin; von Flotow; Klerkx, 2016), levando à oferta subótima de conhecimento gerado e consequentes perdas sociais (Ghisetti, 2017). A apropriabilidade limitada dos investimentos de P&D em ecoinovações pelo agente inovador justifica-se também pelos riscos de transbordamentos (*spillovers*) do conhecimento tecnológico, que pode, então, ser facilmente apropriado por outras empresas que não necessariamente investiram tempo e recursos para desenvolver aquela inovação. A dupla-externalidade aparece então como um dilema: necessidade de atuar para a redução das externalidades negativas ao meio ambiente e geração de benefícios para a sociedade, por um lado; e receio de apropriação da inovação pelo agente inovador, em função de seus riscos de imitação, por outro. (Caravella; Crespi, 2020; Chen; Cheng; Dai, 2017; Costa-Campi; García-Quevedo; Martínez-Ros, 2017; del Río *et al.*, 2010; del Río; Peñasco; Romero-Jordán, 2015; Vicianová; Jačudřová; Rolíková., 2017; Jové-Llopis; Segarra-Blasco, 2018; Yuan; Zhang, 2020).

Nesse sentido, incentivos para que as empresas produzam externalidades positivas são essenciais (Jové-Llopis; Segarra-Blasco, 2018), como políticas de Estado para minimizar os problemas da dupla externalidade, estimulando apropriação dos benefícios de desenvolvimento de inovações pelas empresas (Caravella; Crespi, 2020), já que a máquina privada de produção de inovações verdes não está preparada para solucionar esse desafio (Veugelers, 2012).

Entre os instrumentos de estímulo, destacam-se as regulações, suporte financeiro, incentivos à P&D e fomento a mercados sustentáveis (Jang *et al.*, 2015), que podem potencializar e influenciar tanto o ritmo quanto a direção da inovação empresarial, por meio do seu papel na regulação e promoção de incentivos a aspectos relacionados a sistemas industriais, consumidores e serviços (Wang; Zou, 2018).

A tipologia dominante divide os instrumentos ambientais com relevância para a inovação em três campos: regulação (normas e regras); instrumentos de impulso pela tecnologia (*technology-push*), que influenciam a oferta de novos conhecimentos; e instrumentos de indução pela demanda (*demand-pull*), que afetam o tamanho do mercado para uma nova tecnologia (Taylor, 2008).

A principal contribuição deste artigo é justamente investigar o estado da arte das pesquisas científicas que analisam os instrumentos utilizados pelo Estado para promover o desenvolvimento de ecoinovações nas empresas. Para tanto, recorre-se ao método da revisão sistemática da literatura. Essa abordagem, além de permitir entender a direção que os estudos da área estão seguindo em diferentes regiões do mundo, também possibilitou visualizar possíveis lacunas e rumos de pesquisa que deveriam ser postos em prática pelos estudos que tenham o Brasil e suas políticas como objeto.

Além desta introdução, o artigo apresenta outras três seções. Primeiramente, é detalhado o processo de revisão sistemática da literatura. A terceira seção apresenta um panorama de como os instrumentos de estímulo à ecoinovação têm sido estudados na literatura científica e, principalmente, quais resultados essas

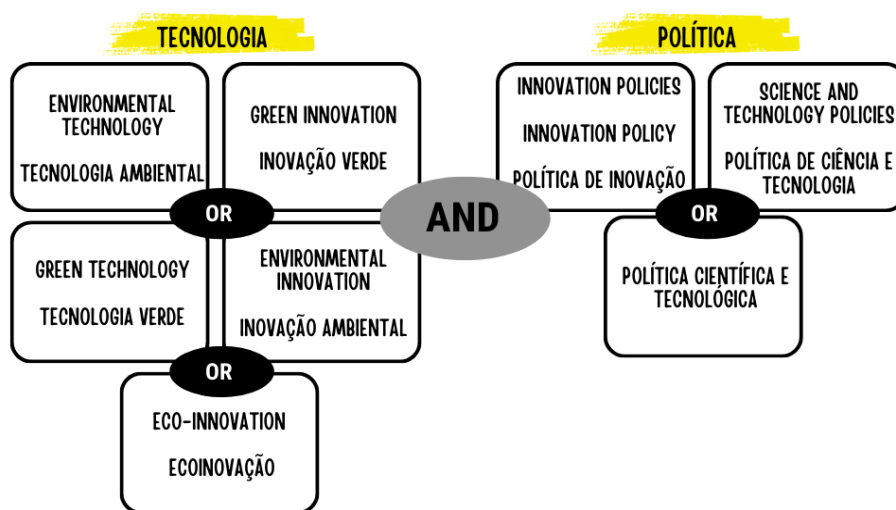
pesquisas apontam. A seção 4 apresenta as considerações finais deste trabalho, além de compilar as lacunas encontradas e sugerir possíveis pesquisas futuras.

Método: revisão sistemática

Para elaborar o diagnóstico e a caracterização da temática envolvendo políticas públicas e desenvolvimento tecnológico em benefício do meio ambiente, optou-se por analisar os trabalhos científicos, sem filtro por período. A metodologia adotada para a seleção dos artigos foi a revisão sistemática da literatura, por permitir a identificação do estado da arte sobre a temática e revelar as possíveis lacunas que ainda não foram investigadas (Okoli, 2015). É um método que permite identificar, organizar, avaliar e sintetizar as evidências científicas sobre uma determinada área de forma rigorosa, menos tendenciosa e racional (Roever, 2020).

Foram utilizadas três bases eletrônicas indexadas: Web of Science, Scopus e SciELO. A escolha por essas bases se justifica pelo fato de apresentarem artigos que foram submetidos à revisão por pares, tanto em inglês, por ser a língua mais utilizada na redação de trabalhos científicos, como em português, para contemplar os estudos realizados pelos pesquisadores brasileiros. Os descritores de busca usados permitiram a combinação de sinônimos de tecnologias ambientais com expressões sobre políticas públicas para o seu desenvolvimento. O *string* de busca está exemplificado na Figura 1.

FIGURA 1 - *String* de busca usados na revisão sistemática

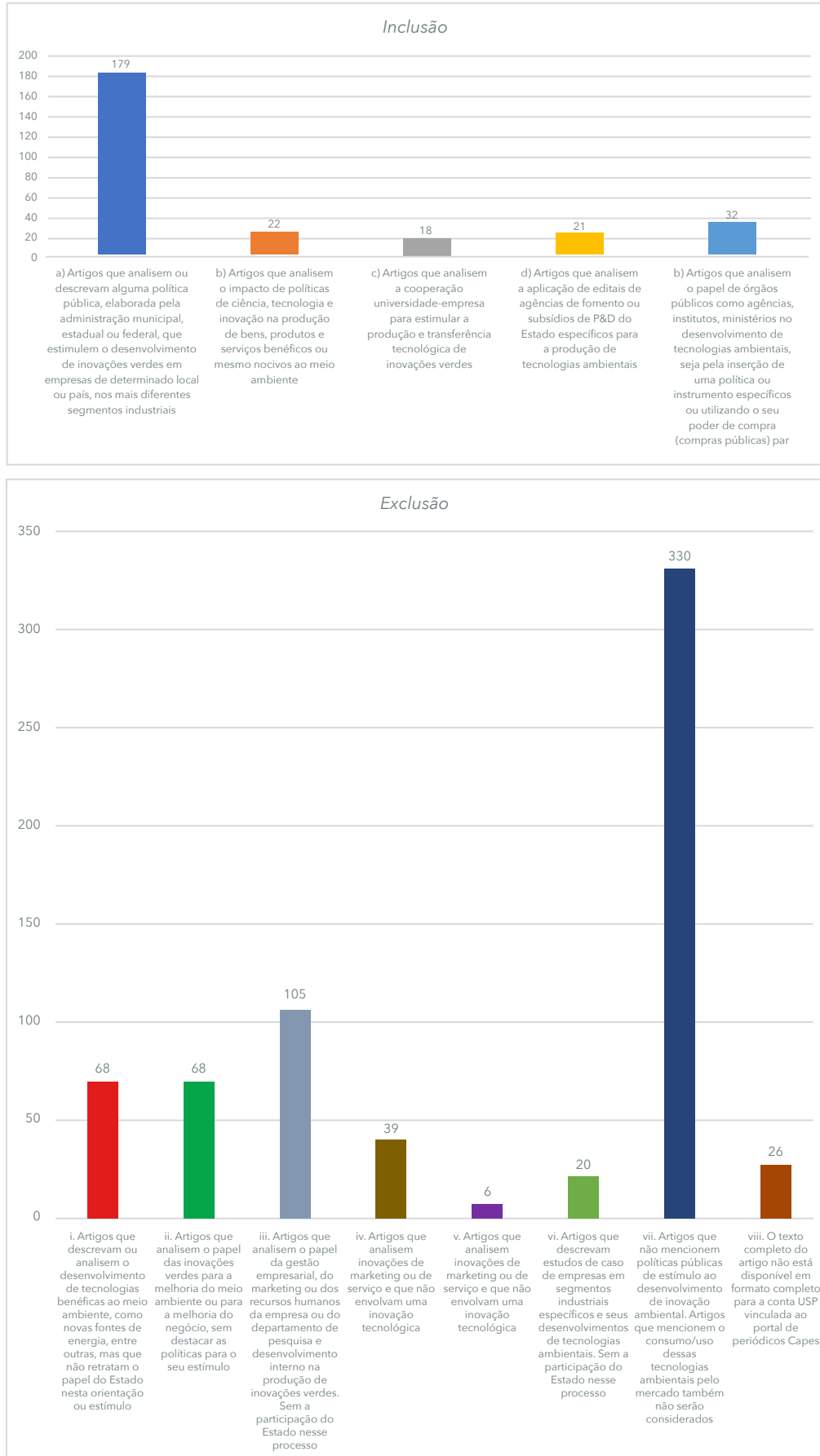


Fonte: Elaboração própria

Para uma pré-avaliação, os títulos e resumos de todos os trabalhos listados foram lidos e submetidos aos critérios de inclusão e exclusão apresentados na Figura 2. Se o artigo tivesse pelo menos um critério de inclusão assinalado e não contivesse nenhum critério de exclusão definido, seria selecionado para a leitura na íntegra. Após essa leitura rigorosa, os mesmos critérios de inclusão e exclusão foram usados para definir se o artigo poderia ser incluído na revisão sistemática.

Esta revisão da literatura foi elaborada a partir da análise de 126 artigos selecionados, extraídos de uma base inicial de 774 trabalhos. A Figura 2 mostra um panorama dos artigos incluídos e excluídos desta revisão da literatura a partir dos critérios estabelecidos.

FIGURA 2 - Panorama do processo de seleção dos artigos de acordo com critérios prévios



Fonte: Elaboração própria

Resultados e discussões

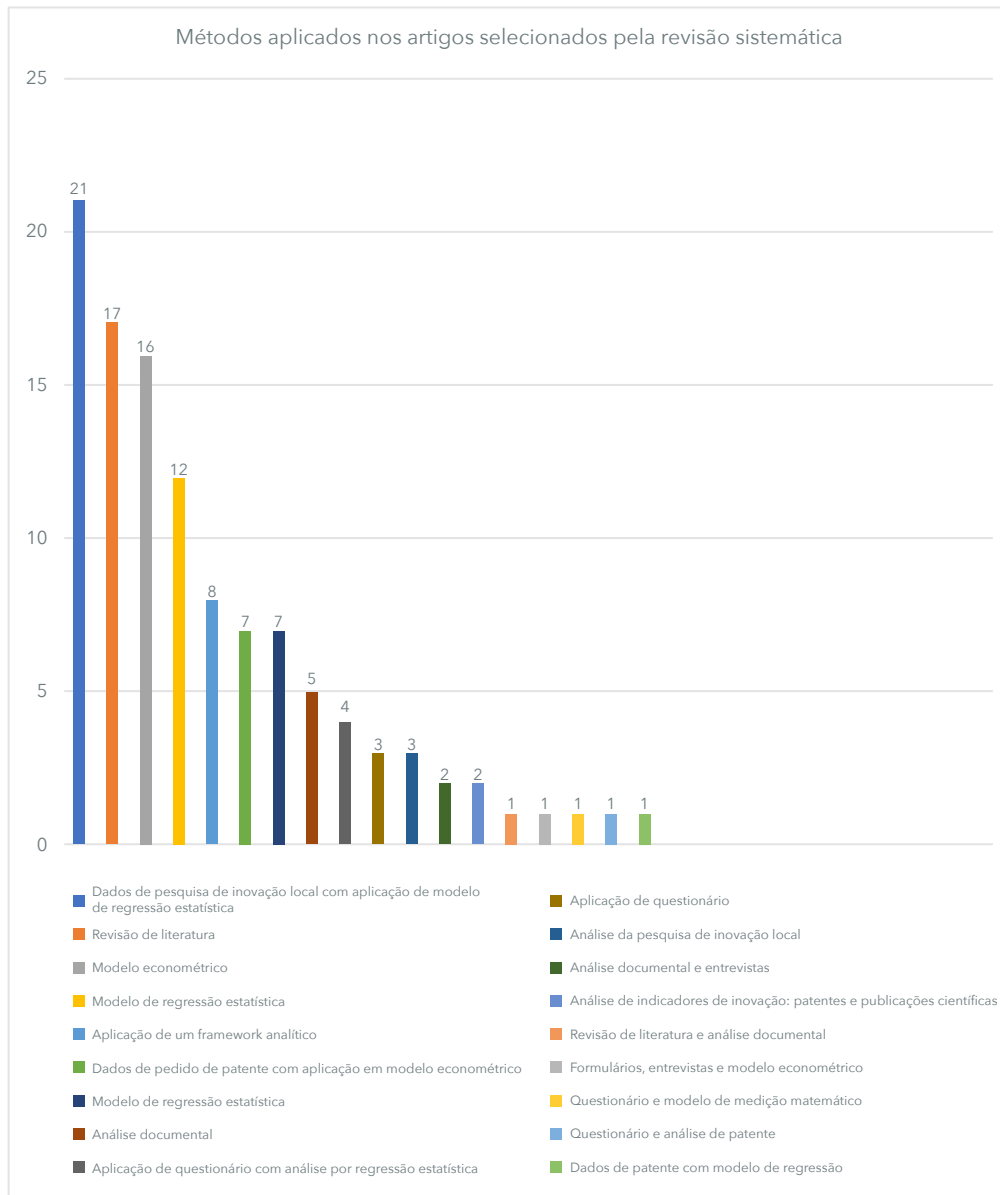
Esta seção apresenta a análise de como a literatura científica tem abordado os instrumentos do Estado aplicados ao estímulo do desenvolvimento deecoinovações por empresas. O panorama apresentado baseia-se nos 126 artigos selecionados durante o processo de revisão sistemática.

A maioria dos trabalhos selecionados investigam o fenômeno a partir de análises de regressão estatística ou de modelos econométricos. O desenho desses estudos pode utilizar dados da pesquisa de inovação dos países ou dados de pedido de patentes. São poucos artigos que analisam essa questão a partir de métodos qualitativos. A Figura 3 mostra os principais métodos usados nos artigos selecionados.

Os estudos na área têm demonstrado crescimento a partir do ano de 2015, justamente no período de importantes marcos para a área ambiental, como a criação da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. A Figura 4 apresenta a evolução durante os anos dos trabalhos que analisam os estímulos para o desenvolvimento deecoinovações.

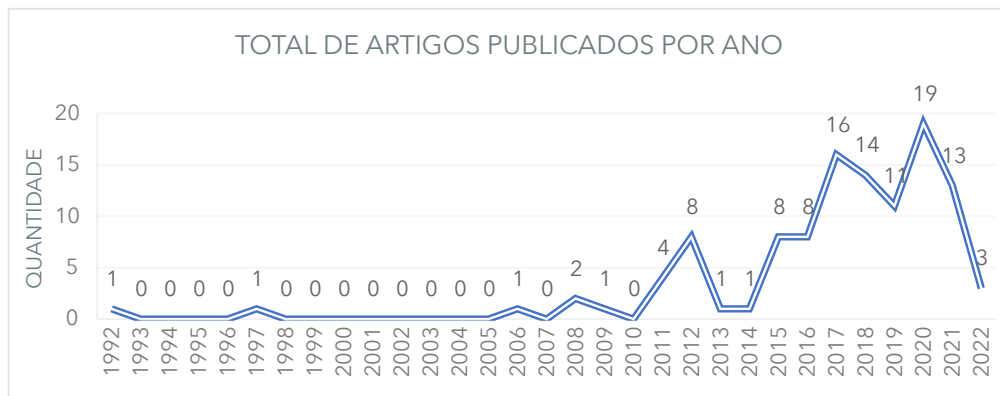
Este trabalho identificou que a literatura tem dividido esses instrumentos em três grupos: regulações, políticas de impulso pela tecnologia e políticas de indução pela demanda. Cada um desses grupos engloba instrumentos específicos com peculiaridades e propostas diferentes. O Quadro 1 aloca os artigos selecionados pela revisão sistemática por tipo de instrumento. As próximas subseções apresentarão e discutirão as políticas de regulação, investimento público em pesquisa e desenvolvimento, colaboração universidade-empresa, compras públicas e rotulagem ambiental.

FIGURA 3 - Panorama dos métodos usados nos artigos que analisam políticas de estímulo ao desenvolvimento de ecoinovações



Fonte: Elaboração própria a partir do processo de revisão sistemática

FIGURA 4 - Avanço ao longo do tempo das pesquisas sobre políticas públicas para impulsionar as inovações verdes



Fonte: Elaboração própria a partir do processo de revisão sistemática

QUADRO 1 – Trabalhos relacionados aos impulsionadores de ecoinovações

TRABALHOS QUE ANALISAM DUAS OU MAIS POLÍTICAS	<p>Regulação e compras públicas (JANG et al., 2015)</p> <p>Demanda e Impulso pela tecnologia (LOUČANOVA; NOSÁLOVÁ, 2020) (CHEN; CHENG; DAI, 2017) (GENTE; PATTANARO, 2019) (MAZZANTI, 2018) (DEL RÍO et al., 2016) (MARIN; MARZUCCHI; ZOBOLI, 2015) (DEL RÍO et al., 2016) (KIEFER; CARRILLO-HERMOSILLA; DEL RÍO, 2019) (CARAVELLA; CRESPI, 2020) (HOJNIK; RUZZIER, 2016) (COSTANTINI; CRESPI; PALMA, 2017) (COOKE, 2011) (COSTANTINI et al., 2015) (ROGGE; SCHLEICH, 2018) (JÄNICKE, 2008) (WANG; ZOU, 2018) (PITELIS, 2018) (EBADIAN et al., 2020) (PALAGE; LUNDMARK; SÖDERHOLM, 2019) (COSTA-CAMPI; GARCÍA-QUEVEDO; MARTÍNEZ-ROS, 2017) (SAMANT; THAKUR-WERNZ; HATFIELD, 2020) (DEMARIA; ZEZZA, 2020) (BRYNGEMARK; SÖDERHOLM, 2022) (LI et al., 2020) (TAYLOR, 2008)</p> <p>Regulação e instrumentos de Impulso pela Tecnologia (GRAF, 2015) (JOVÉ-LLOPIS; SEGARRA-BLASCO, 2018) (TSAI; LIAO, 2017b) (BISCIONE et al., 2022) (HORNBACH, 2016) (KÖHLER; WALZ; MARSCHIEDER-WEIDEMANN, 2014) (MA; HU, 2018) (COSTA, 2021) (GHISETTI; PONTONI, 2015) (CASTELLACCI; LIE, 2017) (BROUILLAT; OLTRA, 2012) (LIAO; LIU, 2021) (STUCKI et al., 2018) (YI et al., 2020) (ZHANG, 2021) (DOSI; MORETTO, 1997)</p> <p>Regulação + demanda + Impulso pela tecnologia MA et al. (2018) (KESHMINDER; DEL RÍO, 2019) (HORNBACH; RAMMER; RENNINGS, 2012) (POLZIN; VON FLOTOW; KLERKX, 2016) (STOJČIĆ, 2021) (LIAO, 2018) (WU et al., 2021) (HUANG-LACHMANN; LOVETT, 2016) (HAMHAMI; AMRANI; SMAHI, 2020) (UYARRA; SHAPIRA; HARDING, 2016) (POPP, 2019) (DEL RÍO; PEÑASCO; ROMERO-JORDÁN, 2015) (SCHLEICH; WALZ; RAGWITZ, 2017) (YUAN; ZHANG, 2020) (HILLE; ALTHAMMER; DIEDERICH, 2020) (SANTOALHA; BOSCHMA, 2021) (CHAPPIN et al., 2009) (HOPPMANN, 2015) (WANG; JIANG; ZHENG, 2020) (LI et al., 2018) (VEUGELERS, 2012) (ALKEMADE; HEKKERT; NEGRO, 2011) (LAFFERTY; RUUD, 2006) (PINSKY; KRUGLIANSKAS, 2017)</p>	<p style="text-align: center;">REGULAÇÕES</p> <p>(KEMENADE; TEIXEIRA, 2017) (DEWICK; MAYTORENA-SANCHEZ; WINCH, 2019) (BITAT, 2018) (BOŽIĆ; BOTRIĆ, 2017) (COLOMBELLI; KRAFFT; QUATRARO, 2021) (DESMARCHELIER; DJELLAL; GALLOUJ, 2013) (YOU; ZHANG; YUAN, 2019) (CAI; XU, 2022) (KESIDOU; DEMIREL, 2012) (DEMIREL; KESIDOU, 2011) (SIERZCHULA; NEMET, 2015) (KEMP; PONTOGLIO, 2011) (MAKKONEN; INKINEN, 2018) (LIAO et al., 2018) (BARFOROUSH et al., 2021) (MULAESSA; LIN, 2021) (JIAO; WANG; YANG, 2020) (AI; PENG; XIONG, 2021) (ZHANG et al., 2020) (HÄGGMARK; ELOFSSON, 2021) (HILLE; MÖBIUS, 2019) (ZHU; ZUO; LI, 2021) (ZHOU et al., 2020) (FRANCO; MARIN, 2017) (CAI et al., 2020) (SONG; YANG; ZHANG, 2019) (NEDER, 1992)</p>
	<p style="text-align: center;">INDUÇÃO PELA DEMANDA</p> <p>Compras públicas (LEE; SHIN; LEE, 2020) (RAINVILLE, 2017) (ORSATTI et al., 2020) (GHISETTI, 2017)</p> <p>Etiquetagem Ambiental (OH et al., 2020)</p>	
	<p style="text-align: center;">IMPULSO PELA TECNOLOGIA</p> <p>Colaboração universidade-empresa (HRONCOVÁ VICIANOVÁ et al., 2017) (ACEBO; MIGUEL-DÁVILA; NIETO, 2021) (DURÁN-ROMERO et al., 2020) (YANG; HOLGAARD; REMMEN, 2012) (SCARPELLINI et al., 2012) (FABRIZI; GUARINI; MELICIANI, 2018) (ÁVILA et al., 2017) (FREITAS et al., 2012)</p> <p>Subsídios para P&D/Incentivos fiscais (TSAI; LIAO, 2017a) (VEUGELERS, 2012) (CHANG et al., 2019) (WESSELING, 2016) (GOMES; CAMINHA; MEMORIA, 2019)</p> <p>Formação dos profissionais/Sistema educacional (VADUVA; GHERGHINA; DUCA, 2017)</p>	

Fonte: Elaboração própria a partir do processo de revisão sistemática

Regulações

Entre as regulações, estão regras, normas, ordens, diretivas, padrões, e sanções (Jang et al., 2015) impostos e leis (Zhou et al., 2020). Muitos trabalhos mencionam a regulação como um dos principais fatores para influenciar as empresas a inovarem em benefício do meio ambiente. Esse é o caso dos estudos que analisaram o mercado chinês (Chen et al., 2017; Jiao; Wang; Yang, 2020; Liao et al., 2018; Song; Yang; Zhang, 2019; Yi et al., 2020; You; Zhang; Yuan, 2019; Yuan; Zhang, 2020), o espanhol (Costa-Campi; García-Quevedo; Martínez-Ros, 2017; del Río; Carrillo-Hermosilla., 2010; del Río; Peñasco; Romero-Jordán, 2015; Jové-Llopis; Segarra-Blasco, 2018), o estadunidense (Sierzchula; Nemet, 2015),

o argelino (Hamhami; Amrani; Smahi, 2020), o português (Costa, 2021), o iraniano (Barforoush *et al.*, 2021), o paquistanês (Mulaessa; Lin, 2021) e o da América Latina (Graf, 2015).

A regulação pode resultar em situação conhecida como ganha-ganha (*win-win*), em que é possível ter uma economia mais competitiva e um meio ambiente com menores índices de poluição e mais protegido (Chen; Cheng; Dai, 2017; Jang *et al.*, 2015; Liao *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2021; Yuan; Zhang, 2020; Zhang, 2021). Essa afirmação é baseada no que é conhecida como a Hipótese de Porter¹, que entende asecoinovações como soluções para os problemas do meio ambiente, ao mesmo tempo que também geram benefícios para as empresas, como ganhos econômicos, melhoria de sua imagem e reputação perante os consumidores e aumento da competitividade e produção (Bitat, 2018; Chen; Cheng; Dai, 2017; del Río *et al.*, 2016; Demaria; Zezza, 2020; Fabrizi; Guarini; Meliciani, 2018; Franco; Marin, 2017; Gente; Pattanaro, 2019; Hille; Althammer; Diederich, 2020; Hojnik; Ruzzier, 2016; Huang-Lachmann; Lovett, 2016; Jang *et al.*, 2015; Kemenade & Teixeira, 2017; Li *et al.*, 2018; Loučanová; Nosálová, 2020; Marin, Marzucchi, & Zoboli, 2015; You *et al.*, 2019; Zhang, 2021; Zhu; Zuo; Li, 2021).

A eficiência e eficácia das regulações depende, no entanto, das abordagens adotadas nas diversas regiões, classificadas em *command and control* (comando e controle) e *market-based* (baseada no mercado) (W. Cai & Xu, 2022; Hojnik & Ruzzier, 2016; Zhang *et al.*; Zhou *et al.*, 2020). As regulações do tipo *command and control* referem-se aos limites ou padrões de descargas de poluentes e multas determinados pelo governo, pressionando as empresas para evitar comportamentos ambientais prejudiciais. As regulações do tipo *market-based* são dominadas pelo preço ou pelas políticas baseadas no mercado, como créditos fiscais, que incentivam o desenvolvimento de inovações para minimizar a poluição e reduzir o desperdício (Zhang *et al.*, 2020).

Regulações do tipo *market-based* têm um desempenho melhor do que as do tipo *command and control* no incentivo àecoinovação (Häggmark; Elofsson, 2021). Por exemplo, na China, a dupla abordagem adotada pela Lei Chinesa de Proteção do Meio Ambiente para estimular aecoinovação tem efeitos controversos (Cai; Xu, 2022). Apesar de encorajar a participação pública na governança e estabelecer que a sociedade tem o direito de obter informações e supervisionar as ações relacionadas ao combate à poluição industrial, a avaliação da quantidade de depósito de patentes permite verificar que a implementação da lei teve um efeito inibidor na atividade inovativa na China. Segundo os autores, esse efeito negativo está associado com o baixo investimento em atividades de P&D das empresas. Por outro lado, Zhang *et al.* (2020) analisaram as duas abordagens e realizaram um cruzamento para entender como as regulações são mediadas pela adoção de conhecimentos externos pela China. Os resultados mostraram que tanto a regulação *command and control* como a *market-based* têm influência positiva na adoção de conhecimento externo, tanto de outros países como de concorrentes ou até mesmo de setores distintos.

¹ Porter e Van der Linde (1995) analisaram, no trabalho "Toward a New Conception of the Environment Competitiveness Relationship", como a regulação ambiental pode influenciar o desempenho econômico das empresas, setores ou países. Um dos focos do trabalho é compreender a dinâmica de regulações mais rigorosas no estímulo ao desenvolvimento de inovações.

Outra forma de classificar os instrumentos de regulação é com base na quantidade (*quantity-based*, normas/cotas e metas) ou no preço (*price-based*, tarifas, impostos). Os *quantity based* são menos eficientes, já que impor normas, cotas e metas não geram incentivos de inovações no longo prazo para o desenvolvimento de tecnologias ambientais mais radicais. Esse tipo de instrumento acaba promovendo a adoção da tecnologia disponível mais barata, ou as de fim de tubo, aumentando o risco de aprisionamento e dificultando atingir objetivos ambientais mais ambiciosos. Os *price-based*, por outro lado, são mais persistentes e mantêm uma demanda por inovação, criando incentivos para a implementação de inovações radicais (Caravella; Crespi, 2020; Costantini *et al.*, 2015).

A necessidade de adotar regulações baseadas nas diferentes abordagens é discutida por diversos autores. Alguns trabalhos mostram que a regulação convencional, que pode ser compreendida como baseada em comando e controle, não é eficaz para desencadear um comportamento inovador nas empresas ou que ela não é suficiente para promover aecoinovação (Bitat, 2018). Dewick, Maytorena-Sanchez e Winch (2019), em um estudo de caso sobre o Reino Unido, sugerem que há necessidade de uma regulação mais rigorosa e multi-instrumental (combinada com instrumentos como subsídios) para incentivar a produção de tecnologia ambiental regenerativa. Demirel e Kesidou (2011) e Kesidou e Demirel (2012), também analisando o Reino Unido, indicam que apenas as empresas menos ou mais inovadoras são afetadas pela regulação para desenvolverem ecoinovações, não sendo afetadas as que estão no meio termo. Acrescentam que fatores de demanda e pressão do mercado afetam mais a decisão das empresas daquela região do que a regulação.

Nesse sentido, além dos tipos de abordagens, muitas pesquisas analisam o impacto do rigor das regulações como incentivo ao desenvolvimento de tecnologias verdes. O termo política rigorosa ou severa (*policy stringency*), oriundo da economia ecológica, define o grau em que cada país implementa suas regulações para pressionar a indústria a desenvolver seus processos de produção mais compatíveis com a questão ambiental. O rigor na política indica quão ambiciosos são os objetivos ambientais em referência à sua trajetória. Mais rigor na política cria incentivos para a inovação porque aumenta os custos e as oportunidades relacionadas à poluição (Kemenade; Teixeira, 2017). A Hipótese de Porter, inclusive, afirma que regulações mais rigorosas são essenciais para o desenvolvimento de ecoinovações mais radicais (Ai; Peng; Xiong, 2021; Brouillat; Oltra, 2012; del Río; Carrillo-Hermosilla; Könnöllä, 2010; Demaria; Zezza, 2020; Ghisetti; Pontoni, 2015).

Colombelli, Krafft e Quatraro (2021) fizeram uma pesquisa com empresas gazelas (de alto e rápido crescimento monetário) da Europa e identificaram que a regulação mais rigorosa é pouco importante para moderar os efeitos da ecoinovação sobre o crescimento dessas empresas. No entanto, essa regulação causa um efeito melhor para as empresas de crescimento lento. Huang-Lachmann e Lovett (2016) compararam as políticas de duas cidades, Hamburgo (Alemanha) e Roterdã (Holanda), e criam um *framework* combinando elementos de uma política regulatória mais restrita e rigorosa, adotada pela cidade de Hamburgo, com elementos de uma política mais flexível, adotada por Roterdã.

Loučanová e Nosálová (2020) perceberam que as empresas eslovacas tendem a introduzir ecoinovações como efeito da regulação ambiental e dos impostos sobre a poluição. Esses são os instrumentos mais eficazes na Eslováquia, que se

diferencia em relação aos países da União Europeia, mais afetados pela demanda dos consumidores ou pelos incentivos financeiros.

Tsai e Liao (2017b), após analisarem 2.964 empresas em Taiwan, verificaram que a expectativa da implementação de futuras regulações ambientais pode estimular as empresas a anteciparem a introdução deecoinovações no mercado. Biscione *et al.* (2022) chegaram à mesma conclusão em relação aos Países Bálticos (Estônia, Letônia e Lituânia), nos quais as regulações futuras estão positivamente associadas à inovação verde. No entanto, as empresas bálticas dão o mesmo peso para as regulações futuras e as atuais em seu processo de decisão para desenvolverem esse tipo de tecnologia.

Horbach (2016) analisou a relação do Leste Europeu com a ecoinovação. Segundo o autor, esses países são caracterizados por um nível de P&D baixo e menor consciência ambiental. A pesquisa revelou que a regulação parece ser mais importante para os países do Leste Europeu em comparação com os países mais ricos da Europa. Em outras palavras, as empresas do Leste Europeu precisam de mais intervenção do Estado para desenvolver ecoinovações.

No mesmo trabalho, Horbach (2016) indica que as regulações são muito importantes para campos tradicionais de tecnologias de fim de tubo², como ar, ruído, solo, água e substâncias perigosas; enquanto, no caso do estímulo de tecnologias ecoeficientes (matéria-prima e energia), essa importância é menor. Em outro trabalho, dessa vez analisando o caso alemão, Horbach, Rammer e Rennings (2012) chegam à mesma conclusão em relação às tecnologias de fim de tubo e à regulação, mostrando que diferentes áreas necessitam de políticas e abordagens distintas. Caravella e Crespi (2020) corroboram essa análise, observando as empresas italianas e mostrando como aquelas que desenvolvem ecoinovações para a redução da poluição são motivadas por instrumentos de regulação. Geralmente, essas soluções tratam de tecnologias menos radicais. O mesmo foi observado na Coreia do Sul por Castellacci e Lie (2017), especificamente no caso das tecnologias para a redução da poluição.

Apesar de Liao e Liu (2021) terem observado que as regulações ambientais são mais propícias a promoverem a inovação ambiental em um contexto multi-indústria, a literatura também apresenta trabalhos que enfatizam o papel da regulação em setores industriais específicos. Makkonen e Inkinen (2018) investigaram as indústrias que desenvolvem soluções para o segmento marítimo. Cai *et al.* (2020) direcionaram sua investigação para as indústrias altamente poluentes e mostraram que a regulação exerce um incentivo significativo para que esse tipo de empresa invista no desenvolvimento e aquisição de tecnologias ambientais. Desmarchelier, Djellal e Gallouj (2013) examinaram o setor de serviços, visto como ecoamigável ou pouco poluidor, mas que necessita de ferramentas físicas e viagens de deslocamento para funcionar (claramente uma análise realizada antes dos avanços tecnológicos de trabalho-remoto). Os pesquisadores sugerem que os impostos ambientais são as melhores políticas para encorajar as empresas de serviço a introduzirem ecoinovações. Isso porque elas causam interesse em diferentes grupos da sociedade, incluindo os consumidores.

² São tecnologias que neutralizam o efeito nocivo do uso de determinado produto, mas não mudam o padrão causador da poluição.

Alguns estudos, por outro lado, quando analisam a regulação em conjunto com outros instrumentos, podem indicar que a regulação não é a política mais relevante para estimular aecoinovação nas empresas. Essa foi a conclusão a que chegaram Božić e Botrić (2017) ao investigarem o caso da Croácia e compararem a regulação com a cooperação com as universidades e com o próprio mercado internacional. Proposição similar exposta por Hojnik e Ruzzier (2016) no caso esloveno, ao compararem a regulação com a pressão pela competitividade e a demanda do consumidor. Stucki *et al.* (2018) investigaram o efeito de alguns instrumentos no estímulo a tecnologias relacionadas à energia na Áustria, na Alemanha e na Suíça e constataram que as regulações diminuem a propensão das empresas inovarem porque não acionam uma demanda adicional por esse tipo de produto. Li *et al.* (2018) procuraram entender como as regulações afetam o nível de desenvolvimento tecnológico na cidade de Xi'an na China. Os pesquisadores observaram que as regulações não têm influência na eficiência da inovação tecnológica naquela cidade.

Technology-push

Os instrumentos e políticas de impulso pela tecnologia são essenciais nas fases iniciais do desenvolvimento de novas gerações deecoinovações (Costantini *et al.*, 2015; Jang *et al.*, 2015). Eles apresentam o conceito de que novas tecnologias são oriundas de um esforço e investimento em P&D, com importante papel da gestão do conhecimento (Chen; Cheng; Dai, 2017). Os instrumentos e políticas desse tipo visam incentivar atividades inovadoras, reduzindo os custos de desenvolver produtos, serviços e processos por meio, por exemplo, de créditos e incentivos fiscais, subsídios e financiamento direto para P&D (Makkonen; Inkinen, 2018).

Essas políticas e instrumentos podem internalizar as imperfeições do mercado relacionadas ao transbordamento do conhecimento e pouca apropriação dos efeitos positivos pelas empresas que inovam, além de compensarem aspectos como a incerteza tecnológica para o setor privado. Fazendo isso, ajudam a promover um nível eficiente de atividade de P&D e geração de conhecimento básico (Bryngemark; Söderholm, 2022; Lee; Shin; Lee, 2020; Wesseling, 2016).

O *technology-push* entende que o avanço no entendimento científico determina o ritmo e a direção da inovação. No entanto, o impulso pela tecnologia tem sido criticado por ignorar as mudanças nas condições econômicas, que afetam a lucratividade de uma inovação, bem como por não atentar aos efeitos de *feedback* dentro dos estágios do processo de inovação. Além disso, o instrumento depende da exploração de oportunidades tecnológicas e da força da pesquisa científica de cada setor. Nesse sentido, as empresas precisam investir em conhecimento científico para desenvolver sua capacidade de absorção e alavancar oportunidades de tecnologias emergentes e avançadas. Dessa forma, esses instrumentos funcionam melhor apoiados em outras políticas (Pitelis, 2018).

Os índices de patenteamento de novas tecnologias refletem diretamente a aplicação de políticas de *technology-push*. Essa característica é observada nos trabalhos de Schleich, Walz e Ragwitz (2017), relacionado às tecnologias de energia eólica, e no de Palage, Lundmark e Söderholm (2019), sobre o setor de energia fotovoltaica.

Como consequência, os instrumentos de impulso pela tecnologia querem basicamente que a empresa promova atividades de P&D ou a chamada P&D

ambiental. O objetivo principal da P&D ambiental é melhorar produtos e processos, provendo soluções para produção e consumo mais limpos e sustentáveis. Empresas que conduzem essas atividades de forma sistemática podem acumular conhecimento no campo ambiental e usá-lo para o desenvolvimento de novas aplicações. O P&D ambiental tem um alto impacto tecnológico comparado com as outras categorias deecoinovação porque ele amplia os horizontes da empresa em relação a questões ambientais e, para além do processo, permite o desenvolvimento de soluções de produto. Esse tipo de atividade de P&D também está sujeita a alto risco e alto custo (Demirel; Kesidou, 2011).

As políticas de impulso pela tecnologia são concretizadas em instrumentos pelo lado da oferta, estimulando a capacidade tecnológica e se distinguem das políticas pelo lado da demanda, com maior foco nas necessidades e preferências sociais por produtos verdes (Jang *et al.*, 2015).

A criação de políticas com foco no lado da oferta refletem a tradição de governos, que estimulam a inovação por meio da redução de custos de P&D para as empresas (Lee; Shin; Lee, 2020). Algumas políticas transversais, ou seja, não necessariamente aplicadas diretamente aos custos da P&D, também são consideradas instrumentos pelo lado da oferta, como a proteção de direitos de propriedade intelectual e a padronização de produtos e processos via normas (Schleich; Ealz; Ragwitz, 2017).

Ao analisarem o setor de energia renovável na Turquia, China, Brasil e Índia, Samant, Thakur-Wernz e Hatfield (2020) diagnosticaram como o Brasil tem investido em políticas pelo lado da oferta para estimular sua indústria de energias renováveis. Segundo os autores, o Brasil conta com 16 fundos diferentes de apoio à P&D em energia renovável, além do governo exigir que as empresas invistam uma certa proporção de suas receitas com atividades de P&D.

O investimento público em P&D

Os subsídios para P&D e os incentivos fiscais (restituição de impostos para uso em atividades de inovação) representam instrumentos econômicos aplicados ao mercado, pela incorporação de custos e benefícios ambientais no orçamento das empresas, estimulando uma produção mais sustentável (Jang *et al.*, 2015; Liao; Liu, 2021). Além disso, os subsídios governamentais também sinalizam possíveis direções das políticas e até mesmo do mercado, agindo, sobretudo, para superar as informações incompletas que as empresas carregam ao inovar (Tsai; Liao, 2017b).

Tsai e Liao (2017b) sinalizam que empresas com alto nível tecnológico são mais propensas a realizar ecoinovações, mas podem se preocupar com a diminuição de sua competitividade devido aos aumentos dos custos com esse desenvolvimento e posterior produção. Os subsídios podem suavizar essa preocupação e aumentar a disposição das empresas na implementação de ecoinovações.

Brouillat e Oltra (2012) apontam para a aplicação dos subsídios como impulsionadores de tecnologias radicais. No Leste Europeu, Alemanha e Bélgica, os subsídios são os instrumentos que estão mais relacionados com o desenvolvimento de tecnologias para a redução das emissões de CO₂. Isso por estarem inseridas em uma área relativamente nova e que ainda depende de atividades de pesquisa básica e financiamento público (Horbach, 2016; Horbach; Rammer; Rennings, 2012; Veugelers, 2012). Palage, Lundmark e Söderholm (2019) chegaram a conclusões parecidas no setor de energia solar fotovoltaica.

Em relação aos instrumentos de incentivo fiscal, o Brasil tem um bom exemplo de aplicação desse instrumento, embora a revisão sistemática só tenha selecionado um trabalho a respeito do tema, o que representa uma clara escassez de pesquisas que relacionam essa política com a inovação ambiental. A Lei do Bem possibilita que as empresas reduzam sua carga tributária e redistribuam essa verba para as atividades de P&D. As empresas devem operar em regime de tributação do lucro real e podem amortizar de 20,4% a 34% dos custos envolvidos com as atividades de inovação (Gomes; Caminha; Memoria, 2019).

Cooperação universidade-empresa

Apesar de os estudos destacarem que os principais impulsionadores daecoinovação são os aspectos relacionados à demanda, à oferta e às políticas ambientais, a teoria evolucionária credita também importância ao relacionamento entre diferentes atores em rede de colaboração e aos fatores internos da empresa, como a qualificação dos recursos humanos, capacidade tecnológica e recursos financeiros (Jové-Llopis; Segarra-Blasco, 2018).

Os acordos de colaboração com *stakeholders* externos podem converter as empresas em parceiras indispensáveis na introdução de ecoinovações. Segundo Acebo, Miguel-Dávila e Nieto (2021), cada tipo de parceiro externo oferece para a empresa um recurso diferente e necessário para a produção de ecoinovações. A colaboração com universidades e institutos de pesquisa, por exemplo, permite que as empresas acessem atividades avançadas de P&D, além de infraestrutura de ponta e capital humano altamente especializado, reduzindo os custos da internalização desses fatores.

Nos últimos anos, os projetos de colaboração entre a universidade e a empresa vêm crescendo e transformando o conhecimento básico em conhecimento aplicado, criando, assim, valor para a sociedade. Além do mais, as universidades estão cada vez mais engajadas em atingir os objetivos para o desenvolvimento sustentável (ODS). Esses projetos em colaboração têm focado, principalmente, soluções tecnológicas para a redução das emissões de CO₂ e para o uso eficiente de materiais ou o desenvolvimento de novos materiais que causem menos danos para o meio ambiente (Acebo; Miguel-Dávila; Nieto, 2021).

A literatura científica mostra que, para o desenvolvimento de ecoinovações, as empresas são mais propícias a buscarem cooperação com outras fontes de conhecimento e pesquisa do que seriam para o desenvolvimento de inovações tecnológicas distintas. Muitos trabalhos mostraram que a cooperação com institutos públicos de pesquisa e universidades são mais relevantes para a ecoinovação que para outras inovações (Biscione *et al.*, 2022; Božić; Botrić, 2017; del Río, Peñasco; Romero-Jordán, 2015; Hojnik; Ruzzier, 2016; Jové-Llopis; Segarra-Blasco, 2018; Kiefer; Carrillo-Hermosilla; del Río, 2019).

Horbach (2016) constatou, em sua análise do Leste Europeu, que os campos novos da ecoinovação, como energias renováveis e eletromobilidade, são dependentes de fontes externas de informação e da pesquisa científica básica. Sendo assim, as universidades e institutos de pesquisa desempenham um papel significativo, com seu corpo de funcionários altamente qualificado e atualizado. Nesses casos, as redes locais de cooperação também são interessantes como fontes de troca de informação. Castellacci e Lie (2017) tiveram percepção similar ao analisarem o segmento de tecnologias para a redução de dióxido de carbono na Coreia do Sul. Segundo os autores, essas ecoinovações são desenvolvidas por empresas

com alta capacidade de P&D e fortes laços de cooperação com universidades e institutos públicos de pesquisa.

A colaboração universidade-empresa pode facilitar e dividir os custos e os riscos do processo de inovação ambiental (Acebo; Miguel-Dávila; Nieto, 2021; Polzin; von Flotow; Klerkx, 2016). O conhecimento oriundo da universidade pode ser transferido para a empresa ou absorvido por ela. A transferência tecnológica pode acontecer de diferentes formas, seja por meio de equipamentos, produtos, processo, como por meio de conhecimento codificado, no caso das licenças de patente (Freitas *et al.*, 2012).

O papel de destaque da universidade na estratégia de inovação pode ser explicado pela abordagem da tríplice e quádrupla hélice. O *framework* da tríplice hélice compreende a dinâmica da inovação como algo não linear e um processo interativo e de multifatores. Ele oferece uma perspectiva mais ampla de como a inovação é gerada por meio da relação da indústria-governo e universidade (Yang; Holgaard; Remmen, 2012). A quádrupla hélice é um conceito posterior ao da tríplice hélice, que incorpora as dimensões da sociedade civil e do ambiente natural no debate e na interação para o desenvolvimento de inovações. O governo dá suporte por meio das regulações, além dos instrumentos de incentivo. A hélice da educação provê respostas inovativas para as necessidades sociais. A universidade, como uma instituição estratégica para a produção do conhecimento, é um dos principais agentes na introdução do processo inovativo (Durán-Romero *et al.*, 2020).

Scarpellini *et al.* (2012) reconhecem a importância do papel das universidades e dos centros tecnológicos para conectar o setor privado com as necessidades sociais. No entanto, acreditam que as universidades ainda não são protagonistas em iniciativas de ecoinovação e parece haver um desequilíbrio entre os esforços de pesquisa feitos pelas universidades e a inovação exigida pela sociedade. Os interesses perseguidos por empresas e universidades são totalmente diferentes. Para minimizar esse *gap*, os pesquisadores apostam no modelo dos centros tecnológicos, que são um modelo híbrido entre universidade e empresa, focado na inovação industrial (Scarpellini *et al.*, 2012).

Em estudo com dados da pesquisa de inovação espanhola, com modelo de regressão estatística, Acebo, Miguel-Dávila e Nieto (2021) constataram que apenas as empresas que interagem e fazem colaboração com três tipos de *stakeholders* externos (universidade, consumidor e fornecedor) podem atingir a máxima probabilidade para o desenvolvimento de ecoinovações. A pesquisa também sugere que as instituições públicas precisariam criar instrumentos específicos para a colaboração de P&D, subsídios e incentivos fiscais para encorajar as empresas a desenvolverem ecoinovações. Além disso, os autores defendem que os programas de subsídios atualmente em uso na Espanha deveriam ser redefinidos.

Fabrizi, Guarini e Meliciani (2018) realizaram um estudo econométrico a partir de dados de pedidos de patentes na Europa e revelaram a importância de políticas ambientais que não apenas tenham as regulações como foco, mas que também exijam políticas de rede de pesquisa. De acordo com o trabalho, as redes de pesquisa que envolvem universidades e institutos de pesquisa fortalecidos podem resultar em tecnologias patenteadas que, eventualmente, podem ser comercializadas pelo mercado. A partir dos dados de pedidos de patentes,

os autores comprovaram que as empresas investem menos no patenteamento de tecnologias verdes em relação às instituições públicas.

Vicianová, Jadud'ová e Rolíková (2017) desenvolveram uma pesquisa na Eslováquia, tanto com métodos qualitativos (entrevista e aplicação de questionário), como quantitativo (modelo econométrico), para entender quais são as fontes de transferência de conhecimento para o desenvolvimento de ecoinovações naquele país. Descobriram que a maioria das ecoinovações são desenvolvidas entre empresas e institutos de pesquisa científica (21,51%) e entre empresas e universidades (que ocorre também em 21,51% dos casos). Isso por conta do pouco envolvimento empresarial em atividades de P&D. A maioria dessas cooperações pode ser observada pelos pedidos de patente. Apenas 1,08% das empresas cooperam com institutos de pesquisa do governo.

Olhando para o ambiente da universidade, Ávila *et al.* (2017) entrevistaram representantes de 172 universidades ao redor do mundo para analisar quais são as barreiras que as impedem de implementar inovações ambientais. As principais barreiras associadas à implantação da ecoinovação estão dentro do campo da gestão (administração, comitês, políticas e diretrizes) ou no da tecnologia (indisponibilidade de recursos). Os pesquisadores constataram que, muitas vezes, a vontade de líderes, formuladores de políticas e tomadores de decisão para pensar em ações sustentáveis é inexistente. Sem o apoio da alta administração dentro de uma universidade, as iniciativas sustentáveis de baixo para cima parecem destinadas a falhar a longo prazo, devido à falta de investimento e apoio administrativo.

Demand-pull

Também apresentada como indução pelo mercado ou como políticas de inovação pelo lado da demanda, a indução pela demanda (*demand-pull*) compõe um conjunto de instrumentos aplicados nas fases de difusão da tecnologia, fornecendo uma demanda específica (ou expectativa para uma demanda futura) e reduzindo a incerteza tecnológica e de mercado (Schleich; Walz; Ragwitz, 2017). Essas políticas estimulam justamente a demanda pelos produtos inovadores, o que pode motivar investimentos das empresas em atividades de P&D com o intuito de desenvolverem as soluções já demandadas pela sociedade (Lee; Shin; Lee, 2020).

Essa perspectiva vê a demanda como um impulsionador da taxa e direção da inovação, argumentando que os fatores de demanda aumentam o número de consumidores/compradores e melhoram o incentivo de empresas a inovar. A demanda é um teste crítico da existência de um mercado para qualquer produto e uma indicação de que os preços estão alinhados com a disposição a pagar dos compradores (Pitelis, 2018).

As políticas de *demand-pull* são, portanto, especialmente importantes em economias emergentes, como a do Brasil, na qual a demanda pode não ser tão significativa como nas economias desenvolvidas, devido ao poder de compra limitado dos consumidores. Elas podem, portanto, tornar as tecnologias ou os produtos mais acessíveis aos consumidores e, assim, incentivar o consumo (Samant; Thakur-Wernz; Hatfield, 2020).

Kesidou e Demirel (2012), em pesquisa sobre as indústrias do Reino Unido, indicaram que os fatores de demanda afetam a decisão das empresas no

investimento emecoinovações. Segundo os autores, a pressão do mercado é necessária para que as empresas invistam nessa mudança de paradigma.

Tecnologias maduras, aquelas que têm um escopo menor para melhorias técnicas adicionais, são beneficiadas por instrumentos de demanda (Costantini *et al.*, 2015; del Río; Carrillo-Hermosilla; Könnölä, 2010; Samant Samant; Thakur-Wernz; Hatfield, 2020), assim como as tecnologias para a reciclagem (Caravella; Crespi, 2020). De acordo com Horbach (2016), essas políticas também são aplicadas para promover consciência ambiental e preferência por produtos ambientalmente amigáveis na sociedade. Além disso, diminuem a assimetria de informações existente entre os consumidores e os fabricantes, fornecendo mais dados para que o consumidor possa realizar sua escolha (del Río ; Carrillo-Hermosilla; Könnölä, 2010).

No caso das tecnologias energéticas, os incentivos pelo lado da demanda já superam os investimentos em P&D públicos em um número crescente de países (Hoppmann, 2015). Taylor (2008) argumenta que, ao contrário de outras tecnologias, o maior benefício público das tecnologias ambientais reside justamente em seu uso mais amplo pela sociedade. Nesse sentido, as políticas de *demand-pull* são mais que necessárias e cumprem essa função.

Compras públicas

O principal instrumento da política pelo lado da demanda são as compras públicas, que nada mais é que a aquisição de bens ou serviços pelos órgãos e instituições públicas (Rainville, 2017). A prática representa, na Europa, uma despesa de 19% do produto interno bruto (PIB) europeu. O primeiro objetivo das compras públicas é promover a eficiência dos serviços prestados pelo Estado em relação ao custo. O segundo objetivo é produzir benefícios sociais, como melhorar o meio ambiente e estimular a inovação (Rainville, 2017).

Orsatti *et al.* (2020) constatam que o papel das compras públicas na geração de tecnologias tem sido amplamente subestimado. A contratação pública inovadora pode ser útil para a inovação em geral e para a inovação verde em particular. Em nível geral, o efeito positivo está relacionado ao impacto nas escolhas de localização das empresas, que têm o intuito de fomentar a indústria regional, o lançamento de projetos de P&D arriscados e incertos, evitando falhas de mercado, e a melhoria da infraestrutura e do atendimento oferecido ao público pelos serviços do Estado.

Recentemente, o tema agrega os termos verde ou sustentável para exemplificar as compras que têm o objetivo de reduzir o impacto ambiental nas aquisições governamentais com produtos amigáveis ao meio ambiente, ao mesmo tempo que sinalizam ao mercado sobre uma nova demanda (Caravella; Crespi, 2020). Ma e Hu (2018) investigaram os fatores que relacionam o desenvolvimento deecoinovações e a rentabilidade do negócio. Os pesquisadores analisaram as compras públicas, os subsídios e a regulação, por meio de um modelo de regressão estatística, e perceberam que as compras públicas moderam positivamente o vínculo inovação/rentabilidade de produtos verdes e os mecanismos de obtenção de lucro.

Nesse contexto, a aquisição do governo é cada vez mais vista como uma forma de melhorar a sustentabilidade (Li *et al.*, 2020). As compras governamentais também aparecem entre os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), especificamente no número 12, que se refere aos padrões de produção e de consumo

sustentáveis. O ODS 12.7 contempla a promoção de práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e as prioridades nacionais. A iniciativa de compras públicas verdes da Comissão Europeia, por exemplo, estabelece uma meta não vinculativa de contratos públicos verdes para favorecer provas no desempenho ambiental, energético e social de produtos e serviços e, dessa forma, estimular o seu desenvolvimento (Ghisetti, 2017).

Feed-in tariff

As tarifas de incentivo ou *feed-in tariff* (FIT) são instrumentos da indução pela demanda que apoiam o consumo de energias renováveis (Popp, 2019). Remuneram os geradores de eletricidade por cada kWh de eletricidade fornecida para a rede de distribuição a partir de energias renováveis (Schleich; Walz; Ragwitz, 2017). É um instrumento, baseado no preço, que garante pagamento de preço fixo maior que os preços de mercado (Hoppmann, 2015). Trata-se, portanto, de um apoio ao investimento para que o setor tenha estímulo para produzir (Bryngemark; Söderholm, 2022).

O instrumento das tarifas de incentivo vem sendo difundido de forma ampla nos últimos anos e já é aplicado em mais de 65 países, sendo utilizado para promover o consumo e o mercado de fontes de energia renováveis (Lee; Shin; Lee, 2020).

Seus efeitos não são uniformes para todos os segmentos que atuam com energia renovável, no entanto. Enquanto Palage, Lundmark e Söderholm (2019) verificaram que os esquemas de tarifa de incentivo e o certificado de energia renovável induzem a atividade de patenteamento no segmento de energia fotovoltaica, Schleich, Walz e Ragwitz (2017) mostraram que as tarifas não interferem tanto nas atividades de patenteamento do setor de energia eólica, em comparação com outros instrumentos. Hille, Althammer e Diederich (2020) chegaram à mesma conclusão, mas em relação ao setor de energia renovável em geral, também sobre as atividades de patenteamento.

Eco-label

A etiquetagem ou rotulagem ambiental (*eco-label*) é um instrumento de indução pela demanda que tem como objetivo minimizar a assimetria de informações para o consumidor sobre o produto que está sendo adquirido, ao mesmo tempo que implementa um sistema para proteger o meio ambiente e estimular a inovação nas empresas (OH *et al.*, 2020).

A etiquetagem ambiental iniciou em 1978 na Alemanha e hoje é implementada em mais de 59 países. Com a sua aplicação, os governos devem garantir que consumidores tenham acesso a produtos de alta qualidade e sem riscos para o meio ambiente, reduzindo gases causadores do efeito estufa e custos com o sistema de saúde da população. Além disso, o instrumento tem o poder de incentivar as empresas a se desenvolverem tecnologicamente e a investirem em P&D para a produção de produtos que necessitem atender a esses padrões, mas também pelo potencial de elevar o volume de vendas para consumidores conscientes sobre os benefícios dos produtos mais amigáveis ao meio ambiente (Oh *et al.*, 2020).

Oh *et al.* (2020) analisaram a aplicação dessa política na Coreia do Sul. Naquele país, a etiquetagem ambiental resultou em um crescimento das vendas de 3,3% após o primeiro ano, 6,4% após o segundo ano e de 5,3% após o terceiro ano. Em relação ao investimento em P&D, as empresas investiram mais nessas atividades do que

nos anos anteriores à implantação do programa. O P&D aumentou 6,4% no primeiro ano, 10% no segundo e 11,2% no terceiro.

Combinação de políticas (policy mix)

É quase um consenso entre os pesquisadores que a construção de uma economia verde e a difusão das tecnologias ambientais em todas as áreas da sociedade (consumidores e produtores) só acontecerá com o uso simultâneo tanto de instrumentos de impulso pela tecnologia como por meio da indução pelo mercado (Caravella; Crespi, 2020; Chen; Cheng; Dai, 2017; Costa-Campi; García-Quevedo; Martínez-Ros, 2017; del Río; Carrillo-Hermosilla; Könnölä, 2010; Hojnik; Ruzzier, 2016; Keshminder; del Río, 2019; Stojčić, 2021). Costantini, Crespi e Palma (2017) analisam que, quando a combinação de políticas é caracterizada pelo uso balanceado de ambos os instrumentos, o efeito daecoinovação tende a ser melhor, já que eles reforçam incentivos de mercado e a capacidade de desenvolvimento tecnológico das empresas.

Uyarra, Shapira e Harding (2016) atentam que aplicar essa combinação de políticas requer estratégias e conhecimento sobre a situação atual do desenvolvimento tecnológico da região e dos setores industriais presentes no local. Os governos precisam prestar atenção em relação às potenciais interações, conflitos e tensões entre objetivos, fundamentos, instrumentos, implementação e abordagens de diferentes políticas em diferentes níveis e em diferentes períodos. Makkonen e Inkinen (2018) reforçam o argumento, indicando que essa combinação de políticas é influenciada por escalas geográficas variadas, uma vez que as políticas podem ser de níveis local, nacional ou internacional.

Pitelis (2018) apresenta essa combinação de instrumentos como uma nova tipologia e adiciona que os instrumentos sistêmicos incluem políticas que atuam no nível do sistema de inovação como um todo, e não somente nas suas partes. Com o objetivo de ampliar as vantagens dos *demand-pull* e *technology-push*, as combinações de políticas visam ao alinhamento dos instrumentos assim como a compreensão das necessidades dos atores envolvidos, promovendo a colaboração e a transferência de conhecimento.

Considerações finais

A Revisão Sistemática de Literatura elaborada neste artigo permitiu atingir o seu objetivo geral de investigar como as políticas para auxiliar as empresas na produção de tecnologias mais limpas e que reduzam o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais estão sendo tratadas pela literatura.

É importante ressaltar que existe a necessidade da análise do desenvolvimento dessas ecoinovações serem realizadas por meio de indicadores, para que os formadores de políticas possam ter melhores ferramentas para a tomada de decisão. A maioria dos estudos utilizam como indicadores para medir a ecoinovação em empresas, setores industriais, regiões e países o investimento em P&D ou o número de patentes verdes depositadas (Chen; Cheng; Dai, 2017). De acordo com Chen, Cheng e Dai(2017), esses indicadores oferecem uma análise simplista e limitada. Alguns estudos mostram de que forma fatores externos – como restrições de política ambiental, pressão dos stakeholders, complexidade

da tecnologia, fatores de organização interna (motivação estratégica e comportamento, estrutura e procedimentos, recursos e capacidades, características organizacionais etc.) – e fatores individuais (preocupações ambientais e gestão de ações ambientais) influenciam na ecoinovação.

A maioria dos trabalhos analisados foca em compreender o papel das regulações para estimular a ecoinovação, seja atuando de forma isolada ou em consonância com outros instrumentos. Apesar do numeroso volume de estudos, ainda não há um consenso sólido entre os pesquisadores sobre a atuação das regulações nesse processo. O que se mostra como ponto já esclarecido, no entanto, é seu potencial para exercer uma primeira consciência nas empresas sobre a necessidade de mudar o padrão dos seus produtos para se adequarem a novas normas. Outra questão já amplamente difundida é a noção de que a regulação pode impulsionar basicamente o desenvolvimento de inovações incrementais de baixo impacto para a melhoria ou o benefício ao meio ambiente, como é o caso das tecnologias de fim de tubo. Enquanto os países emergentes, que estão à margem do desenvolvimento tecnológico mundial, são ainda impulsionados por esse instrumento para produzirem inovações ambientais, as grandes potências têm buscado mais rigor nas políticas para atingirem um novo patamar de desenvolvimento tecnológico verde.

As pesquisas que analisam os instrumentos de impulso pela tecnologia têm demonstrado a importância desse tipo de política para promover a aquisição de conhecimento pelas empresas, estimulando o aprimoramento de seus processos de P&D e, conseqüentemente, o nível de impacto das tecnologias que serão desenvolvidas. Por outro lado, os estudos que investigam a indução pela demanda apresentam como contraponto a necessidade de estimular uma procura de consumo justamente para minimizar as incertezas sobre a aderência dessas novas tecnologias no mercado. Segundo os pesquisadores que procuraram entender os benefícios da congruência desses dois tipos de instrumentos, ambas as políticas, quando usadas simultaneamente, parecem representar um cenário ideal tanto para estimular o desenvolvimento de ecoinovações mais disruptivas como para indicar possíveis demandas para que essas tecnologias sejam absorvidas na sociedade.

É preciso destacar que este processo de revisão sistemática deixou nítido a falta de trabalhos sobre o Brasil e suas políticas de estímulo à ecoinovações. Revelando que essa é uma temática que ainda precisa de muita investigação no País. Apenas oito artigos mencionaram questões sobre o Brasil.

Outro ponto importante a ser mencionado é o baixo número de pesquisas com metodologias qualitativas para investigar esse fenômeno. No geral, essa é uma área que tem sido estudada em grande escala com o auxílio de ferramentas econométricas e estatísticas. Para que possamos ter uma visão mais ampla sobre o fenômeno, é necessário que as futuras pesquisas levem em consideração novas formas e métodos de analisar essas questões.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ACEBO, E.; MIGUEL-DÁVILA, J.-Á.; NIETO, M. External stakeholder engagement: Complementary and substitutive effects on firms' eco-innovation. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 5, p. 2671-2687, 2021. <https://doi.org/10.1002/bse.2770>
- AI, Y.-H.; PENG, D.-Y.; XIONG, H.-H. Impact of environmental regulation intensity on green technology innovation: From the perspective of political and business connections. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 9, 4862, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13094862>
- ÁVILA, L. V. *et al.* Barriers to innovation and sustainability at universities around the world. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1268-1278, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.025>
- BARFOROUSH, N. *et al.* Green innovation a strategic resource to attain competitive advantage. **International Journal of Innovation Science**, v. 13, n. 5, p. 645-663, 2021. <https://doi.org/10.1108/IJIS-10-2020-0180>
- BISCIONE, A. *et al.* Four types of eco-innovation for Baltic firms. **Economic Research-Ekonomska Istrazivanja**, v. 35, n. 1), p. 196-212, 2022. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1889393>
- BITAT, A. Environmental regulation and eco-innovation: the Porter hypothesis refined. **Eurasian Business Review**, v. 8, n. 3, p. 299-321, 2018. <https://doi.org/10.1007/s40821-017-0084-6>
- BOŽIĆ, L.; BOTRIĆ, V. Eco-innovations in Croatia: Exploring entrepreneurs' motivation. **Journal of East European Management Studies**, v. 22, n. 4, p. 484-510, 2017. <https://doi.org/10.5771/0949-6181-2017-4-484>
- BROUILLAT, E.; OLTRA, V. Extended producer responsibility instruments and innovation in eco-design: An exploration through a simulation model. **Ecological Economics**, v. 83, p. 236-245, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.07.007>
- BRYNGEMARK, E.; SÖDERHOLM, P. Green industrial policies and domestic production of biofuels: an econometric analysis of OECD countries. **Environmental Economics and Policy Studies**, v. 24, p. 225-261, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10018-021-00320-y>
- CAI, W.; XU, F. The impact of the new environmental protection law on eco-innovation: evidence from green patent data of Chinese listed companies. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 7), p. 10047-10062, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16365-1>
- CAI, X. *et al.* Can direct environmental regulation promote green technology innovation in heavily polluting industries? Evidence from Chinese listed companies. **Science of the Total Environment**, v. 746, 140810, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140810>
- CARAVELLA, S.; CRESPI, F. Unfolding heterogeneity: The different policy drivers of different eco-innovation modes. **Environmental Science and Policy**, v. 114, p. 182-193, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.08.003>

- CASTELLACCI, F.; LIE, C. M. A taxonomy of green innovators: Empirical evidence from South Korea. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 1036-1047, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.016>
- CHEN, J.; CHENG, J.; DAI, S. Regional eco-innovation in China: An analysis of eco-innovation levels and influencing factors. **Journal of Cleaner Production**, v. 153, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.141>
- COLOMBELLI, A.; KRAFFT, J.; QUATRARO, F. Firms' growth, green gazelles and eco-innovation: evidence from a sample of European firms. **Small Business Economics**, v. 56, n. 4, p. 1721-1738, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00236-8>
- COSTA-CAMPI, M. T.; GARCÍA-QUEVEDO, J.; MARTÍNEZ-ROS, E. What are the determinants of investment in environmental R&D? **Energy Policy**, v. 104, p. 455-465, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.024>
- COSTA, J. Carrots or sticks: Which policies matter the most in sustainable resource management? **Resources**, v. 10, n. 2, p. 1-21, 2021. <https://doi.org/10.3390/resources10020012>
- COSTANTINI, V. *et al.* Demand-pull and technology-push public support for eco-innovation: The case of the biofuels sector. **Research Policy**, v. 44, n. 3, p. 577-595, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.12.011>
- COSTANTINI, V.; CRESPI, F.; PALMA, A. Characterizing the policy mix and its impact on eco-innovation: A patent analysis of energy-efficient technologies. **Research Policy**, v. 46, n. 4, p. 799-819, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.02.004>
- DEL RÍO, P.; CARRILLO-HERMOSILLA, J.; KÖNNÖLÄ, T. Policy strategies to promote eco-innovation: An integrated framework. **Journal of Industrial Ecology**, v. 14, n. 4, p. 541-557, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00259.x>
- DEL RÍO, P.; PEÑASCO, C.; ROMERO-JORDÁN, D. Distinctive Features of Environmental Innovators: An Econometric Analysis. **Business Strategy and the Environment**, v. 24, n. 6, p. 361-385, 2015. <https://doi.org/10.1002/bse.1822>
- DEL RÍO, P. *et al.* Resources, capabilities and competences for eco-innovation. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 22, n. 2, p. 274-292, 2016. <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1070301>
- DEMARIA, F.; ZEZZA, A. Drivers and barriers of process innovation in the EU manufacturing food processing industry: Exploring the role of energy policies. **Bio-based and Applied Economics**, v. 9, n. 1, p. 25-52, 2020. <https://doi.org/10.13128/bae-9936>
- DEMIREL, P.; KESIDOU, E. Stimulating different types of eco-innovation in the UK: Government policies and firm motivations. **Ecological Economics**, v. 70, n. 8, p. 1546-1557, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.03.019>
- DESMARCHELIER, B.; DJELLAL, F.; GALLOUJ, F. Environmental policies and eco-innovations by service firms: An agent-based model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 7, p. 1395-1408, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.005>

- DEWICK, P.; MAYTORENA-SANCHEZ, E.; WINCH, G. Regulation and regenerative eco-innovation: the case of extracted materials in the UK. **Ecological Economics**, v. 160, p. 38-51, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.034>
- DURÁN-ROMERO, G. *et al.* Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 160, p. 120246, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120246>
- FABRIZI, A.; GUARINI, G.; MELICIANI, V. Green patents, regulatory policies and research network policies. **Research Policy**, v. 47, n. 6, p. 1018-1031, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.03.005>
- FRANCO, C.; MARIN, G. The Effect of Within-Sector, Upstream and Downstream Environmental Taxes on Innovation and Productivity. **Environmental and Resource Economics**, v. 66, p. 261-291, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9948-3>
- FREITAS, C. C. G. *et al.* Transferência tecnológica e inovação por meio da sustentabilidade. **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 2, p. 363-384, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-76122012000200002>
- GENTE, V.; PATTANARO, G. The place of eco-innovation in the current sustainability debate. **Waste Management**, v. 88, p. 96-101, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.026>
- GHISETTI, C. Demand-pull and environmental innovations: Estimating the effects of innovative public procurement. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 125, p. 178-187, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.020>
- GHISETTI, C.; PONTONI, F. Investigating policy and R&D effects on environmental innovation: A meta-analysis. *Ecological Economics*, v. 118, p. 57-66, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.009>
- GOMES, A. V. M.; CAMINHA, U.; MEMORIA, C. V. A destinação dos resíduos sólidos das empresas inovadoras: a Lei do Bem e o seu papel na sustentabilidade ambiental e social. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 41, n. 82, p. 120-145, 2019. <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2019v41n82p120>
- GRAF, P. Eco-Innovation - a New Paradigm for Latin America? **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 12, n. 1, p. 148-159, 2015. <https://doi.org/10.25112/rgd.v12i1.52>
- HÄGGMARK, T.; ELOFSSON, K. The Impact of Water Quality Management Policies on Innovation in Nitrogen and Phosphorus Technology. **Water Economics and Policy**, v. 7, n. 1, p. 1-29, 2021. <https://doi.org/10.1142/S2382624X21500028>
- HAMHAMI, A.; AMRANI, A. K.; SMAHI, A. Environmental economics in Algeria: empirical investigation into the relationship between technological policy, regulation intensity, market forces, and industrial pollution of Algerian firms. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 36, p. 45419-45434, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10411-0>
- HILLE, E.; ALTHAMMER, W.; DIEDERICH, H. Environmental regulation and innovation in renewable energy technologies: Does the policy instrument matter? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 153, p. 119921, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119921>

- HOJNIK, J.; RUZZIER, M. The driving forces of process eco-innovation and its impact on performance: Insights from Slovenia. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 812-825, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.002>
- HOPPMANN, J. The Role of Deployment Policies in Fostering Innovation for Clean Energy Technologies: Insights From the Solar Photovoltaic Industry. **Business and Society**, v. 54, n. 4, p. 540-558, 2015. <https://doi.org/10.1177/0007650314558042>
- HORBACH, J. Empirical determinants of eco-innovation in European countries using the community innovation survey. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 19, p. 1-14, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.09.005>
- HORBACH, J.; RAMMER, C.; RENNINGS, K. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact - The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. **Ecological Economics**, v. 78, p. 112-122, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.005>
- HUANG-LACHMANN, J. T.; LOVETT, J. C. How cities prepare for climate change: Comparing Hamburg and Rotterdam. **Cities**, v. 54, p. 36-44, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.11.001>
- JANG, E. K. *et al.* Policy instruments for eco-innovation in Asian countries. **Sustainability**, v. 7, n. 9, p. 12586-12614, 2015. <https://doi.org/10.3390/su70912586>
- JIAO, J.; WANG, C.; YANG, R. Exploring the driving orientations and driving mechanisms of environmental innovation: The case study of the China Gezhouba. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121016, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121016>
- JOVÉ-LLOPIS, E.; SEGARRA-BLASCO, A. Eco-innovation strategies: A panel data analysis of Spanish manufacturing firms. *Business Strategy and the Environment*, v. 27, n. 8, p. 1209-1220, 2018. <https://doi.org/10.1002/bse.2063>
- KEMENADE, T. VAN; TEIXEIRA, A. A. C. Policy stringency and (eco)-innovation performance: a cross country analysis. **Journal on Innovation and Sustainability**, v. 8, n. 2, p. 34-55, 2017. <https://doi.org/10.24212/2179-3565.2017v8i2p34-60>
- KESHMINDER, J. S.; DEL RÍO, P. The missing links? The indirect impacts of drivers on eco-innovation. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 26, n. 5, p. 1100-1118, 2019. <https://doi.org/10.1002/csr.1789>
- KESIDOU, E.; DEMIREL, P. On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. **Research Policy**, v. 41, n. 5, p. 862-870, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.01.005>
- KIEFER, C. P.; CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P. Building a taxonomy of eco-innovation types in firms. A quantitative perspective. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 145, p. 339-348, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.021>
- LEE, H.; SHIN, K.; LEE, J. D. Demand-side policy for emergence and diffusion of eco-innovation: The mediating role of production. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, p. 120839, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120839>

- LI, H. *et al.* An evaluation of the impact of environmental regulation on the efficiency of technology innovation using the combined DEA model: A case study of Xi'an, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 42, p. 355-369, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.001>
- LI, X. *et al.* Policy Effects and Suggestions on Green Technology Innovation of Marine Enterprises in China. **Journal of Coastal Research**, v. 110, n. supl 1), p. 76-79, 2020. <https://doi.org/10.2112/JCR-SI110-019.1>
- LIAO, Z.; LIU, Y. What drives environmental innovation? A meta-analysis. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 4, p. 1852-1864, 2021. <https://doi.org/10.1002/bse.2720>
- LIAO, Z. *et al.* What drives environmental innovation? A content analysis of listed companies in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 1567-1573, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.156>
- LOUČANOVÁ, E.; NOSÁLOVÁ, M. Eco-innovation performance in Slovakia: Assessment based on ABC analysis of eco-innovation indicators. **BioResources**, v. 15, n. 3, p. 5355-5365, 2020. <https://doi.org/10.15376/biores.15.3.5355-5365>
- MA, L.; HU, J. An analysis of the eco-innovation mechanism and policies in the pulp and paper industry based on coupled game theory and system dynamics. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3482, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10103482>
- MAKKONEN, T.; INKINEN, T. Sectoral and technological systems of environmental innovation: The case of marine scrubber systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 200, p. 110-121, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.163>
- MARIN, G. ; MARZUCCHI, A.; ZOBOLI, R. SMEs and barriers to Eco-innovation in the EU: Exploring different firm profiles. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 25, n. 3, p. 671-705, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00191-015-0407-7>
- MULAESSA, N.; LIN, L. How do proactive environmental strategies affect green innovation? The moderating role of environmental regulations and firm performance. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, p. 9083, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179083>
- OH, M. *et al.* Does eco-innovation drive sales and technology investment? Focusing on eco-label in Korea. **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 8, p. 3174-3186, 2020. <https://doi.org/10.1002/bse.2565>
- ORSATTI, G. *et al.* Public Procurement, Local Labor Markets and Green Technological Change. Evidence from US Commuting Zones. **Environmental and Resource Economics**, v. 75, n. 4, p. 711-739, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00405-4>
- PALAGE, K.; LUNDMARK, R.; SÖDERHOLM, P. The innovation effects of renewable energy policies and their interaction: the case of solar photovoltaics. **Environmental Economics and Policy Studies**, v. 21, p. 217-254, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10018-018-0228-7>
- PITELIS, A. T. Industrial policy for renewable energy: The innovation impact of European policy instruments and their interactions. **Competition and Change**, v. 22, n. 3, p. 227-254, 2018. <https://doi.org/10.1177/1024529418768491>

- POLZIN, F.; VON FLOTOW, P.; KLERKX, L. Addressing barriers to eco-innovation: Exploring the finance mobilisation functions of institutional innovation intermediaries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 103, p. 34-46, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.10.001>
- POPP, D. Environmental policy and innovation: A decade of research. **International Review of Environmental and Resource Economics**, v. 13, n. 3-4, p. 265-337, 2019. <https://doi.org/10.1561/101.00000111>
- PORTER, Michael E.; van der LINDE, C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995.
- RAINVILLE, A. Standards in green public procurement - A framework to enhance innovation. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, n. 2017, p. 1029-1037, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.088>
- ROEVER, L. **Guia prático de revisão sistemática e metanálise**. Rio de Janeiro: Thieme Revinter, 2020.
- SAMANT, S.; THAKUR-WERNZ, P.; HATFIELD, D. E. Does the focus of renewable energy policy impact the nature of innovation? Evidence from emerging economies. **Energy Policy**, v. 137, p. 111119, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111119>
- SCARPELLINI, S. *et al.* R&D and eco-innovation: Opportunities for closer collaboration between universities and companies through technology centers. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 14, n. 6, p. 1047-1058, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0514-1>
- SCHLEICH, J.; WALZ, R.; RAGWITZ, M. Effects of policies on patenting in wind-power technologies. **Energy Policy**, v. 108, p. 684-695, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.043>
- SIERZCHULA, W.; NEMET, G. Using patents and prototypes for preliminary evaluation of technology-forcing policies: Lessons from California's Zero Emission Vehicle regulations. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 100, p. 213-224, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.003>
- SONG, Y.; YANG, T.; ZHANG, M. Research on the impact of environmental regulation on enterprise technology innovation—an empirical analysis based on Chinese provincial panel data. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 21, p. 21835-21848, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05532-0>
- STOJČIĆ, N. Social and private outcomes of green innovation incentives in European advancing economies. **Technovation**, v. 104, p. 102270, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102270>
- STUCKI, T. *et al.* How different policy instruments affect green product innovation: A differentiated perspective. **Energy Policy**, v. 114, p. 245-261, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.049>
- TAYLOR, M. Beyond technology-push and demand-pull: Lessons from California's solar policy. **Energy Economics**, v. 30, n. 6, p. 2829-2854, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.06.004>

- TSAI, K. H.; LIAO, Y. C. Sustainability Strategy and Eco-Innovation: A Moderation Model. **Business Strategy and the Environment**, v. 26, n. 4, p. 426-437, 2017b. <https://doi.org/10.1002/bse.1926>
- UYARRA, E.; SHAPIRA, P.; HARDING, A. Low carbon innovation and enterprise growth in the UK: Challenges of a place-blind policy mix. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 103, p. 264-272, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.10.008>
- VEUGELERS, R. Which policy instruments to induce clean innovating? **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1770-1778, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.06.012>
- VICIANOVÁ, J. H.; JAĎUŠOVÁ, J.; ROLÍKOVÁ, S. Developing eco-innovation in business practice in Slovakia. **Journal of Business Economics and Management**, v. 18, n. 5, p. 1042-1061, 2017. <https://doi.org/10.3846/16111699.2017.1381146>
- WANG, X.; ZOU, H. Study on the effect of wind power industry policy types on the innovation performance of different ownership enterprises: Evidence from China. **Energy Policy**, v. 122, p. 241-252, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.050>
- WESSELING, J. H. Explaining variance in national electric vehicle policies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 21, n. 2016, p. 28-38, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.03.001>
- WU, W. *et al.* A system dynamics model of green innovation and policy simulation with an application in Chinese manufacturing industry. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 987-1005, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.007>
- YANG, Y.; HOLGAARD, J. E.; REMMEN, A. What can triple helix frameworks offer to the analysis of eco-innovation dynamics? Theoretical and methodological considerations. **Science and Public Policy**, v. 39, n. 3, p. 373-385, 2012. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs025>
- YI, M. *et al.* Government R&D subsidies, environmental regulations, and their effect on green innovation efficiency of manufacturing industry: Evidence from the Yangtze River economic belt of China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 4, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041330>
- YOU, D.; ZHANG, Y.; YUAN, B. Environmental regulation and firm eco-innovation: Evidence of moderating effects of fiscal decentralization and political competition from listed Chinese industrial companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 1072-1083, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.106>
- YUAN, B.; ZHANG, Y. Flexible environmental policy, technological innovation and sustainable development of China's industry: The moderating effect of environment regulatory enforcement. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, p. 118543, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118543>
- ZHANG, D. Green credit regulation, induced R&D and green productivity: Revisiting the Porter Hypothesis. **International Review of Financial Analysis**, v. 75, p. 101723. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101723>

- ZHANG, J. *et al.* Green innovation to respond to environmental regulation: How external knowledge adoption and green absorptive capacity matter? **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 1, p. 39-53, 2020. <https://doi.org/10.1002/bse.2349>
- ZHOU, X. *et al.* Energy-and environment-biased technological progress induced by different types of environmental regulations in China. **Sustainability**, v. 12, n. 18, 2020. <https://doi.org/10.3390/SU12187486>
- ZHU, X.; ZUO, X.; LI, H. The dual effects of heterogeneous environmental regulation on the technological innovation of Chinese steel enterprises—Based on a high-dimensional fixed effects model. **Ecological Economics**, v. 188, p. 107113, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107113>

Resumo

Instrumentos do Estado para estimular a ecoinovação: uma revisão sistemática

Este artigo analisa as políticas de ciência, tecnologia e inovação atuando como instrumentos de estímulo ao desenvolvimento de ecoinovações no setor privado. Objetivo: investigar como as políticas para auxiliar as empresas na produção de tecnologias mais limpas e que reduzam o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais estão sendo tratadas pela literatura. Método: optou-se por investigar o estado da arte das pesquisas científicas publicadas sobre essa temática por meio de uma revisão sistemática da literatura. Resultados: indicam que a pesquisa científica tem dado atenção a três tipos de instrumento para o estímulo à ecoinovação: as regulações, o impulso pela tecnologia e a indução pela demanda. Conclusões: enquanto as regulações introduzem as empresas à inovação em benefício do meio ambiente, mesmo que no desenvolvimento de tecnologias incrementais e de baixo impacto, as políticas de impulso à tecnologia e a indução pela demanda estimulam, respectivamente, a melhoria das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) nas empresas e minimizam incertezas sobre a demanda por esses novos produtos.

Palavras-chave: *Ecoinovação; regulação; P&D ambiental; compras públicas para inovação.*

Abstract

State instruments to stimulate eco-innovation: a systematic review

Abstract: This paper examines science, technology, and innovation policies acting as instruments to stimulate the development of eco-innovations in the private sector. Objective: to investigate how policies that aid companies in producing cleaner technologies and reducing environmental impact and resource consumption are addressed in the literature. Method: a systematic literature review was chosen to investigate the state of the art of scientific research published on this topic. Results: the results indicate that scientific research has focused on three types of instruments to stimulate eco-innovation: regulations, technology-push, and demand-pull. Conclusions: while regulations introduce companies to innovations benefiting the environment, even in the development of incremental and low-impact technologies, technology-push policies and demand-pull stimulate, respectively, the improvement of research and development (R&D) activities within companies and minimize uncertainties about the demand for these new products.

Keywords: *Eco-innovation; regulation; environmental R&D; public procurement for innovation.*