



EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE INOVAÇÃO COLABORATIVA: DA HÉLICE TRÍPLICE À HÉLICE QUÍNTUPLA PARA COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL E SUSTENTABILIDADE

Resumo: Este trabalho examina a função do hidrogênio verde na redução dos impactos das mudanças climáticas e na promoção de uma economia menos dependente de carbono. O estudo ressalta o hidrogênio verde como uma solução energética promissora e essencial, embora ainda enfrente desafios, como a necessidade de manter a sustentabilidade ambiental em todas as fases de sua produção e a dependência de tecnologias específicas. Também são abordados os possíveis efeitos socioambientais decorrentes da expansão na produção e utilização desse recurso, incluindo a conversão de áreas naturais ou agrícolas para infraestrutura de produção e o aumento da pressão sobre os ecossistemas locais. Assim, é fundamental que os projetos relacionados ao hidrogênio verde sejam acompanhados por uma análise detalhada de seus impactos socioambientais, bem como pela implementação de ações de mitigação e compensação. Tais aspectos devem ser levados em conta tanto nas políticas públicas quanto nas estratégias empresariais das organizações inseridas na cadeia de valor do hidrogênio verde.

Palavras-chave: Descarbonização; Energias Renováveis; Sustentabilidade Ambiental; Impactos Socioambientais; Hidrogênio verde

1. Introdução

Os atores de uma nação, como governo, academia e empresas, enfrentam continuamente as mudanças rápidas provocadas pelos avanços tecnológicos e científicos. Nesse contexto, a teoria da hélice tríplice oferece uma base teórica para entender a integração entre esses atores, promovendo um arranjo colaborativo de conhecimentos e inovação para alcançar o desenvolvimento sustentável das nações (Carayannis & Campbell, 2009).

Com a inovação sendo central para o desenvolvimento sustentável (Vergel, 2018), o modelo da Hélice Tríplice tem sido aplicado globalmente (Vergel et al., 2020), permitindo a interação e a transferência de conhecimento para resolver problemas complexos, como as mudanças climáticas (Alméstár & Sastre-Merino, 2022). As mudanças globais modificaram as relações entre academia, indústria e governo, o que motivou a adição de novos atores ao modelo (Mineiro et al., 2018). Assim, a evolução dessa estrutura incorporou duas novas hélices, a sociedade e o meio ambiente, formando o modelo de inovação da Hélice Quíntupla (Carayannis & Campbell, 2009).

O Relatório Global de Competitividade (WEF, 2019) ressalta que o progresso socioeconômico das nações resulta da integração de várias áreas, incluindo indicadores como instituições, infraestrutura e inovação em tecnologia e comunicação (TIC) no pilar ambiental, e saúde e competências no pilar do capital humano. O pilar de mercado abrange produtos, trabalho, e sistema financeiro, enquanto o ecossistema de inovação foca no dinamismo empresarial e na capacidade inovadora, reforçando características da Hélice Quíntupla (Lara et al., 2021).



A Teoria da Hélice Quíntupla se configura como uma abordagem holística para enfrentar a crise climática e o aquecimento global. Com cinco dimensões — ecologia, conhecimento, inovação, economia e sociedade, além de uma dimensão democrática — essa teoria visa a sinergia necessária para impulsionar o desenvolvimento sustentável em diferentes esferas sociais e climáticas (Carayannis et al., 2012). Antes da criação desse modelo, o desenvolvimento científico e tecnológico já era visto como uma vantagem competitiva para os países (Lombardi et al., 2012). Assim, o modelo da Hélice Quíntupla integra agentes econômicos e sociais como propulsores da inovação e do bem-estar socioeconômico (Etzkowitz & Zhou, 2017).

Portanto, este estudo explora como a inovação pode impulsionar a competitividade internacional e promover o desenvolvimento sustentável, formulando um framework teórico que revela as interdependências entre esses diferentes atores e seu impacto na inovação, competitividade e sustentabilidade.

2. O conceito de competitividade dos países

O conceito de competitividade entre nações teve origem nas teorias de Smith (1996) e Ricardo (1996), abordando os fatores que impulsionam o comércio internacional. Segundo essas ideias, os países trocam mercadorias com base na capacidade produtiva superior de um bem específico, na qual possuem uma vantagem absoluta. Isso permite que cada nação se especialize no que produz com mais eficiência e importe produtos em que outros países têm essa vantagem, criando benefícios mútuos do livre comércio (Obstfeld & Krugman, 2006).

Carvalho e Silva (2004) observam que, conforme a teoria de Smith (1996), ocorre uma escolha de produtos (trade-off) entre as nações, sendo que cada uma, com vantagens absolutas distintas, se beneficia do intercâmbio de bens excedentes. Para Ricardo (1996), mesmo que um país não possua vantagens absolutas, ainda poderia competir desde que focasse na produção de uma commodity em que sua desvantagem fosse menor, viabilizando as trocas comerciais.

Com a abertura econômica, os países operam em duas esferas: microeconômica, ligada à produção doméstica, e macroeconômica, onde a competitividade envolve eficiência e desempenho (Kupfer, 1991). A eficiência está associada à adoção de tecnologias que aumentam a produtividade em comparação a outras nações, enquanto o desempenho está relacionado ao market-share e às vantagens comparativas (Haguenauer, 1989; Kupfer, 1991; Ferraz et al., 1996).

Pinheiro e Horta (1992) destacam que, além da esfera macroeconômica, as políticas nacionais e econômicas de um país, como subsídios e taxas de câmbio, também influenciam a competitividade. Porter (1990), por sua vez, propõe que a prosperidade de um país resulta da capacidade de inovação e adaptação de sua indústria, que se fortalece ao enfrentar desafios do mercado global.

No contexto de teorias sobre competitividade, Esser et al. (1996) desenvolveram o conceito de competitividade sistêmica, que amplia a visão para incluir não apenas fatores produtivos (micro) e econômicos (macro), mas também a ação governamental e a participação de stakeholders externos.

A competitividade é dinâmica e depende da eficiência e distribuição dos recursos produtivos, além de uma contínua inovação. Para Porter (1993), a manutenção da vantagem competitiva de uma nação depende de três fatores: a dificuldade de imitação de suas

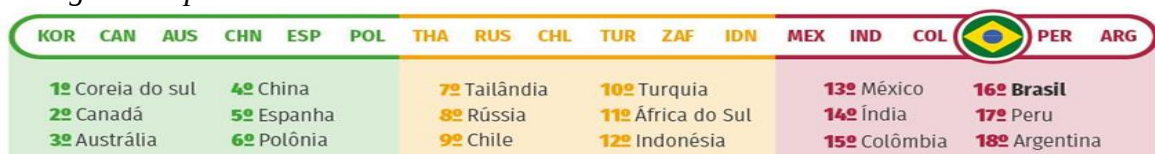


vantagens, o número de vantagens que possui, e sua capacidade de aprimoramento constante, visando uma vantagem sustentável.

Nos últimos anos, os rankings de competitividade têm se tornado uma ferramenta essencial para avaliar o desempenho global dos países. Segundo o Relatório de Competitividade Brasil (CNI, 2022), o Brasil avançou uma posição, ocupando o 16º lugar entre 18 países, embora ainda esteja entre os seis últimos. Parte desse avanço se deve à melhora em áreas como Financiamento, Tributação e Ambiente de Negócios, mas também aos efeitos da pandemia que impactaram as nações de maneiras diferentes, favorecendo o Brasil em comparação ao Peru.

Figura 1

Ranking de competitividade Brasil 2021-2022.



Fonte: CNI (2022).

No Anuário de Competitividade Mundial de 2023 do IMD, o Brasil figura na 60ª posição entre 64 países, superando apenas a África do Sul, Mongólia, Argentina e Venezuela. As dificuldades brasileiras nesses rankings incluem a baixa qualidade educacional, que impede o país de melhorar sua posição. Comparativamente, países da Ásia, como Taiwan e Hong Kong, têm subido nos rankings, enquanto a América Latina permanece estagnada em posições inferiores.

Gráfico 1

Histórico do posicionamento do Brasil nos últimos cinco anos no Ranking IMD



Fonte: IMD (2023).

O Gráfico 1 mostra que, nos últimos cinco anos, o Brasil permaneceu entre as últimas posições no ranking do IMD, com um breve avanço em 2020. Os principais desafios para a competitividade brasileira incluem uma reforma fiscal, equilíbrio das contas públicas, promoção de investimentos sustentáveis, melhorias no acesso à educação de qualidade e estímulo à industrialização para gerar empregos.

3. Inovação e ecossistemas: da hélice tripla à hélice quádrupla

A partir de discussões iniciais, o papel do Estado, da academia e das empresas em promover a inovação foi primeiramente explorado no Triângulo de Sábato, no Sistema

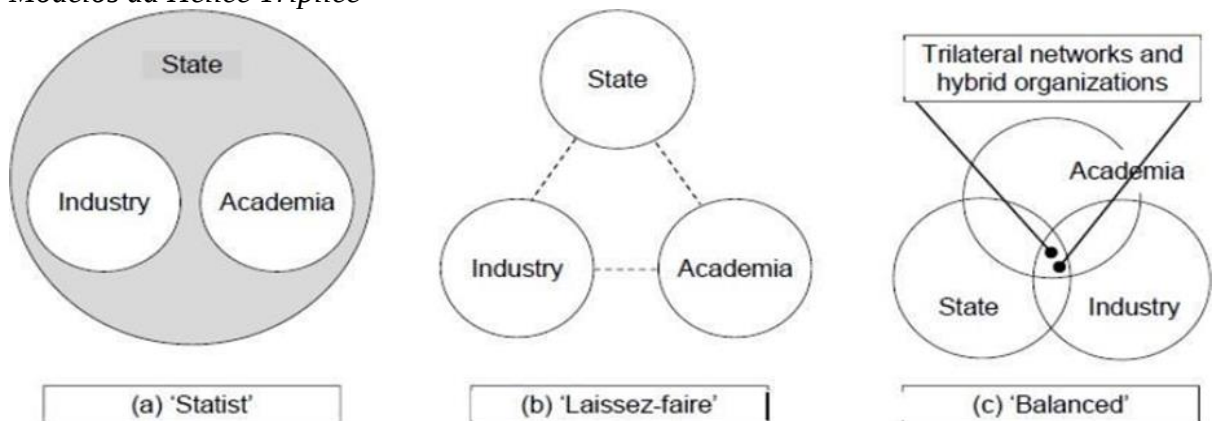


Nacional de Inovação (SNI) e na teoria da Hélice Tríplice (HT), formando uma estrutura explicativa para o desenvolvimento da inovação (Almeida & Maricato, 2021). O Triângulo de Sábado destaca a importância da ação estatal nas relações entre o governo, a infraestrutura tecnológica e a indústria (Sábado & Botana, 1968). Por sua vez, o modelo SNI, proposto por Lundvall (1985), posiciona as empresas no centro do processo de inovação, interligando-as com laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e centros tecnológicos. Finalmente, a teoria da Hélice Tríplice, introduzida por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), examina as relações colaborativas entre a academia, o governo e a indústria, promovendo o progresso por meio da inovação.

A teoria da Hélice Tríplice pode ser definida como um modelo de inovação em que academia, empresas e governo cooperam estrategicamente para impulsionar o avanço econômico e tecnológico por meio do empreendedorismo e da inovação (Etzkowitz & Zhou, 2017). Etzkowitz e Leydesdorff (2000) detalham essa teoria em três modelos distintos: (1) estatista, (2) laissez-faire e (3) balanceado, como ilustrado na Figura 2:

Figura 2

Modelos da Hélice Tríplice



Fonte: Etzkowitz & Leydesdorff (2000)

Os modelos estatista e laissez-faire, conforme Etzkowitz (2013), representam extremos que conduzem ao modelo balanceado, no qual os três agentes colaboram em uma estrutura mais igualitária. No modelo estatista, o governo possui um papel dominante, provendo recursos e assumindo o controle sobre o desenvolvimento inovador. Em países onde o governo exerce forte presença, ele pode até mesmo restringir a inovação, determinando o ritmo e o rumo da atuação dos demais agentes (D'ávila et al., 2017; Etzkowitz, 2013; Ranga & Etzkowitz, 2013; Razak & White, 2015).

Por outro lado, o modelo laissez-faire caracteriza-se por uma atuação mais independente de cada agente, com mínima interferência mútua e o governo intervindo apenas para corrigir falhas de mercado. Esse ambiente favorece a competitividade das empresas, mas pode dificultar o enfrentamento de mudanças rápidas no mercado ou em outros fatores externos (Etzkowitz, 2013; Razak & White, 2015). Neste modelo, a academia produz conhecimento e qualifica profissionais, a indústria aplica essas inovações e o governo exerce uma função de regulamentação básica (Ranga & Etzkowitz, 2013). Segundo Etzkowitz e Zhou (2017), essa concepção reflete um modelo norte-americano, onde os agentes interagem mais intensamente do que o previsto no modelo original, envolvendo níveis nacionais, regionais e locais.



A teoria da Hélice Tríplice defende que interações contínuas e fortalecidas entre academia, governo e indústria impulsionam a inovação de forma dinâmica e constante. Cada ator possui funções específicas: a academia desenvolve conhecimento, a indústria aplica esses avanços e o governo apoia com financiamento e políticas de incentivo, tornando o processo de inovação mais ágil e eficiente (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995, 2000; Leydesdorff & Etzkowitz, 1998).

Ao longo do tempo, os modelos estatista e laissez-faire evoluem para o modelo balanceado, onde a interação entre os três agentes promove novas configurações inovadoras e oportunidades de desenvolvimento. Esse equilíbrio permite a criação de sinergias, ideias originais, novas soluções e redes colaborativas (Etzkowitz, 2013; Ranga & Etzkowitz, 2013; Yoda & Kuwashima, 2019). A cooperação entre os agentes é crucial para estimular um ecossistema de inovação vibrante (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Lombardi et al., 2012).

Um exemplo notável da Hélice Tríplice é o Vale do Silício, onde a interação entre governo, academia e empresas facilitou a criação de um dos principais polos tecnológicos do mundo. Embora o Vale do Silício não tenha sido originalmente estruturado nesse modelo, sua consolidação foi possível graças à colaboração entre esses três atores-chave (Etzkowitz & Zhou, 2017).

A teoria da Hélice Tríplice está bem estabelecida nos Estados Unidos, especialmente na região do Vale do Silício, mas foi também adaptada em países como Canadá, Japão, Holanda e Rússia, que ajustaram o modelo conforme suas características locais (Dudin et al., 2020). Em economias em desenvolvimento, a aplicação desse modelo ainda é limitada, como é o caso de Taiwan, onde universidades colaboram no licenciamento de patentes no setor de chips (Lee & Yoon, 2010), e na China, onde um ambiente de colaboração entre academia, indústria e governo vem fortalecendo a inovação (Zhao et al., 2015; Li et al., 2020).

Brasil, Chile, Argentina e Rússia também implementaram projetos baseados na Hélice Tríplice para estimular a inovação, mas desafios como economias instáveis, baixa capacidade de investimento em P&D e um número reduzido de empresas nacionais dificultam a criação de um ecossistema inovador sólido (Dudin et al., 2020).

Desde a introdução da Hélice Tríplice, surgiram críticas e novas perspectivas que sugerem a necessidade de incluir outros atores no processo de inovação (Mineiro et al., 2018). Pesquisadores como Nordberg (2015), Galvão et al. (2017) e Yoon et al. (2017) apontam que o modelo tripartite é insuficiente para abranger a complexidade atual da inovação. As críticas centram-se na fragilidade do modelo frente à diversidade de contextos nos quais é aplicado e ao tipo de cooperação entre os agentes, o que afeta seu alcance em certos cenários (Saad & Zawdie, 2005; Cai, 2015).

Novas abordagens para o modelo de hélices foram propostas ao longo do tempo, incorporando elementos como a mídia, a cultura e a sociedade civil, resultando na chamada quarta hélice. Essa camada abrange o papel da mídia, das organizações e das classes criativas, além de aspectos como estilos de vida, valores e identidades culturais. Nesse modelo, a sociedade é tanto formada e informada pelo sistema midiático quanto orientada pela cultura e pelos valores predominantes (Carayannis & Campbell, 2009; Baccarne et al., 2016).

Outras configurações sugeridas para o papel da sociedade no modelo de hélices incluem a sociedade como usuária da inovação (Arnkil et al., 2010; Carayannis et al., 2017), a presença de instituições financeiras (Colapinto & Porlezza, 2012), organizações não-governamentais ou associações (Nordberg, 2015; Kolehmainen et al., 2016; Grundel & Dahkstrom, 2016) e organizações intermediárias (Van Horne & Dutot, 2017).



Quando a sociedade é vista como usuária da inovação, o foco do modelo se direciona ao usuário final, colocando os cidadãos como protagonistas da inovação. Nesse cenário, os consumidores e os cidadãos atuam como usuários líderes, cocriadores e co-desenvolvedores de novas soluções, produtos e serviços inovadores (Carayannis & Rakhmatullin, 2014). Outro papel sugerido para os usuários é o de demandar novas soluções e conectar-se com as demais entidades representadas nas outras hélices, criando demandas que fomentam o desenvolvimento inovador (Arnkil et al., 2010).

A conscientização ambiental e a necessidade de preservar recursos naturais levaram à expansão do modelo para a hélice quártupla, que inclui a dimensão ambiental (Carayannis & Campbell, 2011; Carayannis et al., 2017). Esse modelo reforça a importância de incorporar uma perspectiva sustentável nas escolhas e práticas de cada ator, reconhecendo que o uso indiscriminado dos recursos naturais não é sustentável sem a participação ativa da sociedade. A hélice quártupla integra o meio ambiente como elemento essencial para o desenvolvimento sustentável e a sobrevivência humana, ressaltando a necessidade de incluir questões ambientais nas agendas de desenvolvimento regional (Mineiro et al., 2021).

A integração do componente ambiental, também conhecida como ecoinovação, tornou-se central nas discussões sobre progresso econômico e social, considerando a urgência de enfrentar os desafios ambientais causados pela atividade humana (Koeller et al., 2020). Esse conceito defende a colaboração entre academia, sociedade, governo e setor privado para desenvolver abordagens sustentáveis e inovadoras que atendam às necessidades regionais e globais de forma duradoura (Carayannis et al., 2019).

O ecossistema de inovação pode ser entendido como um sistema em constante adaptação, composto por diversos atores, atividades, artefatos, instituições e relações – complementares e substitutas – que são essenciais para o desempenho inovador de uma organização ou grupo de atores (Granstrand & Holgersson, 2019). Esse conceito reforça a importância de uma abordagem aberta e colaborativa, destacando a dinamicidade e a interconexão como elementos centrais para impulsionar a inovação em vários setores.

Considerando a dificuldade já apontada por Mineiro et al., (2018) de identificar esses agentes representantes de cada hélice na teoria da Hélice Quártupla, o Quadro 1 aponta essa identificação dos atores do modelo:

Quadro 1 - Identificação dos atores da Teoria da Hélice Quártupla

Hélice	Atores	Autores
Academia	Reitores, coordenadores de cursos, pesquisadores, professores, cientistas e técnicos das universidades ou de ambientes como os Parques tecnológicos, <i>Hubs</i> , incubadoras e afins, e discentes.	Etzkowitz; Leydesdorff (1995)
Indústria	Empresários; Representantes e funcionários de organizações desenvolvedoras ou implementadoras de tecnologias e inovação; Empresas usuárias/clientes de inovação.	Etzkowitz; Leydesdorff (1995)
Governo	Políticos, no âmbito executivo e legislativo; servidores públicos.	Etzkowitz; Leydesdorff (1995)
Sociedade civil	Cidadão; Consumidores; Jornalistas e representantes de entidades de mídia e comunicação; Representantes, funcionários e voluntários de ONGs e associações de moradores e outras organizações da sociedade civil.	Carayannis; Campbell, 2009; Baccarne et al., 2016; Arnkil et al., 2010.
Meio ambiente (ambiente natural)	Não há entendimentos sobre quem são os atores/agentes da quinta hélice, não sendo tratado como “pessoa física”.	Mineiro et al., (2018)



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Conforme descrito no Quadro 1 e baseado nos estudos de Carayannis et al. (2012), os atores ou hélices se estruturam em cinco subsistemas interconectados:

Primeiro, temos o sistema educacional, um subsistema centrado nas instituições acadêmicas, como universidades e faculdades, que estão diretamente envolvidas na formação do "capital humano" necessário para o desenvolvimento de um país. Esse capital humano inclui estudantes, professores, pesquisadores e empreendedores do meio acadêmico, construído por meio da disseminação de conhecimento e da realização de pesquisas. Esse subsistema serve como o alicerce para avanços e inovações.

O segundo subsistema é o sistema econômico, que abrange indústrias, empresas, prestadores de serviços e instituições financeiras, todos atuando na organização e no gerenciamento do "capital econômico" de uma nação. Esse capital engloba desde tecnologias e produtos até investimentos, máquinas e recursos monetários, sendo essencial para promover crescimento econômico e competitividade.

Em seguida, o sistema político, o terceiro subsistema, exerce a função de definir e guiar as aspirações do Estado, tanto a curto quanto a longo prazo. Ele estabelece as condições gerais e administra os mecanismos governamentais do país, com um "capital político e jurídico" constituído por leis, políticas, planos e ideais, os quais norteiam as ações e decisões que impactam a sociedade.

O quarto subsistema é composto pelo público fundamentado na mídia e na cultura, o qual reúne dois tipos de capital. O capital social, representado por valores e tradições culturais compartilhados, é um aspecto importante da hélice cultural. Já o capital informacional, oriundo dos meios de comunicação como a televisão, internet e imprensa, facilita o acesso a notícias e cria redes de comunicação, influenciando as opiniões públicas e moldando a cultura.

As teorias sobre a sociedade como parte integrante do modelo de hélices abordam duas dimensões principais: (1) a sociedade como influenciada pela cultura e pelos valores propagados através dos meios de comunicação (Carayannis & Campbell, 2009; Baccarne et al., 2016) e (2) a sociedade como consumidora e impulsionadora da inovação (Carayannis & Campbell, 2009; Baccarne et al., 2016). Sob essa perspectiva, os usuários da inovação incluem desde profissionais e consumidores até funcionários e cidadãos que fazem parte de organizações sociais (Arnkil et al., 2010).

O quinto subsistema é o ambiente natural, que ocupa um lugar essencial no modelo de desenvolvimento sustentável, fornecendo o que se denomina de "capital natural". Este é composto por recursos naturais, fauna e flora, cujo cuidado e preservação são fundamentais para garantir um futuro seguro e equilibrado para as próximas gerações.

Essas hélices ou subsistemas interagem de maneira complexa, conforme ilustrado na Figura 3:

Figura 3

Modelo da Hélice Quintupla e seus subsistemas



Workshop Internacional

SUSTENTARE & WIPIS 2024

Sustentabilidade, Indicadores
e Gestão de Recursos Hídricos

www.sustentarewipis.com.br

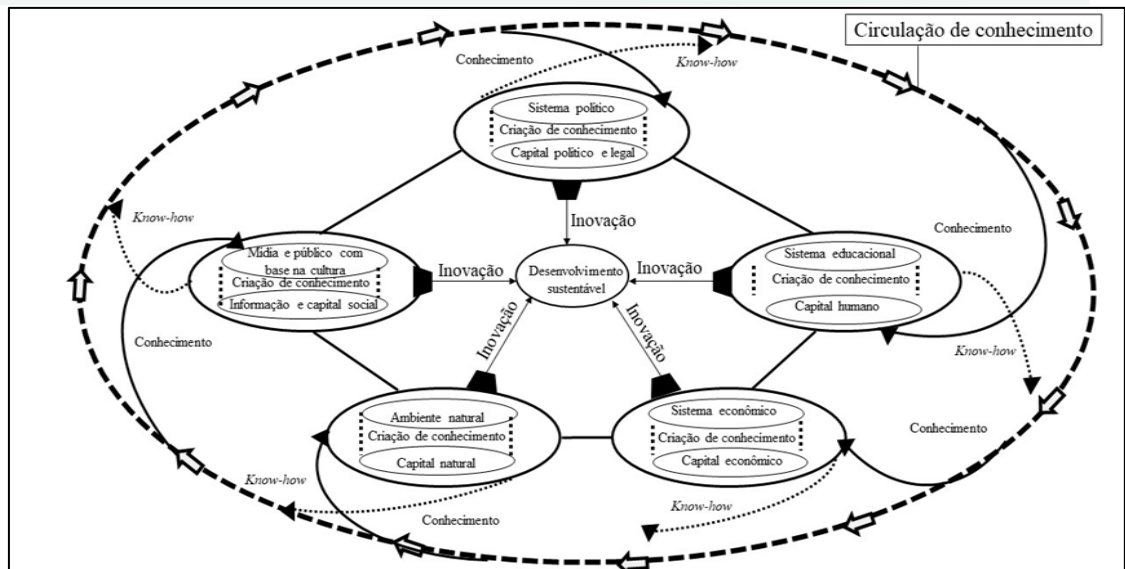
18 a 22
de novembro

Transmissão online • Evento gratuito

Realização



Apoio Institucional



Fonte: Adaptada e traduzida de Carayannis et al., (2012).

Cada um dos subsistemas – educativo, econômico, ambiental, público baseado na mídia e cultura, e político – não funciona isoladamente, mas se relaciona e se complementa de forma interdependente. O sistema educacional, por exemplo, desenvolve o capital humano, provendo habilidades e conhecimento necessários para fomentar a inovação e o empreendedorismo no sistema econômico. Este último, então, emprega o capital humano na criação de novas tecnologias e processos voltados para a utilização eficiente dos recursos naturais.

4. Inovação como estratégia para competitividade e desenvolvimento sustentável das nações

A teoria da Hélice Quíntupla destaca a conexão entre a sociedade e o meio ambiente, enfatizando a necessidade de estratégias e planos nacionais voltados ao desenvolvimento sustentável que incorporem questões ambientais. Assim, políticas públicas dedicadas ao desenvolvimento sustentável precisam incluir o meio ambiente como parte central dessas diretrizes (Carayannis et al., 2017).

Freeman e Soete (2008) enfatizam a inovação como um pilar do progresso econômico. Para esses autores, além de impulsionar a economia, as inovações promovem uma melhor qualidade de vida, apoiando práticas sustentáveis para a preservação dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente ao longo do tempo. Em contraste com a visão de Schumpeter, que via a inovação como externa às empresas, Freeman e Soete (2008) consideram as inovações provenientes, sobretudo, das atividades de Pesquisa & Desenvolvimento (Freeman & Soete, 2008).

O desenvolvimento da inovação social, por meio da criação de laboratórios industriais de Pesquisa e Desenvolvimento, tornou-se essencial com o surgimento de novas tecnologias no final do século XIX. A liderança alemã e norte-americana nessas tecnologias emergentes, aplicadas em diversos setores da economia, concedeu a essas nações uma vantagem sobre a Grã-Bretanha. Empresas que investiram em P&D em grande escala conseguiram explorar conjuntos de inovações, como no caso dos corantes sintéticos, transformando conhecimento



acumulado em uma variedade de novos produtos. A mesma lógica se aplicou à indústria elétrica, onde as inovações impulsionadas por novos paradigmas tecnológicos resultaram em uma mudança profunda na indústria (Freeman, 2004).

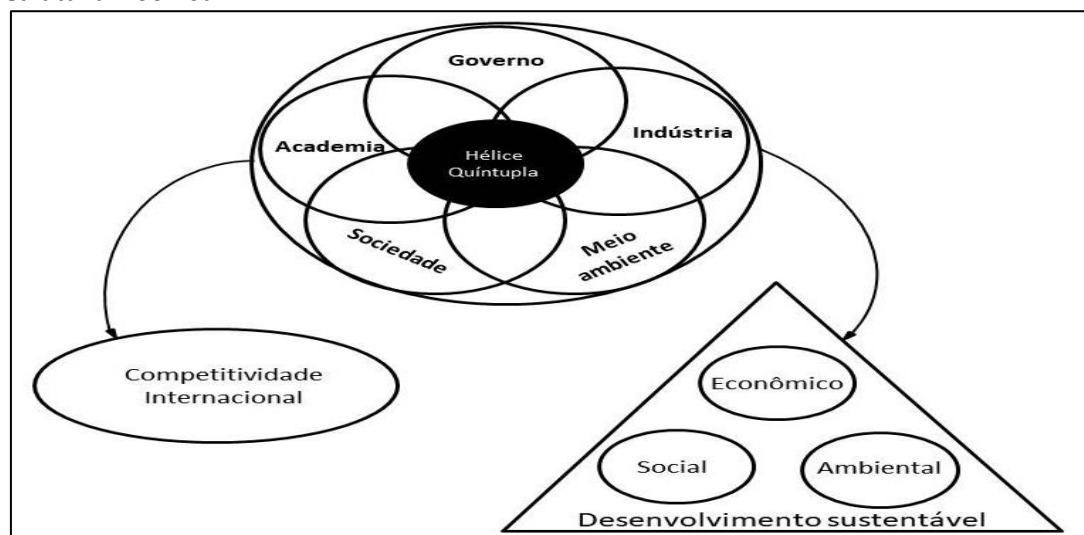
Um sistema de inovação sólido e bem estruturado oferece novas oportunidades para o crescimento econômico e o aumento da produtividade (Cooke, 1992; Czinkota & Pinkwart, 2012; Moaniba et al., 2018; Mok & Kan, 2013; Yağar & Paul, 2011). Para garantir a eficácia desse sistema, é necessário aumentar o número de cientistas e pesquisadores qualificados (Freitas et al., 2013; Cheung et al., 2011; Peña-Vinces & Urbano, 2014), muitos dos quais podem ser atraídos de outras regiões (Furukawa et al., 2012; Kafouros et al., 2015; Leten et al., 2014; Tzeng, 2011). Nesse sentido, Guerrero et al. (2015) sugerem que o impacto da ciência na economia atinge seu auge quando as universidades são capazes de gerar, atrair e manter talentos de alta relevância.

A integração desses conceitos de inovação, competitividade e sustentabilidade é exemplificada nas economias da Alemanha e dos Estados Unidos. De acordo com Freeman (2004), ao priorizarem a tecnologia, em vez de apenas tarifas, esses países conquistaram liderança tecnológica em várias indústrias. O fortalecimento do sistema educacional foi crucial para esse sucesso, junto com o crescimento das atividades de pesquisa e desenvolvimento em diversas áreas. A Alemanha, por exemplo, demonstrou grande competência em absorver e aprimorar tecnologias, integrando ciência, tecnologia e mercados para explorar novas trajetórias tecnológicas e viabilizar investimentos tangíveis e intangíveis de longo prazo (Freeman, 2004).

4.1 Estrutura Teórica

Esta pesquisa apresenta um modelo teórico que une a Teoria da Hélice Quintupla, a competitividade global e o desenvolvimento sustentável. O framework proposto sublinha a necessidade de uma colaboração multifacetada para atingir o desenvolvimento sustentável, enquanto eleva a competitividade de economias emergentes. Esse modelo está ilustrado na Figura 4.

Figura 4
Estrutura Teórica



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).



O Quadro 2 apresenta um resumo dos conceitos e das inter-relações que fundamentam o modelo teórico proposto.

Quadro 2

Resumo dos conceitos do framework teórico

Hélice Quintupla	Competitividade Internacional	Desenvolvimento Sustentável
-Governo: Estabelece políticas públicas e regulamentações que promovem a inovação e a sustentabilidade. -Academia: Produz conhecimento e realiza pesquisas que alimentam a inovação e práticas sustentáveis. -Indústria: Implementa inovações tecnológicas e práticas de negócios sustentáveis para melhorar a competitividade. -Sociedade: Demanda soluções inovadoras e sustentáveis, influenciando as direções de pesquisa e inovação. -Meio Ambiente: Fornece recursos naturais e estabelece limites ecológicos que orientam o desenvolvimento sustentável.	-Desempenho Econômico: Indicadores de produtividade, inovação e sustentabilidade que determinam a posição de um país no cenário global. -Capacidades Inovadoras: Habilidades de desenvolver e implementar novas tecnologias e práticas que proporcionem vantagens competitivas. -Sustentabilidade: Integração de práticas sustentáveis que garantam a longevidade dos recursos naturais e o bem-estar social.	-Dimensão Econômica: Crescimento econômico que respeita os limites ecológicos e promove a equidade social. -Dimensão Social: Inclusão social, redução das desigualdades e melhoria da qualidade de vida. -Dimensão Ambiental: Conservação dos recursos naturais e redução do impacto ambiental das atividades humanas.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Em resumo, as atividades e interações entre os atores das hélices devem contribuir para o desenvolvimento sustentável, que abrange dimensões econômica, social e ambiental. As interações entre os atores das hélices criam sinergias que melhoram a competitividade internacional. Políticas públicas, pesquisa e desenvolvimento, inovação tecnológica, participação social e conservação ambiental são combinadas para promover práticas sustentáveis e inovadoras que fortalecem a posição internacional dos países. Este esquema teórico demonstra como a Teoria da Hélice Quintupla pode ser utilizada para promover o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que aumenta a competitividade internacional através de uma abordagem colaborativa e integrada.

5. Conclusões

Este artigo buscou investigar como a inovação pode se tornar um elemento central na competitividade global de uma nação e fomentar seu desenvolvimento sustentável. Para isso, foi analisada a interação entre governo, academia, indústria, sociedade e meio ambiente, conforme propõe a Teoria da Hélice Quintupla.

A integração desses elementos em um sistema de inovação robusto é vista como essencial para promover o crescimento econômico, melhorar a qualidade de vida e garantir a preservação dos recursos naturais a longo prazo. A partir de uma abordagem colaborativa e integrada, os países podem maximizar seu potencial inovador e competitivo, fortalecendo sua posição no contexto internacional.



Como principal conclusão, ressalta-se a relevância de políticas públicas que estimulem a pesquisa e o desenvolvimento, assim como a participação ativa da sociedade no fomento a práticas sustentáveis e inovadoras. Adicionalmente, destaca-se a necessidade de uma abordagem abrangente que contemple, além dos aspectos econômicos, as dimensões sociais e ambientais do desenvolvimento sustentável.

Em síntese, este estudo contribui para a literatura ao propor um esquema teórico que combina a Teoria da Hélice Quíntupla com competitividade internacional e desenvolvimento sustentável. Espera-se que este trabalho inspire futuras pesquisas e ajude no progresso do conhecimento nesta área essencial para o futuro das nações.

A aplicação das teorias da Hélice Quíntupla e da inovação para a competitividade e desenvolvimento sustentável é crucial na construção de cidades inteligentes. Essas teorias promovem a colaboração entre diferentes atores sociais, como governo, academia, setor privado e a população, para o desenvolvimento de soluções inovadoras que atendam às necessidades urbanas contemporâneas. A interação entre esses elementos pode gerar iniciativas que melhorem a eficiência dos serviços urbanos, como transporte público, gestão de resíduos e segurança, além de promover a sustentabilidade ambiental e social. Ao integrar a tecnologia no dia a dia das cidades, é possível criar ambientes urbanos mais conectados e responsivos, onde a qualidade de vida dos cidadãos é aprimorada.

Outro aspecto importante é a utilização de dados e informações geradas por meio da colaboração entre os diferentes atores. A análise de big data pode fornecer insights valiosos para a tomada de decisões, permitindo que os gestores públicos identifiquem áreas que necessitam de melhorias e desenvolvam políticas mais eficazes. A inovação social, por sua vez, pode incentivar a participação da comunidade no processo de planejamento urbano, garantindo que as vozes dos cidadãos sejam ouvidas e que suas necessidades sejam atendidas. Assim, a construção de cidades inteligentes não se limita apenas à implementação de tecnologias avançadas, mas também envolve um compromisso com a inclusão e a sustentabilidade.

Ademais, a educação e a formação de capital humano desempenham um papel essencial na criação de cidades inteligentes. Programas de formação voltados para o desenvolvimento de competências em tecnologia, sustentabilidade e inovação devem ser incentivados, promovendo a capacitação da população para lidar com os desafios urbanos. Essa ênfase na educação cria um ciclo virtuoso em que cidadãos bem informados e capacitados tornam-se agentes ativos de mudança, contribuindo para a construção de um ambiente urbano mais inteligente e sustentável.

7. Referências bibliográficas

Alméstár, M., & Sastre-Merino, S. Ecología a pie de barrio: colaboración multiactor para la acción climática en entornos escolares ecología a pie de barrio. *Diecisiete*.

Arnkil, Robert et al (2010). *Explorando a hélice quádrupla delineando modelos de inovação orientados ao usuário*.

Baccarne, B., Logghe, S., Schuurman, D., & De Marez, L. (2016). Governando a inovação da hélice quintuple: laboratórios vivos urbanos e empreendedorismo socioecológico. *Technology Innovation Management Review* ,



Cai, Y. (2015). What contextual factors shape 'innovation in innovation'? Integration of insights from the Triple Helix and the institutional logics perspective. *Social Science Information*, 54(3), 299-326.

CNI – Confederação Nacional da Indústria (2022). Competitividade Brasil 2021-2022. – Brasília : CNI, 2022. 95 p.: il.1.

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2011). 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 the Knowledge Economy*, 2, 327-372.

Carayannis, EG, & Campbell, DF (2010). Triple Helix, Quadruple Helix e Quintuple Helix e como o conhecimento, a inovação e o meio ambiente se relacionam?: uma estrutura proposta para uma análise transdisciplinar do desenvolvimento sustentável e da ecologia social. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)* , 1 (1), 41-69.

Carayannis, EG et al (2019). Inovação no modelo de negócios sociais: Um ecossistema de inovação social baseado em hélice quádrupla/quíntupla. *Transações IEEE sobre Gerenciamento de Engenharia* , v. 1, pág. 235-248, 2019.

Carayannis, EG, Barth, TD, & Campbell, DF (2012). O modelo de inovação Quintuple Helix: aquecimento global como desafio e impulsionador da inovação. *Journal of innovation and entrepreneurship* , 1 , 1-12.

Carayannis, EG, & Campbell, DF (2009). 'Modo 3' e 'Hélice Quádrupla': em direção a um ecossistema de inovação fractal do século XXI. *Revista internacional de gestão de tecnologia* , 46 (3-4), 201-234.

Carayannis, E. G., Cherepovitsyn, A. E., & Ilinova, A. A. (2017). Sustainable development of the Russian arctic zone energy shelf: the role of the quintuple innovation helix model. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, 456-470.

Carayannis, EG, & Rakhmatullin, R. (2014). As hélices de inovação quádruplas/quíntuplas e estratégias de especialização inteligente para crescimento sustentável e inclusivo na Europa e além. *Journal of the Knowledge Economy* , 5 , 212-239.

Carvalho, M. A, & SILVA, C. R. L (2004). Economia internacional. São Paulo: Saraiva.

Colapinto, C., & Porlezza, C. (2012). Inovação em indústrias criativas: do modelo da hélice quádrupla à teoria dos sistemas. *Journal of the Knowledge Economy* , 3 , 343-353.



Cooke, Filipe (1992). Sistemas regionais de inovação: regulação competitiva na nova Europa. *Geoforum* , v. 23, n. 3, pág. 365-382.

Czinkota, M.R,& Pinkwart, A (2012). Investigação empresarial internacional e o novo papel das universidades (há sol acima das nuvens). *Thunderbird International Business Review* , v. 2, pág. 253-261.

da Costa Mineiro, A. A., Leandro Souza, D., Carvalho Vieira, K., Carvalho Castro, C., & José de Brito, M. (2018). DA HÉLICE TRÍPLICE A QUÍNTUPLA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. *Revista Economia & Gestão*, 18(51).

de Almeida, R. L., & de Melo Maricato, J. (2021, September). As políticas de inovação das instituições de ensino superior federais sob a ótica das múltiplas hélices da inovação. In *XXI Encontro Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciência da Informação*.

Dudin, MN, Afanasyev, VV, Voropaev, MV e Zasko, VN (2020). Estado e problemas da digitalização da gestão universitária na Rússia e em três países latino-americanos (Argentina, Chile e Brasil). *Educação Universitária* , 13 (6), 61-76.

Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1996). Competitividad sistémica: nuevo desafío para las empresas y la política.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*, 14(1), 14-19.

Etzkowitz, H. (2003). Inovação em inovação: A hélice tripla das relações universidade-indústria-governo. *Informação em ciências sociais* , 42 (3), 293-337.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). A dinâmica da inovação: de Sistemas Nacionais e “Modo 2” a uma Hélice Tríplice de relações universidade-indústria-governo. *Política de pesquisa* , 29 (2), 109-123.

Etzkowitz, H (2013). Hélice Tríplice: Universidade-Indústria-Governo, inovação em movimento. Porto Alegre: *ediPUCRS*.

Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2017). Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. *Estudos avançados*, 31, 23-48.

Ferraz, J. C., Kupfer, D., & Haguenauer, L. (1996). Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria. (*No Title*).



Fischer, BB, Schaeffer, PR, & Vonortas, NS (2019). Evolução da colaboração universidade-indústria no Brasil a partir de uma perspectiva de atualização tecnológica. *Previsão tecnológica e mudança social* , 145 , 330-340.

Freeman, C., & Soete, L. (2008). *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora da UNICAMP.

Galvão, A., Mascarenhas, C., Gouveia Rodrigues, R., Marques, C. S., & Leal, C. T. (2017). A quadruple helix model of entrepreneurship, innovation and stages of economic development. *Review of International Business and Strategy*, 27(2), 261-282.

Guerrero, M., Cunningham, J. A., & Urbano, D. (2015). Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom. *Research policy*, 44(3), 748-764. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.008>>.

Guo, W. (2009, junho). Pesquisa sobre ecossistema de inovação na indústria de TI. Em 2009 Chinese Control and Decision Conference (pp. 6004-6007). IEEE.

Haguenauer, L. (2012). Competitividade: conceitos e medidas: uma resenha da bibliografia recente com ênfase no caso brasileiro. *Revista de Economia Contemporânea*, 16, 146-176.

IMD - International Institute for Management Development (2023). *World Competitiveness Ranking 2023*. Disponível em: <https://www.imd.org/centers/wcc/worldcompetitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/2023/#2023-results> Acesso em: 18 out. 2023.

Jishnu, V., Gilhotra, RM, & Mishra, DN (2011). Educação em farmácia na Índia: Estratégias para um futuro melhor. *Journal of Young Pharmacists* , 3 (4), 334-342.
Kafourous, Mário et al (2015). Colaborações acadêmicas e desempenho de inovação empresarial na China: o papel das instituições específicas da região. *Política de Pesquisa* , v. 44, n. 3, pág. 803-817.

Koeller, P., Miranda, P., Lustosa, M. C. J., & Podcameni, M. G. (2020). Eco inovação: revisitando o conceito.

Komninos, N., Pallot, M., & Schaffers, H. (2013). Edição especial sobre cidades inteligentes e a futura internet na Europa. *Journal of the knowledge economy* , 4 , 119-134.

Obstfeld, M., & Krugman, P. R. (2006). *Economía internacional: teoría y política*.

Kupfer, D. (1991). Padrões de concorrência e competitividade. *Texto para discussão*.



- Lee, K., & Yoon, M. (2010). International, intra-national and inter-firm knowledge diffusion and technological catch-up: the USA, Japan, Korea and Taiwan in the memory chip industry. *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(5), 553-570.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1998). A hélice tripla como modelo para estudos de inovação. *Ciência e política pública*, 25 (3), 195-203.
- Li, M., He, L., & Zhao, Y. (2020). O sistema de hélice tripla e empreendedorismo regional na China. *Empreendedorismo e Desenvolvimento Regional*, 32 (7-8), 508-530.
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., & Yousef, W. (2012). Modelagem do desempenho da cidade inteligente. *Inovação: The European Journal of Social Science Research*, 25 (2), 137-149.
- Mineiro, AADC, Assis de Souza, T., & Carvalho de Castro, C. (2021). A hélice quádrupla e quádrupla em ambientes de inovação (incubadoras e parques científicos e tecnológicos). *Innovation & Management Review*, 18 (3), 292-307.
- Moaniba, I. M., Su, H. N., & Lee, P. C. (2018). Knowledge recombination and technological innovation: The important role of cross-disciplinary knowledge. *Innovation*, 20(4), 326-352. <https://doi.org/10.1080/14479338.2018.1478735>
- Nordberg, K. (2015). Habilitando o crescimento regional em regiões periféricas não universitárias — o impacto de uma organização intermediária de hélice quádrupla. *Journal of the Knowledge Economy*, 6, 334-356.
- Peña-Vinces, Jesus C & Urbano, David (2014). A influência dos agentes econômicos nacionais na competitividade internacional das empresas latino-americanas: evidências das pequenas e médias empresas multinacionais peruanas. *Finanças e Comércio em Mercados Emergentes*, v. 50, n. 6, pág. 229-248
- Pinheiro, A. C., & Horta, M. H. (1992). A competitividade das exportações brasileiras no período 1980/88. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 22(3), 437-474.
- Porter, M. E. (1998). *A vantagem competitiva das nações*. Copyright© 1990 por Michael E. Porter. Copyright da Introdução© 1998 por Michael E. Porter. Reimpresso com a permissão da Free Press, uma Divisão da Simon & Schuster, Incorporated.
- Ranga, M., & Etzkowitz, H. (2015). Sistemas de Hélice Tripla: uma estrutura analítica para política e prática de inovação na Sociedade do Conhecimento. *Empreendedorismo e troca de conhecimento*, 117-158.
- Saad, M., & Zawdie, G. (2005). Da transferência de tecnologia ao surgimento de uma cultura de hélice tripla: A experiência da Argélia em inovação e desenvolvimento de capacidade tecnológica. *Technology Analysis and Strategic Management*, 17 (1), 89-103.



- Sábato, J. & Botana, N. R (1968). Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, Comunidad Andina, p.15-36.
- Sawatani, Y. et al (2007). Innovation Patterns. Services Computing, SCC. *IEEE International Conference on*. p. 427-434.
- Smith, A (1996). A Riqueza das Nações. São Paulo: *Nova Cultural*.
- Thompson, V., Hardash, JA, Decker, B., & Summers, RO (2012, março). Ecosystema de (In)ovação da NASA: Levando a inovação tecnológica do buzz à realidade. Em 2012, *IEEE Aerospace Conference* (pp. 1-9). IEEE.
- Van Horne, C., & Dutot, V. (2017). Desafios na transferência de tecnologia: uma perspectiva de ator em um ambiente de hélice quádrupla. *The Journal of Technology Transfer* , 42 (2), 285-301.
- Vergel Ortega, M; Zafra Trisancho, S.L., Parra López, H.M (2018). Modelo para avaliar a pertinência de programas de educação superior. Alemanha: *Editorial Académica Española* ISBN: 978-620-2-13104-9.
- Vergel, O.M; Olga, M.V; Burbano, V. J.B (2020). Modelo de quintupla hélice na geração de eixos estratégicos durante e pós-pandemia 2020. *Revista Boletim Redipe*. 9 (9): 92-105 - ISSN 2256-1536.
- WEF - World Economic Forum (2019). *Relatório de competitividade global*. ISBN-13: 978-2-940631-02-5. Disponível em https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf f: Acesso em: 03 Fev. 2024.
- Yoda, N.; Kuwashima, K (2019). Triple helix of university–industry— government relations in Japan: Transitions of collaborations and interactions. *Journal of the Knowledge Economy*, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 1120-1144.
- Yoon, J., Yang, JS, & Park, HW (2017). Estrutura de hélice quádrupla da colaboração de pesquisa sino-coreana em ciência. *Scientometrics* , 113 , 61-81.
- Zhao, S. L., Cacciolatti, L., Lee, S. H., & Song, W. (2015). Regional collaborations and indigenous innovation capabilities in China: A multivariate method for the analysis of regional innovation systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 94, 202-220.