

Comércio internacional de bens ambientais e seus efeitos na geração de inovações em energias renováveis: uma análise para países selecionados (2005-2015)

Amanda Leone Rodrigues¹

Rosa Livia Montenegro²

Cláudio Roberto Foffáno Vasconcelos³

Resumo: A Declaração Ministerial de Doha (DMD) de 2001 estabeleceu uma ligação importante entre o comércio e o ambiente. A fim de incentivar a difusão de bens e tecnologias ambientais, a declaração prevê a redução ou eliminação de barreiras tarifárias e não tarifárias para bens e serviços ambientais. Contudo, há um impasse neste processo negocial, tanto pela dificuldade na definição dos bens ambientais como também pela falta de consenso nos acordos entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. O artigo teve como objetivo avaliar a hipótese de que as tarifas sobre importações de bens ambientais causam impactos na geração de inovações ambientais em energias renováveis, entre 2005 e 2015. Através do modelo econométrico de dados em painel e com base em informações disponíveis na Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) e o Banco Mundial, concluiu-se que as tarifas sobre as importações de bens ambientais têm um impacto negativo na geração de inovações em energias renováveis, para os sessenta países analisados no artigo.

Palavras-chave: Energia renovável. Bens ambientais. Eco-inovações. Comércio internacional. Tarifas de importação. Sistemas Nacionais de Inovação. Variáveis Instrumentais.

Abstract: The 2001 Doha Ministerial Declaration (DMD) established an important link between trade and the environment. In order to encourage the dissemination of environmental goods and technology, the declaration provides for the reduction or elimination of tariff and non-tariff barriers for environmental goods and services. However, there is an impasse in this negotiating process, both because of the difficulty in defining environmental goods and also because of the lack of consensus in agreements between developed and developing countries. This paper aimed to evaluate the hypothesis that tariffs on imports of environmental goods cause impacts on the generation of environmental innovations in renewable energies, between 2005 and 2015. Through the econometric model of panel data and based on information available from the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and the World Bank, it was concluded that tariffs on imports of environmental goods have a negative impact on the generation of innovation in renewable energies, for the sixty countries analyzed in the paper.

Keywords: Renewable energy. Environmental goods. Eco-innovations. International trade. Import tariffs. National Innovation Systems. Instrumental Variables.

Área Enaber: 11 Empreendedorismo, redes, arranjos produtivos e inovação

¹ Economista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

² Professora do Departamento de Economia e da Pós Graduação em Economia (PPGE/UFJF).

³ Professor do Departamento de Economia e da Pós Graduação em Economia (PPGE/UFJF).

1 INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, observa-se um aumento considerável acerca dos debates sobre os riscos ambientais do crescimento econômico (KOELLER et al., 2019). Muitos estudiosos da inovação veem as consequências do crescimento econômico como um freio na elaboração de uma estratégia de crescimento verde. Para outros observadores, no entanto, o crescimento econômico e do comércio internacional pode desempenhar um papel importante na mudança para uma estratégia de desenvolvimento verde, acelerando o esverdeamento da economia. A importância declarada do comércio para o meio ambiente ficou clara no lançamento da Rodada Doha, apelidada de Rodada para os “Países em Desenvolvimento e para a Proteção do Meio Ambiente”, durante a qual as barreiras ao comércio de bens e serviços ambientais (EGs) deveriam ser reduzidas.

Tal debate converge com questões a respeito de tecnologia, inovação e meio ambiente, resultando em distintas correntes teóricas sobre os conceitos distintos associados às inovações ambientais. Uma das definições de inovação ambiental a identifica como a produção, aplicação ou uso de um produto, serviço, processo de produção ou sistema de gestão novo para a empresa que adota ou desenvolve tecnologia com uma redução no impacto ambiental e no uso de recursos (incluindo energia) em todo seu ciclo de vida (KEMP; SOETE, 1992).

A ecoinovação é um termo que faz referência às inovações que mitigam os impactos ao meio ambiente. Este tipo de inovação também é utilizado na literatura com os respectivos termos “inovação sustentável”, “inovação ambiental” ou “inovação verde”. Destarte, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) define eco-inovação como a criação ou implementação de novos, ou significativamente melhorados, produtos (bens e serviços), processos, métodos de marketing, estruturas organizacionais e arranjos institucionais que, com ou sem intenção, levam a melhorias ambientais em comparação com os alternativos (OCDE, 2009).

Por sua vez, Cheng et al. (2014) separam a fronteira da eco-inovação em externa e interna. A fronteira externa refere-se às atividades verdes e sustentáveis de uma organização no relacionamento com fornecedores, agências reguladoras e demandas de mercado. Por outro lado, a fronteira interna refere-se a ações voltadas para processos eficazes e eficientes de eco-inovação que incluem a gestão, a produção e o desenvolvimento de novos produtos (GILBERTO; MACKE, 2017). De acordo com o autor, as dimensões da eco-inovação podem ser categorizadas em: produto, processo e organizacional. As inovações de eco-produtos significam produtos novos ou significativamente melhorados com componentes e materiais tecnicamente aprimorados (PUJARI, 2006), resultantes de eco-tecnologias avançadas (CARRILLO- HERMOSILLA; KÖNNÖLÄ; RÍO, 2010). Em outras palavras, as inovações de eco-processos fazem menção a novos elementos introduzidos em sistemas de produção para criar eco-produtos, modificando processos e sistemas operacionais, que permitem a redução de custos e a produção de produtos novos ou significativamente melhorados com menor impacto ambiental (NEGNY et al., 2012).

Tais inovações são melhorias nos processos de produção existentes ou novos processos com menor impacto ambiental. As inovações eco-organizacionais estão relacionadas a melhorias nos processos de gestão por meio de novas práticas e métodos ecologicamente corretos que aumentam o desempenho da organização, apoiam mudanças, reduzem custos administrativos e de armazenamento, bem como melhoram o ambiente de trabalho (CRUZ; PEDROZO; ESTIVALETE, (2006); RENNINGS (2000)). Embora tais práticas não reduzam diretamente os impactos ambientais, elas simplificam a implementação de eco-processos (MURPHY; GOULDSON, 2000; KEMP; ARUNDEL, 1998; CRUZ; PEDROZO; ESTIVALETE, 2006; TRIGUERO; MORENO-MONDÉJAR; DAVIA, 2013; HORBACH; RENNINGS, 2013; TRIGUERO; MORENO-MONDÉJAR; DAVIA, 2013).

Em relação aos bens e serviços ambientais, pode-se afirmar que estes desempenham um papel essencial no desenvolvimento sustentável e no cumprimento de metas específicas, como aquelas estabelecidas na Declaração do Milênio das Nações Unidas e na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (HAMWEY et al., 2003). A redução das barreiras ao comércio de bens e serviços ambientais teve destaque durante as negociações da Rodada Doha, na qual os países foram convidados a negociar a eliminação da proteção de bens e serviços ambientais. No entanto, há um impasse na negociação para a redução das barreiras ao comércio de bens ambientais por diversas razões, tais como as dificuldades técnicas na definição de EGs e motivos conflitantes da economia política (SOILITA, 2019).

A definição dos bens ambientais é um tema controverso. Existe uma dificuldade em se definir o que são “bens ambientais” para os propósitos da negociação sobre a liberalização do comércio destes bens na Organização Mundial de Comércio (OMC) (PATRIOTA, 2013). Numerosos conjuntos de critérios são utilizados para classificar e delimitar um bem ou serviço ambiental, concentrados na função ou propósito ambiental de um produto. Isso contrasta com os sistemas tradicionais de classificação de produtos que se baseiam substancialmente nos atributos de bens e serviços (OROK, 2000).

É válido ressaltar que o vínculo entre comércio e meio ambiente ganhou importância depois da Declaração Ministerial de Doha (DMD), de 2001, no contexto das negociações comerciais da Organização Mundial do Comércio (OMC). Isto porque o parágrafo 31⁴ da DMD prevê a redução ou eliminação de barreiras tarifárias e não tarifárias de bens e serviços ambientais, com o objetivo de incentivar a difusão do uso de bens que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável (WTO, 2001). O interesse da OCDE em bens e serviços ambientais manifestou-se por conta de seu trabalho sobre políticas ambientais e competitividade industrial. Em 1994, pela demanda da Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency* – EPA), buscaram-se formas de coletar dados consistentes sobre produção, emprego, comércio e investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Antes, porém, era necessária uma definição dessas atividades ambientais e a classificação desses bens e serviços ambientais (EUROSTAT, 2009).

A partir da definição da OCDE de atividades que formam a indústria ambiental, a APEC apresentou, por meio dos códigos do *Harmonized Commodity Description and Coding System* (HS) em seis dígitos, uma lista de bens que seriam considerados no acordo. Já a OCDE, propôs uma ampla lista com 164 bens (ANSANELLI; CINTRÃO, 2016). Como as duas listas possuem itens em comum, em alguns casos passou a ser utilizada uma lista combinada OCDE-APEC (NETO; RIOS; VELLOSO, 2006).

A respeito da questão de regulamentação, é possível afirmar que, desde a década de 1970, os setores ambientais que receberam maior atenção regulatória têm sido o tipo mais visível de degradação ambiental, o que engloba alguns dos problemas anteriormente mencionados, como a poluição da água, do ar ou tecnologias de processamento mais prejudiciais ao meio ambiente, como produção de aço e geração de energia (OROK, 2000). Regulamentos ambientais mais rigorosos induziriam mais empresas a pagar o custo inicial de P&D para entrar na eco-indústria, o que deve levar a um aumento da participação no mercado de exportação da eco-indústria doméstica. Uma ilustração empírica desses últimos efeitos é proposta por Costantini e Mazzanti (2010). Ao empregar um modelo gravitacional de comércio, os autores constatam que os impostos ambientais e de energia nos países da UE-15 entre 1996 e 2007 foram associados a maiores exportações de EGs. Embora regulamentos ambientais rigorosos levem a mais P&D ambiental por empresas domésticas em uma pequena economia

⁴ A decisão ministerial de Doha de novembro de 2001, parágrafo 31(iii) afirmou que “...Com vistas a aumentar o apoio mútuo do comércio e do meio ambiente, nós concordamos em negociar, sem prejudicar seu resultado, sobre: (...) (iii) a redução ou, conforme o caso, a eliminação das barreiras tarifárias aos bens e serviços ambientais”.

aberta, Greaker (2006) sugere que empresas ecológicas estrangeiras também aumentariam seus gastos em P&D e vendas de EGs para este país. Da mesma forma, Greaker e Rosendahl (2008) mostram que uma política ambiental mais rígida é boa para a indústria poluidora doméstica, permitindo-lhe obter equipamentos de abatimento mais facilmente e com custos mais baixos (SOILITA, 2019).

A partir do início do século XIX, observou-se que a demanda vem atendendo consideravelmente a substituição de produtos e modificações de processos industriais. Tal fato se deve a ênfase de políticas de prevenção da poluição, ao planejamento ambiental estratégico das empresas, ao surgimento de novos segmentos de mercado e a mudança para incentivos e instrumentos econômicos. A mudança observada criou mercados para bens e serviços ambientais, trazendo oportunidades à diversos setores, como os mais poluentes, por exemplo (EUROSTAT, 2009).

Existe também uma discussão presente na literatura de que as regulamentações ambientais afetam os fluxos comerciais. Usando um modelo gravitacional, Aichele e Felbermayr (2015) examinam os efeitos do Protocolo de Kyoto sobre o teor de carbono do comércio bilateral em 15 indústrias para 40 países. Explorando as diferenças nos compromissos dos países sob o Protocolo de Kyoto e e uma fonte de variação exógena nos preços do carbono, eles observaram que o Protocolo de Kyoto aumentou em 5% as importações. Ademais, a literatura revisada em Cherniwchan, Copeland e Taylor, (2017), oferece suporte à hipótese de que uma redução nas barreiras comerciais reduz a intensidade de poluição das atividades em países com políticas ambientais fortes. Essa comprovação é relevante e sustenta a ideia de que as regulamentações ambientais provocam a maior oferta por bens ambientais.

Durante as negociações internacionais no âmbito do GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) e da OMC, procurou-se estabelecer princípios e mecanismos para diminuição de barreiras comerciais entre os países. A criação destes órgãos era uma reação direta ao protecionismo que proliferava durante as décadas de 1970 e 1980. Neste contexto, a propriedade intelectual responsável pela regulamentação dos bens intensivos em conhecimento é, também, objeto de discussões nas negociações e nos organismos internacionais, visto que a dinâmica da inovação é uma das responsáveis por influenciar os países a adotar determinada política (HOEKMAN, 1995).

Em 1994, após um alerta precoce de que os regimes de comércio e meio ambiente estavam caminhando para a colisão, os membros da OMC deveriam negociar a eliminação da proteção de bens e serviços ambientais (EGS) sob a Rodada Doha (ELIZABETH; CESAR, 2012). Apelidada de “Rodada para o Meio Ambiente e Desenvolvimento”, as negociações bem-sucedidas deveriam dissociar o crescimento econômico do impacto ambiental, criando uma situação de ganho triplo, para o comércio, o meio ambiente e o desenvolvimento. Em primeiro lugar, se as negociações fossem bem-sucedidas, o comércio seria facilitado por meio de tarifas reduzidas ou eliminadas e barreiras não tarifárias sobre EGs. Isso diminuiria o custo das tecnologias ambientais, aumentaria seu uso e estimularia a inovação e a transferência de tecnologia. Em segundo lugar, os países em desenvolvimento se beneficiariam de duas maneiras de um melhor acesso ao mercado em bens e serviços ambientais (CZELUSNIAK et al., 2011).

Os produtores de EGs teriam melhor acesso a grandes mercados na Europa, Estados Unidos e Ásia de alta renda e seria mais fácil para os países em desenvolvimento obterem bens ambientais de alta qualidade produzidos no exterior. Esse acesso deve, entre outros benefícios ambientais, aumentar a eficiência energética e melhorar a situação da água e do saneamento nos países em desenvolvimento. Por meio da transferência de tecnologia e redução de barreiras nos serviços ambientais, tecnologias aprimoradas e serviços ambientais de melhor desempenho reduziram as emissões. Por último, em nível global, o meio ambiente seria mais bem preservado, especialmente se uma definição ampla de bens ambientais fosse adotada para incluir como bens ambientais aqueles produtos e serviços ambientais com características de

produção, uso ou descarte que evitem danos ao meio ambiente (por exemplo, o uso de materiais biodegradáveis, ou bens produzidos de forma ambientalmente preferível).

É possível afirmar que, entre os anos de 2003 e 2016, o comércio global de bens relacionados ao meio ambiente mais que dobrou, passando de US\$ 531,10 bilhões para US\$ 1.261,24 bilhões, representando um crescimento médio anual de 7,5%. Em termos relativos, a participação do comércio de bens ambientais no comércio global cresceu de 7,2% para 8,1%. As exportações de todos os bens relacionados com o ambiente registaram um crescimento positivo. As usinas de energia renovável (REP) tiveram a maior taxa de crescimento, com média de 8,9%, impulsionadas principalmente pelos sistemas solares fotovoltaicos (GARSOUS, 2019).

Esses dados condizem com as tendências recentes na geração e uso de energia, já que países ao redor do mundo estão mudando para um maior uso de energia renovável, particularmente na geração de eletricidade. Em 2016, por exemplo, as usinas de energia renovável representaram a maior proporção de bens ambientais exportados (34,7%). Os outros três maiores meios comercializados são gestão de águas residuais e tratamento de água potável (19,4%); equipamentos de monitoramento, análise e avaliação ambiental (10,7%); e gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistema de reciclagem (8,8%) (GARSOUS, 2019).

Em relação ao mercado mundial, os bens ambientais têm representado cerca de 4,5% do comércio mundial e têm crescido em torno de 10% nos últimos anos, dispondo de países desenvolvidos como seus maiores exportadores. Os países em desenvolvimento, com exceção da China, são importadores líquidos, mas com elevado potencial de crescimento (ABDI, 2012; NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016). Tal resultado se deve ao fato de que o mercado de bens ambientais é mais maduro nos países desenvolvidos, enfrentando, no entanto, problemas de crescimento lento. Porém, esse mercado é nascente nos países em desenvolvimento e cresce, principalmente, sob a influência das necessidades de gestão ambiental (NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016).

A saturação do mercado ambiental nos países desenvolvidos, que pode ser explicada pelo pioneirismo na introdução de políticas ambientais, pela abertura comercial e pelo apoio institucional a tecnologias ambientais, reforça o interesse desses países na abertura comercial para outras regiões (NETO; RIOS; VELLOSO, 2006; ABDI, 2012; NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016). Nesse sentido, é notória uma discrepância em termos de proteção dos bens ambientais, com tarifas de importação mais elevadas nos países em desenvolvimento (de 10% a 15%) do que nos desenvolvidos (de 0% a 5%) (NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016).

Com relação ao Brasil, por exemplo, nota-se que a inserção do país nesse mercado tem sido pouco significativa, representando cerca de 1% das exportações mundiais de bens ambientais em 2013 da lista combinada OCDE-APEC. Ademais, a balança comercial tem apresentado déficits crescentes, passando de US\$ 2 bilhões em 2002 para US\$ 7 bilhões em 2014. No entanto, os fluxos comerciais apresentaram certo dinamismo e, ao se tratar de categorias de produtos, a produção de energias renováveis tem se destacado, especialmente sob o peso do etanol (NASCIMENTO, 2015). As barreiras tarifárias e não tarifárias são maiores para os bens agrícolas do que para os bens industriais, e os países são mais resistentes em reduzir seus subsídios e suas barreiras aos produtos agrícolas, lesando, por conseguinte, os interessados nas exportações do etanol (OLIVA; MIRANDA, 2008).

Ao contrário do que ocorre com a maioria dos bens ambientais, as tarifas médias de importação de energias renováveis pelo Brasil são inferiores às aplicadas por outros países sobre esses bens exportados pelo Brasil. A tarifa máxima aplicada sobre as importações brasileiras foi de 11,2%, enquanto a incidente sobre as exportações brasileiras de energias renováveis foi de 32,8% entre 2005 e 2010 (PAIXÃO, 2012). As evidências demonstram que, apesar das ameaças sentidas pelos países em desenvolvimento, há oportunidades para o Brasil usufruir de benefícios da liberalização de bens ambientais, caso ela for direcionada pela lista da

OCDE. Contudo, ainda são os estudos que abordam sobre o tema das exportações brasileiras de bens ambientais para cada lista separadamente são escassos (OLIVA; MIRANDA, 2008).

De modo geral, as tarifas médias aplicadas às importações de bens ambientais têm sido baixas e continuam em declínio nos países da OCDE, de 1,7% em 2003 para 0,8% em 2016. As tarifas em países fora da OCDE têm sido significativamente mais altas, mas também têm diminuído, de 7,4% em 2003 para 4,1% em 2016. A área da OCDE é parcialmente explicada por reduções tarifárias aplicadas em muitos bens ambientais (GARSOUS, 2019).

A dispersão das tarifas também é significativamente diferente entre países da OCDE e países fora da área da OCDE. A maioria das tarifas sobre bens ambientais nos países da OCDE não difere de sua média de baixo nível, enquanto a distribuição de tarifas em países fora da área da OCDE é muito mais ampla, exibindo tarifas muito baixas ou muito altas sobre bens ambientais. No entanto, valores discrepantes de alta tarifa estão presentes tanto nos países da OCDE quanto nos países fora da OCDE (GARSOUS, 2019). As negociações sobre a liberalização do comércio de bens e serviços ambientais sob o mandato da Rodada Doha reforçam essas preocupações. No entanto, os obstáculos encontrados pelos países líderes no mercado mundial de tecnologias ambientais para aprovar um acordo de liberalização do comércio de bens e serviços ambientais na Rodada Doha poderiam ser superados por um acordo pró-economia verde (ALMEIDA; PRESSER, 2006).

A “Iniciativa de Economia Verde” tende a ser vista como um movimento dos países desenvolvidos para promover o crescimento da demanda global por tecnologias ambientais sob seu controle. Por essa razão, há certa desconfiança por parte dos países em desenvolvimento, provocando um comportamento muito cauteloso na negociação de compromissos para a transição para uma economia verde. Não obstante, existe uma pressão política dos países em desenvolvimento para que os compromissos com o desenvolvimento e a justiça social sejam devidamente abordados (GARSOUS, 2019; ALMEIDA, PRESSER, 2005).

Há fortes evidências de que a adoção mais ampla das tecnologias ambientais auxilia o desenvolvimento das economias, melhorando significativamente os processos industriais, produtos e práticas de negócios (EUROSTAT, 2009). Portanto, a remoção de barreiras comerciais para os bens relacionados ao meio ambiente pode contribuir para alcançar essa agenda, facilitando a difusão de equipamentos e tecnologias necessários para diminuir ou evitar danos ambientais (GARSOUS, 2019). Segundo o estudo realizado pela Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2003) sobre o comércio internacional de bens ambientais, no período compreendido entre 1996 e 2001, existe um paradigma com forte disparidade entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, com os primeiros na condição de exportadores e os últimos na de importadores dos bens ambientais (NASCIMENTO; ALMEIDA, 2016). Notadamente, a diferença relativa supracitada exprime a lacuna tecnológica geral existente entre esses países, resultado do processo de formação histórica das economias nacionais, em especial, àqueles marcados pela industrialização, o que também se reflete nos seus Sistemas Nacionais de Inovação (BITENCOURT; SILVA; SANTOS, 2018).

Desse modo, o principal objetivo do trabalho será investigar o comércio internacional de bens ambientais a partir de dados retirados do banco de dados da OCDE e do Banco Mundial, para uma amostra de 60 países, entre os anos de 2005 e 2015. Para esta finalidade, será utilizada a metodologia de dados em painel a partir do método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) e do método das Variáveis Instrumentais (VI). Uma vez que a literatura que investiga a ligação entre o comércio de bens ambientais e o desempenho ambiental é principalmente teórica e se concentra, em sua grande maioria, no desenho da política ambiental no contexto da liberalização do comércio de bens ambientais (CHAKRABORTY; CHATTERJEE, 2015), o presente artigo se distingue por realizar uma investigação empírica acerca dos efeitos de tarifas de importação relacionadas aos bens ambientais na geração de inovações ambientais. Ademais,

será verificado se as tarifas de importação de bens ambientais afetam, em alguma medida, a geração de inovações ambientais.

Além desta seção introdutório, o artigo está organizado em mais 4 seções. A seção 2 engloba a discussão em torno daecoinovação, tecnologias ambientais e a problemática envolvida na definição de bens ambientais. Além disso, são tecidas considerações a respeito do comércio internacional e abertura econômica, além das atuais tendências no mercado mundial para os bens ambientais. O item 3 descreve a metodologia utilizada no trabalho e os procedimentos utilizados para a aplicação metodológica. O item 4 detalha a base de dados utilizada no modelo empírico e o tratamento realizado. O item 5 engloba a discussão dos resultados encontrados com base nos dados do modelo. Na última seção é tecido as conclusões e são apontadas as limitações do estudo bem como sugestões para pesquisas futuras.

3 METODOLOGIA

Após o debate entre as questões sobre o comércio internacional e meio ambiente discutidas nas seções anteriores e dado o objetivo de se investigar os efeitos das tarifas de importação sobre o desenvolvimento de inovações ambientais, será apresentada a metodologia de dados em painel. A escolha da referida metodologia tem como justificativa o fato de que um conjunto de dados longitudinal ou em painel segue uma determinada amostra de indivíduos ao longo do tempo e, portanto, será útil para fornecer uma análise dinâmica dos países presentes na amostra.

O modelo inicial (e considerado o mais restrito) é o modelo para dados agrupados (*pooled*), que despreza as dimensões temporal e espacial dos dados e considera todos os coeficientes constantes ao longo do tempo e entre os indivíduos, assumindo a forma de dados empilhados. Nesse caso, o método habitual para estimação dos parâmetros é o método dos mínimos quadrados ordinários e a formulação geral do modelo com n observações em T períodos e k variáveis é dado pela equação a seguir:

$$\log Inovacoes = \beta_0 + \beta_1 Tarifas + \beta_1 Tarifas * Desenv + \beta_2 \log Renovavel + \beta_3 \log Artigos + \varepsilon \quad (1)$$

No modelo apresentado, a variável dependente ($\log Inovacoes$) faz referência ao desenvolvimento de Tecnologias Ambientais relacionadas a tecnologia renovável. Já as variáveis independentes são compostas pelos dados a respeito das tarifas de importação de bens ambientais relacionados a energias renováveis (*Tarifas*), por uma variável de geração de energias renováveis ($\log Renovavel$), por uma representação do volume de publicações científicas do país ($\log Artigos$) e por um termo de interação entre uma variável *dummy* – relacionando países desenvolvidos e em desenvolvimento – e a variável *Tarifas*. Este termo de interação busca analisar se o impacto médio das tarifas de importação de para bens de energia renovável difere para países desenvolvidos e em desenvolvimento (WOOLDRIDGE, 2010).

Devido às adversidades da heterocedasticidade para o modelo, é essencial que a presença desta seja detectada previamente a especificação do modelo final, para que dessa forma seja possível utilizar aparatos estatísticos para contorná-la. Dessa forma, para que se obtenha estimadores consistentes e para atenuar o viés da simultaneidade, o método dos MQO dá lugar ao método dos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) e ao método das Variáveis Instrumentais (VI), que serão exploradas a seguir. A utilização das variáveis instrumentais para lidar com a heterocedasticidade advinda de variáveis endógenas (correlacionadas com o termo de erro ε) é amplamente utilizada na análise de regressão. Usar uma variável instrumental para identificar a correlação oculta (não observada) permite que o pesquisador visualize a verdadeira correlação entre a variável explicativa e a variável de

resposta, Y . Adicionalmente, uma variável instrumental está correlacionada com a variável explicativa (X) e não correlacionado com o termo de erro, ε .

As características dos dados, em particular o tamanho da amostra, influenciam a escolha de um estimador ideal para os modelos de dados do painel (BALTAGI, 2005). Para o controle dos problemas referente à endogeneidade e, dada a possibilidade de variáveis independentes estarem correlacionadas, optou-se pela estimação pelo método das variáveis instrumentais pelos mínimos quadrados em 2-estágios com componente de erro (EC2SLS). O papel do estimador de mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) constitui na substituição da variável explicativa endógena por uma combinação linear das variáveis predeterminadas do modelo. Assim, utilizá-la no lugar da variável endógena original promove a combinação como uma variável explicativa.

De acordo com Wooldridge (2010), quando se utiliza o corte transversal (séries temporais e dados em painel), ao se aplicar de modo adequado o MQ2E, os resultados obtidos por este método podem proporcionar uma estimativa mais eficiente na presença de variáveis explicativas endógenas do que as obtidas por MQO. Porém, a utilização do MQ2E pode apresentar problemas caso as variáveis instrumentais sejam consideradas fracas, isto é, quando as variáveis instrumentais são correlacionadas com o termo de erro ou apresentam uma pequena correlação com as variáveis explicativas endógenas.

Outrossim, para se utilizar a metodologia de variáveis instrumentais, é necessário definir a variável explicativa a ser instrumentalizada. O teste Park – utilizado neste trabalho – parte de um modelo específico do processo heterocedástico. Especificamente, assume que a heterocedasticidade pode ser proporcional a dimensão de alguma variável independente no modelo. O teste regride o quadrado dos resíduos sobre as variáveis independentes e, desta forma, caso o coeficiente de alguma variável independente se demonstre significante, haverá fortes indícios de que esta variável é endógena (JIANG; DENG, 2021).

Dessa forma, identificou-se, através do teste de Breusch-Pagan (BREUSCH e PAGAN, 1979), a presença da heterocedasticidade na equação do modelo original. A correção do problema foi realizada a partir do uso do estimador de mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E). Os resultados do teste de Park e do ajuste dos instrumentos serão apresentados na seção de resultados.

4 BASE DE DADOS

Com o intuito de se mensurar os efeitos das tarifas de importação de bens ligados a energia renovável na geração de inovações ambientais relacionadas a esta categoria de energia, utilizou-se o arranjo de dados em painel a partir de dados coletados das fontes da OCDE e do Banco Mundial. A partir da plataforma da OCDE, foram extraídas bases de dados referentes as inovações ambientais relacionadas a geração de energia renovável, juntamente a base que mensura as tarifas de importação de bens relacionados a energia renovável. Adicionalmente, foram retiradas bases de dados da plataforma do Banco Mundial concernentes ao volume de emissões de CO₂, consumo elétrico per capita, geração de energia renovável e produção de artigos científicos. A base final abrange um recorte temporal de 11 anos, com uma série anual de dados de 2005 a 2015, abrangendo um total de 62 países desenvolvidos e em desenvolvimento, selecionados a partir da disponibilidade de dados das variáveis analisadas.

A partir da escolha da categoria de energias renováveis, buscou-se analisar especificamente o impacto das tarifas de importação sobre essa categoria, evitando-se, assim, que características de outros tipos de inovação se manifestassem quando as subcategorias fossem agregadas. A variável dependente utilizada na análise, representa o número de invenções relacionadas ao campo de energias renováveis (famílias de patentes simples) desenvolvidas pelos inventores do país, independentemente das jurisdições onde a proteção de

patentes é solicitada (ou seja, todas as famílias de patentes conhecidas em todo o mundo são consideradas) e faz referência ao desenvolvimento de inovações ambientais relacionadas a energias renováveis, tendo sido extraída do banco de dados da OCDE. Dentre estas inovações, serão consideradas as inovações ligadas a energia eólica, energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, energia híbrida térmica-fotovoltaica, energia geotérmica, energia marinha (energia a partir de ondas ou gradiente de salinidade) e hidroenergia. A categoria de energias renováveis foi escolhida por possuir a maior taxa de participação na Lista Combinada de Bens Ambientais (CLEG) e por se destacar nas importações mundiais de bens ambientais, conforme a Tabela 1 a seguir.

Quadro 1 – Distribuição de meios ambientais na CLEG

Código	Tema ou meio ambiental	Participação média na CLEG	Participação nas importações mundiais de bens ambientais (2005-2015)
APC	Controle de poluição do ar	5%	7%
CRE	Tecnologias e produtos mais limpos ou mais eficientes em termos de recursos	19%	6%
EPP	Produtos ambientalmente preferíveis com base no uso final ou características de descarte	2%	<1%
HEM	Gerenciamento de calor e energia	10%	6%
MON	Equipamentos de monitoramento, análise e avaliação ambiental	15%	10%
NRP	Proteção dos recursos naturais	<2%	<1%
NVA	Redução de ruído e vibração	< 2%	6%
REP	Usina de energia renovável	22%	37%
SWM	Gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistemas de reciclagem	10%	1%
SWR	Limpeza ou remediação de solo e água	< 2%	19%
WAT	Gestão de águas residuais e tratamento de água potável	13%	9%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da OCDE.

Ademais, com o objetivo de inserir uma variável controle para os efeitos do Sistema Nacional de Inovação (SNI) sobre o desenvolvimento de inovações ambientais, optou-se por utilizar o número de artigos científicos e de engenharia publicados por um país nas seguintes áreas: física, biologia, química, matemática, medicina clínica, pesquisa biomédica, engenharia e tecnologia e ciências da terra e do espaço como variável de controle. Os dados extraídos da base de dados do Banco Mundial consideram a contagem de artigos de um conjunto de revistas cobertas pelo *Science Citation Index* (SCI) e *Social Sciences Citation Index* (SSCI).

O SNI é um sistema constituído por um determinado conjunto de agentes e pelo relacionamento entre estes, o que determina seu grau de desenvolvimento e suas potencialidades (LUNDVALL, 2007). A inovação tecnológica ambiental é, dessa forma, identificada como um processo impulsionado pela existência desse conjunto de agentes e instituições, que, uma vez alinhados às trajetórias tecnológicas vigentes, interagem com vistas

a facilitar o seu desenvolvimento. Dado isto, num sistema de inovação bem desenvolvido, o SNI possui um papel fundamental, uma vez que são as empresas e os agentes que as ajudam a promover a inovação devem interagir estabelecendo tais fluxos de informação, sustentando o devido alinhamento entre o conhecimento científico e o conhecimento técnico (LUNDVALL, 2007).

Como principal variável explicativa, foram utilizados os dados a respeito das tarifas de importação de bens relacionados a energia renovável, com o objetivo de se analisar o impacto deste elemento no processo de geração de inovações ambientais relacionadas a este tipo de energia. Este indicador foi coletado da base de dados da OCDE e representa as tarifas aplicadas de importação sobre bens relacionados ao meio ambiente, conforme definido na Lista Combinada de Bens Ambientais (CLEG), em pontos percentuais para todos os países entre 2005 e 2015.

Cabe destacar que os dados a respeito das tarifas de importação de bens ambientais são divididos em categorias, sendo estas: APC = Controle da poluição do ar; CRE = Tecnologias e produtos mais limpos ou eficientes em termos de recursos; EPP = Produtos ambientalmente preferíveis com base no uso final ou características de descarte; HEM = Gestão de calor e energia; MON = Equipamento de monitoramento, análise e avaliação ambiental; NRP = Proteção dos recursos naturais; NVA = Redução de ruído e vibração; REP = Usina de energia renovável; SWM = Gestão de resíduos sólidos e perigosos e sistemas de reciclagem; SWR = Limpeza ou remediação de solo e água; WAT = Gestão de águas residuais e tratamento de água potável. Dentre estes campos, o campo de interesse escolhido foi o de REP = Usina de energia renovável.

As informações são apresentadas em pontos percentuais, representando a tarifa de importação de uma subcategoria. Não obstante, foi realizada uma média aritmética das tarifas das 57 subcategorias para se obter uma média geral da tarifa de importação para bens relacionados a plantas de energia renovável para cada país. Desta forma foi possível obter um dado único para cada recorte temporal e para cada unidade de observação.

A partir da base de dados do Banco Mundial, foram coletados os dados a respeito do consumo elétrico per capita como variável de controle para representar os impactos do aumento do consumo elétrico no desenvolvimento de inovações relacionadas as energias renováveis. Em conjunto, os dados referentes as emissões de CO₂ (em Kilotons) foram recolhidos para controlar os efeitos da poluição atmosférica na geração de inovações em energias alternativas e menos poluentes – energias renováveis. A produção de eletricidade a partir de fontes renováveis (kWh) é também um fator relevante para entender o processo pela busca de inovações ambientais relacionadas a energias renováveis, uma vez que a crescente participação destas fontes limpas de energia no mapa energético mundial tem aquecido a busca por inovações tecnológicas buscando maior eficiência energética. Portanto, os dados para esta variável também foram coletados das bases de dados do Banco Mundial.

Como análise complementar, busca-se avaliar se as tarifas de importação sobre bens ambientais utilizados nas plantas de energia renovável possuem um impacto diferente no que diz respeito ao desenvolvimento de inovações ambientais para países desenvolvidos e em desenvolvimento. Para a análise, foi elaborada uma variável *dummy*, que assume valor 1 para os países considerados desenvolvidos e valor 0 para países em desenvolvimento. Metodologicamente realizou-se uma interação entre a variável *dummy* e a variável Tarifas, onde um coeficiente de regressão desta interação estatisticamente significativa indica que as tarifas de importação possuem um impacto diferente na variável dependente, variando de acordo com o grau de desenvolvimento do país.

Devido às diferentes escalas e distribuições das variáveis coletadas, tanto dependente quanto explicativas, foi realizada uma transformação funcional, com a representação das variáveis selecionadas na forma logarítmica. Uma vez que a maioria das variáveis econômicas

é limitada a ser positiva e suas distribuições empíricas podem ser bastante não normais, como as variáveis de renda (como salários e PIB), a aplicação da forma logarítmica estreita a amplitude dos valores, tornando as estimativas menos sensíveis a observações extremas (outliers). Assim, no presente trabalho, de forma a alcançar um melhor ajuste das variáveis às hipóteses do modelo clássico de regressão e evitar distorções devido a outliers e escalas diferentes (WOOLDRIDGE, 2010), as variáveis inovações, artigos, renovável, consumo e emissões foram transformadas para a forma logarítmica. A variável explicativa Tarifas foi mantida na forma original por ser apresentada em pontos percentuais. Um panorama englobando as variáveis utilizadas no estudo é mostrado na tabela 2.

Quadro 2 – Descrição e fonte das variáveis utilizadas

Código	Variável	Fonte
<i>log Inovacoes</i>	Desenvolvimento de inovações ambientais relacionados a energias renováveis	OCDE
<i>Tarifas</i>	Tarifas de importação sobre bens relacionados a energia renovável	OCDE
<i>log Renovavel</i>	Produção de eletricidade a partir de fontes renováveis (kWh)	Banco Mundial
<i>log Consumo</i>	Consumo elétrico <i>per capita</i>	Banco Mundial
<i>log Emissoes</i>	Emissões de CO ₂ (em Kilotons)	Banco Mundial
<i>log Artigos</i>	Produção de artigos científicos	Banco Mundial
<i>Desenv</i>	<i>Dummy</i> desenvolvimento (1 para desenvolvidos e 0 para em desenvolvimento)	-

Fonte: Elaboração própria, utilizando dados da OCDE.

4 RESULTADOS

Conforme apresentado na seção de metodologia, através do teste de *Breusch-Pagan* foi identificada a presença da heterocedasticidade no modelo MQO utilizado. As estatísticas descritivas e a matriz de correlação das variáveis podem ser observadas nos Anexos 1 e 2. Assim, com o objetivo de realizar a identificação da variável explicativa endógena, foi realizado o teste de Park. Os resultados do teste – que consiste na regressão dos resíduos ao quadrado extraídos da regressão MQO original contra as variáveis explicativas do modelo original – apontaram que a variável *logrenovavel* se mostrou estatisticamente significativa para explicar o termo residual, demonstrando indícios de uma variável endógena. Os resultados do teste são demonstrados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do Teste de Park

Variáveis	Teste de Park
logrenovavel	-0.0691* (-2.23)
Tarifas	-0.00225 (-0.20)
logartigos	-0.0477 (-1.40)
constante	1.118***
Variável dependente = e ² da regressão original	
Estatística t entre parêntesis	

Desse modo, o próximo passo foi realizar a instrumentalização desta variável através do modelo de MQ2E (Mínimos Quadrados em Dois Estágios). Para instrumentalizar a variável endógena *logrenovavel*, optou-se por utilizar as variáveis *logemissoes* e *logconsumo*. A utilização da variável *logemissoes* advém da relação empírica observada entre o aumento da emissão de poluentes atmosféricos e o aumento da utilização da energia renovável (ALVAREZ-HERRANZ; BALSALOBRE-LORENTE; SHAHBAZ, 2017). De forma semelhante, o instrumento *logconsumo* representa o aumento da utilização de fontes de energia renovável perante o aumento da demanda de energia elétrica global (KHAN et al., 2020).

Ao regredir estes dois instrumentos sobre a variável instrumentalizada, foi possível observar que ambos se apresentaram estatisticamente significantes ao nível de 1% para explicação da variável instrumentalizada, configurando-se como bons ajustes em termos de instrumentos ($R^2 = 0.3814$). Deste modo, prosseguiu-se para a o modelo de MQ2E a partir da equação (1) com a variável *logrenovavel* tendo sido instrumentalizada pelas variáveis *logemissoes* e *logconsumo*. Os coeficientes beta resultantes da regressão MQ2E são apresentados no Quadro 2, assim como os erros-padrões robustos dos coeficientes:

Tabela 2 – Resultados da Regressão com MQ2E

Variáveis	Modelo MQ2E
logrenovavel	0.465*** (0.12)
Tarifas	-0.051* (0.02)
logartigos	0.527*** (0.11)
IntDesenvol	0.060 (0.11)
constante	2.949***
$R^2 = 0.8709$	

Estatísticas t representadas entre parêntesis: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$
 Fonte: Elaboração própria a partir da utilização do software Stata 14

É possível afirmar que todas as variáveis foram significativas ao nível igual ou abaixo de 5%, exceto o termo de interação *IntDesenvol*, que representa a interação entre a variável Tarifas e a dummy *Desenv* (que indica nível de desenvolvimento do país). Desta forma, apesar da discrepância em termos de proteção dos bens ambientais, com tarifas de importação mais elevadas nos países em desenvolvimento do que nos desenvolvidos (Nascimento e Almeida, 2016), para a amostra coletada de 60 países entre os anos estudados, os resultados apontam que não se pode concluir que exista um efeito médio das tarifas de importação que difira para países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Em complemento, a significância conjunta das variáveis selecionadas reforça o caráter variado dos fatores que afetam as inovações ambientais, com os resultados explicitando o impacto de diferentes fatores socioeconômicos, energéticos, científicos e comerciais no processo de desenvolvimento de inovações ambientais.

Ademais, de modo a validar a especificação do modelo e dos instrumentos, foi realizado o teste de *Sargan*, que testa a validade e a exogeneidade dos instrumentos utilizados. A validade correta do modelo é refletida em sua hipótese nula, portanto, para um modelo corretamente especificado espera-se um p-valor maior do que 0,05 (para que não seja possível rejeitar a hipótese nula). Os resultados do teste apresentaram-se não estatisticamente significantes ($\chi^2=4,59$; $gl=6$; $p=0,59$), indicando que o modelo foi corretamente especificado e que os instrumentos não são correlacionados com o termo de erro.

Analisando o coeficiente da variável de interesse (*Tarifas*), tem-se que, devido a forma funcional log-nível, a cada aumento de 1 unidade em Tarifas – que significa o aumento de 1 ponto percentual nas tarifas de importação de bens de energia renovável – ocorre uma redução de 5,1% na geração de inovações ambientais relacionados a este campo. Desta forma, observa-se que o coeficiente negativo condiz com a literatura (SOILITA, 2019; CZELUSNIAK et al., 2011), apontando que as tarifas de importação de bens ambientais (no caso, energia renovável), afetam negativamente o desenvolvimento de inovações ambientais. Este resultado reforça também a relação do processo inovativo com o comércio internacional, apresentando fortes indícios da utilização dos bens importados para a melhoria de processos e materiais já existentes, assim como a geração de novas tecnologias e inovações *end-of-pipe* a partir de produtos já existentes (BALINEAU; MELO, 2013; MELO; SOLLEDER, 2020).

Além da observação dos efeitos das tarifas de importação sobre o desenvolvimento de inovações ambientais, a significância estatística da variável *logartigos* no modelo, serviu para reforçar o papel do Sistema Nacional de Inovação (SNI) no processo de desenvolvimento de inovações ambientais. Desta forma, o modelo ilustra a necessidade de uma boa infraestrutura tecnológica e científica nos países para que os ganhos advindos da facilitação do comércio de bens ambientais consigam ser aproveitados e aprimorados para a geração de tecnologias ambientais.

Dessa forma, é possível afirmar que uma facilitação do comércio sobre bens ambientais, a partir de tarifas reduzidas ou nulas, reduz o custo de produção de tecnologias ambientais e estimula a eco-inovação. Essa afirmação vai ao encontro do trabalho de Soilita (2019) que, a partir de regressões de variáveis instrumentais, apresenta como um de seus resultados a melhora na eficácia ambiental para os importadores líquidos de bens ambientais. Ademais, Antweiler et al. (2001) estimaram um modelo que destaca a interação de dotações de fatores e diferenças de renda na determinação do padrão de comércio e, a partir de dados sobre concentrações de dióxido de enxofre (SO₂) em 293 locais em 44 países do Projeto de Monitoramento Ambiental Global no período 1971-1996, descobriram que, em sua amostra, a abertura ao comércio reduz, em média, as concentrações de dióxido de enxofre.

É oportuno ressaltar que os resultados exprimem, de certo modo, a importância do comércio exterior sobre as inovações ambientais. Por sua vez, de acordo com Hoekman (1995), a regulamentação também possui o poder de influenciar países para a geração de inovação. No

caso, o que os resultados expressaram foi o ganho triplo entre comércio, meio ambiente e desenvolvimento (Czelusniak et al., 2011), mesmo considerando países com características distintas. A saber, países desenvolvidos possuem avanços do processo inovativo ambiental mais acelerados, como também se beneficiam do comércio exterior para o estimular a sua capacidade produtiva. Da mesma forma, a transição na geração e o maior uso de energia renovável são mais significativos em países desenvolvidos (GARSOUS, 2019).

O fato é que países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda apresentariam restrições quanto ao seu potencial sobre o comércio exterior e sua relação com o processo inovativo ambiental. Em outras palavras, barreiras tarifárias e não tarifárias destacam-se por representarem grandes pesos para os bens agrícolas (principal item de exportação para o Brasil) do que para os bens industriais (que possuem maior valor agregado e investimentos em P&D). Desta forma, os países em desenvolvimento tornam-se mais resistentes em reduzir seus subsídios e suas barreiras aos produtos agrícolas (OLIVA e MIRANDA, 2008).

Portanto, uma redução no custo de produção de tecnologias ambientais, dissemina, por conseguinte, o seu uso e estimula a inovação ambiental e a transferência de tecnologia. A transferência dessa tecnologia de maior desempenho beneficia o meio ambiente, em nível global. Alguns fatores que fortalecem os setores industriais podem ser exemplificados, como os marcos regulatórios, investimentos nos setores de bens ambientais compreendidos por produtos que evitem danos ao meio ambiente (por exemplo, o uso de materiais biodegradáveis, ou bens produzidos de forma ambientalmente preferível), bem como subsídios às empresas que inovam na produção de equipamentos e tecnologias necessários para diminuir ou evitar danos ambientais.

6 CONCLUSÃO

O artigo teve como objetivo investigar a relação entre o comércio internacional de bens ambientais e a geração de inovações em energias renováveis. Para isso, investigou-se a relação entre tarifas de importação e a geração de patentes de tecnologias ambientais, que são uma representação das inovações ambientais.

Desse modo, a partir de dados coletados da OCDE e do Banco Mundial, para uma amostra de 60 (sessenta) países e para o período compreendido entre 2005 e 2015, utilizou-se a metodologia de dados em painel. Todavia, para o devido controle dos problemas advindos da endogeneidade e buscando-se uma estimativa mais eficiente, foi realizada a estimação método das variáveis instrumentais pelos Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E).

Os resultados apontaram que a cada aumento de uma unidade nas tarifas de importação de bens de energia renovável ocorre uma redução de 5,1% na geração de inovações ambientais desse setor de energia. No caso, confirma-se a hipótese investigada no artigo de que as tarifas de importação de bens ambientais contribuem negativamente para a geração de inovações ambientais (tendo em vista que as patentes ambientais representam a *proxy* de desenvolvimento de tecnologias ambientais).

No entanto, há de se mencionar certas limitações do trabalho. Mesmo entre países similares, no que se refere ao padrão de desenvolvimento e às instituições, é difícil fazer generalizações. Como sugestão para futuros trabalhos, seria interessante investigar o papel da regulamentação ambiental no comércio internacional de bens ambientais, definindo em que medida a regulação aumentaria o comércio desses bens. Ademais, como objetivo futuro pretende-se focalizar os problemas endógenos associados à relação entre políticas de comércio e crescimento. Adicionalmente, ressalta-se a importância de análises sobre o papel independente desempenhado pelas políticas cambial e comercial, uma vez que a abertura das economias produz resultados diferenciados, dadas as especificidades de suas variáveis institucionais e de suas características econômicas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. T. DE; PRESSER, M. F. Comércio e Meio Ambiente nas Negociações da Rodada Doha, 2006.

ALONSO-BORREGO, C.; ARELLANO, M. Symmetrically Normalized Instrumental-Variable Estimation Using Panel Data. v. 17, n. 1, p. 36–49, 1999.

ALWIS, J. M. D. D. J. DE. Environmental Consequence of Trade Openness for Environmental Goods. 2015.

ANDERSEN, M. M. Eco-innovation indicators. Background Paper for the Workshop on Eco-innovation Indicators. EEA Copenhagen, 2005.

ANSANELLI, S. L. DE M.; CINTRÃO, M. G. A inserção do Brasil no mercado mundial de bens ambientais: uma comparação entre as listas da OCDE e da APEC. v. 34, n. 1, p. 122–143, 2016.

BADO, Á. L. Das vantagens comparativas à construção das vantagens competitivas: uma resenha das teorias que explicam o comércio internacional. Revista de Economia e Relações Internacionais / Faculdade de Economia da Fundação Armando Alvares Penteado., v. Vol. 3, n., 2004.

BALTAGI, B. H. Econometric Analysis of Panel Data.

BALINEAU, G.; MELO, J. The Stalemate at the Negotiations on Environmental Goods: Can it be Broken?, VoxEU.org, 5 May. 2013.

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

BINDER, M.; HSIAO, C.; PESARAN, M. H. Estimation and Inference in Short Panel Vector Autoregressions with Unit Roots Estimation and Inference in Short Panel Vector Autoregressions with Unit Roots and Cointegration. 2003.

BITENCOURT, D. V.; SILVA, J. C.; SANTOS, L. C. P. INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: NOVOS MODELOS E PROPOSIÇÕES. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, v. 3, n. 1, p. 43, 2018.

BUCHER, H. et al. Trade in environmental goods and services: opportunities and challenges. 2014.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. Microeconometrics Methods and Applications New York Cambridge University Press, 2005.

CARRILLO-HERMOSILLA, J.; KÖNNÖLÄ, T.; RÍO, P. DEL. Diversity of Eco-Innovations : Reflections from Selected Case Studies. 2010.

CASSANO, F. A. A TEORIA ECONÔMICA E O COMÉRCIO INTERNACIONAL. PESQUISA & DEBATE, SP, v. 13, p. 112–128, 2012.

CHAKRABORTY, P.; CHATTERJEE, C. Does Environmental Regulation Indirectly Induce Upstream Innovation? New Evidence from India 1. p. 1–31, 2015.

CHENG, C. C. J.; YANG, C.; SHEU, C. The link between eco-innovation and business performance: a Taiwanese industry context. *Journal of Cleaner Production*, v. 64, p.81–90, 2014.

CHERNIWCHAN, J.; COPELAND, B.; TAYLOR, M. S. Trade and the environment: New methods, measurement and results. *Annual Review of Economics*, p. 59–85, 2017.

CRUZ, L. B.; PEDROZO, E. Á.; ESTIVALETE, V. DE F. B. Towards sustainable development strategies A complex view following the contribution of Edgar Morin. 2006. EUROSTAT. The environmental goods and services sector. 2009.

CZELUSNIAK, V. A. et al. A Propriedade Intelectual e as Políticas de Comércio Internacional. *Tecnologia e Sociedade*, v. 7, 2011.

Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy*, v. 105, n. March, p. 386–397, 2017.

EUROSTAT. The environmental goods and services sector. 2009.

FENG, S. et al. Environmental decentralization and innovation in China. *Economic Modelling*, n. February, 2020.

GARSOUS, G. Trends in policy indicators on trade and environment. 2019.

GILBERTO, P.; MACKE, J. Eco-innovations in developing countries: The case of Manaus Free Trade Zone (Brazil). *Journal of Cleaner Production*, v. 168, p. 30–38, 2017.

GONZÁLEZ, P. R. The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda. *Ecological Economics*, vol. 68, 3, pages 861- 878, 2009.

GUSTAVO, L.; OLIVEIRA, S. DE; NEGRO, S. O. Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 107, n. December 2017, p. 462–481, 2019.

HAMWEY, R. et al. Sub-Regional Brainstorming Workshop on the Trade and Environment Issues Contained in of the WTO Doha Ministerial Declaration Liberalization of International Trade in Environmental Goods and Services by. 2003.

HORBACH, J. Determinants of environmental innovation-New evidence from German panel data sources. *Research Policy*, v. 37, n. 1, p. 163–173, 2008.

HORBACH, J.; RENNINGS, K. Environmental innovation and employment dynamics in different technology fields e an analysis based on the German Community Innovation Survey 2009. *Journal of Cleaner Production*, v. 57, p. 158–165, 2013.

HSIAO, C. *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press, 2003.

JIANG, J.; DENG, G. Parker Test for Heteroskedasticity Based on Sample Fitted Values. p. 400–408, 2021.

JR, F. J. Comércio Internacional e Crescimento Econômico. *Revista Brasileira de Comércio Exterior*, 2001.

KEMP, R.; ARUNDEL, A. SURVEY INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL INNOVATION. IDEA, 1998.

KEMP, R.; SOETE, L. The greening of technological progress. An evolutionary perspective. *Futures*, v. 24, n. 5, p. 437–457, 1992.

KOELLER, P. et al. *Ecoinovação: revisitando o conceito*, 2019.

KHAN, S. A. R. et al. Investigating the effects of renewable energy on international trade and environmental quality. *Journal of Environmental Management*, v. 272, n. April, p. 111089, 2020.

KRUGMAN, P.; OBSTFELD, M. *Economia Internacional - Teoria e Política*. Makron Books, n. 1c, 1999.

LAN, J.; MUNRO, A.; LIU, Z. Environmental regulatory stringency and the market for abatement goods and services in China. *Resource and Energy Economics*, 2017.

LUNDVALL, B-A (ed.) (2007). Post Script: Innovation System Research Where it came from and where it might go. In Lundvall, B.-Å. (ed.) (2007), *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter Publishers (2nd edition of the 1992 book).

MELO, J. DE; SOLLEDER, J. Barriers to trade in environmental goods : How important they are and what should developing countries expect from their removal. *World Development*, v. 130, p. 104910, 2020.

MURPHY, J.; GOULDSON, A. Environmental policy and industrial innovation : integrating environment and economy through ecological modernisation. v. 31, p. 33– 44, 2000.

NASCIMENTO, R. M. DO. *O COMÉRCIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS: A Inserção do Brasil e da China*, 2015.

NASCIMENTO, R. M. DO; ALMEIDA, L. T. DE. Comércio internacional de tecnologias ambientais : o padrão histórico em análise. v. 15, n. 2, p. 247–274, 2016.

NEGNY, S. et al. Toward an eco-innovative method based on a better use of resources : application to chemical process preliminary design. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 101–113, 2012.

NETO, A. J. M.; RIOS, S. P.; VELLOSO, E. *Negociações sobre Bens Ambientais na OMC*. 2006.

OCAMPO, J.A. e TAYLOR, L. 1998. Trade liberalization in developing countries: modest benefits but problems with productivity growth, macro policies, and income distribution. Working papers Series I, n.8. Cepal, New School.

OECD. Environmental Goods: a comparison of the APEC and lists OECD, 2005.

OLIVA, F. C.; HELENA, S.; MIRANDA, G. DE. Biocombustíveis na OMC Indefinição entre commodity ou bem ambiental. p. 97–107, 2008.

OROK, R. International Trade in Environmental Goods and Services : A Canada-U.S. Comparison. 2000.

PAIXÃO, M. A. S. DA. O Brasil e as energias renováveis: um estudo sobre as negociações de bens ambientais Michel Augusto Santana da Paixão Piracicaba. 2012.

PATRIOTA, E. A. W. Bens ambientais, OMC e o Brasil.

PORTER, M. . The Competitive Advantage of Nations. Harvard Business Review, p. 73–93, 1990.

PUJARI, D. Eco-innovation and new product development : understanding the influences on market performance. v. 26, p. 76–85, 2006.

RENNINGS, K. Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics. v. 32, p. 319–332, 2000.

SAUVAGE, J. THE STRINGENCY OF ENVIRONMENTAL REGULATIONS AND TRADE IN ENVIRONMENTAL GOODS. 2013.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy. Technology Analysis and Strategic Management, v. 20, n. 5, p. 537–554, 2008.

SOILITA, N. Z. Trade in Environmental Goods and Air Pollution : A Mediation Analysis to Estimate Total , Direct and Indirect Effects. [s.l.] Springer Netherlands, 2019.

TRIGUERO, A.; MORENO-MONDÉJAR, L.; DAVIA, M. A. Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. Ecological Economics, v. 92, p. 25–33, 2013.

T. S. BREUSCH; A. R. PAGAN. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. The Econometric Society, p. 1287–1294, 1979.

UNCTAD, 2003, Environmental Goods and Services in Trade and Sustainable Development, TD/B/COM.1/EM.21/2, Geneva.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Report of the World Commission on Environment and Development : Our Common Future Acronyms and Note on Terminology Chairman ' s Foreword. 1987.

WTO. Ministerial declaration. Geneva: WTO, WT/MIN(01)/DEC/1, 20 November 2001.

YUANHSU, L. et al. Positioning strategic competitiveness of green business innovation capabilities using hybrid method. *Expert Systems with Applications*, v. 38, p. 1839–1849, 2011.

ANEXO 1 – Estatísticas descritivas das variáveis

Variável	Obs	Mean	Std.Dev	Min	Max
Inovacoes	682	120.3283	388.7866	0	3306.92
Tarifas	682	2.813237	3.591621	0	20.04939
renovavel	682	121.6389	376.9795	0	2590.87
Artigos	682	22147.72	55645.44	75.15	433192.3
Emissoes	682	6.689302	4.404535	.1005114	25.34315
Consumo	682	5442.341	4414.668	77.065	25083.21

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da OCDE

ANEXO 2 – Matriz de correlação das variáveis

	logInovacoes	Tarifas	logConsumo	logRenovavel	logArtigos	logEmissoes
loginovacoes	1.0000					
Tarifas	-0.4273	1.0000				
logconsumo	0.5421	-0.5988	1.0000			
logrenovavel	0.9201	-0.4527	0.5787	1.0000		
logartigos	0.8423	-0.2176	0.4744	0.8101	1.0000	
logemissoes	0.4226	-0.5226	0.8888	0.4410	0.3724	1.0000

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da OCDE