

# A contribuição dos atores da hélice tripla para o desenvolvimento políticas de inovação em sistemas de energias renováveis nos municípios alemães

*Artigo a ser submetido ao periódico Energy Policy*

Laura Visintainer Lerman - UFRGS – lauravlerman@gmail.com

Wolfgang Gerstlberger – University of Southern Denmark – woge@sam.sdu.dk

Alejandro Germán Frank – UFRGS – frank@producao.ufrgs.br

## Resumo

A utilização e o desenvolvimento de energias renováveis estão em plena ascensão na Alemanha e no mundo. O artigo estudou os efeitos da hélice tripla (universidade, empresa e governo) em relação ao conhecimento e à cooperação com foco no desenvolvimento de sistemas de energias renováveis (RES). Realizou-se uma *survey* em 660 municípios alemães, e, para as análises, foi utilizada a regressão com variáveis instrumentais (2SLS). Os resultados indicaram que as empresas influenciam positivamente no conhecimento e na cooperação em sistemas de energias renováveis, uma vez que a colaboração industrial é essencial para o desenvolvimento tecnológico. É importante salientar que a cooperação, juntamente com outros elementos (treinamento, sistemas de gerenciamento ambiental e financiamento público), desempenha papel fundamental para eficiência energética. Além disso, a universidade influenciou positivamente o conhecimento nos RES, visto que, no contexto alemão, as empresas e as universidades apoiam o desenvolvimento de conhecimento regional nos setores agrícola e florestal. Entretanto, a política não influenciou nem a cooperação nem o conhecimento, um dos motivos considerados é que a política, que engloba serviços públicos municipais e regionais, câmeras empresariais, agências de desenvolvimento econômico, associações e união, não possui um efeito no conhecimento e na cooperação relacionados a sistemas de energias renováveis.

**Palavras-chave:** hélice tripla; política de inovação; sistemas de energias renováveis; Alemanha; municípios.

## Abstract

The use and development of renewable energy are on the rise in Germany and the world. The article studied the effects of triple helix (university, company and government) in relation to knowledge and cooperation focused on the development of renewable energy systems (RES). A survey was carried out in 660 German municipalities and, for the analyzes, the regression with instrumental variables (2SLS) was used. The results indicated that firms positively influence knowledge and cooperation in renewable energy systems, since industrial collaboration is essential for technological development. It is important to note that cooperation, together with other elements (training, environmental management systems and public funding) plays a key role for energy efficiency. In addition, the university has positively influenced SR knowledge, since in the German context business and universities support the development of regional knowledge in the agricultural and forestry sectors. However, politics has not influenced neither cooperation nor knowledge, one of the reasons being considered is that politics, which encompasses municipal and regional public services, business cameras, economic development agencies, associations and unions, has no effect on knowledge and related to renewable energy systems.

**Keywords:** triple helix; innovation policy; renewable energy systems; Germany; municipalities.

## 1. Introdução

Houve um aumento da demanda de energia à nível mundial, o que é um fator essencial para o desenvolvimento dos países (Sener et al., 2017). Portanto, a fim de se atender à demanda, o uso de fontes de energias renováveis, ao invés de fontes tradicionais, possui múltiplos benefícios: aumento da segurança energética, crescimento econômico sustentável e redução da poluição (Sener et al., 2017). Brini et al. (2017) ressaltam que as fontes de energia renovável adquiriram uma grande relevância, uma vez que são fontes mais limpas e que geram um menor impacto ambiental. Ademais, países que utilizam fontes limpas serão, em menor grau, relacionados a combustíveis fósseis e, por consequência, serão menos impactados por crises econômica, por exemplo, por terem outras fontes de energias para se subsidiar (Brini et al., 2017). Por isso, os países em desenvolvimento e os desenvolvidos necessitam expandir atividades relacionadas tanto ao consumo quanto à produção de energias renováveis (Brini et al., 2017). Fu et al. (2017) acrescentam que os países, à medida que eles se tornam industrializados e aderem à economia global, participarão de uma cadeia de valor sustentável e suportarão a transição mundial para uma economia renovável.

É importante salientar que, nos últimos anos, ocorreu uma redução expressiva dos custos de tecnologias de energias renováveis, as quais garantiram maior confiabilidade, modularidade e simplicidade para operação e manutenção das mesmas (Lucas et al., 2017). Além disso, conforme Lucas et al. (2017), com intuito de se preparar para um incremento da utilização de energias renováveis, os países necessitam identificar pontos focais de autoridade (governo) para apoiar o desenvolvimento das energias renováveis. Entretanto, Vaivode (2015) afirma que a produção e a divulgação de conhecimento, de forma socialmente organizada, é uma das forças motrizes do modelo da hélice tripla (HT). E o autor acrescenta que cada um dos três atores (universidade, indústria e governo) participa na geração de riqueza, desenvolvimento de tecnologia e de inovação e controle de normas.

Em geral, os estudos na literatura indicam que as decisões sobre a atividade de inovação por parte dos formuladores de políticas municipais influenciaram fortemente os processos de transição local do sistema energético alemão (Bürer e Wüstenhagen, 2009; Rogge e Reichardt, 2016). Kostevšek et al. (2016) apontam que os municípios podem ser considerados microaceleradores a nível local para o desenvolvimento de sistemas de energias renováveis (RES). No futuro, na visão de Rogge e Reichardt (2016), a combinação de políticas energéticas e ambientais poderia se desenvolver a fim de atingir a descarbonização do sistema de energias renováveis. Dessa forma, a transição do governo alemão para o desenvolvimento de sistemas de energias renováveis é um tema que está em discussão nessa pesquisa (Rogge e Reichardt, 2016).

Outro ponto importante a ser citado é que os estudos existentes nesta área são, em grande parte, qualitativos, como Mallet (2007) e Tamayo-Orbegozo et al. (2017). Por isso, o artigo visa preencher uma lacuna de pesquisa em termos de estudos quantitativos: fornecendo dados empíricos relacionados à hélice tripla e seus atores e como ela influencia no entendimento sobre políticas de inovação para o conhecimento e a cooperação em RES.

Particularmente, há uma necessidade em se fornecer evidências sobre como os atores da hélice tripla contribuem para os sistemas de inovação locais no setor de energia renovável. Sendo assim, esse é o caso quando se refere a uma abordagem de combinação de políticas em que vários instrumentos de política desempenham papéis diferentes, mas, de alguma forma, complementares no processo de desenvolvimento de sistemas de energia renovável local (Jorgensen, 2005, Reichardt et al., 2016). Embora haja uma crescente literatura sobre a transição das energias renováveis e políticas de inovação relacionadas (por exemplo, Jacobsson e Bergek, 2004, Verbong e Geels, 2007), apenas alguns estudos têm investigado, até o momento, as políticas de inovação local e como elas se relacionam com RES (Bergek et al., 2015, Markard et al., 2012).

Dessa forma, esse artigo tem como objetivo responder à seguinte questão de pesquisa: quais são os atores da hélice tripla (universidade, governo e empresa) que influenciam na cooperação e no conhecimento de sistemas de energias renováveis nos municípios da Alemanha? Para isso, testou-se o modelo econométrico, em particular, a regressão de dois passos (2SLS), com variáveis instrumentais. A partir dele, verificou-se como os atores da HT influenciam na cooperação e no conhecimento em sistemas de energias renováveis na Alemanha.

Para o estudo, realizou-se uma pesquisa *on-line* em grande escala entre os principais representantes dos municípios de todas as regiões alemãs. A amostra é constituída por 660 municípios alemães. Como principal contribuição, o artigo mostra quais são os atores da hélice tripla impactam na cooperação e no conhecimento de sistemas de energias renováveis no nível municipal.

## **2. Alemanha e a política de descentralização de sistemas de energias renováveis**

Na visão de De Melo et al. (2016), há lições que podem ser valiosas da experiência alemã, uma delas é diminuir a dependência de combustíveis fósseis e de grandes usinas hidroelétrica, ou seja, descentralizar: utilizar o enorme potencial de energia solar, biomassa e eólica no país. É importante destacar que, de acordo com De Melo et al. (2016), a Alemanha evoluiu na promoção de sistemas de energias renováveis não convencionais. Por isso, alguns dos esforços alemães de transição de energia a nível nacional aparecem em vários municípios. Por exemplo, através de

uma ampla participação cidadã, há, atualmente, também centenas de iniciativas locais de proteção climática, juntamente com muitos esforços de economia de energia municipais (Institute Decentralized Energy Technologies, 2014, Schönberger, 2013).

No contexto da Alemanha, a Lei Alemã de Energia Renovável foi idealizada a partir de uma rede cooperativa entre dois grupos: um deles de observação, cujo interesse no assunto era mínimo, e outro de implementação de novas energias, cujo interesse e preocupação eram máximos (Hartwig et al., 2015). Portanto, a formação do grupo de implementação de novas energias, em particular, sugere possibilidades para uma parceria tripla hélice da indústria, academia e governo (Hartwig et al., 2015). É importante ressaltar que a Alemanha tem ambiciosas metas climáticas para 2050, ela pretende aumentar, dessa forma, de forma significativa, a participação das energias renováveis em sua produção total de energia nos próximos cinco anos (BMUB, 2016). Além disso, conforme Frank et al. (2018), a cooperação e o conhecimento são fundamentais no desenvolvimento de sistemas de energias renováveis na Alemanha e há um maior potencial de desenvolvimento de RES quando os formuladores de política adotam um papel facilitador e apoiam as redes locais de inovação.

### **2.1. Os atores da hélice tripla no contexto de energias renováveis**

Conforme Kanada et al. (2013), a sociedade, em geral, está em um momento crítico: as mudanças climáticas, a perda da biodiversidade e o esgotamento dos recursos naturais aliados a pressões socioeconômicas (crescimento da população, urbanização e poluição) estão se tornando cada vez mais severos o que incentiva a sociedade a mudar para um sistema mais sustentável. De acordo com WCED (1987), usualmente, a sustentabilidade é definida em relação à utilização de recursos para atender às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Logo, muitos países estão procurando por políticas ambientais mais eficientes e eficazes que podem amenizar as demandas conflitantes. Por conseguinte, a incorporação de sistemas e a necessidade de uma estratégia focada no longo prazo que abranjam aspectos de sustentabilidade possuem implicações diretas no desenvolvimento de uma política de inovação sustentável (Foxon e Pearson, 2008).

As raízes da "cooperação para a sustentabilidade" podem se desdobrar em abordagens colaborativas como a da HT. Sendo assim, ao se definir o papel da cooperação para a sustentabilidade, destaca-se uma integração distinta dos princípios do desenvolvimento sustentável e uma função criativa que ocorre não apenas relacionada à indústria, mas também à sustentabilidade (Trencher, 2013). Um exemplo disso é o desenvolvimento e a distribuição de hidrogênio e tecnologias celulares de combustíveis através da HT, na Dinamarca, baseada em uma política tanto a nível nacional quanto a nível continental (Andreasen e Sovacool, 2014).

De acordo com Mallet (2007), a hélice tripla é um modelo considerado como uma forma mais bem-sucedida de cooperação tecnológica, visto que apresenta maior aceitação social. Cantner et al. (2016) também enfatizam que diversas soluções que envolvem universidades, indústrias e governos podem auxiliar a elaborar estratégias a fim de promover o crescimento econômico e a transformação social. Etzkowitz e Leydesdorff (2000) abordaram a inovação como um processo coletivo, como as relações universidade-indústria-governo na HT. Dessa forma, a base da HT não é apenas o relacionamento entre universidade, indústria e governo, também envolve uma modificação interna de cada esfera da hélice. A universidade, por exemplo, transformou-se de uma instituição voltada somente ao ensino para uma que combina ensino e pesquisa (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000). Como ocorreu uma inovação baseada nas interações da hélice tripla, a universidade assumiu, também, uma posição proativa na colocação do conhecimento. Com isso, a indústria tem a capacidade de aumentar seu nível tecnológico e, por isso, aproxima-se do ambiente acadêmico, interagindo em níveis mais altos de transferência de conhecimento (Etzkowitz, 2003).

Já os acordos realizados entre a indústria e o governo não necessitam mais ser exclusivos entre governos nacionais e setores específicos das indústrias, o que propiciou uma ampliação das relações. As alianças estratégicas se sobrepõem aos diversos setores. Dessa forma, os governos podem agir em diferentes níveis: nacional, regional ou internacional (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000). Por fim, para Etzkowitz (2003), o governo atua tanto como um empreendedor público quanto como um investidor, criando programas cuja importância não está somente no nível nacional, mas também no nível local. É importante salientar que, segundo Leydesdorff e Etzkowitz (1996), o modelo da hélice tripla tende a colocar os atores em um mesmo nível na rede, todavia, cada um está influenciando, de forma distinta no coletivo.

De acordo com Carlsson et al. (2015), a cooperação baseada na HT representa a utilização de conhecimentos e de habilidades complementares da universidade, da indústria e do governo com intuito de facilitar novos projetos e sistemas de inovação bem como processos colaborativos para desenvolvimento criativo. Já, na visão de Etzkowitz (2003), a hélice tripla incorpora diferentes dimensões: histórica, analítica e normativa, com intuito de entender o passado, o presente e compreender como funcionam as inovações empresariais.

Para isso, Villarreal e Calvo (2015) ressaltam que é essencial identificar cada uma das hélices, visto que é possível otimizar a coordenação e a participação de todos no planejamento, assim, foi também proposta uma extensão do modelo da HT, que adiciona a instituição legislativa e a cooperação internacional como impulsionadores do processo de transferência de conhecimento

tanto científico quanto tecnológico. Carlsson et al. (2015) ressaltam que a filosofia de uma sustentabilidade regional e a cooperação da hélice tripla foram, principalmente, contrapostos por aplicações como produção mais limpa e por uma gestão ambiental corporativa. Entretanto, essas propostas não apoiaram, substancialmente, mudanças radicais em direção à sustentabilidade. Com cooperação, torna-se possível a transferência de tecnologia, a expansão de mercados e o compartilhamento de melhores práticas. Além disso, esse envolvimento coletivo estimula a aprendizagem social (Gustafsson et al., 2015). É importante ressaltar que, para promover uma transição para uma sociedade sustentável, é necessária a assistência de equipes qualificadas (Duic et al, 2015).

## **2.2. Estratégias de cooperação para o desenvolvimento de sistemas de energias renováveis**

De acordo com Wüstenhagen (2007), a cooperação tecnológica cuja participação ativa é composta por diferentes setores da economia é mais eficaz na obtenção de aceitação social de inovações de energia renovável. Os sistemas regionais de inovação são condicionados com base na confiança, na confiabilidade, no intercâmbio e na interação cooperativa (Cooke et al., 1997). Já, no contexto das políticas ambientais, a estratégia de distribuição de responsabilidades de inovação entre um número crescente de atores públicos e privados resultou em um aumento na eficiência dessas políticas (Bergek et al., 2015; Keijzers, 2000).

Em relação à ecologia industrial, com base em Daddi et al. (2016), as empresas que são mistas (tanto públicas quanto privadas) possuem um papel facilitador, e suas medidas são essenciais para o sucesso de parques tecnológicos com uma participação ativa das partes interessadas que envolvem pessoas públicas e privadas, a cooperação entre as organizações locais e o acompanhamento dos objetivos ambientais. Dessa forma, a cooperação entre os municípios, indústrias, empresas financeiras e outras empresas de serviços, formuladores de políticas e cidadãos na fase de desenvolvimento é um fator relevante para o sucesso projeto de estratégias energéticas (Gustafsson et al., 2015).

As atividades para as quais esses diferentes atores são convidados a se envolver abordam os seguintes temas: definição de legislação, formulação de planos de implementação e definição conjunta de objetivos ambientais (Keijzers, 2000). Segundo Shen et al. (2016), o desenvolvimento e o aprimoramento de diversos programas energéticos e de certificações, nos países estudados por eles, estimularam a cooperação em relação ao compartilhamento de experiências na implementação de política energética. Por exemplo, a China combinou programas de cooperação com diversos países (Shen et al., 2016). O estudo de Sen e Sanguly (2017) indica também que é possível complementar as iniciativas regionais com uma maior cooperação

internacional com intuito de estender a implantação da energia renováveis. Com essa cooperação, torna-se possível a transferência de tecnologia, a expansão de mercados e o compartilhamento de melhores práticas. Além disso, esse envolvimento coletivo estimula a aprendizagem social e dá aos atores a igualdade de vozes legítimas (Gustafsson et al., 2015).

### **2.3. Estratégias de difusão do conhecimento e o desenvolvimento de sistemas de energias renováveis**

O desenvolvimento de sistemas de conhecimento adaptativos, de sistemas de conhecimento especializados e de outros métodos focados na engenharia do conhecimento direcionou a sociedade para a inovação. Com intuito de constituir uma política sólida, esses recursos precisam ser identificados e inseridos em uma política energética (Kostevšek et al., 2016). Quist e Tukker (2013) evidenciam que, sem as colaborações de aprendizagem e do conhecimento, não é possível ocorrer a difusão da inovação sustentável na sociedade. Entretanto, é fundamental destacar que apenas as colaborações de aprendizagem e de conhecimentos não garantem inovações sustentáveis.

Conforme Krarup e Ramesohl (2002), se as análises de energia e os problemas de gerenciamento de energia forem abordados de forma explícita, ocorrerá um efeito suplementar em relação ao conhecimento sobre eficiência energética e as possíveis mudanças a longo prazo de sua utilização e manutenção. Com intuito de obter resultados na forma como as pessoas e como as empresas se comportam ambientalmente, são necessárias mudanças as quais exigem, principalmente, organização e aplicação dos conhecimentos disponíveis e das diversas experiências de todos os envolvidos. Essa premissa é válida para o desenvolvimento de sistemas tecnológicos de infraestrutura em transportes, em comunicação e em energia, os quais determinarão os possíveis resultados ambientais (Keijzers, 2000). Para Cantner et al. (2016), no contexto de inovação ambiental, as redes de inovação e o apoio político suportam o entendimento da relação dos instrumentos de políticas e, conseqüentemente, abrangem como são feitas suas relações com as redes e como funciona a transferência de conhecimento nelas.

De acordo com Quitzow (2015), deve-se reconhecer que as estratégias políticas são apenas um elemento que influencia o desenvolvimento e a difusão de tecnologias ambientais e, portanto, são inerentemente limitados em seu escopo. Entretanto, esforços adicionais para impulsionar a base de conhecimento existente são essenciais para formulação de estratégias políticas eficazes a fim de promover tecnologias ambientais (Quitzow, 2015). Conseqüentemente, as políticas energéticas com foco na eficiência energética precisam necessariamente aumentar a conscientização das empresas (Quitzow, 2015). Logo, através de uma campanha difundida de

auditorias energéticas e de investigação de possíveis barreiras, é possível elevar a conscientização sobre a eficiência energética e divulgar os conhecimentos necessários para garantir a adoção de tecnologias eficientes em termos energéticos (Trianni et al., 2013). Ademais, conforme Hildén (2011), quando se é dada uma maior atenção ao aprendizado, altera-se não somente o desenvolvimento de políticas, mas também como são realizadas suas avaliações.

### 3. Procedimentos metodológicos

#### 3.1. Amostragem

Foi realizada uma pesquisa de grande escala por um centro de pesquisa de opinião da Alemanha. O foco desse estudo são municípios selecionados com mais de 1.000 habitantes, pois, para municípios médios e grandes, há um maior apoio em atividades de inovação, foco do artigo (Rösler et al., 2013). Dessa forma, a população final é composta por 2.100 municípios de médio e grande porte alemães.

O questionário foi enviado aos 2.100 municípios. Foi utilizado o projeto de respondente único, assim como em DeENet (2009) e Mascarenhas et al. (2010). Obteve-se o retorno de 1022 respondentes. O questionário foi aplicado, originalmente, na língua alemã. Os dados da pesquisa, posteriormente, foram traduzidos tanto para a língua inglesa quanto para a língua portuguesa. Ademais, os dados foram reunidos a partir de uma pesquisa *on-line*, complementada com assistência telefônica, uma vez que alguns municípios não estavam familiarizados com alguns conceitos relacionados à inovação, assim como realizado em Frank et al. (2018). Sendo assim, foram obtidos 660 (taxa de resposta de 31%) questionários úteis, porque foram considerados úteis as variáveis com um valor igual ou superior a 70% de respostas, e o respondente deve ter respondido também um valor igual ou superior a 70% do questionário. Foi uma taxa de resposta eficiente, uma vez que se utilizou um questionário *on-line*. A distribuição demográfica dos questionários úteis é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição demográfica dos respondentes

Categorias	Classificação	Número de municípios	Porcentagem de municípios
Número de habitantes	≤2.500	103	16%
	2.500 - 4.999	123	19%
	5.000 - 9.999	158	24%
	10.000 - 19.999	90	14%
	20.000 - 49.999	45	7%
	≥ 50.000	51	8%
	Não responderam de qual região são		90

Distribuição por regiões	Leste	100	15%
	Oeste	97	15%
	Norte	77	12%
	Sul	266	40%
	Não responderam de qual região são	120	18%
<b>Total (n)</b>		<b>660</b>	

### 3.2. Definição de medida

Foram realizadas entrevistas com prefeitos, com altos executivos e com gerentes de empresas municipais com intuito de verificar se a estrutura conceitual proposta era compreensível. Ademais, as entrevistas qualitativas foram utilizadas para a validação de constructos e para especificar, de maneira mais detalhada, os conceitos do questionário a partir das perspectivas de profissionais. Após a realização de 20 entrevistas, foram desenvolvidos o projeto de sistemas de energias renováveis e o questionário a ser aplicado. Dessa forma, as hipóteses da pesquisa sugerem que há alguns critérios de política de inovação para projetos de energia renovável: atividades da hélice tripla [UNIVERSIDADE, POLÍTICO e EMPRESAS]. Esses critérios podem influenciar na capacidade de desenvolver o conhecimento e na cooperação [CONHECIMENTO e COOPERAÇÃO] do município.

Por conseguinte, foram medidos critérios POLÍTICO, EMPRESAS, COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO por cinco itens de cada (cinco variáveis por constructo), e o critério UNIVERSIDADE por um item (uma variável somente). Uma vez que, em pesquisas anteriores, não ocorreram proposições em relação a alguns constructos específicos, foi, por isso, realizada uma busca por diversos instrumentos políticos em estudos prévios com o objetivo de compor os critérios de política de inovação através de uma revisão da literatura, em que se buscou entender o que é abordado e discutido sobre cada um dos constructos. Em particular sobre os constructos COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO, foram validados em Frank et al. (2018). Mesmo assim, foi procedida uma validação da medida completa dos constructos propostos. Na Tabela 2, apresenta-se um resumo dos itens de medição do questionário e suas respectivas referências. O questionário completo está disponível no Apêndice A.

Tabela 2 – Constructos, itens de medição e referências

Constructo	Itens de Medição (variáveis)	Referências
Ator universitário da hélice tripla [UNIVERSIDADE]	Universidade	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Grandes empresas	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Pequenas e médias empresas	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
Ator do setor privado da hélice tripla [EMPRESAS]	Fundadoras/aceleradoras	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Consultorias	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Bancos cooperativos	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
Ator governamental da hélice tripla [POLÍTICO]	Serviços públicos municipais e regionais	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Câmara de empresas	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Agências de desenvolvimento econômico	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
Cooperação relacionada à energia renovável [COOPERAÇÃO]	Associações	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	União	Etzkowitz e Leydesdorff (2000); Etzkowitz (2003)
	Cooperação público e privada	Foxon et al. (2005); Martins et al. (2011); Pattberg et al. (2012); Frank et al. (2018).
	Cooperação da sociedade	Gerstlberger (2004); Pattberg et al. (2012); Frank et al. (2018).
	Visibilidade na comunidade	Kern and Alber (2008); Frank et al. (2018).
	Aceitação social	Mallett (2007); Wüstenhagen et al. (2007); Frank et al. (2018).
	Envolvimento dos promotores regionais	Gerstlberger (2004); Frank et al. (2018).
Conhecimento local sobre RES [CONHECIMENTO]	Conhecimento municipal sobre projetos de energias renováveis	Østergaard et al. (2010) ; Frank et al. (2018).
	Experiência prévia nos municípios com projetos de energias renováveis	Østergaard et al. (2010); Frank et al. (2018).
	Existência de atividades em P&D internas em empresas locais de energias renováveis	Dooley (1998); Frank et al. (2018).
	Existência de universidade na região do município	Trencher et al. (2013); Frank et al. (2018).

Todos os itens do questionário foram avaliados através de uma escala Likert de sete pontos. Em relação a todos os itens [UNIVERSIDADE, EMPRESAS, POLÍTICO, COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO], foi aplicada uma escala de importância, que varia de 1-não é importante até 7- extremamente importante para o município. O ponto neutro, na escala apresentada, é o 4.

No modelo, foram incluídas variáveis de controle cuja utilização foi realizada no modelo econométrico de Frank et al. (2018). Primeiramente, colocou-se o tamanho dos municípios como variável de controle, visto que os municípios maiores são mais propensos a investir em projetos de sustentabilidade (Rösler et al., 2013). Além disso, considerando esse mesmo aspecto, foram considerados três níveis de tamanho de municípios (até 10.000 habitantes: *Dummy\_size\_small*, Controle Pequeno, de 10.001 a 50.000 habitantes: *Dummy\_size\_medium*, Controle Médio, e mais de 50.000 habitantes: ambos os dummies de tamanho igual a 0).

Ademais, foram adicionadas duas variáveis de controle, as quais consideram se os municípios desenvolvem seus próprios projetos de energias renováveis [Controle Projeto] ou se promovem seus próprios projetos de energia renovável [Controle Promoção] (ambas as variáveis são: sim / não). Esta última variável significa, por exemplo, que os municípios aplicam diretamente - muitas vezes, com seus parceiros de empresas, universidades - para subsídios governamentais para projetos RES locais. Os "projetos próprios" geralmente não implicam "requisitos de conteúdo local". A cooperação com "externo", que significa parceiros não locais, é bastante comum para os projetos de RES de municípios alemães (por exemplo, Rösler et al., 2013). Com estas duas últimas variáveis de controle, considera-se que as políticas de inovação própria e ativa dos municípios são utilizadas para promover o desenvolvimento de RES. Ou seja, isso significa que alguns municípios podem ser mais do que facilitadores, sendo atores centrais da RES (Schönberger, 2013), mostrando maior desempenho no desenvolvimento de RES que aqueles que são apenas facilitadores para esse desenvolvimento.

### **3.3. Variância do método comum**

Como o questionário foi aplicado a um único respondente, conforme citado anteriormente, para cada município, há um risco de viés do método comum. Esse risco existe, segundo Podsakoff et al. (2003), já que a mesma pessoa respondeu uma escala subjetiva tanto para variáveis dependentes quanto independentes, isto é, para a UNIVERSIDADE, o POLÍTICO, as EMPRESAS, a COOPERAÇÃO e o CONHECIMENTO. Portanto, é importante utilizar algumas estratégias a fim de se reduzir o efeito da variância do método comum (Podsakoff et al., 2003).

Sendo assim, primeiramente, foram distribuídas, de forma aleatória, as variáveis dependentes e independentes, ou seja, as perguntas no questionário foram colocadas aleatoriamente, com intuito de reduzir as possíveis associações entre as afirmações e as perguntas pelos entrevistados, conforme realizado no modelo proposto por Frank et al. (2018). Ademais, enviou-se o questionário para respondentes-chave adequados para coleta de dados.

Durante o período da pesquisa, é importante salientar que os respondentes participaram, de alguma forma, do desenvolvimento da política de energia renovável na administração do município. Também foi garantido o anonimato, para que eles se sentissem à vontade, respondendo com sinceridade e sem restrições aos itens da pesquisa. Por fim, utilizou-se uma abordagem estatística com intuito de avaliar o viés do método comum: teste de fator único de Harman com uma análise fatorial exploratória (EFA), para se analisar o fator estrutural das variáveis estudadas (Podsakoff et al., 2003). A EFA é uma ferramenta utilizada, particularmente, para validar um constructo (Stapleton, 1997). Segundo o teste, o viés poderá ocorrer se, nos dados, um único fator representar a maioria da variância do modelo (Podsakoff et al., 2003), visto que, conforme Stapleton (1997), o objetivo da análise fatorial exploratória é a identificar o fator ou modelo para um conjunto de variáveis, o que, normalmente, envolve a quantidade de fatores existentes.

Dessa forma, o resultado do teste com todas as variáveis dependentes e independentes mostrou quatro fatores; e o fator mais alto representou apenas 13,75% da variância; indicando, portanto, que não será um problema. Entretanto, conforme Guide e Ketokivi (2015), não é possível confirmar, de forma definitiva, que a variância é realmente inexistente na amostra, pois a única forma de se evitar o problema descrito é utilizar uma abordagem de múltiplos respondentes para cada município. Isso posto, estratégias de precaução foram utilizadas, porém ainda existe essa limitação na pesquisa (Guide e Ketokivi, 2015).

#### **3.4. Validade e confiabilidade de medida**

Com intuito de determinar a unidimensionalidade, validade discriminante e validade convergente das variáveis (Jöreskog e Sörbom, 1993), utilizou-se a análise fatorial confirmatória (CFA), que testa a validade dos constructos [POLÍTICO, EMPRESA, COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO] no Stata 13.0. É importante destacar que para o construto da UNIVERSIDADE usou-se somente uma variável, portanto não serão realizados os testes estatísticos para definir as variáveis representativas do constructo. Primeiramente, estimou-se cada constructo na Tabela 3:

Tabela 3 – Resultados estatísticos do CFA

	X <sup>2</sup> (5)	RMSEA	CFI
EMPRESAS	11,95	0,055	0,992
POLÍTICO	8,22	0,040	0,996
COOPERAÇÃO	30,69	0,088	0,948
CONHECIMENTO	45,53	0,051	0,99

Em segundo momento, foi avaliada a forma global do modelo, com base nos modelos restritos e irrestritos de Bagozzi et al. (1991), uma vez que os constructos podem se comportar de maneiras diferentes na validação individual em relação à validação do modelo como um todo ( $\chi^2$  (gl) = 585,62 (164); RMSEA = 0,062; CFI = 0,906). Os resultados indicam que o modelo proposto é adequado. Além disso, em todos os itens o CFI deu superior a 0,94 e, em três, superior a 0,99, isso sugere que é um modelo forte. O CFI é mais apropriado em contextos exploratórios (Rigdon, 1996). Além disso, Carlson e Mulaik (1993), o padrão mínimo do CFI é 0,9 com intuito de reduzir os modelos incorretos que alcançam valores aceitáveis nesse critério.

Foi possível avaliar a validade discriminante por meio de um conjunto de estimativas de modelo de dois fatores (Akgun et al., 2007; Bagozzi et al., 1991), os testes foram feitos nos Stata 13.0. Realizou-se, dessa forma, modelos CFA para cada par de possíveis constructos e, posteriormente, comparou-se a o ajuste de ambos os modelos. É importante salientar que, conforme Rigdon (1996), o teste estatístico do qui-quadrado é um mecanismo para eliminação do erro aleatório: o parâmetro de graus de liberdade da estatística mede a quantidade esperada de erro aleatório na estatística.

No primeiro modelo, restringiu-se a correlação entre os dois constructos à unidade, ou seja, todos os itens de ambos os constructos deveriam ser colocados em um único constructo. Já, no segundo modelo, retirou-se essa restrição e calculou-se a aptidão dos construtos originais. Por conseguinte, comparou-se a resultante do qui-quadrado do primeiro e do segundo modelo; e a mudança do qui-quadrado deve ser  $\Delta \chi^2 > 3,84$  (valor de  $p < 0,05$ ) para poder considerar que a validade discriminante é satisfatória. Como resultado, na Tabela 4, estão descritos os qui-quadrado e o p, demonstrando que, em todos os casos analisados, estão validados em relação aos valores discriminantes.

Tabela 4 – CFA do modelo

	X <sup>2</sup> (5)	P
COOPERAÇÃO- CONHECIMENTO	51,37	<0,0001
COOPERAÇÃO-EMPRESAS	150,12	<0,0001
COOPERAÇÃO-POLÍTICO	229,53	<0,0001
CONHECIMENTO-POLÍTICO	270,05	<0,0001
CONHECIMENTO-EMPRESAS	218,02	<0,0001
POLÍTICO-EMPRESAS	136,5	<0,0001

À medida que se realizaram os testes anteriores, também foram medidas as confiabilidades das medidas de itens, as correlações dos constructos e as estatísticas descritivas para as escalas, as quais encontram-se na Tabela 5. A Tabela 5 mostra que as médias ficaram entre 3,96 e 4,78, aproximadamente; e os desvios-padrão, entre 1,038 e 2,577. Quase todas as correlações obtiveram  $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ . O alpha de Cronbach é superior a 0,728 em todos os constructos, e o *composite reliability* (CR) é maior que 0,911 em todos os constructos. Na pesquisa, é importante destacar que a universidade foi medida com uma só variável, logo não foi realizada a CFA. Portanto, todos os itens são fortes em relação a seus constructos (valor de  $p < 0,01$ ) e todas as confiabilidade dos mesmos estão acima do nível 0,7, conforme sugerido por Hair et al. (2009).

Tabela 5 - Matriz de correlação bivariada com escalas descritivas e estimativas de confiabilidade

		Correlações									
		Média	Desvio-padrão	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Cooperação	4,776	1,038								
2	Conhecimento	4,369	1,201	,579**							
3	Político	3,960	1,539	,445**	,504**						
4	Empresas	4,352	1,383	,515**	,532**	,670**					
5	Universidades	4,224	2,577	,230**	,439**	,648**	,468**				
6	Controle Pequeno	dumy		-,098*	-,124**	-,204**	-,098*	-,097*			
7	Controle Médio	dumy		,086*	,049	,128**	,052	,039	-,810**		
8	Controle Projeto	dumy		,179**	,227**	,171**	,189**	,084*	-,137**	,095*	
9	Controle Promoção	dumy		,185**	,237**	,193**	,127**	,169**	-,129**	,068	,241**
	Alpha de Cronbach			0,735	0,728	0,814	0,795				
	Composite reliability (CR)			0,976	0,911	0,984	0,988				

\*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

### 3.5. Procedimentos econométricos

Nos modelos de regressão, considera-se a endogeneidade no momento que são utilizadas variáveis de uma pesquisa em larga escala, como no modelo econométrico proposto por Frank et al. (2018). Isso é especificamente o caso quando as atividades de inovação, como as relacionadas aos critérios da política de inovação, são consideradas como independentes (Chudnovsky et al., 2006; Crespi e Zuniga, 2012; Frank et al., 2016, Hashi e Stojcic, 2013). Conforme abordado anteriormente, já que a pesquisa foi feita com mais de 2.000 municípios alemães, é considerada de larga escala. A endogeneidade considera que as características não observadas podem levar a altas correlações entre as variáveis independentes e o termo de erro (Chudnovsky et al., 2006; Frank et al., 2016; Tavassoli, 2015; Frank et al., 2018). Dessa forma, as correlações elevadas podem ser transformadas em estimativas tendenciosas ao se utilizar o método dos mínimos quadrados simples (OLS) (Shaver, 1998).

Com intuito de solucionar esse problema, o modelo foi baseado no Crepon et al. (1998) em uma relação de entrada-saída de inovação. Sendo assim, foi utilizada a regressão de mínimos quadrados de dois passos (2SLS) com intuito de otimizar as estimativas à proporção que são corrigidas possíveis distorções devidas à endogeneidade e ao viés de seleção (Chudnovsky et al., 2006; Goedhuysa e Veugelers, 2012; Wooldridge, 2010). Conseqüentemente, no primeiro passo, as variáveis instrumentais, que serão explicadas posteriormente, foram regredidas em potenciais critérios endógenos da política de inovação, variáveis independentes [UNIVERSIDADE, EMPRESAS e POLÍTICO]. Já, na segunda etapa, as entradas de política inovação focadas na sustentabilidade (variáveis independentes) [UNIVERSIDADE, EMPRESAS e POLÍTICO] foram regredidas nas variáveis dependentes [COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO], utilizando os valores previstos obtidos na primeira etapa por aquelas variáveis que são endógenas. Em ambos os estágios, incorporam-se variáveis de controle contextual independentes, como detalhadas anteriormente.

Foram utilizadas as mesmas variáveis instrumentais do modelo econométrico de Frank et al. (2018). Dessa forma, para as variáveis instrumentais da primeira etapa do modelo proposta foram utilizadas as seguintes variáveis: (i) suporte público para energia renovável [IV\_SUPORTE], que considera o nível de aceitação e de suporte político e social (Bürer and Wüstenhagen, 2009; Mallett, 2007; Wüstenhagen et al., 2007) (ii) proximidade com os fornecedores [IV\_FORNECEDORES], considerando que os fornecedores de tecnologias renováveis estão próximos da comunidade (De Marchi, 2012); (iii) média salarial [IV\_SALÁRIO], considerando o nível médio de salário nos municípios que suportam as condições básicas para investir em tecnologias limpas e também para gerar condições para diminuir o consumo de energia (Prognos, 2010); (iv) disponibilidade de mão de obra [IV\_MAODEOBRA], que mede a atividade no mercado de trabalho do município e como afetam os municípios (Prognos, 2010); (v) Acesso à infraestrutura P&D [IV\_P&DINF], em um nível de comunidade, para desenvolver tecnologias de energias renováveis . E (vi) acesso a investimentos públicos em projetos sustentáveis (IV\_INVESTIMENTOS) (Jacobsson e Lauber, 2006). As variáveis de controle, como já explicadas anteriormente, serão: controle do tamanho da cidade pequeno ou médio, se a prefeitura alicerça através de projetos ou promove projetos de sistemas de energias renováveis, as quais foram igualmente utilizadas em Frank et al. (2018).

### **3.6. Modelo de pesquisa econométrica**

O modelo econométrico do estudo é apresentado na Figura 1. As variáveis instrumentais devem influenciar o engajamento em relação à hélice tripla, composta por variáveis potencialmente endógenas (variáveis independentes) [POLÍTICO, UNIVERSIDADE e EMPRESAS]. As hipóteses são

que os atores de hélice tripla [POLÍTICO, UNIVERSIDADE e EMPRESAS] estão positivamente relacionados aos níveis de desenvolvimento de COOPERAÇÃO e de CONHECIMENTO, o que estão representadas pelas hipóteses H1, H2, H3, H4, H5 e H6 respectivamente. Portanto, foram propostas as seguintes hipóteses de pesquisa:

*H1: os municípios alemães cujos atores políticos suportam o desenvolvimento de conhecimento sobre sistemas de energias renováveis;*

*H2: os municípios alemães cujos atores do setor privado embasam o desenvolvimento de conhecimento sobre sistemas de energias renováveis;*

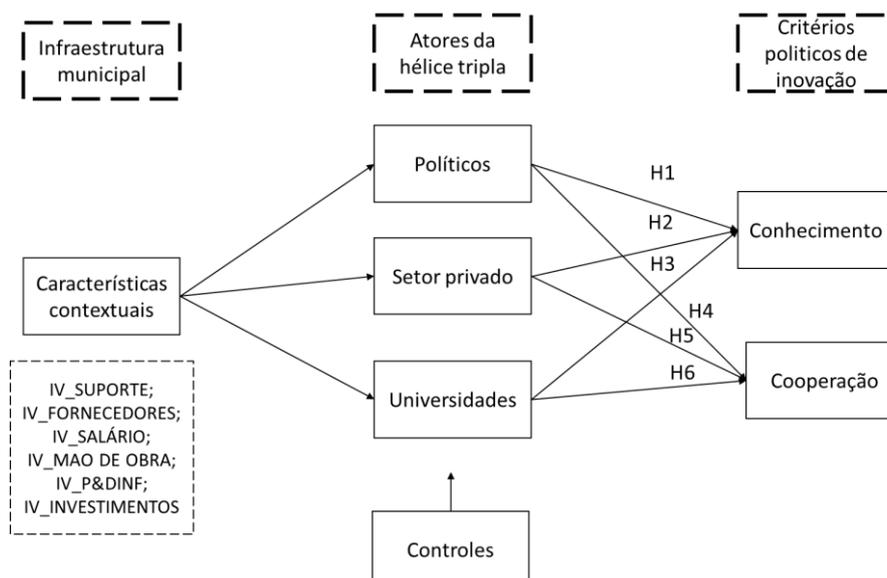
*H3: os municípios alemães cujas universidades colaboram para o desenvolvimento de conhecimento sobre sistemas de energias renováveis;*

*H4: os municípios alemães cujos atores políticos suportam cooperação entre as partes interessadas em relação aos sistemas de energias renováveis;*

*H5: os municípios alemães cujos atores do setor privado alicerçam a cooperação entre as partes interessadas em relação aos sistemas de energias renováveis;*

*H6: os municípios alemães cujas universidades colaboram para cooperação entre as partes interessadas em relação aos sistemas de energias renováveis;*

Figura 1 - Modelo econométrico



#### 4. Resultados

Os resultados da regressão de dois passos com variáveis instrumentais (2SLS) estão resumidos na Tabela 6. No primeiro estágio do modelo estudado, regressaram-se as variáveis instrumentais [IV\_SUPORTE, IV\_FORNECEDORES, IV\_SALÁRIO, IV\_MAO DE OBRA, IV\_P&DINF,

IV\_INVESTIMENTOS] nas variáveis potencialmente endógenas (independentes) [POLÍTICO, EMPRESA, UNIVERSIDADE]. Já, no segundo estágio, foram testadas as variáveis independentes [POLÍTICO, EMPRESA, UNIVERSIDADE] nas variáveis dependentes [COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO]. Por conseguinte, na pesquisa em questão, o modelo de regressão de dois passos (2SLS), o qual inclui as variáveis instrumentais, é mais eficiente do que o modelo de regressão simples (OLS). Entretanto, é essencial testar essa afirmação com diferentes procedimentos, que serão descritos a seguir, utilizando o Stata 13.0, conforme destacado por Handley e Gray (2013).

Portanto, o primeiro teste tem como objetivo verificar se as variáveis independentes são endógenas e precisam ser instrumentadas. Para isso, utiliza-se o comando *estat endogenous* no Stata. Para o banco de dados estudado, as estatísticas Durbin e Wu-Hausman do Stata mostraram que é possível rejeitar a hipótese nula, que as três variáveis exploratórias são exógenas tanto em relação à cooperação quanto ao conhecimento (Durbin COOPERAÇÃO= 7,11031 ( $p < 0,1$ ); Wu-Hausman COOPERAÇÃO = 2,35598 ( $p < 0,1$ ); Durbin CONHECIMENTO = 15,1496 ( $p < 0,002$ ); Wu-Hausman CONHECIMENTO = 5,08236 ( $p < 0,002$ )).

Os resultados indicam problema de endogeneidade, e o uso de variáveis instrumentais (2SLS) direcionaram para melhores estimadores do que a regressão simples (OLS). No segundo teste, considera-se a força dos instrumentos que são utilizados no modelo de regressão. É possível avaliar a força com os estimadores do primeiro estágio da regressão com o uso do comando *first stage* no Stata (Handley e Gray, 2013).

De acordo com os resultados da Tabela 6, as três variáveis independentes mostraram-se instrumentalmente úteis por meio dos instrumentos propostos e utilizados (ou melhor, os valores de  $p$  para as três foram inferiores a 0,001). A validade foi verificada por meio dos testes Sargan e Basman (procedimento *stat overid* no Stata). O procedimento testa a hipótese nula cujo resultado é que as variáveis instrumentais não estão relacionadas com os erros, sendo exógenas, e, por conseguinte, apropriadas para modelo de regressão. Os testes de restrição Sargan e Bassman são aplicados para testar a significância do conjunto de variáveis instrumentais (Gonzalez e Resosudarmo, 2016). Portanto, nos testes para COOPERAÇÃO, os resultados foram Sargan COOPERAÇÃO  $\chi^2(3)=2,257$ ,  $c=0,5207$  e Basman COOPERAÇÃO  $\chi^2(3)=2,227$ ,  $c=0,5266$ . Para o CONHECIMENTO, Sargan CONHECIMENTO  $\chi^2(3)=0,4613$ ,  $c=0,9273$  e Basman CONHECIMENTO  $\chi^2(3)=0,45976$ ,  $c=0,9289$ .

Os resultados indicam que não se pode rejeitar a hipótese nula, considerando, dessa forma, as variáveis instrumentais válidas. Ademais, utilizou-se o teste VIF de multicolinealidade no Stata,

especialmente para a regressão 2SLS (procedimento *ivvif*) e obteve-se VIF = 10,60, em que a multicolinealidade não é um problema nas variáveis instrumentais do modelo de regressão (Wooldridge, 2010).

Tabela 6 – Resultados da regressão de dois passos – O efeito dos atores da hélice tripla em políticas de inovação sustentáveis

Variável	Primeiro estágio			Segundo Estágio	
	POLÍTICO	EMPRESA	UNIVERSIDADE	COOPERAÇÃO	CONHECIMENTO
POLÍTICO				-0,4570597	-0,4098272
EMPRESA				1,082177**	0,9071442 **
UNIVERSIDADE				-0,0259523	0,2457312 **
Dummy_pequeno (controle)	-0,59997***	-0,1679282	-0,2799186	-.067301	-0,258193
Dummy_médio (controle)	-0,2998587	-0,193259	-0,3800865	.1796701	-0,1393104
Dummy_projetos (control)	0,3300053**	0,4337546***	0,078768	-.0361392	0,1161204
Dummy_promoção (controle)	0,3579785***	0,174924	0,5543515***	.2913086*	0,2350036*
IV_SUORTE	0,0446595	0,0460151	-0,0297554		
IV_FORNECEDORES	0,0314348	0,059436	0,0083617		
IV_SALÁRIO	0,0317064	-0,0382973	-0,0222722		
IV_MAODEOBRA	-0,0731134	0,031585	-0,1593227*		
IV_P&DINF	0,1500677***	0,06953*	0,535746***		
IV_INVESTIMENTOS	0,1287522	0,1026692*	-0,0122781		
	F	10,47***	6,73***	11,96***	
	Wald $\chi^2$			42,45***	107,81***

<sup>a</sup> n = 660. \*p<0.1; \*\*p < 0.05; \*\*\*p < 0.01;

Conforme o segundo estágio do modelo de regressão 2SLS da Tabela 6, os resultados mostram que, para as seis hipóteses da hélice tripla [POLÍTICO, EMPRESA e UNIVERSIDADE], três foram suportadas. É fundamental que o setor privado [EMPRESA] colabore a fim de encontrar soluções para os sistemas de energias renováveis, visto que as empresas mostraram um impacto significativo positivo (B=1,082, p<0,05) na cooperação [COOPERAÇÃO] de sistemas de energias renováveis no modelo proposto. Dessa forma, a hipótese H5 foi suportada. As empresas, em geral, pequenas, médias e grandes companhias, aceleradoras, consultorias e bancos cooperativos são fundamentais para o desenvolvimento dos critérios políticos de inovação com foco em cooperação, principalmente, na cooperação público e privada, cooperação da sociedade, visibilidade na comunidade, aceitação social e o envolvimento dos promotores regionais.

Em relação ao conhecimento sobre RES [CONHECIMENTO], dois fatores [EMPRESAS e UNIVERSIDADES] cujos impactos foram positivos e significativos, conforme a Tabela 6. As empresas e as universidades influenciam positivamente nesse aspecto, portanto as hipóteses H2 e H3 foram suportadas. Em relação ao conhecimento, o impacto da empresa foi significativo

positivo ( $B=0,9071442$ ,  $p<0,05$ ) à medida que a influência da universidade obteve um fator um pouco menor, porém ainda significativo positivo ( $B=0,2457312$ ,  $p<0,05$ ). Tanto as empresas quanto as universidades são importantes para o aprimoramento do conhecimento municipal sobre projetos de energias renováveis. Aliás, as experiências prévias nos municípios com projetos de energias renováveis podem ter sido realizadas em organizações ou terem sido estudadas em pesquisas acadêmicas, por exemplo. Outro ponto a ser destacado é que as atividades de P&D internas nas empresas sobre energias renováveis favorecem o desenvolvimento e a transferência de conhecimento local. Além disso, as empresas e as universidades apoiam o desenvolvimento de conhecimento regional nos setores agrícola e florestal.

A política não apresentou um efeito significativo (nem positivo nem negativo) nem em relação a atividades de cooperação nem, ao conhecimento sobre RES, segundo os resultados apresentados na Tabela 6. Dessa forma, não foram suportadas as hipóteses H1 e H4 do modelo. Um motivo pode ser que os dados podem não ser suficientemente acurados para sustentar as hipóteses. Outro motivo é que a política, que engloba serviços públicos municipais e regionais, câmeras empresariais, agências de desenvolvimento econômico, associações e união, não possui um efeito no conhecimento e na cooperação relacionados a sistemas de energias renováveis.

Outrossim, as universidades também não influenciam nem positivamente nem negativamente em atividades de cooperação focadas em energias renováveis. Consequentemente, a hipótese H6 não foi suportada; uma das possibilidades que se pode pensar é que são necessárias mais variáveis em relação a esse constructo para que fosse possível mensurar a cooperação a partir dele. Outra justificativa é que a universidade não influencia na cooperação em sistemas de energias renováveis.

Finalmente, a variável de controle [Controle Promoção] mostrou um efeito positivo e significativo tanto para a COOPERAÇÃO quanto para o CONHECIMENTO ( $B= 0,2913086$ ,  $p<0,1$  e  $B= 0,2350036$   $p<0,1$ , respectivamente). Por conseguinte, os municípios cujo foco é na promoção da adoção de energia renovável possuem os melhores resultados em relação ao desenvolvimento de cooperação e conhecimento de RES.

## **5. Discussão**

Em concordância com Meyer et al. (2014), a origem do conceito da hélice tripla comparou e desenvolveu sistemas nacionais de inovação e um novo modo de produção de conhecimento. Andreasen e Sovacool (2014) destacam que é importante ter uma rede de empresas, que influenciam tanto na cooperação quanto conhecimento, a partir de parcerias para desenvolver e distribuir tecnologias a partir da cooperação da HT. Não obstante, conforme os autores, é

importante haver uma influência política no nível nacional e no nível europeu, pois o estudo deles foi realizado na Dinamarca.

Segundo Gómez Uranga et al. (2007), a evolução da pesquisa científica depende de relações entre universidade e indústria. A colaboração organizacional tornou-se necessária para o desenvolvimento científico e tecnológico. Por isso, a participação da indústria em pesquisa básica aumentou. Esse pode ser um dos motivos que as hipóteses H2 e H3 foram validadas, pois ambas relacionam universidade e empresa com o conhecimento. Conforme Leydesdorff e Meyer (2006), as empresas fazem uso de diversos recursos para gerar conhecimento para produção e para proteção de propriedades intelectuais, por exemplo, patentes, pode ser uma justificativa da validação da hipótese H2, a qual relaciona as empresas com o desenvolvimento do critério político de conhecimento à nível municipal.

Além disso, o setor privado também influencia, de forma positiva, a cooperação, como confirmado pela hipótese H5. Para Cainelli e Mazzanti (2013), os impulsionadores de inovações ambientais relacionadas à redução de carbono e à eficiência energética diferem entre os tipos de indústrias. Aliás, é importante salientar que a cooperação, juntamente com outros elementos (treinamento, sistemas de gerenciamento ambiental e financiamento público), desempenha papel fundamental para eficiência energética.

Como a política não influenciou nenhuma das duas variáveis dependentes (COOPERAÇÃO e CONHECIMENTO) e, na Alemanha, a legislação garante liberdade de organização à nível municipal e, também, essa abordagem é disseminada e forte no país. Dessa forma, é possível utilizar uma extensão modelo da hélice tripla, que foi destacada por Villareal e Calvo (2015), em que estão inclusas a instituição legislativa e um modelo de cooperação internacional, ao invés da local, com intuito de propiciar um ambiente acelerador dos processos de transferência de conhecimento. Ou seja, o modelo utilizado no estudo, tradicional, possivelmente, não contemplou as variáveis políticas do contexto em específico.

Visto que a Alemanha utiliza um sistema de energias renováveis descentralizado, de acordo com Yaqoot et al. (2016), é fundamental citar que há barreiras relacionadas à disseminação, e elas podem ser abordadas através de um ambiente político propício, quadro regulamentar e arranjos institucionais adequados. Destarte, com intuito de disseminar a descentralização, necessita-se, por exemplo, de políticas favoráveis a longo prazo, incentivos financeiros aos usuários, retirada de subsídios aos combustíveis fósseis, desenvolvimento de instituições especializadas, cooperação com agências internacionais e a participação da comunidade local no planejamento e implantação. A descentralização alemã significou novos desafios de mercado: novos modelos

de negócio e redes inteligentes (De Melo et al., 2016). Sarkis et al. (2015) também destacam a necessidade de uma rede, *Greening of Industry Network* (GIN), e um importante aspecto funcional do GIN é a colaboração. Os esforços colaborativos através dos setores da HT são necessários para o progresso e o debate.

A hipótese H6 da universidade em relação à cooperação não foi significativa. Para Etzkowitz e Leydesdorff, (2000), a universidade pode ser comparada com outros proponentes de liderança de conhecimento, como firmas de consultoria. Todavia, a vantagem da universidade é que ela combina diversos fatores: continuidade de mudanças, memória das organizações e de pesquisa com novas pessoas e novas ideias, através da passagem de diferentes gerações de alunos. É importante salientar que, quando há uma ruptura, por exemplo, com a perda de financiamento de pesquisa, um grupo de pesquisa desaparece e tende a ser substituído por outro. Portanto, um dos fatores que pode ter influenciado na resposta da Hipótese H6 é que ocorreu uma ruptura ou várias, o que contribuiu para não desenvolvimento da cooperação.

Outro ponto destacado por Meyer et al. (2014) é que são necessários indicadores mais completos, que englobam multicamadas e multidimensionalidades, com intuito de desvendar por diferentes ângulos, permitindo, dessa forma, uma heterogeneidade dos diferentes atores envolvidos, universidade, política e setor privado, seja, de alguma forma, expressada. Como, para medir a universidade, só havia uma variável, é necessário melhorar e desenvolver o constructo com outros indicadores: adicionando variáveis, tornando-o mais complexo. Além disso, uma vez que a política também não se mostrou significativa tanto para a cooperação quanto para o conhecimento, entende-se que se deve explorar de outras maneiras esse constructo.

Finalmente, o resultado da variável de controle, Controle Promoção, sugere pontos interessantes em relação ao entendimento sobre o conhecimento e a cooperação focados em sistemas de energias renováveis. A promoção própria de adoção de energias renováveis indica que os efeitos são positivos e significativos para as duas variáveis dependentes. Mustar e Larédo (2002) apontam que as cooperações estão sendo, constantemente, originadas como parcerias entre pesquisadores públicos e industriais, o que acarreta em uma maior concentração de relações empresariais com suas próprias capacidades de pesquisa. No contexto da Alemanha, conforme Hartwig et al. (2015), as associações econômicas e industriais, civis e educacionais constituem uma rede cooperativa, que, ao longo do tempo, torna-se um centro.

## **6. Conclusão**

Nesse artigo, foram estudados os efeitos da hélice tripla em dois critérios políticos de inovação, cooperação e conhecimento, em relação a sistemas de energias renováveis, através de uma

*survey* em 660 municípios alemães. Os resultados contribuem para a literatura em hélice tripla, critérios políticos de inovação, inovação sustentável e sistemas de energia renovável. Os mesmos indicam que as empresas influenciam fortemente, positivamente e significativamente tanto na cooperação quanto no conhecimento para o desenvolvimento e o aprimoramento de RES.

Dessa forma, é recomendado que a Alemanha se foque em fortalecer as grandes empresas, em criar novas empresas, utilizar consultorias e bancos cooperativos com intuito de otimizar o desenvolvimento métodos de gerar novos conhecimentos e de aumentar a cooperação nos municípios com foco em sistemas de energias renováveis. Além disso, deve-se estudar formas de desenvolver e aprimorar o envolvimento dos atores políticos, visto que os agentes governamentais não interferem nem na cooperação nem no conhecimento, conforme os resultados do artigo.

No caso, discutiu-se que poderia ser necessário utilizar uma extensão do modelo de HT para entender e aprimorar os debates sobre esse assunto. Além disso, fazer uso de alguns indicadores mais completos e complexos, uma vez que os atores relacionados a universidades não influenciaram na cooperação; e foi utilizada somente uma variável para essa medida. Entretanto, as universidades tiveram interferência positiva e significativa sobre o conhecimento em RES, o que é essencial para o desenvolvimento tecnológico e científico na área.

O artigo contribui, quantitativamente, com a escassez de literatura sobre o RES à nível local, municipal, principalmente, em relação a critérios políticos de inovação, hélice tripla, processo de inovação e sistemas de inovação. Não obstante, a pesquisa tem algumas limitações, as quais podem ser fontes de inspiração para pesquisas futuras.

Utilizou-se uma pesquisa em larga-escala, com 660 municípios da Alemanha, a partir de um levantamento transversal. Portanto, futuramente, pode-se explorar a possibilidade de se aplicar um levantamento longitudinal. É interessante destacar que os esforços de inovação não são, usualmente, percebidos imediatamente após as mudanças, é necessário um tempo para serem atingidos. Outro ponto a ser comentado é que a pesquisa foi realizada apenas com os executivos e prefeitos dos municípios. Portanto, as próximas pesquisas devem levar em consideração informações sobre entidades públicas, sociedade, empresas, universidades, além de outros níveis do próprio governo. A pesquisa foi realizada somente no contexto da Alemanha, o qual é um dos países líderes em políticas de energias renováveis e utiliza uma política de descentralização. Logo, há uma oportunidade de explorar essa situação em outros contextos: países desenvolvidos e em desenvolvimento, é possível comparar as estratégias também.

Finalmente, o artigo direcionou para uma importante sequência de pesquisas na área de energias renováveis. À proporção que, estatisticamente, não foi possível validar um efeito significativo entre a política e as duas variáveis dependentes, cooperação e conhecimento, no futuro, é possível verificar se há um efeito moderador entre os outros critérios de inovação, universidade e empresas, e o conhecimento e a cooperação. Outra proposta, como a universidade não obteve um resultado significativo para cooperação, é abordar esse constructo de uma nova maneira, utilizando mais variáveis ou, até mesmo, algum modelo diferente do tradicional da hélice tripla.

## Referências

- Akgun, A.E., Keskin, H., Byrne, J.C., Aren, S., 2007. Emotional and learning capability and their impact on product innovativeness and firm performance. *Technovation* 27, 501–513. doi:10.1016/j.technovation.2007.03.001
- Andreasen, K. P., Sovacool, B. K. (2014). Energy sustainability, stakeholder conflicts, and the future of hydrogen in Denmark. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 891-897.
- Angelis-Dimakis, A., Biberacher, M., Dominguez, J., Fiorese, G., Gadocha, S., Gnansounou, E., Guariso, G., Kartalidis, A., Panichelli, L., Pinedo, I., Robba, M., 2011. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15, 1182–1200. doi:10.1016/j.rser.2010.09.049
- Bagozzi, R.P., Yi, Y., Phillips, L.W., 1991. Assessing Construct Validity in Organizational Research. *Adm. Sci. Q.* 36, 421–458. doi:10.2307/2393203
- Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., Truffer, B., 2015. Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics, in: *Environmental Innovation and Societal Transitions*. pp. 51–64. doi:10.1016/j.eist.2015.07.003
- BRINI, Riadh; AMARA, Mohamed; JEMMALI, Hatem. (2017). Renewable energy consumption, International trade, oil price and economic growth inter-linkages: The case of Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 76, p. 620-627.
- Bürer, M.J., Wüstenhagen, R., 2009. Which renewable energy policy is a venture capitalist's best friend? Empirical evidence from a survey of international cleantech investors. *Energy Policy*. doi:10.1016/j.enpol.2009.06.071
- BMUB, 2016. Climate Protection Plan 2050 [WWW Document]. Fed. Minist. Environ. Nat. Conserv. Build. Nucl. Saf. URL [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf)
- Cainelli, G., & Mazzanti, M. (2013). Environmental innovations in services: Manufacturing–

services integration and policy transmissions. *Research Policy*, 42(9), 1595-1604.

Cantner, U., Graf, H., Herrmann, J., Kalthaus, M., 2016. Inventor networks in renewable energies: The influence of the policy mix in Germany. *Res. Policy* 45, 1165–1184. doi:10.1016/j.respol.2016.03.005

Carlsson, A., Hjelm, O., Baas, L., Eklund, M., Krook, J., Lindahl, M., & Sakao, T. (2015). Sustainability Jam Sessions for vision creation and problem solving. *Journal of Cleaner Production*, 98, 29-35.

Carlson, M., & Mulaik, S. (1993). Trait ratings from descriptions of behavior as mediated by components of meaning. *Multivariate Behavioral Research*, 28, 111-159

Chudnovsky, D., López, A., Pupato, G., 2006. Innovation and productivity in developing countries: A study of Argentine manufacturing firms' behavior (1992-2001). *Res. Policy* 35, 266–288. doi:10.1016/j.respol.2005.10.002

Cooke, P., Uranga, M. G., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research policy*, 26(4-5), 475-491.

Crepon, B., Duguet, E., Mairessec, J., 1998. Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Econ. Innov. New Technol.* 7, 115–158. doi:10.1080/10438599800000031

Crespi, G., Zuniga, P., 2012. Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. *World Dev.* 40, 273–290. doi:10.1016/j.worlddev.2011.07.01

Daddi, T., Iraldo, F., Frey, M., Gallo, P., & Gianfrate, V. (2016). Regional policies and eco-industrial development: the voluntary environmental certification scheme of the eco-industrial parks in Tuscany (Italy). *Journal of Cleaner Production*, 114, 62-70.

De Marchi, V., 2012. Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Res. Policy* 41, 614–623. doi:10.1016/j.respol.2011.10.002

de Melo, C., de Martino Jannuzzi, G., Bajay, S. (2016). Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 222-234.

DeENet, 2009. Projekt 100%-Erneuerbare-Energie-Regionen: Schriftliche Befragung von Erneuerbare-Energie-Regionen in Deutschland. Regionale Ziele, Aktivitäten und Einschätzungen in Bezug auf 100% Erneuerbare Energie in Regionen. deENet - Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien e.V. Kassel.

Dooley, J.J., 1998. Unintended consequences: energy R+D in a deregulated energy market. *Energy Policy* 26, 547–555. doi:10.1016/S0301-4215(97)00166-3

Duić, N., Urbaniec, K., & Huisingh, D. (2015). Components and structures of the pillars of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 88, 1-12.

- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: The triple helix of university-industry-government relations. *Social science information*, 42(3), 293-337.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research policy*, 29(2), 109-123.
- Foxon, T., & Pearson, P. (2008). Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime. *Journal of cleaner production*, 16(1), S148-S161.
- Foxon, T.J., Gross, R., Chase, A., Howes, J., Arnall, A., Anderson, D., 2005. UK innovation systems for new and renewable energy technologies: drivers, barriers and systems failures. *Energy Policy* 33, 2123–2137. doi:10.1016/j.enpol.2004.04.011
- Frank, A.G., Cortimiglia, M.N., Ribeiro, J.L.D., Oliveira, L.S. de, 2016. The effect of innovation activities on innovation outputs in the Brazilian industry: Market-orientation vs. technology-acquisition strategies. *Res. Policy* 45, 577–592. doi:10.1016/j.respol.2015.11.011
- Frank, A.G., Gerstlberger, W. Paslauski, C., Lerman, L. Ayala, N, 2018. The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems (em submissão)
- Fu, X., Yang, Y., Dong, W., Wang, C., & Liu, Y. (2017). Spatial structure, inequality and trading community of renewable energy networks: A comparative study of solar and hydro energy product trades. *Energy Policy*, 106, 22-31.
- Gerstlberger, W., 2004. Regional innovation systems and sustainability – Selected examples of international discussion. *Technovation*. doi:10.1016/S0166-4972(02)00152-9
- Goedhuysa, M., Veugelers, R., 2012. Innovation strategies, process and product innovations and growth: Firm-level evidence from Brazil. *Struct. Chang. Econ. Dyn.* 23, 516–529. doi:10.1016/j.strueco.2011.01.004
- Gómez Uranga, M., Etxebarria Kerexeta, G., & Campàs-Velasco, J. (2007). The dynamics of commercialization of scientific knowledge in biotechnology and nanotechnology. *European Planning Studies*, 15(9), 1199-1214.
- Gonzalez, I., & Resosudarmo, B. P. (2016). Working Papers in Trade and Development.
- Guide, V.D.R., Ketokivi, M., 2015. Notes from the Editors: Redefining some methodological criteria for the journal. *J. Oper. Manag.* 37, v–viii. doi:10.1016/S0272-6963(15)00056-X
- Gustafsson, S., Ivner, J., Palm, J., 2015. Management and stakeholder participation in local strategic energy planning - Examples from Sweden. *J. Clean. Prod.* 98, 205–212. doi:10.1016/j.jclepro.2014.08.014
- Hair, J., Black, W., Babin, B., Anderson, R., Tatham, R., 2009. *Multivariate Data Analysis*. Prentice-

Hall International, New York, NY.

Handley, S.M., Gray, J. V., 2013. Inter-organizational Quality Management: The Use of Contractual Incentives and Monitoring Mechanisms with Outsourced Manufacturing. *Prod. Oper. Manag.* 22, 1540–1556. doi:10.1111/j.1937-5956.2012.01351.x

Hashi, I., Stojcic, N., 2013. The impact of innovation activities on firm performance using a multi-stage model: Evidence from the Community Innovation Survey 4. *Res. Policy* 42, 353–366. doi:10.1016/j.respol.2012.09.011

Hartwig, M., Kobashi, Y., Okura, S., & Tkach-Kawasaki, L. (2015). Energy policy participation through networks transcending cleavage: An analysis of Japanese and German renewable energy promotion policies. *Quality & Quantity*, 49(4), 1485-1512.

Hildén, M., 2011. The evolution of climate policies – The role of learning and evaluations. *J. Clean. Prod.* 19, 1798–1811. doi:10.1016/j.jclepro.2011.05.004

Institute decentralized energy technologies, 2014. 100 RE [Renewable Energy] Regions in Germany, Europe and the World. Institut dezentrale Energietechnologien, Kassel.

Jacobsson, S., Bergek, A., 2004. Transforming the energy sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology. *Ind. Corp. Chang.* 13, 815–849. doi:10.1093/icc/dth032

Jacobsson, S., Lauber, V., 2006. The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy* 34, 256–276. doi:10.1016/j.enpol.2004.08.029

Jorgensen, U., 2005. Energy sector in transition—technologies and regulatory policies in flux. *Technol. Forecast. Soc. Change* 72, 719–731. doi:10.1016/j.techfore.2004.12.004

Jöreskog, K. and Sörbom, D. (1993), LISREL 8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language. Chicago, IL: Scientific Software International Inc.

Kanada, M., Fujita, T., Fujii, M., & Ohnishi, S. (2013). The long-term impacts of air pollution control policy: historical links between municipal actions and industrial energy efficiency in Kawasaki City, Japan. *Journal of Cleaner Production*, 58, 92-101.

Keijzers, G. (2000). The evolution of Dutch environmental policy: the changing ecological arena from 1970–2000 and beyond. *Journal of Cleaner Production*, 8(3), 179-200.

Kern, K., Alber, G., 2008. Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-level Systems. *Compet. Cities Clim. Chang.* 171–196. doi:10.1787/9789264091375-em

Kostevšek, A., Petek, J., Klemeš, J. J., & Varbanov, P. (2016). Municipal energy policy constitution and integration process to establish sustainable energy systems—a case of the Slovenian municipality. *Journal of Cleaner Production*, 120, 31-42.

Krarup, S., & Ramesohl, S. (2002). Voluntary agreements on energy efficiency in industry—not a golden key, but another contribution to improve climate policy mixes. *Journal of Cleaner Production*, 10(2), 109-120.

Leydesdorff, L., Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a Triple Helix of university—industry—government relations. *Science and public policy*, 23(5), 279-286.

Leydesdorff, L., & Meyer, M. (2006). Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue. *Research policy*, 35(10), 1441-1449.

Lucas, H., Fifita, S., Talab, I., Marschel, C., & Cabeza, L. F. (2017). Critical challenges and capacity building needs for renewable energy deployment in Pacific Small Island Developing States (Pacific SIDS). *Renewable Energy*, 107, 42-52.

Mallett, A., 2007. Social acceptance of renewable energy innovations: The role of technology cooperation in urban Mexico. *Energy Policy* 35, 2790–2798. doi:10.1016/j.enpol.2006.12.008

Markard, J., Raven, R., Truffer, B., 2012. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Res. Policy* 41, 955–967. doi:10.1016/j.respol.2012.02.013

Martins, A.C., Marques, R.C., Cruz, C.O., 2011. Public-private partnerships for wind power generation: The Portuguese case. *Energy Policy* 39, 94–104. doi:10.1016/j.enpol.2010.09.017

Mascarenhas, A., Coelho, P., Subtil, E., Ramos, T., 2010. The role of common local indicators in regional sustainability assessment. *Ecol. Indic.* 10, 646–656.

Meyer, M., Grant, K., Morlacchi, P., & Weckowska, D. (2014). Triple Helix indicators as an emergent area of enquiry: a bibliometric perspective. *Scientometrics*, 99(1), 151-174.

Mustar, P., & Larédo, P. (2002). Innovation and research policy in France (1980–2000) or the disappearance of the Colbertist state. *Research policy*, 31(1), 55-72.

Østergaard, P., Mathiesen, B.V., Möller, B., Lund, H., 2010. A renewable energy scenario for Aalborg Municipality based on low-temperature geothermal heat, wind power and biomass. *Energy* 35, 4892–4901. doi:10.1016/j.energy.2010.08.041

Pattberg, P., Biermann, F., Chan, S., Mert, A., 2012. Introduction: partnerships for sustainable development BT - Public-private partnerships for sustainable development. Emergence, influence, legitimacy, in: *Public-Private Partnerships for Sustainable Development. Emergence, Influence, Legitimacy*. pp. 1–18. doi:10.4337/9781849809313

Podsakoff, P.M., MacKenzie, S.B., Lee, J.-Y., Podsakoff, N.P., 2003. Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies. *J. Appl.*

Psychol. 88, 879–903. doi:10.1037/0021-9010.88.5.879

Prognos, 2010. Prognos Zukunftsatlas 2010 – Deutschlands Regionen im Zukunftswettbewerb [WWW Document]. ZUKUNFTSATLAS Reg. 2010. URL <https://www.prognos.com/publikationen/zukunftsatlas-r-regionen/zukunftsatlas-r-2010/> (accessed 1.10.17).

Quist, J., & Tukker, A. (2013). Knowledge collaboration and learning for sustainable innovation and consumption: introduction to the ERSCP portion of this special volume. *Journal of Cleaner Production*, 48, 167-175.

Quitow, R. (2015). Assessing policy strategies for the promotion of environmental technologies: A review of India's National Solar Mission. *Research Policy*, 44(1), 233-243.

Reichardt, K., Negro, S.O., Rogge, K.S., Hekkert, M.P., 2016. Analyzing interdependencies between policy mixes and technological innovation systems: The case of offshore wind in Germany. *Technol. Forecast. Soc. Change* 106, 11–21. doi:10.1016/j.techfore.2016.01.029

Rigdon, E. E. (1996). CFI versus RMSEA: A comparison of two fit indexes for structural equation modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 3(4), 369-379.

Rogge, K.S., Reichardt, K., 2016. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. *Res. Policy* 45, 1620–1635. doi:10.1016/j.respol.2016.04.004

Rösler, C., Langel, N., Schormüller, K., 2013. Kommunaler Klimaschutz, erneuerbare Energien und Klimawandel in Kommunen. Ergebnisse einer Difu-Umfrage. German Institute of Urban Affairs, Berlin.

Sarkis, J., Vazquez-Brust, D., de Bruijn, T., Fischer, K., Franco-Garcia, M. L., Kamolsiripichaiorn, S., ... & Kuppusamy, I. (2015). Helping to build a sustainable future through the greening of industry and its networks: knowledge sharing and action promotion. *Journal of Cleaner Production*, 98, 8-16.

Sen, S., & Ganguly, S. (2017). Opportunities, barriers and issues with renewable energy development—A discussion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1170-1181.

Sener, S., Sharp, J., Annick, A. (2017). Factors impacting diverging paths of renewable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Shaver, J.M., 1998. Accounting for Endogeneity When Assessing Strategy Performance: Does Entry Mode Choice Affect FDI Survival? *Manage. Sci.* 44, 571–585. doi:10.1287/mnsc.44.4.571

Shen, L., He, B., Jiao, L., Song, X., & Zhang, X. (2016). Research on the development of main policy instruments for improving building energy-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1789-1803.

Schönberger, P., 2013. Municipalities as Key Actors of German Renewable Energy Governance.

- Wuppertal Pap. No. 186. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal. Fraunhofer ISI, Karlsruhe. ([http://sro.sussex.ac.uk/66004/1/GRETCHEN\\_report.pdf](http://sro.sussex.ac.uk/66004/1/GRETCHEN_report.pdf));
- Stapleton, C. D. (1997). Basic Concepts in Exploratory Factor Analysis (EFA) as a Tool To Evaluate Score Validity: A Right-Brained Approach.
- Tamayo-Orbegozo, U., Vicente-Molina, M. A., & Villarreal-Larrinaga, O. (2017). Eco-innovation strategic model. A multiple-case study from a highly eco-innovative European region. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1347-1367.
- Tavassoli, S., 2015. Innovation determinants over industry life cycle. *Technol. Forecast. Soc. Change* 91, 18–32. doi:10.1016/j.techfore.2013.12.027
- Trencher, G. P., Yarime, M., & Kharrazi, A. (2013). Co-creating sustainability: cross-sector university collaborations for driving sustainable urban transformations. *Journal of Cleaner Production*, 50, 40-55.
- Trianni, A., Cagno, E., Thollander, P., & Backlund, S. (2013). Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a European comparison. *Journal of Cleaner Production*, 40, 161-176.
- Trokanas, N., Cecelja, F., Raafat, T., 2015. Semantic approach for pre-assessment of environmental indicators in industrial symbiosis. *J. Clean. Prod.* 96, 349e361.
- Vaivode, I. (2015). Triple Helix Model of University–Industry–Government Cooperation in the Context of Uncertainties. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 1063-1067.
- Villarreal, O., & Calvo, N. (2015). From the Triple Helix model to the Global Open Innovation model: A case study based on international cooperation for innovation in Dominican Republic. *Journal of Engineering and Technology Management*, 35, 71-92.
- Yaqoot, M., Diwan, P., & Kandpal, T. C. (2016). Review of barriers to the dissemination of decentralized renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 477-490.
- WCED (World Commission on Environment and Development), 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Wooldridge, J.M., 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press. doi:10.1515/humr.2003.021
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., Bürer, M.J., 2007. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy* 35, 2683–2691. doi:10.1016/j.enpol.2006.12.001

Apêndice A – Questionário

**Itens de questionário para avaliar os principais critérios de política de inovação de sustentabilidade**

**1. Importância das atividades de cooperação [COOPERAÇÃO]:** Escala Likert de Importância: 1- não importante até 7-extremamente importante para as políticas municipais. Validação do construto: RMSEA (0,088), CFI (0,948), CR (0,976),  $\alpha$  (0,7347).

- a) Desenvolvimento de cooperação público-privada;
- b) Redução da resistência dos grupos interessados
- c) Aumento da visibilidade para comunidade
- d) Aceitação de atividades industriais para comunidade
- e) Suporte de algum possível promotor regional (exemplo: organizações ambientais)

**2. Importância de conhecimento local sobre RES [CONHECIMENTO]:** Escala Likert de Importância: 1- não importante até 7-extremamente importante para as políticas municipais. Validação do construto: RMSEA (0,051), CFI (0,99), CR (0,911),  $\alpha$  (0,7283).

- a) Construção de conhecimento de longo prazo no município para projetos de energias renováveis
- b) Usando experiência prévia em projetos de energias renováveis
- c) Existência de atividades internas de P&D em energias renováveis

#### Itens de questionário para avaliar a hélice tripla

**Itens do questionário para variáveis independentes [UNIVERSIDADE, EMPRESAS, POLÍTICA]:** escala de graus Likert: 1- muito fraca a 7 muito fortes.

EMPRESAS: RMSEA (0,055), CFI (0,992), CR (0,922),  $\alpha$  (0,7946);

POLÍTICA: RMSEA (0,040), CFI (0,996), CR (0,984),  $\alpha$  (0,8141);

Quão importante você considera os seguintes atores para o desenvolvimento de energias renováveis em sua região?

- a. Instituições financeiras
- b. Câmeras de comércio
- c. Câmara de ofício
- d. Agências de desenvolvimento econômico
- e. Sindicatos
- f. Grandes empresas
- g. Grandes fornecedores de energia
- h. Bancos comerciais privados
- i. Universidades
- j. Pequenas e médias empresas
- k. Ofícios
- l. Fundações
- m. Bancos cooperativos
- n. Associações
- o. Consultorias

**Itens de questionário para variáveis instrumentais:** escala Likert grau: 1- muito fraco para 7-muito forte e manequim (pergunta F). Quão fortes são as seguintes características em sua região?

- a) Apoio público e aceitação de energia renovável;
- b) Proximidade de fornecedores de tecnologia para energia renovável;
- c) Nível salarial do município;
- d) disponibilidade de mão-de-obra no município;
- e) Acesso à infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento para o município;
- f) O seu município recebeu recentemente fundos públicos para investir em projetos de energia renovável? (sim/não)

**Itens do questionário para variáveis de controle:** *Variáveis dummy*

- a. O seu município desenvolve projetos próprios de energia renovável? (sim/não)
- b. O seu município promove projetos para a adoção de energia renovável? (sim/não)
- c. Por favor, descreva o tamanho do seu município (número de habitantes):  
<10.000; 10,000 a 50,000; > 50.000.