



25 a 28  
setembro  
2024  
Campus Central UEPG  
Ponta Grossa | PR

Explorando as Interseções das Inteligências  
Artificiais na Sociedade Atual



## TRANSIÇÕES SOCIOTÉCNICAS PARA SUSTENTABILIDADE

### SOCIOTECHNICAL TRANSITIONS FOR SUSTAINABILITY

#### ÁREA TEMÁTICA: INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E EMPREENDEDORISMO

Andressa Martins, UFSC, Brasil, andresamartines@gmail.com

Caroline Rodrigues Vaz, UFSC, Brasil, carol.vaz@ufsc.br

#### Resumo

As mudanças e transformações impulsionadas por inovações são uma parte fundamental do cenário atual, no qual organizações públicas e privadas estão constantemente se esforçando para alcançar objetivos sustentáveis. A transição sociotécnica desempenha um papel essencial ao possibilitar essas transformações e mudanças em modelos e processos, permitindo a adaptação a novas condições e demandas, além de promover a sustentabilidade em diversas áreas, como economia, ambiente e sociedade. Assim sendo, este artigo realiza uma revisão sistemática da literatura sobre a transição sociotécnica para sustentabilidade utilizando o método Sysmap (Scientometric and systematic yielding Mapping Process). Os resultados indicam insights significativos e apontam algumas oportunidades e lacunas de pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** Transições Sociotécnicas, Sustentabilidade, Inovação.

#### Abstract

Changes and transformations driven by innovations are a fundamental part of the current scenario, in which public and private organizations are constantly striving to achieve sustainable goals. The socio-technical transition plays an essential role in enabling these transformations and changes in models and processes, allowing adaptation to new conditions and demands, in addition to promoting sustainability in various areas, such as economy, environment and society. Therefore, this article carries out a systematic review of the literature on socio-technical transition to sustainability using the Sysmap method. The results indicate significant insights and point out some opportunities and gaps for future research.

**Keywords:** Sociotechnical Transitions, Sustainability, Innovation.

#### 1. INTRODUÇÃO

Desde o fim dos anos 90, tem ocorrido um avanço nos estudos em direção à sustentabilidade, visando impulsionar mudanças sistêmicas em cenários complexos, caracterizados por alta incerteza, diversidade de atores, instituições e tecnologias, além de diferentes estágios de desenvolvimento.

As pesquisas estão centradas nos grandes desafios sociais globais, como a perda de biodiversidade, a escassez de recursos e a promoção do consumo consciente. Isso requer mudanças profundas nos sistemas sociotécnicos, como energia, água, agricultura e mobilidade,

rumo a novos modelos mais sustentáveis. A abordagem teórica da transição para a sustentabilidade baseia-se em aspectos multidimensionais e coevolutivos, envolvendo múltiplos atores, estabilidade e mudança, processos de longo prazo, incertezas, valores, conflitos e divergências, e direcionamento normativo (Pigato, 2021).

Acentuaram-se a demanda por inovações que equilibrem as necessidades humanas com a preservação do meio ambiente e o bem-estar social e econômico (Barbieri, 2016; Smith, 2010). Para compreender e analisar essas inovações de forma abrangente e complexa, é necessário adotar uma perspectiva que incorpore os conceitos evoluídos ao longo do tempo. Assim, surge o estudo das transições sustentáveis.

Segundo Smith (2010), esse conceito emergiu das teorias de inovação, representando novas perspectivas teóricas desenvolvidas para abordar problemas cada vez mais complexos relacionados à inovação e aos desafios socioambientais. Loorbach (2017) define as transições para sustentabilidade como mudanças sociais em larga escala essenciais para enfrentar os grandes desafios globais.

Os estudos sobre transição para a sustentabilidade buscam compreender as transições históricas e, com base nesse entendimento, promover o avanço em direção a um futuro mais sustentável. Esses estudos surgem da convergência de diversas disciplinas, incluindo ciência e tecnologia, economia evolucionária, inovação, história da tecnologia e sociologia (Markard, 2018).

Diante disto, este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma revisão sistemática da literatura sobre a transição sociotécnica para sustentabilidade utilizando o método Sysmap (Scientometric and systematic yielding Mapping Process).

O presente artigo está dividido em 5 seções, inicialmente apresenta-se o tema e o contexto em que está inserido. A segunda seção compreende o embasamento teórico utilizado, seguida pela seção 3 onde a metodologia de pesquisa é descrita. Na seção 4 estão relatados os resultados obtidos através da análise de conteúdo e, por fim, as considerações finais.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 TEORIA DAS TRANSIÇÕES SUSTENTÁVEIS**

Nos últimos anos, questões como mudanças climáticas e escassez de recursos naturais têm se tornado mais proeminentes, juntamente com a necessidade de inovações capazes de atender às demandas humanas enquanto equilibram o meio ambiente, a sociedade e a economia (Barbieri, 2017; Smith, 2010). Para compreender e analisar essas inovações, é necessário adotar uma abordagem mais abrangente e complexa, que incorpore os conceitos desenvolvidos ao longo do tempo. Surge então o estudo das transições sustentáveis.

Conforme observado por Smith (2012), esse conceito evoluiu a partir das teorias de inovação, representando novas perspectivas teóricas criadas para lidar com problemas cada vez mais complexos relacionados à inovação e aos desafios socioambientais. Loorbach descreve o termo transições para sustentabilidade como mudanças sociais em grande escala necessárias para enfrentar os grandes desafios globais.

Inicialmente, as ideias de inovação estavam fundamentadas nos ciclos econômicos capitalistas e na renovação tecnológica, seguindo a noção de "destruição criativa", que enfatizava o crescimento econômico e a geração de riqueza (Schumpeter, 1934). No entanto, com os estudos neo-malthusianos de Meadows (1972), surgiu a consciência da finitude dos recursos naturais e das limitações do crescimento econômico. Esses estudos criticaram o grau de crescimento exponencial da época, levando a uma maior atenção aos recursos naturais, desde a poluição até as emissões de gases de efeito estufa em todo o processo produtivo e ao longo de seu ciclo de vida.

As teorias de inovação evoluíram para lidar com problemas cada vez mais complexos, dando origem a abordagens mais abrangentes. A perspectiva teórica das transições para sustentabilidade emergiu para abordar as complexidades dos desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade e às inovações que podem ajudar a enfrentá-los (Smith, 2010).

O avanço das inovações tecnológicas é crucial para as políticas de desenvolvimento sustentável (Nill, 2009). No entanto, é importante compreender que as inovações não devem ser consideradas isoladamente, devido às complexidades inerentes ao seu desenvolvimento e aos impactos que podem gerar, tanto em termos econômicos quanto ambientais e sociais (Barbieri, 2017).

Geels (2002) identifica três características-chave associadas às transições para a sustentabilidade que as distinguem de outras transições históricas:

- 1) Orientação para objetivos predefinidos, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ONU, 2019), que fornecem direcionamento claro para os esforços de transição.
- 2) Inovações que não apresentam benefícios óbvios para os usuários, requerendo intervenção de políticas, subsídios e regulamentações devido a falhas de mercado.
- 3) Lida com mecanismos de lock-in que geram dependência de trajetória, dificultando a mudança das organizações incumbentes para novas tecnologias. Devido à análise desses processos de mudança e substituição tecnológica por meio de inovações, essas transições são consideradas sócio-técnicas.

### 3. METODOLOGIA

Tendo como objetivo averiguar as informações existentes a respeito do tema de maneira imparcial e completa, a partir de uma revisão de literatura estruturada, o método SYSMAP (Scientometric and systematic yielding Mapping Process) será utilizado (Figura 1).



Figura 1 – Sysmap

O método SYSMAP é constituído pelas fases de construção, filtragem, cientometria e sistemática. Através destas etapas, respectivamente, obtemos a análise de revisão de literatura estruturada. A seguir uma breve descrição de cada fase.

- 1) Fase de construção: Consiste em duas etapas, a definição das palavras-chave e a

definição das bases dados;

2) Fase de filtragem: É realizada uma filtragem para os artigos duplicados, e para os artigos que não se enquadrem com a respectiva pesquisa;

3) Fase de cientometria (ou bibliométrica): Nesta fase realiza-se o mapeamento dos principais autores, periódicos, palavras-chave, fontes, referencias etc.;

4) Fase sistemática (ou de conteúdo): É construída lacunas de pesquisa sobre a temática definida.

Para a primeira fase (fase de construção), foram utilizadas as bases de dados Scopus e Web of Science. As combinações das palavras-chaves foram: ((Sociotechnical Transition) AND to AND Sustainability)).

Para a construção da coleção de documentos foram utilizadas estas duas bases de dados (Fase 1), encontrando 630 documentos ao total. Na base de dados Web of Science coletados 280 documentos e, na base Scopus 350. Em seguida, realizada a filtragem dos documentos utilizando o software EndNote (Fase 2). Encontrando um número de 89 documentos duplicados, restando então 521 documentos.

Esses 521 documentos foram utilizados para a realização da análise cientometria (Fase 3). A partir da leitura dos títulos e resumos dos documentos foi feita uma segunda filtragem para eliminar os que não se enquadravam com a respectiva pesquisa. Sendo assim, selecionou-se 67 artigos como enquadrados ao tema de pesquisa, e utilizados na análise de conteúdo ou sistêmica (Fase 4).

A análise cientometria foi realizada com o auxílio dos softwares, VOSviewer e o Excel. Posteriormente, na análise sistêmica, procedeu-se a leitura do conteúdo dos 67 artigos selecionados como alinhados ao tema. Os trabalhos foram analisados conforme ênfase do presente estudo. Dos 67 artigos, 6 foram descartados, pois apesar de parecerem estar alinhados ao tema pelos seus títulos e resumos, não se enquadravam com essa pesquisa. Desta forma, restaram apenas 61 artigos para análise sistêmica. Em seguida, os trabalhos selecionados foram categorizados a partir da leitura integral, realizando-se a análise dos conteúdos.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 BIBLIOMETRIA**

Nesta seção, será realizada a análise bibliométrica dos artigos selecionados para análise de conteúdo que tratam as transições sócio-técnicas para sustentabilidade. Com base nos artigos nestes artigos, foi gerado o gráfico de nuvens de palavras na ferramenta Wordart, conforme o procedimento desenvolvido por Aria e Cuccurullo (2017). As palavras com maior ocorrência entre os artigos, onde mudança, rede, elemento, externalidades, processo, produto, mercado, tecnologia e conhecimento são os termos mais utilizados nos artigos incluídos na análise (Figura 2).



Figura 2 – Nuvens de Palavras

## 4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

A relação entre inovações e desenvolvimento econômico é um processo evolutivo que se baseia em experiências passadas e conhecimentos acumulados. Isso se reflete em mudanças tecnológicas e na ruptura com formas tradicionais de fazer as coisas (Schumpeter e Nichol, 1934).

A reestruturação completa das atividades econômicas em direção à sustentabilidade refere-se a etapas de transição sócio-técnicas, transformação industrial e tecnológica. Setores da economia, como o elétrico e o de transporte, podem ser conceituados como sistemas sócio-técnicos, uma vez que envolvem redes de atores (indivíduos, empresas, entre outros) e instituições (normas, regulamentações e padrões sociais e técnicos), bem como artefatos materiais (produtos e infraestruturas, por exemplo) e conhecimento (Geels, 2004; Hekkert, 2009).

As transições sócio-técnicas são conjuntos de processos que levam a uma mudança fundamental nos sistemas sócio-técnicos. Elas envolvem a substituição de uma tecnologia por outra, além de mudanças em outros elementos associados. Uma transição abrange mudanças em várias dimensões: tecnológica, material, organizacional, institucional, política, econômica e sociocultural (Markard et al., 2012).

Esse tipo de alteração sócio-técnica é descrito como um processo de mudança de conjuntos de associações e substituições, uma reestruturação de elementos. Alterações em um elemento na rede podem desencadear mudanças em outros elementos. Em outras palavras, os elementos desse sistema estão interconectados e há uma interdependência entre eles, fatores que influenciam a dependência de trajetória (Geels, 2002).

Mudança sócio-técnica é descrito como um processo de alteração de conjuntos de associações e substituições, uma reestruturação de elementos. Mudanças em um elemento na rede podem desencadear mudanças em outros elementos. Em outras palavras, os elementos desse sistema estão interconectados e há uma interdependência, fatores que influenciam a dependência de trajetória (Struben e Serman, 2008).

A existência de um sistema sócio-técnico estabelecido e funcional se torna um obstáculo para o surgimento de outro tipo de sistema, como no caso dos carros elétricos, que exigiriam toda uma nova infraestrutura, desde fábricas diferentes até a exploração de elementos para bateria

em vez de petróleo, postos de abastecimento distintos e uma mudança de atitudes e conhecimentos por parte da população em geral, entre outros fatores.

A introdução de uma nova tecnologia no mercado por uma organização é uma decisão arriscada que requer investimentos financeiros, tempo e esforço, os quais poderiam ser direcionados para outras atividades. Da mesma forma, a adoção de uma inovação pelos usuários também é arriscada devido à incerteza sobre o sucesso dessa nova tecnologia (Rogers, 2003). Como uma tecnologia existente já demonstrou sucesso e está gerando lucros, muitas organizações optam por imitar essa inovação em vez de criar uma nova, às vezes melhorando a tecnologia existente e gerando diferenciação e acumulação de conhecimento (Nelson, 1977).

Esses ciclos de retroalimentação positiva aumentam a lacuna entre a melhor tecnologia e outras opções, levando a um aprisionamento tecnológico (lock-in), no qual as alternativas gradualmente desaparecem. Para entender esse fenômeno, é importante compreender o conceito de externalidades de rede.

As externalidades de rede são efeitos diretos ou indiretos da compra e utilização de produtos pelos consumidores, sua disseminação e desenvolvimento. O número de compradores de um determinado bem afeta a qualidade e a disponibilidade de serviços pós-compra, por exemplo. Em outras palavras, a utilidade do usuário em relação ao produto depende do número de usuários que já estão na mesma rede. Quando as externalidades de rede estão envolvidas, a acumulação de usuários na escolha de um determinado design tecnológico dominante pode afetar o padrão da indústria precocemente. Portanto, as externalidades de rede causam lock-ins de padronização mais cedo e a adoção de tecnologias que podem não ser a melhor opção no futuro, mas eram a melhor opção no início de uma transição tecnológica (Klitkou et al., 2015).

De acordo com Katz e Shapiro (1986), as externalidades de rede têm dois efeitos fundamentais nas dinâmicas da indústria em evolução. Primeiro, a atratividade relativa das tecnologias concorrentes hoje é influenciada por seu histórico de vendas, sendo um produto mais atraente quanto maior for sua base de consumidores. Segundo, e talvez mais importante, na presença de externalidades de rede, o consumidor no mercado atual também se preocupa com o futuro sucesso dos produtos concorrentes.

As transições geralmente envolvem uma ampla gama de atores e tipicamente se desenrolam ao longo de períodos consideravelmente longos (Markard et al., 2012). Frequentemente, são necessárias algumas décadas para que uma tecnologia em seu estado inicial alcance uma indústria com capacidade de impactar o mercado.

São quatro as principais linhas de pensamento associadas às transições, segundo Markard et al. (2012): Gestão das Transições, Gestão Estratégica dos Nichos, Sistemas Tecnológicos de Inovação e Perspectiva de Multiníveis. A Gestão das Transições é um framework orientado por políticas, que sugere que os responsáveis por políticas públicas podem dar forma às transições. Já a Gestão Estratégica dos Nichos é utilizada para analisar o surgimento de inovações radicais. Os pesquisadores sugerem que inovações radicais surgem em espaços protegidos com subsídios, experimentos ou mercados específicos, chamados na literatura de nichos, que os protegem da seleção de mercado comum (Loorbach, 2008).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A transição sociotécnica para a sustentabilidade é um processo complexo e multifacetado que envolve mudanças significativas em sistemas sociais e tecnológicos. Requerem uma abordagem interdisciplinar que englobe áreas como ciência e tecnologia, economia, política, sociologia e meio ambiente. Isso porque as mudanças necessárias para promover a sustentabilidade abrangem múltiplos aspectos da sociedade.

A sustentabilidade não pode ser alcançada apenas por meio de mudanças tecnológicas, mas requer transformações em todo o sistema socioeconômico. Isso inclui repensar modelos de negócios, padrões de consumo, políticas públicas e práticas organizacionais.

As transições sociotécnicas são processos de longo prazo que ocorrem em diferentes escalas, desde níveis locais até globais. É importante reconhecer que essas mudanças podem levar décadas para se concretizarem completamente. Já que enfrentam uma série de desafios, incluindo interesses econômicos estabelecidos, resistência à mudança, falta de financiamento e barreiras institucionais. Superar esses obstáculos requer estratégias políticas, sociais e

Diversos atores desempenham um papel crucial na transição para a sustentabilidade, incluindo governos, empresas, organizações da sociedade civil, comunidades locais e indivíduos. A colaboração e o engajamento de todos esses atores são essenciais para impulsionar a mudança.

A inovação desempenha um papel central na transição para a sustentabilidade, permitindo o desenvolvimento de novas tecnologias, práticas e modelos de negócios. Além disso, é essencial promover o aprendizado contínuo e a adaptação às novas condições e desafios.

Em suma, a transição sociotécnica para a sustentabilidade é um processo dinâmico e desafiador que exige ações coordenadas em várias frentes. É fundamental buscar soluções criativas e colaborativas para enfrentar os desafios atuais e promover um futuro mais sustentável para as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS

- Aria, Massimo; Cuccurullo, Corrado. *Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis*. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-971, 2017.
- systems”, The DATA BASE for Advances in Information Systems (32:2), pp. 46–67, 2001. (available at
- A. Klitkou, S. Bolwig, T. Hansen, and N. Wessberg. The role of lock-in mechanisms in transition processes: The case of energy for road transport. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16:22–37, 2015.
- E. M. Rogers. *Diffusion of innovations*, new york, free press. 2003.
- F. W. Geels. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research policy*, 33(6-7):897– 920, 2004.
- F. W. Geels. Disruption and low-carbon system transformation: Progress and new challenges in socio-technical transitions research and the multi-level perspective. *Energy Research & Social Science*, 37:224–231, 2018.
- F. W. Geels. Transições tecnológicas como processos de reconfiguração evolutiva: uma perspectiva multinível e um estudo de caso. *Política de pesquisa*, 31(8-9):1257–1274, 2002.
- J. Markard, R. Raven, and B. Truffer. Transições de sustentabilidade: um campo emergente de pesquisa e suas perspectivas. *política de pesquisa*, 41(6):955–967, 2012.
- J. Markard. A próxima fase da transição energética e suas implicações para a pesquisa e a política. *Energia da Natureza*, 3(8):628–633, 2018.
- J. Schot and F. W. Geels. Gestão de nicho estratégico e jornadas de inovação sustentável: teoria, descobertas, agenda de pesquisa e política. *análise de tecnologia gestão estratégica*, 20(5): 537–554, 2008.
- J. C. Barbieri. *Gestão ambiental empresarial*. Saraiva Educação SA, 2017.
- J.-P. G. J. Smith A.; Voss. Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4):435–448, 2010. *Journal of political economy*, 94(4):822–841, 1986.
- J. A. Schumpeter and A. J. Nichol. Robinson’s economics of imperfect competition. *Journal of political economy*, 42(2):249–259, 1934.
- J. Nill and R. Kemp. Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: From niche to paradigm? *Research policy*, 2009.

- M. P. Hekkert and S. O. Negro. Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological forecasting and social change*, 76(4):584–594, 2009.
- N. e. A. F. Loorbach, Derk e Frantzeskaki. Pesquisa em transição de sustentabilidade: transformando ciência e prática para mudança social. *Revisão anual do ambiente e recursos*, 42: 599–626.
- S. G. Nelson, Richard R e Winter. Em busca de uma teoria útil da inovação. pages 215–245, 1977.
- R. Smith, A. e Raven. O que é espaço protetor? reconsiderando nichos nas transições para a sustentabilidade. 41(6):1025–1036, 2012.