

## Inovação sociotécnica e multinível em energia eólica: análise sistemática da literatura

### Sociotechnical and multilevel innovation in wind energy: systematic literature analysis

Luana Oliveira LIMA<sup>1</sup>, Beatriz da Silva RODRIGUES<sup>2</sup>, Andriele de Pra CARVALHO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento Acadêmico de Engenharias  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão

<sup>2</sup>Francisco Beltrão – Paraná – Brasil  
<sup>1</sup>Departamento Acadêmico de Engenharias  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão  
Francisco Beltrão – Paraná – Brasil

<sup>3</sup>Departamento Acadêmico de Humanidades  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão  
Francisco Beltrão – Paraná - Brasil

#### RESUMO

O artigo consiste em contextualizar a inovação sociotécnica e multinível em Energia Eólica, em relação a análise sistemática da literatura. Em relação ao declínio das reservas de petróleo, aumento dos seus valores (oriundas do processo de oferta e demanda), a poluição ambiental e o contexto de mudanças climáticas no globo. Dessa forma, ao combinar sustentabilidade com inovação encontra-se o conceito de ecoinovação que tem como seu principal objetivo favorecer o desenvolvimento tecnológico combinado com o equilíbrio dos três pilares da sustentabilidade (econômico, Social e tecnológico). Assim, busca-se estudar e compreender o comportamento e o fluxo de desenvolvimento das ecoinovações pode ser avaliado a partir de uma abordagem sociotécnica da inovação, atribui-se a um contexto de comunicação e dependência de como o meio contribui para as inovações. Mais especificado, nesse trabalho, ao sistema energético, em especial a energia eólica. Portanto, entender o processo de inovação nos níveis acima citado é capaz de direcionar como estão os sistemas tecnológicos que auxiliam no contexto ambiental no mundo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inovação Sociotécnica, Ecoinovação, Energias renováveis

#### INTRODUÇÃO

O declínio das reservas de petróleo, aumento dos seus valores (oriundas do processo de oferta e demanda), a poluição ambiental e o contexto de mudanças climáticas no globo, tem ocasionado constantes preocupações entre as nações. Principalmente a partir dos anos 70 em que tiveram as primeiras e principais crises do petróleo o qual ocasionaram instabilidades e incertezas geopolíticas e econômicas (STORTI; JUNIOR, 2021). Desta forma, como fonte de energia renovável, a energia eólica, segundo o Relatório de Vento Global (2014), pode ser uma alternativa para complementação do ambiente energético de um país, visto que tanto a energia eólica onshore quanto offshore são consideradas uma energia limpa e sustentável, além de possibilitar apoio a economia global e ao demasiado crescimento populacional, o qual estima-se a chegada de 9 bilhões de pessoas em 2040.



Entretanto, a atribuição dos contextos anteriormente abordados, entra-se em um critério de inovação tecnológica, visto que, segundo Freeman (1996) afirma que as reversões da grande maioria dos riscos ao meio ambiente dependem não somente de regulamentações, incentivos econômicos e outras mudanças institucionais, mas combinado com a melhoria contínua no quesito tecnológico. Já que algumas inovações técnicas no campo de fontes renováveis de energia poderão exercer impactos positivos para as perspectivas futuras.

Desta forma, ao combinar sustentabilidade com inovação encontra-se o conceito de ecoinovação, que tem como seu principal objetivo, favorecer o desenvolvimento tecnológico combinado com o equilíbrio dos três pilares da sustentabilidade (econômico, social e tecnológico), proporcionando uma interação entre si, mas de uma forma harmônica.

Assim, quando busca-se estudar e compreender o comportamento e fluxo de desenvolvimento das ecoinovações pode ser avaliado a partir de uma abordagem sociotécnica da inovação e ainda melhor detalhado atribuído a uma perspectiva multinível. Que além da compreensão referente como fatores sociais agem sobre uma inovação, atribui-se a um contexto de comunicação e dependência de como o meio contribui para as inovações. Mais especificado, neste trabalho, ao sistema energético, em especial a energia eólica.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Analisar sistematicamente os estudos publicados sobre o tema Energia eólica em uma perspectiva sociotécnica e multinível. para sustentabilidade ambiental.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico dos artigos sobre Energia Eólica;
- Selecionar e analisar sistematicamente os artigos levantados na pesquisa;
- Analisar as principais lacunas de pesquisa com base nos estudos analisados;
- Analisar a transição do sistema sociotécnico no âmbito de energia renovável a partir de uma perspectiva multinível;
- Verificar tendências e lacunas para pesquisas futuras na área de Engenharia Ambiental.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 Inovação: Abordagem Evolucionista E Sociotécnica

Como autor principal das questões de processos inovativos na dinâmica econômica Schumpeter (1985), foi o pioneiro de estudos voltados para a inovação evolucionista. Por isso, torna-se essencial iniciar falando sobre a importância da inovação e o seu nascimento. Em que, de maneira breve, a inovação é resultado de pressões em



diversos sistemas, por exemplo, no desenvolvimento científico e tecnológico que segundo Carvalho (2012), tornou-se as principais fontes de inovações tecnológicas.

Desta forma, a inovação Segundo Schumpeter (1985) não é um sistema que ocorra de forma isolada, depende diretamente de vários fatores no contexto organizacional e atrelado a esse desenvolvimento apresenta fenômenos das mudanças produtivas revolucionárias que podem influenciar significativamente a vida de uma sociedade.

Inegavelmente, os estudos de Schumpeter (1985) teve relevantes contribuições na teoria econômica. Segundo o autor, para falar sobre desenvolvimento econômico necessariamente precisaria mencionar a inovação. Nesse contexto, o desenvolvimento econômico e a inovação estariam em constante comunicação, no qual uma tecnologia nova substituiria uma antiga em uma abordagem evolucionista da inovação, que é conceituada pelo autor como a introdução de novos métodos, produtos, fornecedores, mercados e novas formas de organização.

Outros autores que discorrem sobre os conceitos de inovações evolucionistas são Corazza e Fracalanza (2004) caracterizados por serem neoshumpeteriano, em que além das analogias mencionadas, atrelam os conceitos do processo evolutivo as ciências biológicas na mudança técnica e econômica.

Além deles, outros autores utilizaram e adaptaram as estruturas da inovação evolucionista para embasar estudos contemporâneos. Por exemplo, a teoria sociotécnica que está relacionada aos princípios de Inovação de Schumpeter, justificado por entender que as novas tecnologias são direcionadas por trajetórias próprias e diretamente influenciadas por atores e mecanismos (DOSI, 2006).

### **3.1.2.2 Trajetória e Mudança para o regime Ecoinovador: Abordagem Sociotécnica.**

Como tratado no tópico anterior, a inovação atrelada a sustentabilidade, ou seja, a ecoinovação, não é um caminho linear, pois está submetida a pressões sociais, questões ambientais e avanços tecnológicos constantes. Desta forma, como as transições da ecoinovação é um processo que perdura um longo tempo, para melhor entender as mudanças, neste tópico, será direcionado para uma análise multinível e uma abordagem sociotécnica.

Visto que, a perspectiva sociotécnica destaca a importância das relações multiníveis para a transição da sustentabilidade, que ocorrerá a longo prazo, que diferentemente da abordagem evolucionista agregará as mudanças no caráter social. Novamente, enfatizando que o processo de transição não é linear, pois abrange mudanças em tecnologia, economia, instituições, comportamento, cultura, ecologia e crenças (MENDONÇA, CUNHA; NASCIMENTO, 2013).

Desta forma, pode-se dizer que os nichos atendem as demandas do nível macro, ou seja através de ideias radicais tendem a fornecer novos produtos para atender as demandas da sociedade. Segundo Gross et al., (2018) e Carstens e Cunha (2019) abordam a concepção dos nichos como um nível que oferece proteção para as inovações

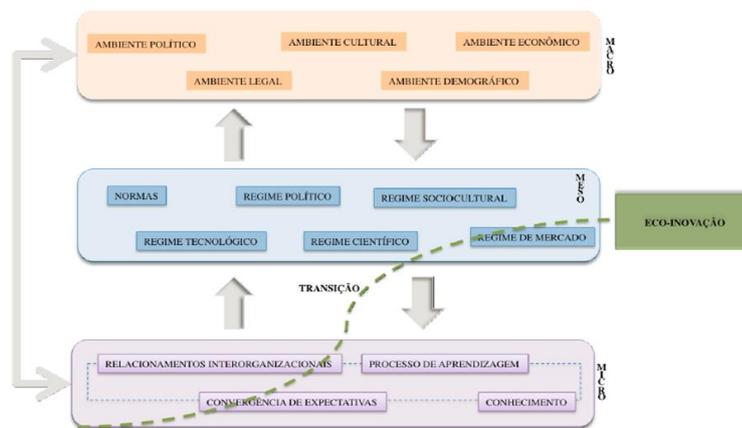


criadas, pois estarão neste nível até estarem preparadas para a difusão correta no mercado através de mudanças culturais, legais e sociais.

Quando discutido o nível meso é associado a mudanças no regime sócio-técnico e caracterizado por instruir uma comunicação entre as inovações, antes no nível micro, com os multiatores envolvidos, os quais intervêm no fluxo de tecnologias voltadas para o uso da energia eólica.

Por outro lado, o nível macro, entre os níveis, é o processo mais lento, pois dependerá de multifatores para ser implementado, desde a “solidificação” dos níveis anteriores, bem como mudanças nos valores culturais, padrões demográficos, mudanças políticas, problemas ambientais e escassez de recursos (GEELS, 2002; SMITH et al., 2010).

**Figura 1-** Relações de análise multinível da transição sociotécnica para a ecoinovação.



Fonte: Mendonça (2014)

Quando tratado da análise multinível da transição para ecoinovação mostra que esse contexto abrange diferentes agentes no sistema, podendo ser incluído as mudanças de comportamento e perspectivas da sociedade (SAFARZYNSKA et al., 2012). Desta forma, também enfatizam Kemp e Rotmans (2010) que a trajetória para ecoinovação, ultrapassam as simples mudanças tecnológicas, ou seja, envolvem respostas proativas e mudanças na sociedade como um todo.

**3.3.2.1 Abordagem Multinível na transição Sociotécnica** A perspectiva multinível de acordo com os estudos de Geels e Schot (2007) entende as transições como um processo alinhado entre vários níveis. Em que a tipologia é regida em variações de tempo e natureza das interações dos níveis. Desta forma, são três os níveis abordados na perspectiva multinível. O primeiro seria o nível micro (também conhecido como nichos), nível meso (também chamado de nível meso de regimes sociotécnicos), onde ocorre os desenvolvimentos tecnológicos e o nível macro, da sociedade como um todo, assim como a Figura 2 mostra (GEELS, 2004



Além disso, segundo Geels (2017), ainda sobre o mesmo nível, pode ser configurado como pequenos nichos de mercado, em que possuem diferentes critérios de seleção daqueles existentes no regime ou até podem partir de investimentos públicos ou por financiamentos privados. Por outro lado, no nível meso, também conhecido como regime sociotécnicos, é caracterizado por criar estabilidade, pois pode ocorrer em diferentes empresas, pesquisas e trabalhos em direções similares. Resultado dessa interação, a tecnologia percorre um nível setorial que proporcionam mudanças incrementais para refinar processos tecnológicos existentes em direções específicas. Entretanto, este nível exerce uma força estrutural sobre as alternativas de novidades surgidas nos nichos (BERKHOUT, 2002; GEELS, 2006; GEELS; KEMP, 2007; SMITH et al., 2010).

Ainda referente ao nível meso, ou também conhecido como regimes sociotécnicos é definida segundo Geels (2011), como uma acumulação coevolucionária e alinhada de conhecimento, investimentos, objetos, práticas, infraestrutura e valores, que contemplam a divisão do viés produção – consumo, que orientam e regem as atividades dos grupos sociais e reproduzem os vários elementos do sistema sociotécnico.

Já no nível do ambiente, ou seja macro, as mudanças ocorrem de forma gradual, apenas pode ser percebida ao longo do tempo, como crescimento econômico, mudanças no valores culturais, padrões demográficos, mudanças políticas, problemas ambientais e escassez de recursos, podendo, desta forma exercer pressões no nível do regime de forma a criar oportunidades para as novas tecnologias (GEELS, 2002; GEELS; SCHOT, 2007; SMITH et al., 2010).

Por fim, a quarta fase é caracterizada pela substituição do regime por novas inovações, claro que acompanhada por adaptações a longo prazo (políticas, estruturas industriais). Entretanto, ao longo do tempo que ocorre a superação dos obstáculos de forma mais concreta, pode-se considerar um novo regime institucionalizado (GEELS, 2005)

## RESULTADO

Após o refinamento dos artigos, alguns foram desconsiderados, tanto por não conseguir realizar o download ou até mesmo fugiam do tema principal trabalhado. Desta forma, os artigos selecionados foram analisados identificando principalmente os autores, ano de publicação, conceitos e pilares da inovação energética sustentável, além de metodologias utilizadas nos estudos e ideias centrais. Quando analisado os artigos conforme os modelos de abordagens, foi possível dividir em três qualificações: Qualitativa, Quantitativa e Quantitativa e Qualitativa, sendo considerado como qualitativo os artigos que associavam mais dados subjetivos, como: opiniões e perguntas abertas. Já o quantitativo foca em avaliar dados numéricos e estatísticos, portanto, quando apresentado as duas abordagens trata-se de um quali-quantitativo. Da mesma forma, Verbong e Geels (2010) analisaram as transições de sustentabilidade no sistema elétrico, usando teorias recentes sobre caminhos sociotécnicos. Além disso, o 6 implementa que as transições sociotécnicas, como são influenciadas por multiatores e também a sua reação a meios alternativos. Autores como, Edsand (2017), Frank et al., (2016),



McMeekin, Geels e Hodson (2018), Ford et al., (2021) focaram estudar a difusão da energia eólica no interior de instituições e analisado através de funções do sistema de Inovação Tecnológica e como isso influencia na paisagem, ou seja, no meio. Além disso, vão abordar como que os vários caminhos da transição sociotécnica vão reagir dentro de uma análise comparativa de vários níveis das transições. Em especial a eletricidade de baixo carbono na Alemanha e no Reino unido. Corsini et al., (2019) e Karhunmaa (2019) exploraram a transformação atual dos imaginários sociotécnicos em direção a uma ideia mais participativa de cidades inteligentes que emergem de práticas do mundo real; e as resistências e resiliências a essa transformação no domínio da pesquisa. Discutimos as evidências emergentes da pesquisa sobre energia de comunidades contra a literatura sobre sistema de energia inteligente.

## REFERÊNCIAS

BATTISTELLA, C.; TONI, A. F.; ZAN, G.; PESSOT, E. et al. Cultivating business model agility through focused capabilities: A multiple case study. *Journal of Business Research*, v. 73, p. 65-82, 2017.

BROWN, H. S.; VERGRAGT, P. J. Experimentos sociotécnicos limitados como agentes de mudança sistêmica: o caso de um edifício residencial de energia zero. *Previsão Tecnológica e Mudança Social*, v. 75, n. 1, p. 107-130, 2006.

MATHEWS, J. A. O surto da tecnologia das energias renováveis: Um novo paradigma tecno-econômico em formação ? *Futuras*, v. 46, p. 10 -22, 2013.

MCMEEKIN, A.; GEELS, F. W.; HODSON, M. Mapeando os ventos da reconfiguração de todo o sistema: analisando as transformações de baixo carbono na produção, distribuição e consumo no sistema elétrico do Reino Unido (1990-2016). *Research Policy*, v. 48, n. 5, p. 1216-1231, 2018.

UNITED NATIONS. Sustainable development goals report 2016. UN, 2016.

QUIST, J.; TUKKER, A. Knowledge collaboration and learning for sustainable innovation and consumption: introduction to the ERSCP portion of this special volume. *Journal of Cleaner Production*, v. 48, p. 167-175, 2013.

BROWN, H. S.; VERGRAGT, P. J. Experimentos sociotécnicos limitados como agentes de mudança sistêmica: o caso de um edifício residencial de energia zero. *Technological forecasting and social change*, v. 75