

HÉLICE QUÍNTUPLA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA

Izabela Souza da Silva – izabellapsi100@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe

Cássia Regina D'Antonio Rocha da Silva – cassiadantonio@yahoo.com.br

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe

Ana Karla de Souza Abud – ana.abud@gmail.com

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe

Resumo— Este artigo tem como propósito analisar a evolução da hélice quádrupla no contexto da inovação e do desenvolvimento sustentável. Para isto, foi realizada uma revisão sistemática bibliométrica através de uma abordagem quali-quantitativa dos principais documentos científicos indexados na base de dados Scopus. Os procedimentos metodológicos se dividiram em três etapas: delimitação do escopo de análise, seleção de documentos científicos e análise descritiva. Para análise dos dados, foram utilizados o CiteSpace®, planilhas eletrônicas e análise de conteúdo. Os resultados geraram 22 documentos científicos, havendo a partir de 2017 um aumento no número de publicações e citações a respeito da temática. Uma das contribuições do estudo foi a percepção de que a maior parte das nações ainda não despertaram para um processo de inovação envolvendo a questão da sustentabilidade em resposta aos desafios ambientais.

Keywords — hélice quádrupla, inovação, sustentabilidade.

Abstract— This article aims to analyze the evolution of the five-fold propeller in the context of innovation and sustainable development. For this, a systematic bibliometric review was carried out through a qualitative approach of the main scientific documents indexed in the Scopus database. The methodological procedures were divided into three stages: delimitation of the scope of analysis, selection of scientific documents and descriptive analysis. For data analysis, CiteSpace®, spreadsheets and content analysis were used. The results generated 22 scientific documents, and since 2017 there has been an increase in the number of publications and citations on the subject. One of the study's contributions was the perception that most nations have not yet awakened to an innovation process involving the issue of sustainability in response to environmental challenges.

Keywords—quintuple helix, innovation, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A hélice quádrupla contextualiza as hélices tríplice e quádrupla, além de acrescentar o ambiente natural para promover uma estrutura analítica, onde o conhecimento e a inovação, estão conectados com o meio ambiente. Esse equilíbrio sustentável entre os caminhos do desenvolvimento, da sociedade e da economia, é essencial para o progresso das civilizações humanas futuras (FISCHER-KOWALSKI; HABERL, 2007).

Contudo, antes do surgimento da hélice quádrupla, a ciência e a tecnologia apareciam como sendo as principais fontes de vantagem competitiva e sustentáveis para as nações. Originando assim, a hélice tríplice que foi o primeiro modelo capaz de nortear os sistemas de inovação baseados no conhecimento. Esse modelo é resultante de interações entre três principais atores (universidade, indústria e governo) e com relações múltiplas e recíprocas entre si, constituindo-se em um processo de criação de conhecimento e capitalização (LOMBARDI *et al.*, 2012).

Desse modo, com o passar do tempo, as recentes mudanças na conjuntura global ampliaram o relacionamento entre estes atores e a tradicional tríade, formada por universidade-indústria-governo, acabou sendo fortalecida por novos modelos de geração do conhecimento, com a inclusão de novos atores, tais como: a sociedade (hélice quádrupla) e o ambiente (hélice quántupla), gerando outras hélices importantes na dinâmica da inovação (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2010).

É importante destacar que a hélice quántupla trouxe a perspectiva dos ambientes naturais da sociedade e da economia para a produção de conhecimento e sistemas de inovação, pois nesse modelo, o meio ambiente é necessário à preservação e sobrevivência da humanidade, sendo imprescindível a inserção do mesmo nas políticas e propostas de desenvolvimento regionais (CARAYANNIS, BARTH, CAMPBELL, 2012; YOON; YANG; PARK, 2017).

Por outro lado, a complexidade da estrutura de cinco hélices implica na compreensão analítica de todas as hélices exigindo, assim, o envolvimento contínuo das ciências naturais, sociais e humanas para que tal modelo possa servir de referência para a tomada de decisões em relação ao conhecimento, à inovação e ao ambiente (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2018).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como propósito analisar a evolução da hélice quántupla no contexto da inovação e do desenvolvimento sustentável através de revisão sistemática.

2 O PAPEL DOS MODELOS DA HÉLICE TRÍPLICE, QUÁDRUPLA E QUÁNTUPLA

No início dos anos 80 surgiu o modelo de hélice tríplice, resultante do conceito de universidade empresarial de uma instituição acadêmica ativamente envolvida no desenvolvimento regional baseado no conhecimento. Esse modelo de inovação foi utilizado para fomentar o crescimento econômico regional e promover o empreendedorismo, através das interações dinâmicas entre três esferas institucionais: universidade, indústria e governo (ETZKOWITZ, 2008).

Essa interação entre a universidade, a indústria e o governo, especialmente nos níveis regional e local, são iniciadas por indivíduos e/ou organizações que possuem o poder de convocar e comandar toda a hélice tríplice, sendo considerada a chave para a realização do potencial de uma base de conhecimento (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017).

A crescente importância do modelo de hélice tríplice levou ao surgimento de uma investigação teórica e empírica para discutir novos métodos para a criação de conhecimento (CHUNG; PARK, 2014). Por isso, foi considerado que outros atores e fatores poderiam ser identificados, na tentativa de expandir o repertório helicoidal. Com isto, surgiu uma extensão quádrupla, ao ser adicionado o público ou a sociedade civil como quarta hélice na produção de conhecimento (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2019; CARAYANNIS; CAMPBELL, 2012; LOMBARDI *et al.*, 2012).

A hélice quádrupla associa a mídia às indústrias criativas, à cultura, aos valores, aos estilos de vida, à arte e à classe criativa (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2019). Isto faz com que novos produtos, serviços e soluções inovadoras sejam desenvolvidos através do envolvimento dos usuários em seu papel de líderes, co-desenvolvedores e cocriadores (CARAYANNIS; RAKHMATULLIN, 2014; BACCARNE *et al.*, 2016).

Sendo assim, a hélice quádrupla capacita e conecta cocriadores de inovação, como empreendedores, inventores, artistas e outros geradores de valor, fortalecendo o ecossistema e os princípios de ampla cooperação em inovação. Por isso, o processo de desenvolvimento de produtos e serviços pode existir em diferentes níveis de co-produção com consumidores, clientes e cidadãos (ARNKIL *et al.*, 2010).

Na hélice quántupla, por sua vez, o modelo de inovação pode enfrentar desafios do aquecimento global através da aplicação de conhecimento e *know-how*, uma vez que se concentra no social, no intercâmbio e na transferência de conhecimento dentro dos subsistemas de um estado ou nação-estado específico (BARTH, 2011).

Desta forma, a hélice quántupla combina conhecimento, *know-how* e o sistema natural-ambiental em uma estrutura interdisciplinar e transdisciplinar, podendo fornecer um modelo passo a passo para compreender a gestão baseada na qualidade do desenvolvimento eficaz, recuperando o equilíbrio com a natureza e permitindo às gerações futuras uma vida de pluralidade e diversidade na terra (CARAYANNIS; CAMPBELL 2010; BARTH, 2011).

Resumidamente, a hélice tríplice ajuda à explicar as relações entre universidade, indústria e governo,

representando a inovação social. A hélice quádrupla é a extensão da hélice tríplice, onde é adicionada a quarta hélice, que é a sociedade civil. O modelo da hélice quádrupla é baseado nos modelos das hélices anteriores, levando em consideração os ambientes naturais da sociedade, tais como as comunidades locais, os funcionários, os acionistas, os parceiros de negócios, os fornecedores, os clientes, as autoridades públicas e as Organizações Não Governamentais (ONGs) (LOZANO *et al.*, 2019).

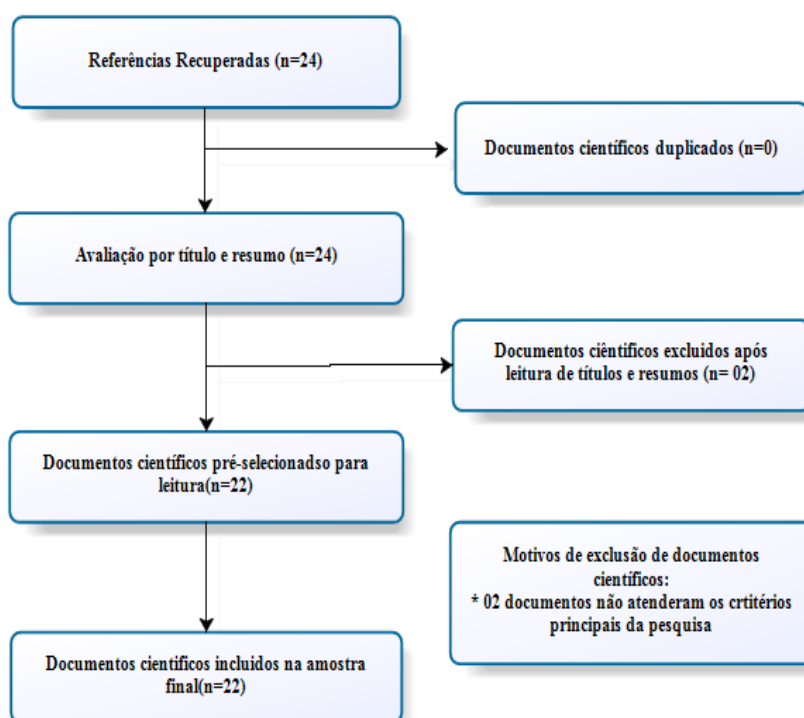
3 METODOLOGIA

Na construção de uma revisão sistemática da literatura existem diferentes abordagens, entre as a bibliométrica, a integrativa e a meta-análise. Em todas essas propostas existe a preocupação de se concentrar nos principais estudos publicados para identificar padrões sobre características de pesquisa ou limitações nos campos de estudos (CARVALHO; FLEURY; LOPES, 2013; REDONDO *et al.*, 2017).

Optou-se por realizar uma revisão sistemática bibliométrica com abordagem quali-quantitativa dos principais documentos científicos que descrevem o papel da hélice quádrupla. A escolha da base de dados *Scopus* justifica-se pelo fato desta ser considerada uma das principais bases multidisciplinares de pesquisas no cenário nacional e internacional.

As palavras-chave utilizadas para a revisão sistemática foram: "quintuple helix" AND innovation AND "sustainable development" OR sustainability, no idioma inglês, além dos operadores booleanos "AND" e "OR", para dar mais amplitude à pesquisa e restringi-la. Os procedimentos para realização da pesquisa ocorreram em etapas, conforme fluxograma disposto na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da revisão sistemática



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A etapa 1) se referiu à delimitação do escopo da análise, com a pesquisa dos documentos científicos na base *Scopus*. Essa base forneceu dados essenciais para a análise sistemática, incluindo áreas de estudos, número de citações, lista de autores, afiliações, determinação do período de análise, entre outras informações relevantes para o estudo.

Na etapa 2) foi realizada a seleção dos documentos científicos, onde os termos utilizados para a seleção dos estudos foram: 'quintuple helix' AND innovation AND "sustainable development" OR

sustainability, utilizando o idioma inglês no campo tópico. Considerando as publicações no período 2010 até o ano de 2021, foram identificados 24 documentos científicos. Com o propósito de refinar a busca, foram adotados os seguintes critérios: (a) tipo de documento, sendo considerados apenas artigos científicos e capítulo de livro; (b) idioma do artigo, sendo considerados os artigos na língua inglesa; e (c) restrito aos termos das palavras-chave associadas “quintuple helix” AND innovation AND “sustainable development” OR sustainability. Em seguida, os resumos dos documentos científicos foram lidos e analisados, sendo excluídos 3 documentos por não atenderem os critérios principais. A seleção final foi composta por 16 artigos e 6 capítulos de livros, publicados em 5 periódicos, em 8 áreas de conhecimento relacionadas ao tema.

A etapa 3) constou da análise descritiva dos dados, após a definição dos instrumentos de coleta, com os documentos sendo analisados de forma quantitativa, visando descrever as suas principais características através das seguintes variáveis: (a) evolução de publicações e citações; (b) principais autores; e (c) obras mais citadas. O objetivo desta etapa foi a descrição, de forma sistêmica, das principais características sobre o campo de estudo relacionado à temática pesquisada. Para isto, fez-se uso de planilhas eletrônicas e do software CiteSpace® desenvolvido por Chen (2006) para a descrição dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise descritiva da evolução da hélice quintupla no contexto da inovação e do desenvolvimento sustentável permitiu apresentar, de forma ilustrativa, os resultados para cada busca. Dos 22 documentos obtidos, observou-se que cerca de 71% foram artigos científicos e 29% capítulos de livro (Figura 2). Isto demonstra a importância da disseminação do conhecimento através da publicação científica, especialmente sobre a hélice quintupla e o desenvolvimento sustentável no ecossistema de inovação como forma de impulsionar a adoção desses conceitos no contexto atual.

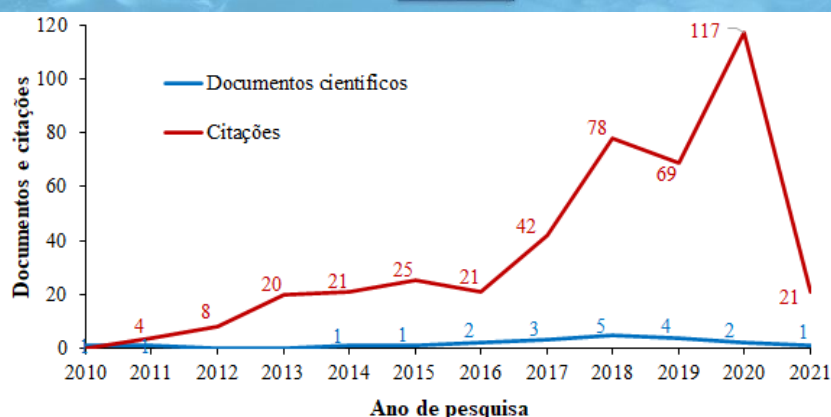
Figura 2. Quantidade de documentos científicos relacionados aos termos encontrados na Scopus, 2021



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Quanto à evolução dos documentos científicos e quantidade de citações das publicações na base *Scopus*, no período de 2010 a 2021, percebeu-se um interesse pelo tema indicado em função do aumento de publicações e citações nos últimos 5 anos da análise (2017 a 2021). Foram 15 publicações sobre o tema entre os anos de 2017 a 2020, perfazendo um total de 320 citações, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Evolução dos documentos científicos e citações em cada ano na Scopus no período de 2010-2021



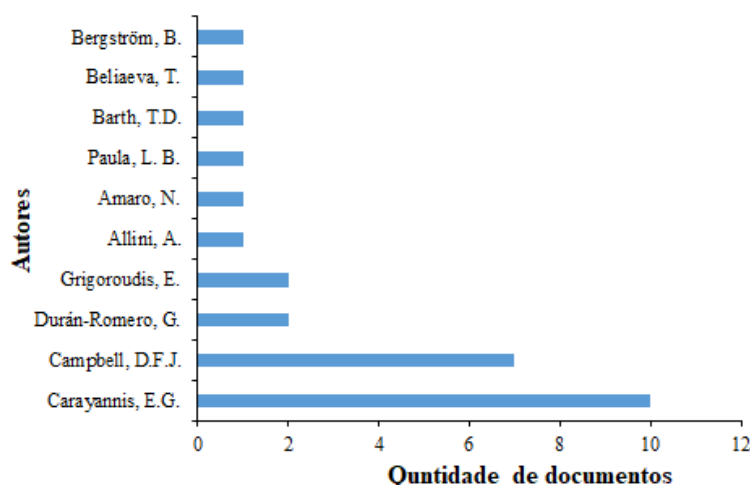
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Percebe-se um crescente interesse pelo tema a partir de 2013, com uma média de 20 citações. Contudo, a partir de 2017, houve um aumento significativo no número de citações (42), fazendo com que em 2020 ocorresse o maior número de citações (116), evidenciando-se, dessa forma, o interesse da academia pela quádrupla hélice, inovação e sustentabilidade.

Esses achados foram semelhantes aos obtidos por Mineiro *et al.* (2018), ao realizarem uma revisão sistemática da literatura sobre as hélices triplas, quádruplas e quádruplas em 135 artigos indexados na base *Web of Science*. Os autores descreveram o aumento pelo interesse relacionado ao tema devido ao crescimento de publicações e citações nos últimos 4 anos da análise (2014 a 2017).

Quanto aos autores mais citados, destaca-se Carayannis (9) e Campbell (6), conforme demonstrado na Figura 4. É importante destacar que Carayannis e Campbell atuam conjuntamente na temática referente à hélice quádrupla em vários documentos científicos.

Figura 4. Principais autores das publicações na Scopus no período de 2010-2021



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Carayannis é professor titular de Ciência, Tecnologia, Inovação e Empreendedorismo na Escola de Negócios da Universidade George Washington, em Washington, nos Estados Unidos. Por sua vez, Campbell atua na Universidade de Klagenfurt, em Viena, na Áustria. A cooperação em publicações demonstra um esforço coletivo entre pesquisadores de instituições de países distintos no intuito de promover a quádrupla hélice dentro do ecossistema de inovação.

Com relação aos principais periódicos com artigos relacionados ao tema, destacaram-se o *Journal of the Knowledge Economy* e o *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*.

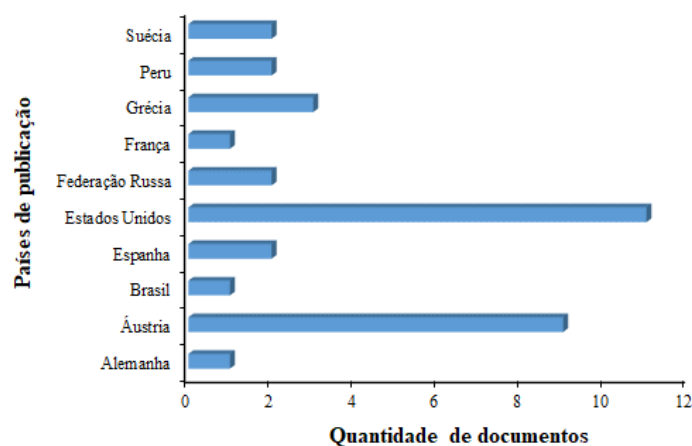
Em 2015, o Journal of the Knowledge Economy publicou o artigo intitulado “Quadruple Helix Structures of Quality of Democracy in Innovation Systems: the USA, OECD Countries, and EU Member Countries in Global Comparison”, dos autores Campbell, Carayannis e Rehman. Esse estudo demonstrou que o desdobramento de uma economia do conhecimento inovador requer uma democracia do conhecimento, ou seja, o conhecimento e a inovação são a chave para o desenvolvimento sustentável e para a evolução da qualidade da democracia.

Já o International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, em 2010, publicou o artigo “Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? A Proposed framework for a transdisciplinary analysis of sustainable development and social ecology”, dos autores Carayannis e Campbell. O impacto dessa pesquisa quanto análise transdisciplinar é a fundamentação da hélice quádrupla como abordagem alinhada ao desenvolvimento sustentável e à ecologia social, numa concepção mais ampla de conhecimento e inovação.

Outra análise importante se referiu à rede de colaboração entre os coautores dos artigos da amostra, considerando o país de origem da instituição de filiação do autor (Figura 5). Pode-se notar uma distribuição geográfica da rede de colaboração dos países mais influentes quanto à publicação de artigos sobre os temas hélice quádrupla e sustentabilidade. Tais conexões compreendem interações entre os autores de instituições de pesquisa, concentradas com maior destaque para a Estados Unidos e Áustria. Contudo, contudo o número de publicações ainda é incipiente em outros países.

Uma das justificativas para o baixo número de publicações pode estar relacionada à dificuldade e/ou falta de articulação entre os atores, conforme evidenciado nos estudos de Jensen e Tragardh (2004) e Van Horne e Dutot (2017).

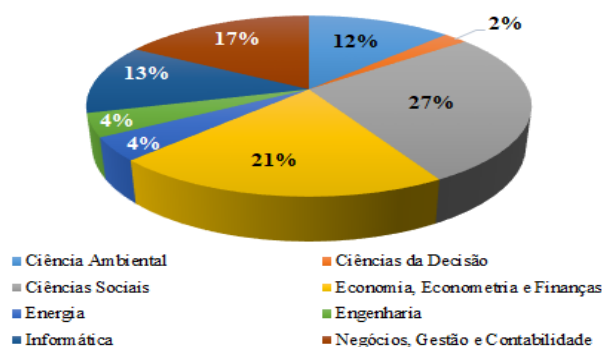
Figura 5. Países mais influentes das publicações selecionadas na Scopus no período de 2010-2021.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Ao analisar as áreas de conhecimento relacionadas aos temas encontrados nos artigos, a Figura 6 indica um maior destaque para as áreas de Ciências Sociais, que perfazem um total de 26% das publicações, seguida da área de Negócios, Gestão e Contabilidade (19%) e Economia, Econometria e Finanças (19%).

Figura 6. Áreas de conhecimento relacionadas ao tema encontrados na Scopus no período de 2010-2021.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Esses resultados são corroborados por Sandroni e Carneiro (2016), que relatam o maior percentual de estudos nas ciências sociais, uma vez que essa área busca analisar a temática como uma forma de aliar o desenvolvimento humano à conservação ambiental.

Por outro lado, o percentual apontado nas outras áreas (negócios, economia, finanças, entre outros) pode ser influenciado pela estrutura transdisciplinar do modelo da hélice quintupla. Isto porque esse modelo analisa o desenvolvimento sustentável e a ecologia social, sugerindo um equilíbrio sustentável entre os caminhos do desenvolvimento da sociedade e da economia, com seus ambientes naturais (ecologia, conhecimento e inovação), essenciais para a continuidade do progresso das civilizações humanas (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2011).

5 CONCLUSÕES

O propósito do artigo foi analisar através de documentos científicos a evolução da hélice quintupla no contexto da inovação e do desenvolvimento sustentável no período de 2010 a 2021. Os principais resultados apontaram para uma incipiente evolução dos documentos científicos, destacando-se em 2017, um maior interesse pelo tema, quando se obteve um maior número de publicações e citações.

Verificou-se que nos últimos cinco anos as citações e os documentos científicos continuaram aumentando. Entretanto, uma das contribuições do estudo foi a percepção de que a maior parte das nações ainda não despertaram para um processo de inovação envolvendo a questão da sustentabilidade em resposta aos desafios ambientais.

Sendo assim, deve-se realizar futuras pesquisas sobre as interfaces da hélice quintupla com a inovação e o desenvolvimento sustentável, no intuito de aumentar a utilização de recursos de forma socioecológica.

REFERÊNCIAS

- ARNKIL, R.; JÄRVENSIVU, A.; KOSKI, P.; PIIRAINEN, T. Exploring Quadruple Helix - Outlining user-oriented innovation models. **Tampere: University of Tampere**, 2010. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.864.3864&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 22 nov. 2020.
- BACCARNE, B.; LOGGHE, S.; SCHUURMAN, D.; DE MAREZ, L. Governing Quintuple Helix innovation: urban living labs and socio ecological entrepreneurship. **Technology Innovation Management Review**, v. 6, n. 3, p. 22-30, 2016.
- BARTH, T.D. The idea of a green new deal in a Quintuple Helix model of knowledge, know-how and innovation. **International Journal of Social Ecology and Sustainable Development**, v. 1, n. 2, p.1-14, 2011.
- CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. Sustainable development, social ecology, and the Quintuple Helix. In: CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. (Ed.) **Smart Quintuple Helix Innovation Systems**, Switzerland: Springer, 2019. p. 31-37.
- CARAYANNIS, E.G; CAMPBELL, D.F.J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? A proposed framework for a transdisciplinary analysis of sustainable development and social ecology. **International Journal of Social Ecology and Sustainable Development**, v. 1, n. 1, p. 41-69, 2010.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D.F.J. Open innovation diplomacy and a 21st Century Fractal Research, Education and Innovation (FREIE) ecosystem: Building on the Quadruple and Quintuple Helix innovation concepts and the “Mode 3” knowledge production system. **Journal of Knowledge Economic**, v. 2, p. 327-372, 2011.

CARAYANNIS, E. G.; RAKHMATULLIN, R. The Quadruple/Quintuple innovation helixes and smart specialization strategies for sustainable and inclusive growth in Europe and beyond. **Journal of Knowledge Economic**, v. 5, p. 212-239, 2014.

CARAYANNIS, E. G; BARTH, T. D; CAMPBELL, D. F. J. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, v. 1, n. 2, p. 1-12, 2012.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. Quadruple and Quintuple Helix innovation systems and mode 3 knowledge production. In: CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J.; EFTHYMIPOULOS, M. P. (Ed.) **Handbook of Cyber-Development, Cyber-Democracy, and Cyber-Defense**, Switzerland: Springer International Publishing, 2019. p. 9-27.

CARVALHO, M. M.; FLEURY, A.; LOPES, A. P. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, p. 1418-1437, 2013.

CHEN, C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 57, n.3, p. 359-377, 2006.

CHUNG, C. J.; PARK, H. W. Mapping Triple Helix innovation in developing and transitional economies: webometrics, scientometrics, and informetrics. **Scientometrics**, v. 99, n. 1, p. 1-4, 2014.

ETZKOWITZ, H. **The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation in Action**. New York/London: Routledge, 2008.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. **The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation and Entrepreneurship**. Abingdon: Routledge, 2017.

FISCHER-KOWALSKI, M.; HABERL, H. **Socioecological transitions and global change. Trajectories of social metabolism and land use**. Edward Elgar Publishing: Cheltenham, 2007.

JENSEN, C; TRAGARDH, B. Narrating the Triple Helix concept in 'weak' regions: lessons from Sweden. **International Journal of Technology Management**, v. 27, n. 5, p. 513-530, 2004.

LOMBARDI, P.; GIORDANO, S.; FAROUH, H.; YOUSEF, W. Modelling the smart city performance. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**, v. 25, n. 2, p. 137-149, 2012.

LOZANO, R., PETTERSSÉN, S., JONSÄLL, A., NISS, C., BERGSTRÖM, B. Moving to a quintuple helix approach in SPP: Collaboration and LCC for lighting procurements. In: ANDHOV, M.; CARANTA, R.; WIESBROCK, A. (Ed.) **Cost and EU Public Procurement Law: Life-Cycle Costing for Sustainability**, London: Routledge, 2019. p. 81-99.

MINEIRO, A. A. C.; SOUZA, D. L.; VIEIRA, K. C. Da hélice tríplice a quintupla: uma revisão sistemática. **E&G Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 18, n. 51, p. 77-93, 2018.

REDONDO, M.; LEON, L.; POVEDANO, F. J.; ABASOLO, L.; PEREZ-NIETO, M. A.; LOPEZ-MUÑOZ, F. A bibliometric study of the scientific publications on patient - reported outcomes in rheumatology. **Seminars in Arthritis and Rheumatism**, v. 46, n. 6, p. 828-833, 2017.

SANDRONI, L. T.; CARNEIRO, M. J. “Conservação da biodiversidade” nas ciências sociais brasileiras: uma revisão sistemática de 1990 a 2010. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 21-46, 2016.

VAN HORNE, C.; DUTOT, V. Challenges in technology transfer: an actor perspective in a quadruple helix environment. **Journal of Technology Transfer**, v. 42, n. 2, p. 285-301, 2017.

YOON, J.; YANG, J; PARK, H. Quintuple helix structure of Sino-Korean research collaboration in science. **Scientometrics**, v. 113, p. 61-81, 2017.