

**COMPETITIVIDADE DO BRASIL NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA
GLOBAL COM A IMPLANTAÇÃO DO HUB DE HIDROGÊNIO VERDE
DO CEARÁ: UM ESTUDO À LUZ DA TEORIA DA HÉLICE
QUÍNTUPLA**

**COMPETITIVENESS OF BRAZIL IN THE GLOBAL ENERGY
TRANSITION WITH THE IMPLEMENTATION OF CEARÁ'S GREEN
HYDROGEN HUB: A STUDY IN LIGHT OF THE QUINTUPLE HELIX
THEORY**

**COMPETITIVIDAD DE BRASIL EN LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA GLOBAL CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL HUB DE
HIDRÓGENO VERDE DE CEARÁ: UN ESTUDIO A LA LUZ DE LA
TEORÍA DE LA HÉLICE QUÍNTUPLE**

JANAINA DOS SANTOS BENVINDO

Mestra e Graduada em Administração pela Universidade Federal do Ceará, especialista em Gestão financeira pela Estacio. ORCID Id <http://orcid.org/0000-0002-8548-0079>.

MARCIA ZABDIELE MOREIRA

Doutora e Mestre em Administração de Empresas pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR) em 2014 e 2006, respectivamente. Especialista em Pesquisa Científica pela Universidade Estadual do Ceará (2010). Graduada em Administração de Empresas pela Universidade Estadual do Ceará (2003). Professora Adjunta do Programa de Pós-graduação em Administração e Controladoria (PPAC), vinculado à Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará (FEAAC/UFC). Editora adjunta da Revista Contextus - Revista Contemporânea de Economia e Gestão da FEAAC/UFC. Desenvolve pesquisas no âmbito dos Negócios internacionais, Administração estratégica, Internacionalização e Sustentabilidade, Competitividade dos países da América Latina e Caribe (ALC), Economia do Hidrogênio Verde, Internacionalização de Negócios digitais e Creator Economy. ORCID iD <http://orcid.org/0000-0001-8274-0034>

RESUMO



As mudanças climáticas são o desafio central para o desenvolvimento sustentável. A Hélice Quíntupla é uma estratégia para enfrenta-la, que integra ecologia, conhecimento e inovação, e gera sinergias entre economia, sociedade e democracia. É imperativa a transição para fontes de energias sustentáveis que mitiguem a mudança do clima, como o hidrogênio verde (H2V). Países com recursos naturais abundantes como o Brasil têm potencial para liderar a produção de H2V. Este estudo investiga como o Hub de H2V do Ceará pode potencializar a competitividade do Brasil na transição energética global na perspectiva do Modelo de Hélice Quíntupla. Utilizando uma abordagem qualitativa, teórico-empírica, foram conduzidas entrevistas com representantes das cinco hélices e os dados foram analisados utilizando o software IRaMuTeQ. Os principais resultados revelaram uma predominância do modelo de Hélice Tripla no contexto do Hub de H2V cearense, evidenciando desafios na adoção da Hélice Quíntupla. A ausência de engajamento da sociedade e a limitada consideração dos aspectos ambientais são obstáculos para alcançar o referido modelo. Ademais, a dependência de tecnologias estrangeiras pode comprometer a competitividade do Brasil, mesmo com a implantação do Hub, ressaltando a necessidade de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação para fortalecer as tecnologias nacionais.

Palavras-chave: Transição energética; Hidrogênio verde; Competitividade internacional; Inovação; Hélice Quíntupla.

ABSTRACT

Climate change is the central challenge for sustainable development. The Quintuple Helix is a strategy to address it, integrating ecology, knowledge, and innovation, and generating synergies between economy, society, and democracy. The transition to sustainable energy sources that mitigate climate change, such as green hydrogen (H2V), is imperative. Countries with abundant natural resources like Brazil have the potential to lead in H2V production. This study investigates how the H2V Hub in Ceará can enhance Brazil's competitiveness in the global energy transition from the perspective of the Quintuple Helix Model. Using a qualitative, theoretical-empirical approach, interviews were conducted with representatives from the five helices, and the data were analyzed using the IRaMuTeQ software. The main results revealed a predominance of the Triple Helix model in the context of the Ceará H2V Hub, highlighting challenges in adopting the Quintuple Helix. The lack of societal engagement and limited consideration of environmental aspects are obstacles to achieving the mentioned model. Moreover, dependence on foreign technologies may compromise Brazil's competitiveness, even with the implementation of the Hub, underscoring the need for investments in research, development, and innovation to strengthen domestic technologies.

Keywords: Energy transition; Green hydrogen; International competitiveness; Innovation; Quintuple Helix.

RESUMEN

El cambio climático es el desafío central para el desarrollo sostenible. La Hélice Quíntuple es una estrategia para enfrentarlo, que integra ecología, conocimiento e innovación, y genera sinergias entre economía, sociedad y democracia. Es imperativo hacer la transición a fuentes de energía sostenibles que mitiguen el cambio climático, como el hidrógeno verde (H2V). Países con recursos naturales abundantes como



Brasil tienen el potencial de liderar la producción de H2V. Este estudio investiga cómo el Hub de H2V de Ceará puede potenciar la competitividad de Brasil en la transición energética global desde la perspectiva del Modelo de Hélice Quintuple. Utilizando un enfoque cualitativo, teórico-empírico, se llevaron a cabo entrevistas con representantes de las cinco hélices y los datos fueron analizados utilizando el software IRaMuTeQ. Los principales resultados revelaron una predominancia del modelo de Hélice Triple en el contexto del Hub de H2V en Ceará, evidenciando desafíos en la adopción de la Hélice Quintuple. La falta de participación de la sociedad y la limitada consideración de los aspectos ambientales son obstáculos para alcanzar dicho modelo. Además, la dependencia de tecnologías extranjeras puede comprometer la competitividad de Brasil, incluso con la implementación del Hub, lo que subraya la necesidad de inversiones en investigación, desarrollo e innovación para fortalecer las tecnologías nacionales.

Palabras clave: Transición energética; Hidrógeno verde; Competitividad internacional; Innovación; Hélice Quintuple.

1 INTRODUÇÃO

Na tentativa de mitigar os impactos do aquecimento global, os esforços globais convergem para atingir as metas do Acordo de Paris, visando um futuro sustentável com a redução das emissões de gases de efeito estufa. É imperativa a transição para uma economia global descarbonizada, onde se destaca a importância da Agenda 2030 da ONU e do Quadro de Referência para a Redução de Riscos de Desastres. Ambos são fundamentais para orientar o desenvolvimento sustentável rumo a uma economia de baixo carbono (Ueckerdt et al., 2021; ONUBR, 2021; Fernandes et al., 2023; Paz, 2017; Chomsky et al., 2020).

Em busca de vetores energéticos de baixo impacto ambiental, o setor energético global prioriza fontes sustentáveis, como energia eólica, solar, biomassa, hidrelétrica e geotérmica (Farias et al., 2021). O hidrogênio verde emerge como uma opção promissora (Parra et al., 2019; Midilli, 2016), sendo menos poluente que combustíveis tradicionais como petróleo, gás natural e hidrogênio de origem fóssil, além de ser energeticamente eficiente (Sadik-Zada, 2021).

O Brasil está bem-posicionado para liderar na produção de H2V, com seu potencial em energias renováveis e sistema elétrico de baixa emissão (Castro et al., 2021; Gurlit et al., 2021). A implementação de um hub de hidrogênio verde no Ceará, no Complexo do Pecém, promove a competitividade nacional e consolida o país como líder na transição para uma economia de baixo carbono. O estado cearense oferece



incentivos fiscais para atrair indústrias, aproveitando seu vasto potencial em energia eólica e solar. A proximidade do Porto do Pecém com rotas de navegação que conectam o Brasil à Europa é um fator relevante.

Contudo, a transição de fontes energéticas tradicionais para renováveis na matriz energética não resolve, isoladamente, os desafios relacionados ao desenvolvimento sustentável dos países. A produção e o fornecimento de energia envolvem uma intensa exploração de recursos naturais, acarretando impactos sociais e ambientais significativos. Portanto, o debate sobre energia não pode ser dissociado de questões que abordam a sociedade, o meio ambiente, a equidade, a sustentabilidade e o desenvolvimento (Farias et al., 2021).

A Teoria da Hélice Quíntupla é um modelo abrangente que propõe uma abordagem integrada para lidar com a crise climática decorrente do aquecimento global. Baseada na interconexão de cinco domínios principais - ecologia, conhecimento, inovação, economia e sociedade - além da dimensão democrática, essa teoria busca promover o desenvolvimento sustentável em diversas esferas da sociedade (Carayannis et al., 2012). Surge, então, a seguinte questão de pesquisa: Como a implantação do Hub de Hidrogênio Verde do Ceará pode impulsionar a competitividade do Brasil, sob a perspectiva do modelo da Hélice Quíntupla? Dessa forma, o presente estudo objetiva investigar como a implantação do Hub de H2V do Ceará pode potencializar a competitividade do Brasil na transição energética global, sob a perspectiva do Modelo de Hélice Quíntupla.

Esta pesquisa está organizada da seguinte maneira: além desta introdução, o próximo passo é apresentar o embasamento teórico. Em seguida, serão descritos os procedimentos metodológicos adotados, incluindo a descrição da pesquisa, a coleta de dados e as técnicas de análise. Posteriormente, os resultados serão apresentados e discutidos à luz da teoria e de estudos anteriores sobre o tema. Por fim, serão feitas considerações finais, abordando as limitações do estudo e sugerindo possíveis pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A EMERGÊNCIA CLIMÁTICA E O PAPEL DO H2V NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA



As origens dos estudos das mudanças do clima datam de 1824, a partir das pesquisas de Joseph Fourier e seu cálculo da temperatura do planeta. O estudo dele concluiu que a terra teria uma temperatura muito mais fria se não tivesse a atmosfera. Algumas décadas depois, Arrhenius fez um estudo em que calculava o aquecimento global no ano de 1896 e sugeriu a hipótese de que uma redução no volume de CO₂ no planeta conseguiria gerar mudanças relevantes no clima terrestre (Pileggi; Lamia, 2020).

A emergência ambiental pela qual estamos passando nos últimos anos decorre tanto de causas orgânicas como da ação humana (causas antrópicas). Portanto, sua caracterização deve se dar no âmbito ambiental, mas também considerar a perspectiva social, pois a crise ambiental é também consequência de relacionamentos sociopolíticos (Silva; Samora, 2019).

Em 2020, a temperatura média global foi 1,3°C superior ao período pré-industrial (1880-1920). Os últimos seis anos foram os mais quentes registrados pela NASA, com os dez anos mais quentes do século XXI. Em 2021, a temperatura média global foi +1,12°C em relação ao período de referência. Tanto 2021 quanto 2018 estão empatados como o sexto ano mais quente registrado, com os oito anos mais quentes ocorrendo nos últimos oito anos. A taxa de aquecimento sobre a terra é aproximadamente 2,5 vezes mais rápida do que sobre os oceanos (Hansen *et al.*, 2021, 2022).

As mudanças climáticas exercem impactos significativos no meio ambiente, afetando diretamente a vida das pessoas e sua qualidade de vida. Essas crises ambientais estão cada vez mais presentes e podem prejudicar a saúde humana de forma direta ou indireta, representando um alto risco de danos irreversíveis (Galvão *et al.*, 2011; (Marengo *et al.*, 2015).

A descrição do novo paradigma econômico, conhecido como “economia do hidrogênio”, destaca o hidrogênio como um vetor energético fundamental no processo de mudança energético. Essa abordagem representa uma mudança significativa em relação a uma economia anteriormente centrada predominantemente em recursos não-renováveis, como o petróleo e seus derivados (CGEE, 2010).

As origens do conceito de hidrogênio verde ou renovável remetem aos estudos do National Renewable Energy Laboratory (NREL). Os termos “hidrogênio renovável”, em que sua produção é feita com fontes energéticas renováveis e “hidrogênio verde”



como sinônimos (IRENA, 2019). Decorrente dessa necessidade de reduzir os efeitos negativos das mudanças climáticas e viabilizar a transição energética, aumentando a participação das energias limpas no setor energético, a procura por tecnologias despoluídas aumentou substancialmente nos últimos anos. Assim, diante de tantos desafios, o hidrogênio verde surge como uma das principais alternativas (IEA, 2022; Fonseca, 2022; Sadik-Zada, 2021).

2.2 A TEORIA DA HÉLICE QUÍNTUPLA NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As primeiras abordagens sobre a interação entre academia, empresa e governo incluem o Triângulo de Sábato, o Sistema Nacional de Inovação (SNI) e a teoria da Hélice Tríplice (HT), que explicam a dinâmica da inovação (Almeida; Maricato, 2021). O Triângulo de Sábato destaca o papel do Estado na relação entre governo, infraestrutura tecnológica e indústria (Sábato; Botana, 1968). O SNI, desenvolvido por Lundvall (1985), enfatiza a empresa como o principal agente no processo de inovação, integrando-se com laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento e centros tecnológicos. Por sua vez, a teoria da Hélice Tríplice, introduzida por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), explora a inter-relação entre indústria, governo e academia para impulsionar o desenvolvimento por meio da inovação.

A teoria da hélice tríplice pode então ser definida como um modelo de inovação em que a academia, as empresas e o governo se relacionam por meio de parcerias com intuito de, por meio da inovação e do empreendedorismo, gerar progresso (Etzkowitz; Zhou, 2017). Essa teoria, de acordo com Etzkowitz e Leydesdorff (2000), pode ser entendida por meio de três modelos, quais sejam: (1) modelo estatista, (2) modelo laissez-faire e (3) modelo balanceado.

No modelo estatista, o governo exerce controle sobre os atores, fornecendo recursos e limitando o desenvolvimento da inovação (D'Avila et al., 2017; Etzkowitz, 2013; Ranga; Etzkowitz, 2013; Razak; White, 2015). Já no modelo laissez-faire, cada agente atua de forma isolada, com intervenção limitada do governo, permitindo que as empresas se concentrem em suas vantagens, mas correndo o risco de não se adaptarem às mudanças externas (Etzkowitz, 2013; Razak; White, 2015). Etzkowitz e Zhou (2017) sugerem um modelo balanceado, onde os agentes interagem de forma



equilibrada, alternando entre independência e interdependência em relação ao governo, possibilitando a emergência de configurações inovadoras.

Desde a introdução da teoria da Hélice Tríplice por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), o modelo tem sido questionado por estudiosos que apontam outros atores importantes para explicar o processo de inovação (Mineiro et al., 2018). Autores como Nordberg (2015), Galvão et al. (2017) e Yoon et al. (2017) argumentam que a hélice tríplice é insuficiente para abranger o contexto atual da inovação, citando críticas relacionadas à sua vulnerabilidade no processo de cooperação entre os agentes (Saad; Zawdie, 2005). Adicionalmente, Cai (2015) destaca fragilidades na teoria dependendo do contexto de aplicação.

Assim sendo, surgem novas configurações para o modelo de hélices. Nesse contexto, são adicionados os conceitos relacionados à mídia e cultura e a sociedade civil, compondo a quarta hélice. A qual está relacionada à mídia, organizações e classes criativas, estilos de vida, culturas e valores. Nessa perspectiva, a sociedade tanto é formada e informada pelo sistema midiático como influenciada e direcionada pela cultura e valores (Carayannis; Campbell, 2009; Baccarne *et al.*, 2016). Ainda, existem outros formatos para retratar a sociedade dentro do modelo de hélices: usuária da inovação (Arnkil et al., 2010; Carayannis et al., 2017); corporações financeiras (Colapinto; Porlezza, 2012); ONGs ou associações (Nordberg, 2015; Kolehmainen et al., 2016; Grundel; Dahkstrom, 2016); por fim, como organizações intermediárias (Van Horne; Dutot, 2017).

Com a crescente preocupação por uma abordagem de desenvolvimento sensível à preservação ambiental, o modelo de hélice evolui para hélice quádrupla, incorporando o meio ambiente (Carayannis; Campbell, 2011; Carayannis et al., 2017). Assim, é essencial integrar os recursos naturais em uma nova mentalidade de proteção ambiental, considerando essa dimensão nas escolhas dos agentes (DeLa Vega; Barcellos, 2020). A participação da sociedade nas decisões que impactam o meio ambiente é fundamental, especialmente no contexto da hélice quádrupla, onde o ambiente é reconhecido como crucial para a sobrevivência humana e deve estar presente nas discussões sobre desenvolvimento regional (Mineiro et al., 2021).

A integração da dimensão ambiental, também conhecida como ecoinovação, surge como um ponto crucial nas discussões sobre o progresso econômico e social, diante dos desafios ambientais cada vez mais urgentes provocados pela atividade humana (Koeller et al., 2020). Engajar a academia, a sociedade local, as autoridades



governamentais e o setor empresarial é essencial para promover abordagens criativas e ecologicamente conscientes, visando estimular um desenvolvimento duradouro (Carayannis et al., 2019).

Segundo Carayannis *et al.*, (2012), os atores ou hélices formam cinco subsistemas, conforme Quadro1.

Quadro 1 – Subsistemas da Hélice Quíntupla

Subsistema	Descrição
Educativo	Formação do capital humano através da disseminação do conhecimento em instituições de ensino superior.
Econômico	Direcionamento do capital econômico por meio de indústrias, empresas e serviços para impulsionar o crescimento econômico.
Político	Formulação e administração das políticas e condições gerais do estado, moldando a governança e a sociedade.
Social	Formulação e administração das políticas e condições gerais do estado, moldando a governança e a sociedade.
Natural	Considerações relacionadas ao meio ambiente, biodiversidade e sustentabilidade, buscando equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

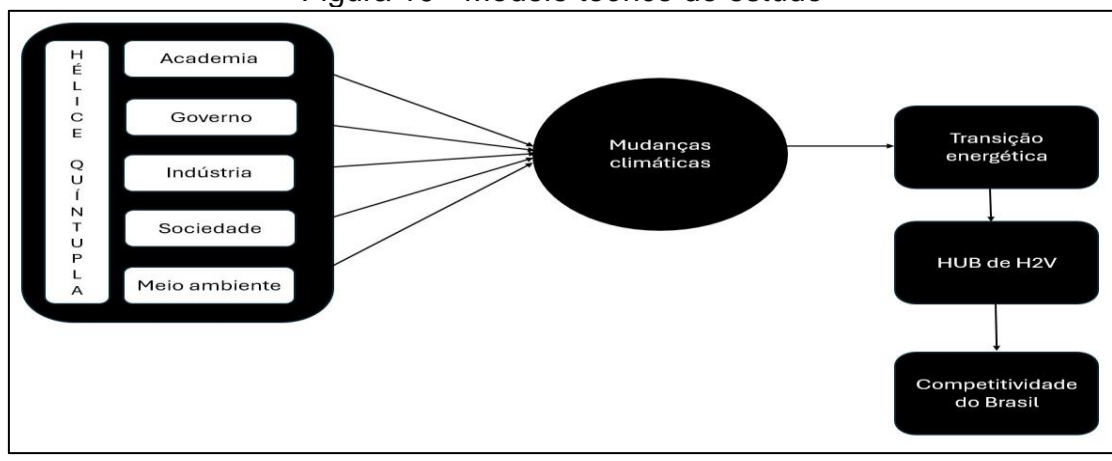
O sistema educativo, como primeiro subsistema, é a base para a formação do capital humano necessário para o progresso de um estado, ocorrendo principalmente nas instituições de ensino superior. Ele compreende a disseminação e pesquisa do conhecimento, envolvendo estudantes, professores, cientistas e empresários acadêmicos. Em seguida, o sistema econômico, como segundo subsistema, direciona o capital econômico do estado, envolvendo indústrias, empresas e serviços para impulsionar o crescimento e a prosperidade.

Ainda, o sistema político, como terceiro subsistema, define e organiza as condições gerais do estado, moldando a governança através de um capital político e jurídico composto por ideias, leis e políticas. Por outro lado, o público baseado na cultura e nos meios de comunicação, como quarto subsistema, combina capital social, representado por tradições e valores compartilhados, e capital da informação, fornecido por meios como televisão e internet. Por fim, o ambiente natural, como quinto subsistema, fornece capital natural, incluindo recursos e biodiversidade, sendo essencial para o desenvolvimento sustentável e o bem-estar das futuras gerações.



Após a exposição do referencial teórico introduz-se o modelo conceitual deste estudo, organizado da seguinte forma:

Figura 10 - Modelo teórico do estudo



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024)

As mudanças climáticas representam um desafio para o desenvolvimento sustentável. A Teoria da Hélice Quintúpla propõe uma abordagem integrada para enfrentar essa crise, unindo ecologia, conhecimento, inovação, economia, sociedade e democracia. Diante disso, a transição para fontes de energia mais sustentáveis é crucial, visando substituir recursos fósseis por energias renováveis. O hidrogênio verde (H2V) surge como uma alternativa promissora nesse contexto e regiões com recursos abundantes de energias renováveis, como o Brasil, despontam como protagonistas. A implementação de um hub de H2V no Ceará é uma iniciativa estratégica para fortalecer a competitividade do país e fortalecer sua posição como potencial líder na transição energética global.

3 METODOLOGIA

A pesquisa em questão adota uma abordagem qualitativa, conforme preconizado por Guerra (2014), visando o aprofundamento dos fenômenos investigados, como atividades de pessoas, grupos ou organizações em seu contexto social. Além disso, é uma pesquisa exploratória, que busca compreender o papel dos atores em um modelo de hélice quintúpla na implantação de um hub de inovação, bem como apresenta características descritivas ao procurar descrever como o hub de inovação pode impactar na competitividade do Brasil na transição energética global,



identificando associações entre a inovação e a competitividade internacional. O método de pesquisa é o estudo de caso. O qual, de acordo com Yin (2014) se trata de uma pesquisa detalhada de objetos ou fenômenos que permitam o aprofundamento por completo do conhecimento obtido.

No que tange aos atores que foram entrevistados para a pesquisa, foram escolhidos o indivíduo que seria “representante” de cada hélice do modelo de hélice quintupla. Dessa forma, foram selecionados os seguintes participantes para a pesquisa conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Participantes da pesquisa

Hélice	Cód	Perfil
Governo	E1	Possui doutorado em Economia pela Universidade Wageningen e atualmente ocupa um cargo de gestão no CIPP.
Academia	E2	Possui doutorado pela Universidade do Porto e atualmente é professora e gestora na UFC.
Indústria	E3	Lidera projetos na Transhydrogen Alliance Brazil para produção de H2V no CIPP visando exportação para a Europa
	E4	Engenheiro Mecânico e Eletricista na FIEC e membro da ACE com mais de 50 anos na energia, focando em renováveis.
Sociedade	E5	Líder do povo Anacé em Caucaia e São Gonçalo do Amarante
Meio ambiente	E6	Graduado em Saneamento Ambiental e mestre em Climatologia, é servidor e gestor da Semace

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

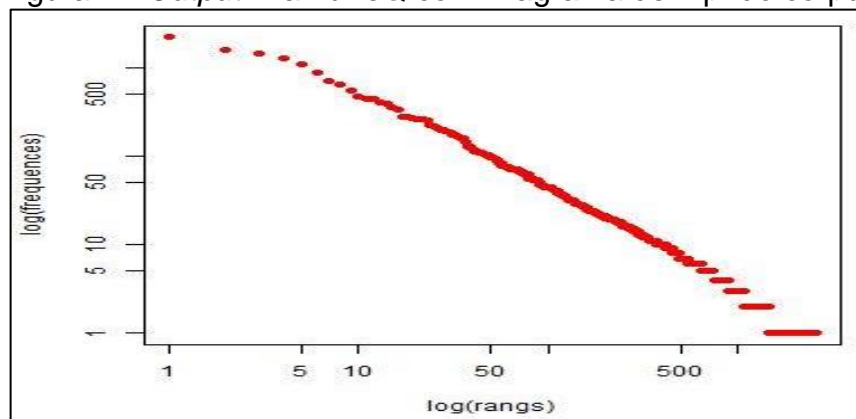
Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, seguindo o modelo de Minayo (2008), realizadas entre dezembro de 2023 e janeiro de 2024. Cada entrevista teve, em média, 8 perguntas e durou cerca de 55 minutos, totalizando 6 horas e 4 minutos de gravação. Após a transcrição, o conteúdo ocupou 52 páginas, usadas para análise no IRaMuTeQ. Foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD) com o software IRaMuTeQ, permitindo uma abordagem qualitativa dos discursos e novas interpretações (Moraes et al., 2013). As entrevistas foram gravadas via PowerPoint e depois convertidas para MP3 para transcrição, sendo necessárias revisões manuais para garantir precisão, identificando trechos não reconhecidos pelo software.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS



A análise inicial realizada consistiu na análise estatística pelo IRaMuTeQ pelo diagrama de Zipf (Figura 2), ilustrando as frequências das palavras no corpus. No eixo vertical, as frequências são exibidas em ordem decrescente, enquanto no eixo horizontal, as frequências das formas são em escalas logarítmicas, oferecendo insights sobre o padrão linguístico.

Figura 2 - Output IRaMuTeQ com Diagrama de Zipf do corpus

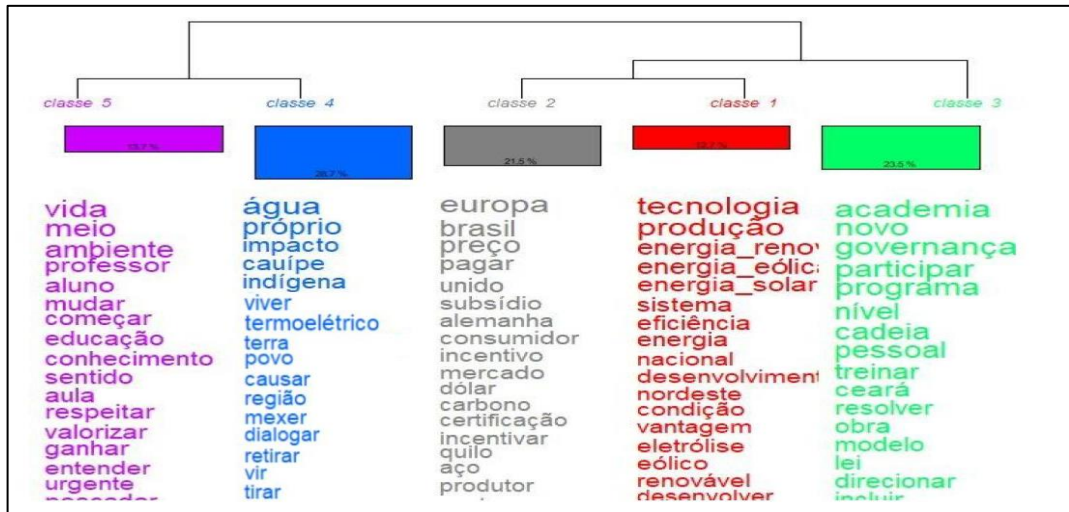


Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os resultados da análise estatística mostram que o corpus tem 6 textos (entrevistas), com 954 segmentos. Foram identificadas 33.281 ocorrências de palavras, abrangendo 3.952 formas distintas, com 1.972 sendo Hápax, aparecendo uma vez no corpus. No diagrama de Zipf, seis palavras têm frequência igual ou superior a 500 no eixo y, enquanto no eixo x, há muitas palavras com frequência 1. Essa distribuição destaca termos recorrentes e uma variedade de palavras menos frequentes, oferecendo uma visão abrangente da estrutura linguística do corpus.

A Classificação Hierárquica Descendente (CHD) divide os textos em subconjuntos usando a frequência e cocorrência de palavras como critério, facilitando a identificação de padrões e temas comuns. O software gera um dendrograma, representando as interações entre as classes. No corpus analisado, cinco categorias foram formadas (Figura 3).

Figura 2 - Output IRaMuTeQ com Dendrograma 2 do corpus

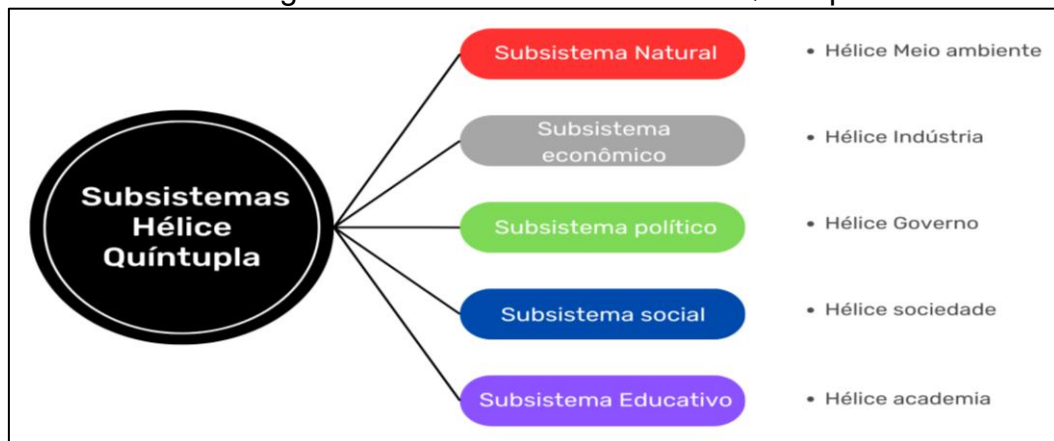


Fonte: Dados da pesquisa (2024).

De acordo com a Figura 3, o corpus foi fragmentado em sua primeira iteração, originando a classe 3. Em seguida, essa classe foi subdividida em duas, formando as classes 1 e 2, e também as classes 4 e 5, na segunda iteração. A classificação foi interrompida após essa etapa, devido à estabilidade das cinco classes, cada uma composta por segmentos de texto com vocabulário semelhante. Conforme Camargo e Justo (2021), o número de partições é igual ao número de classes menos um. As classes 4 (28,7%) e 5 (13,7%) parecem estar próximas, assim como as classes 1 (12,7%) e 2 (21,5%), sugerindo relações contextuais entre elas.

As classes lexicais foram nomeadas com base nas características e nos padrões semânticos observados em cada conjunto de palavras, objetivando encaixá-las nos 5 subsistemas propostos por Carayannis *et al.*, (2012), conforme Figura 4:

Figura 4 - Subsistemas da Hélice Quintupla



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

• **Subsistema natural**



A Classe 1 (vermelha) concentra-se em energia renovável e tecnologia sustentável, destacando o desenvolvimento, produção e implementação de fontes limpas, como energia eólica e solar. Também aborda aspectos técnicos e inovadores, como sistemas de eletrólise e eficiência energética, refletindo preocupações com avanço e competitividade no campo das energias renováveis. Essa classe expressa o interesse em soluções sustentáveis para demandas energéticas, desenvolvimento regional e global, e redução de impactos ambientais associados a fontes convencionais.

O E5 enfatiza a necessidade de discutir sobre energia limpa, considerando seus possíveis impactos nos territórios, não apenas indígenas, mas em toda a terra. E5: *“A gente tem que falar sobre energia limpa, mas observando que essa energia ela possa ou não impactar sobre os territórios, né? Ou sobre, não digo só os territórios indígenas, mas sobre toda a terra, sobre toda a mãe terra e tudo que vem e faz parte dela”*.

O E2 destaca a importância de reter parte da produção de hidrogênio verde na região, a fim de garantir que a comunidade também se beneficie da produção de produtos verdes:

É uma indústria que vai se pagar se o custo dessa energia for muito, muito, muito baixo. Pra o custo dessa energia ser muito, muito, muito baixo, provavelmente eu vou ter mão de obra não tão qualificada, que não ganha tanto pra instalar os painéis solares, as pás eólicas. Corre esse risco. Se ele é eminentemente pra exportação e depende muito da energia de base. As especiarias da Índia, o Pau Brasil, quem trabalhava com a extração dessas coisas, ganhava muito pouco. A riqueza ficava muito pouca aqui. A exploração era grande. E o produto final que era beneficiado lá no mercado externo, eventualmente alguns nós comprávamos com preço lá em cima. Então, esse é o risco. Não só da commodity, mas depois da gente importar os produtos verdes com preço acrescentado alto. Daí a necessidade de que algo desse hidrogênio fique aqui pra que a gente também seja produtor de produtos verdes.

Além disso, mecanismos de monitoramento e prestação de contas devem ser estabelecidos para garantir que as empresas envolvidas no setor de hidrogênio verde cumpram padrões ambientais, sociais e trabalhistas adequados. Isso ajudará a evitar práticas exploratórias e garantir que o desenvolvimento econômico seja genuinamente benéfico para as comunidades locais, em vez de perpetuar padrões de desigualdade e marginalização. Em suma, é crucial aprender com os erros do passado e adotar uma abordagem cuidadosa e inclusiva para o desenvolvimento da indústria de



hidrogênio verde, a fim de evitar qualquer forma de colonização disfarçada de progresso econômico.

Em seguida ele destaca a diferença de percepção entre os povos indígenas e os não indígenas quanto ao respeito e cuidado com o meio ambiente, destacando a presença histórica da energia limpa nas práticas agrícolas e na relação harmoniosa com a natureza, conforme o seguinte trecho:

Então, pra nós indígenas, a importância que se dá a tudo que é natural é bem diferente do que o branco entende como respeito e cuidado, com o natural. Então, assim, a energia limpa sempre esteve presente conosco, né? A gente procura sempre utilizar, de todas as formas, pra utilizar mesmo até propriamente da agroecologia, né? A gente sempre trabalhou mais na questão da agricultura, da pesca, da criação de animais, e não na destruição, seja da terra, seja da própria fauna.

- **Subsistema Econômico**

A Classe 2, representada pela cor cinza, aborda questões econômicas, tanto em níveis nacionais quanto internacional. Os termos presentes sugerem interesse em política econômica, relações comerciais e regulamentação, com foco em geopolítica e comércio global. Palavras como “Europa”, “Brasil”, “mercado”, “internacional” e “país” indicam preocupações geopolíticas e comerciais. Termos como “preço”, “consumidor”, “produto” e “mercado” apontam para considerações econômicas e competitividade. A inclusão de palavras como “verde”, “transição” e “fóssil” sugere interesse na transição energética e redução de combustíveis fósseis. Essa classe reflete a complexidade das relações entre economia e meio ambiente em contextos nacionais e globais, conforme trechos evidenciados a seguir:

Então, todo esse modelo foi proposto pelo governo do estado, desde a época do governador Camilo, e mantido pelo governador Elmano, com o objetivo de estruturar soluções consorciadas nesse aspecto para facilitar as empresas, permitindo que elas, inclusive, pulem etapas e economizem tempo significativo no processo de obtenção da licença de instalação (E6).

Essa ocorrência pode ser explicada pelo fato de que, embora o representante da hélice do meio ambiente esteja inserido em um ambiente institucional voltado para a preservação ambiental, ele é, em primeiro lugar, um funcionário público do governo, o que conseqüentemente o leva a defender as políticas governamentais. Conforme também evidenciado no trecho:



Para fornecer essa energia, esses empreendimentos podem entrar no mercado livre e vender energia para as empresas de hidrogênio verde. "Mas, na minha opinião pessoal, acredito que, inicialmente, o foco principal será a exportação. Estamos falando de países europeus, principalmente, que podem arcar com esse custo.

Importa destacar que a colaboração entre governo, academia e indústria, evidenciada pelos discursos dos entrevistados E1 (governo), E2 (academia) e E4 (indústria), é importante para impulsionar iniciativas regionais, como o *hub* de hidrogênio verde do Ceará. Essa colaboração permite a condução de projetos de pesquisa e desenvolvimento que beneficiam tanto o setor acadêmico quanto o industrial, resultando em avanços no contexto regional. Este cenário está alinhado com pesquisas que destacam a importância das competências científicas (Audretsch *et al.*, 2012; Guerrero *et al.*, 2015; Moaniba *et al.*, 2018) e defendem um aumento nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento para fortalecer a capacidade dos países de promover o crescimento econômico sustentável e aumentar a competitividade internacional, conforme também Garlet *et al.*, (2023) Bezerra, (2021); César *et al.*, (2019).

Esse formato de colaboração faz referência, portanto, à Hélice Tríplice formada pelo governo, academia e indústria conforme é possível verificar nos segmentos de texto apontados, E1: *"Eu acho que o papel do governo, ele é fundamental porque ele constituiu um modelo de governança que inclui não só o governo, mas o setor privado e a academia"*.

Quando surgiu a ideia da constituição do hub de hidrogênio verde, baseado no Complexo Industrial e Portuário do Pecém, a UFC já se colocou como líder das instituições de ensino superior dentro do grupo de gestor que foi constituído. Foi formado pela UFC, o Governo do Estado e o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (E2).

Evidentemente que isso vai ficar muito direcionado a empresas que já estão no sítio de energia, a academia em que a gente tem observado, que têm muitos pesquisadores, esses que estão se voltando para essa área, que estão na área de química e se voltam para a área de energia, isso, essa transição vai desenvolver atividade em todos os negócios, logicamente puxado pelo governo, como tem sido feito essa organização entre indústria, academia e governo liderando (E4).

E apenas uma atuação conjunta e com participação da liderança do governo é possível constituir. Porque são muitas mudanças, inclusive a necessidade de leis de regulação que só pode ser feita se tiver a liderança do governo, mas a participação fundamental do setor privado que vai fazer os investimentos principais e também da academia para poder direcionar e orientar no que é possível tecnologicamente ser feito nos prazos que ele pretende (E1).



A Figura 3 evidencia o distanciamento entre a classe 3 (verde) e a classe 2 (cinza), destacado pelas entrevistas dos E3 e E2. O E2 levanta questões preocupantes sobre o uso do Sistema Nacional de Energia para ativar os eletrolisadores, indicando a necessidade de estudos prévios para avaliar sua capacidade de suportar a demanda energética das empresas *“Aí, o Sistema Nacional de Energia, em termos de transmissão, de capacidade de potência, está preparado para a quantidade de energia que essas empresas vão utilizar?”* Essa reflexão indica uma preocupação legítima com a infraestrutura energética e sua capacidade de suportar a transição para o hidrogênio verde sem prejudicar o abastecimento de energia interno.

No entanto, O E3 vê a interconexão da rede elétrica brasileira como uma vantagem competitiva para os eletrolisadores, comparando-a com a limitação da Arábia Saudita pela energia solar. Esse posicionamento está alinhado com organismos internacionais que afirmam a viabilidade da produção de hidrogênio verde no Brasil, aproveitando sua infraestrutura elétrica existente, onde cerca de 70% dos custos estão ligados à energia no processo (HYDROGEN COUNCIL, 2020). O potencial das fontes de energia eólica e solar pode conferir uma vantagem competitiva ao país, especialmente com a integração da rede elétrica (German-Brazilian Energy Partnership, 2021).

A questão da interconexão da rede no Brasil deixa você conectar e assinar um contrato que eles chamaram de flat, que significa que o perfil é constante. Com isso, você tem uma eficiência muito maior para seus eletrolisadores, porque você pode operar seus eletrolisadores 24 horas sem parar. Já a Arabia Saudita, a planta deles é muito mais cara, porque eles estão utilizando principalmente energia solar, que só existe por 10 horas ou uma coisa assim por dia. Tem muito sol, mas eles estão perdendo 14 horas por dia quando eu estou operando 24 horas por dia. Então, a eficiência no Brasil, conectado à rede, é muito maior que na Arabia Saudita. E eles estão construindo uma planta de produção com eletrolisadores duas vezes a capacidade que eu preciso construir para adaptar esse perfil diferente da produção de energia. Então, eles podem ter energia, 3 dólares por megawatt hora, muito barato, mas, efetivamente, o preço é mais alto que o preço que eu tenho operando 24 horas por dia. Eu estou explicando várias coisas, mas o que estamos falando aqui é da competitividade (E3).

Essa disparidade entre as visões dos entrevistados ressalta a complexidade e as nuances envolvidas na transição para o hidrogênio verde e destaca a importância



de considerar uma variedade de perspectivas e preocupações ao planejar e implementar políticas e projetos nessa área.

- **Subsistema Político**

A Classe 3 (cor verde), é caracterizada pela presença de termos que remetem a instituições políticas e industriais, assim como a discussões sobre governança. Esses termos incluem palavras como “governança”, “programa”, “universidade” e “pesquisador”, sugerindo um foco em iniciativas, políticas e projetos relacionados ao desenvolvimento regional, por meio de investimento em educação superior. A presença de termos como “Ceará”, “licenciamento” e “projeto” também indica uma ênfase em questões específicas relacionadas a políticas regionais e desenvolvimento local. Essa classe sugere um interesse em abordar temas relacionados à governança, planejamento regional e iniciativas de desenvolvimento sustentável, destacando a importância das instituições e políticas regionais na promoção do progresso e da inovação ao nível local e regional.

Na análise, percebe-se a atuação de uma Hélice Tríplice, com papéis bem definidos, conforme apontam os autores Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 2000) e Leydesdorff e Etzkowitz (1998). Na Hélice Tríplice, cada componente desempenha papéis distintos na promoção da inovação e do desenvolvimento regional. A academia gera conhecimento por meio de pesquisas, a indústria transforma esse conhecimento em produtos e serviços inovadores, enquanto o governo fomenta a inovação por meio de políticas públicas e investimentos. No entanto, o desenvolvimento de uma hélice quádrupla mostra-se incipiente devido à pouca participação da sociedade.

- **Subsistema social**

A Classe 4 (cor azul), evidencia uma concentração de termos relacionados a questões sociais, culturais e os impactos ambientais. Palavras como “água”, “impacto”, “indígena”, “terra” e “território” sugerem uma preocupação com os impactos no meio ambiente e consequentemente nas comunidades locais. Além disso, termos como “povo” e “corpo” indicam uma reflexão sobre questões sociais e identitárias. A presença de palavras como “energia limpa” e “termoelétrico” sugere um interesse na busca por soluções sustentáveis para questões energéticas, enquanto termos como “destruir” e “risco” apontam para os desafios e impactos negativos enfrentados pela sociedade e pelo meio ambiente.



A classe 4 (azul) está distante da classe 3 (verde), indicando um envolvimento limitado da sociedade em iniciativas de desenvolvimento regional, como o hub de hidrogênio. Isso é evidenciado nos trechos em que a sociedade é mencionada de forma tangencial, sendo vista mais como uma formalidade do que como um participante ativo nos projetos, sugerindo uma visão restrita do papel da sociedade no desenvolvimento desses projetos:

Aí você tem toda essa parte de meio ambiente, sustentabilidade, que vai demandar atenção dos profissionais dessa área, na parte de governança, na parte de relacionamento com a sociedade, aquelas habilidades que eu falei ali, não só o conhecimento técnico, mas o conhecimento de lidar com as pessoas.

Para Esser *et al.*, (1996), nações altamente competitivas adotam medidas que garantem sua posição no mercado global. Além de um cenário macroeconômico que estimule alto desempenho industrial, é essencial que as políticas governamentais incentivem a participação ativa da sociedade. Esse engajamento social não só fortalece a base de apoio para iniciativas de desenvolvimento, mas também promove a sustentabilidade e a legitimidade dessas ações.

Além do que, conforme destacado por Etzkowitz e Zhou (2017), a presença de uma sociedade civil vibrante e engajada é fundamental para estabelecer uma base sólida e inclusiva para esse processo de interação entre os atores. Essa constatação ressalta a necessidade de uma abordagem mais holística e participativa na promoção do desenvolvimento sustentável, que leve em consideração não apenas os interesses econômicos e institucionais, mas também as preocupações sociais e ambientais.

A fala do E2 reconhece a necessidade da sociedade compreender o processo de tomada de decisões, indicando que é um compromisso da academia facilitar essa compreensão. No entanto, apesar desse reconhecimento, não são fornecidas informações sobre como ou quando essa iniciativa será implementada. Isso também sugere uma visão em que a sociedade é percebida mais como espectadora do que como participante ativa no desenvolvimento regional, limitando-se a entender as decisões tomadas, em vez de contribuir ativamente para moldá-las. Como destacado na passagem seguinte da entrevista: *“Então, tem uma série de questões aí. Que a sociedade precisa se apropriar delas para entender como se tomam as decisões. É um compromisso grande da universidade, da UFC, e o ecossistema das instituições como um todo é esse”*.



A observação do E4 destaca uma visão em que a sociedade é percebida como potencialmente envolvida, em um contexto muito específico. Ele sequer reconhece a participação da sociedade como espectadora, como sugerido na fala do E2, mas sim que a participação da sociedade está restrita a ambientes formais como empresas, startups ou academia. Essa perspectiva limita a participação social no processo de desenvolvimento regional, sugerindo que a colaboração deve ocorrer dentro de estruturas formais e específicas.

Isso contrasta com a ideia de uma sociedade mais ativa e amplamente envolvida na construção das decisões. Como evidenciado nas seguintes passagens da entrevista. E4:

Não é a comunidade como um todo, mas tem que ser empresas que se formam, porque as oportunidades desse segmento são muito grandes (...) então tem muita oportunidade para novos negócios, novas iniciativas, startups, então tem que ser alguém que tenha, digamos, interesse em participar desse novo momento (...) desde então existe essa tendência, quer dizer que essa participação tem que ser dentro de uma entidade organizada, ou startup, ou empresa, ou academia.

- **Subsistema educativo**

A Classe 5 (cor roxa), abrange uma variedade de termos relacionados à educação, conscientização ambiental e interações sociais. Palavras como “vida”, “meio ambiente”, “professor” e “aluno” indicam um foco na educação e na sensibilização para questões ambientais na promoção da educação ambiental e na construção de uma consciência coletiva sobre a importância da proteção do meio ambiente para as gerações presentes e futuras.

O participante E5 ressalta a falta de atenção dos governos anteriores em garantir que as grandes empresas trazidas para a região ofereçam benefícios reais para a população local. Ele destaca a falta de investimento em treinamento e capacitação da mão de obra local, resultando em uma situação em que muitos dos trabalhadores nas empresas não são da região ou não têm as habilidades necessárias para os empregos disponíveis.

Nas últimas décadas, esses governos que aí estavam, seja do PT ou de qualquer outro partido, eles sempre colocaram como importância trazer grandes empresas, mas nunca observaram o que essas empresas trariam de benefício real pra o povo. Porque se observar, a maioria desses que trabalham nessas empresas não são do Ceará. Não são do Ceará ou não tem instrução, não tem treinamento, com os próprios cearenses, os próprios moradores, pra que possam trabalhar nessas empresas.

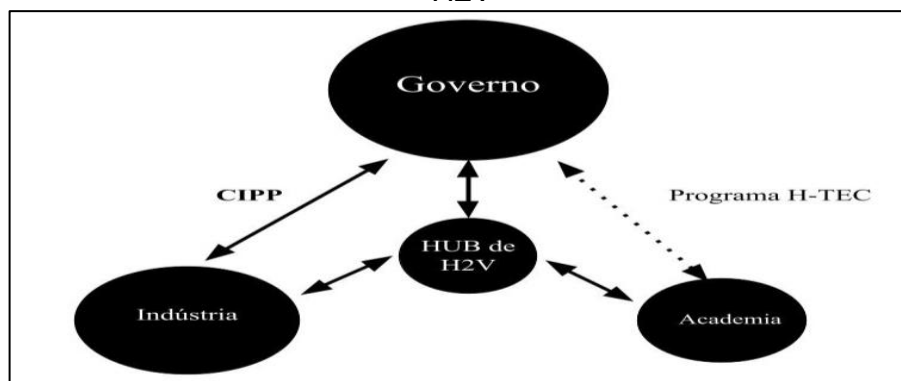


Ainda, ele destaca a necessidade de uma educação mais ampla e inclusiva, que englobe não apenas o conhecimento técnico e científico, mas também aspectos relacionados à ancestralidade, história e proteção ambiental.

A educação precisa mudar. Essa educação, ela tem que ser uma educação muito mais aberta, mais elevada, não apenas ao entendimento e ao conhecimento de dentro das universidades e do conhecimento técnico e científico, mas também do conhecimento de vida, da ancestralidade, da história, da vida, da proteção ao meio ambiente.

Por fim, considerando que a partir das análises percebeu-se que o modelo que atua no estado do Ceará ainda é o de Hélice Tríplice, conforme os resultados de Ribeiro Filho, Tahim e Veras (2022). Elaborou-se a Figura 22 para demonstrar essa relação dos atores na formação do Hub de H2V:

Figura 22 - Modelo de Hélice Tríplice do Ceará na transição energética a partir do H2V



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Na literatura sobre as Hélices (Tripla, Quádrupla e Quíntupla), especificamente a Hélice Quíntupla, não fica claro quanto à necessidade de relações bilaterais entre essas hélices para que o modelo seja efetivamente considerado um paradigma de interação e colaboração entre os atores. Ou seja, não foi possível verificar se antes que se possa reconhecer a presença de uma Hélice Tripla (academia-indústria-governo), necessariamente, deve ocorrer relações entre indústria-governo, indústria-academia e academia-governo.

O modelo de Hélice Tríplice balanceado (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000), conforme identificado por Ribeiro Filho, Tahim e Veras (2022), pressupõe uma atuação harmoniosa entre os atores envolvidos, sendo esta relação constituída por organizações sobrepostas e igualitárias (Etzkowitz, 2013), o que não foi possível

constatar de maneira consistente nesta pesquisa. Dentro do CIPP, observa-se uma forte interação entre a indústria e o governo, evidenciada, por exemplo, pela presença da ZPE. Bem como, uma relação entre academia e governo tem começado a se fortalecer, como visto no programa H-TEC, que visa à formação de pessoal técnico na área de energias renováveis.

No entanto, percebe-se certos pontos de fragilidade nesse modelo balanceado apontado por Ribeiro Filho, Tahim e Veras (2022) reforçando o que foi apontado por (Fischer *et al.*, 2019) que modelos de Hélice tríplice de países em desenvolvimento ainda necessitam de maturidade. Um dos principais pontos levantados é a predominância do governo na liderança das iniciativas relacionadas ao desenvolvimento do *hub* de hidrogênio verde. Embora o envolvimento ativo do governo seja importante para fornecer direção e recursos, a dependência excessiva dele pode limitar a autonomia e a iniciativa dos outros atores, academia e indústria. Isso pode resultar em uma falta de diversidade de perspectivas e abordagens inovadoras no processo de desenvolvimento do *hub*.

Além disso, não foi observada uma relação bilateral entre a indústria e a academia. A teoria da Hélice Tríplice sugere que a academia deve desempenhar um papel ativo na promoção da inovação e do empreendedorismo, no entanto, os resultados sugerem que ela ainda não está plenamente engajada nessa função. Investir em programas de empreendedorismo acadêmico, incentivar a criação de startups e facilitar a transferência de tecnologia da academia para o mercado são estratégias-chave para fortalecer o papel da academia como catalisadora da inovação.

A falta de uma relação bilateral sólida entre indústria e academia é uma lacuna importante a ser considerada. A colaboração entre esses dois setores é fundamental para promover a transferência de conhecimento, impulsionar a pesquisa aplicada e desenvolver soluções tecnológicas inovadoras. A criação de espaços de colaboração como laboratórios compartilhados ou programas de estágio e pesquisa conjunta, pode ajudar a fortalecer essa interação e promover uma cultura de inovação colaborativa.

Propõe-se que a existência de relações bilaterais seja fundamental para o efetivo desenvolvimento da Teoria das Hélices, como observado no Hub de H2V no Ceará. A falta de interação entre indústria e academia pode impossibilitar a implementação de laboratórios devido à escassez de recursos financeiros, especialmente considerando que as universidades frequentemente dependem



exclusivamente de financiamento público do governo. Se essa relação existisse, a indústria não só investiria em laboratórios universitários para garantir as patentes resultantes, mas também estabeleceria laboratórios dentro de suas próprias instalações, estreitando o relacionamento entre os setores e impulsionando a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação no país, sugerindo uma atuação dos agentes que ultrapasse os papéis "rigidamente" definidos no modelo *laissez-faire*, conforme propõem Etzkowitz (2013), Ranga e Etzkowitz (2013), Yoda e Kuwashima (2019) e Zhou (2017).

Em suma, entende-se no presente estudo que para alcançar um modelo de Hélice Tríplice verdadeiramente balanceado e colaborativo, é determinante que haja interação e cooperação entre academia e indústria, o que não foi resolvido pelo memorando de entendimento entre secretarias de Estado, Complexo do Pecém (CIPP S/A), Fiec e UFC na constituição do Hub de H2V. Pois, conforme Etzkowitz e Leydesdorff (2000), as interações entre os agentes não seguem necessariamente uma linha direta, podendo assumir diversas formas e níveis, o que resulta em novas configurações de colaboração entre os atores. Etzkowitz (2003) propõe três tipos de arranjos entre os agentes, cada um com um propósito específico: (a) organizações voltadas para ganhos econômicos por meio de trocas; (b) organizações focadas na geração e agregação de conhecimento e inovação; e (c) organizações com objetivos políticos e gerenciais, visando à necessidade de controle normativo entre as partes.

O modelo identificado para o hub de H2V do Ceará apresenta uma peculiaridade que se diferencia dos padrões tradicionais encontrados na literatura. Enquanto os modelos propostos pela Teoria das Hélices, pressupõem uma interação equilibrada entre os diferentes atores (Etzkowitz e Leydesdorff, 1995; Etzkowitz; Zhou, 2017), o cenário observado no Hub de H2V do Ceará demonstra se enquadrar mais em um mix entre *laissez-faire* (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000) e estatista (Etzkowitz; Leydesdorff, 2000), divergindo do modelo balanceado proposto por Ribeiro Filho, Tahim e Veras (2022), uma vez que o governo tem sido o líder da maior parte das iniciativas, se aproximando também do modelo Triângulo de Sábado, a qual destaca a importância do Estado na regulação dos vínculos entre o setor governamental, a infraestrutura tecnológica e a indústria (Sábado; Botana, 1968).

A configuração do Hub de H2V do Ceará apresenta uma dinâmica singular, que se distancia do padrão convencional delineado pela literatura, mesclando elementos de diferentes abordagens. Essa distinção pode proporcionar novos insights e desafios



para a análise dos modelos de inovação e desenvolvimento regional, ressaltando a importância de considerar os contextos específicos e as dinâmicas locais na formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento.

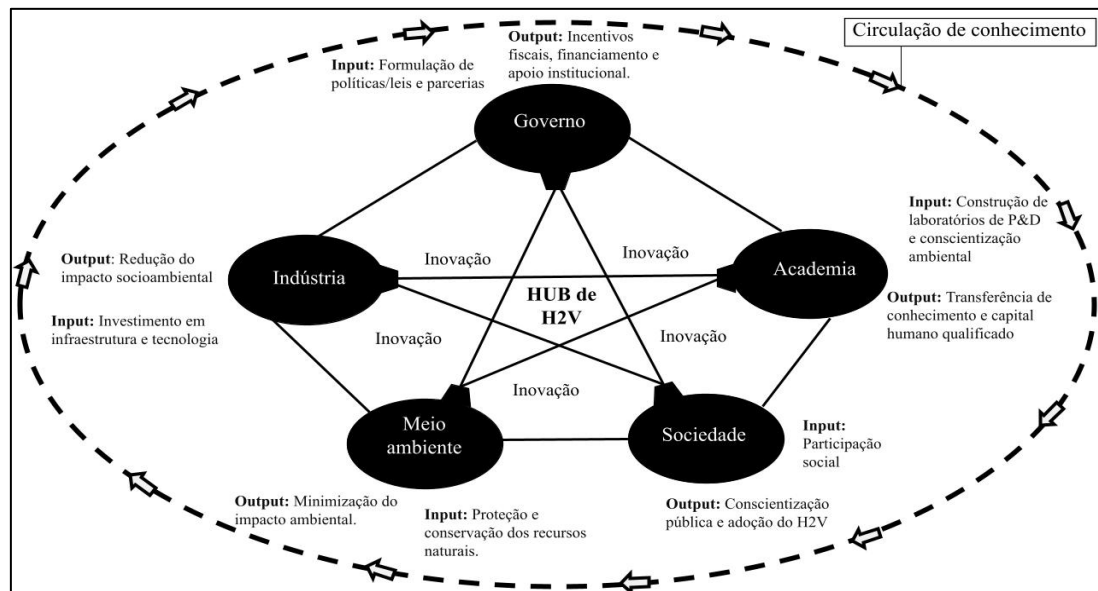
Ademais, considerando que ainda não há uma articulação efetiva da Hélice Tripla no contexto do Hub no Ceará, apesar dos esforços para promover a colaboração entre academia, indústria e governo, percebe-se que há um longo trajeto a ser percorrido para atingir o modelo ideal da Hélice Quíntupla (foco do presente estudo), pois conforme já discutido, a Hélice Tripla apresenta dificuldades para ser aplicada em diversos contextos (Nordberg, 2015; Galvão *et al.*, 2017; Yoon *et al.*, 2017; Saad e Zawdie, 2005; Cai, 2015). Esse modelo almejado não apenas envolve os três atores principais, mas também incorpora a sociedade e o meio ambiente (Carayannis; Campbell, 2011; Carayannis *et al.*, 2017)

A integração da sociedade e do meio ambiente é fundamental para garantir que o desenvolvimento do *hub* de hidrogênio verde seja sustentável e responsável. A participação ativa da sociedade civil, incluindo comunidades locais, grupos de interesse e organizações não governamentais, é essencial para garantir que as preocupações e necessidades das partes interessadas sejam consideradas e incorporadas no processo decisório (Carayannis; Rakhmatullin, 2014). Além disso, a consideração dos impactos ambientais e a adoção de práticas sustentáveis são elementos-chave para garantir que o desenvolvimento do *hub* seja ecologicamente correto e esteja alinhado visando a mitigação das mudanças climáticas e a proteção do meio ambiente (DeLa Vega; Barcellos, 2020).

Após identificar as lacunas na atual interação entre os atores da hélice tríplice e reconhecer a necessidade de avançar em direção a um modelo de Hélice Quíntupla, é fundamental propor um plano de ação para promover uma colaboração mais abrangente e integrada entre academia, indústria, governo, sociedade civil e meio ambiente. Nesse contexto, a Figura 4 ilustra o modelo de Hélice Quíntupla proposto para o Ceará, com aplicabilidade também para o Brasil.

Figura 4 - Hélice Quíntupla para competitividade na transição energética por meio do *hub* de H2V do Ceará





Fonte: Elaborado pelas autoras (2024) com base em Carayannis *et al.*, (2012).

O modelo apresentado aborda a dinâmica da implementação do hidrogênio verde (H2V) através da interação de diferentes atores-chave: governo, academia, sociedade, meio ambiente e indústria. No âmbito governamental, o processo tem início com a formulação de políticas e leis voltadas para o desenvolvimento do H2V, além do estabelecimento de parcerias para financiamento de projetos e concessão de incentivos fiscais. O resultado esperado disso é a disponibilização de incentivos fiscais, financiamento e apoio institucional para projetos relacionados ao H2V, criando um ambiente regulatório estável que estimule o investimento nesse setor.

Na esfera acadêmica, destaca-se o papel importante na implantação de laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento dentro da indústria ou na captação de financiamento para os laboratórios da própria universidade. Essas ações resultam na transferência de conhecimento e inovação para a indústria e o governo, ao mesmo tempo que contribuem para a formação de capital humano no setor de H2V.

Na esfera social, é necessário que governo, universidade e indústria estabeleçam um diálogo ativo com as comunidades, reconhecendo que nessa interação, não há detentores exclusivos do saber; todos têm algo a contribuir e também a aprender. Essa troca de conhecimentos promove a conscientização pública e a adoção do H2V, impulsionando a transição para um modelo energético mais sustentável.

No que tange ao meio ambiente, o foco está na proteção e conservação dos recursos naturais, incluindo água e áreas de produção de H2V. O objetivo é minimizar



o impacto ambiental da produção desse recurso, promovendo a sustentabilidade e a preservação dos ecossistemas locais.

Por fim, a indústria assume a responsabilidade de investir em infraestrutura e tecnologia para a produção e armazenamento de hidrogênio verde, sobretudo financiando laboratórios dentro e fora de suas instalações. Como resultado, espera-se a redução dos impactos socioambientais pela atuação delas na exploração dos recursos naturais relacionados ao H2V, além da própria comercialização desse recurso, impulsionando ainda mais sua adoção e desenvolvimento do mercado de H2V.

O modelo proposto procura abordar uma lacuna destacada por Mineiro *et al.*, (2018), que apontam a escassez de estudos sobre a aplicação prática das hélices quádruplas e quádruplas. Essa ausência de pesquisa deixa incertezas sobre como esses modelos podem ser implementados e operacionalizados de forma eficaz. Portanto, este trabalho busca oferecer insights e orientações para preencher essa lacuna, proporcionando uma compreensão mais clara de como essas hélices podem ser aplicadas na prática e os benefícios que podem gerar para o desenvolvimento e a inovação.

Ainda, dentro do processo de convite aos participantes desta pesquisa, foi notada a complexidade em encontrar atores que se enquadrassem exclusivamente em uma única hélice, um tipo de ator "puro". Muitas vezes, esses atores desempenham funções em diversos contextos, como exemplificado por um representante da indústria que pode estar envolvido simultaneamente na academia, no governo e, naturalmente, na sociedade civil. Essa variedade de conexões proporciona uma ampla gama de perspectivas e análises, enriquecendo a pesquisa.

Por fim, é relevante salientar que, em oposição aos estudos de Mineiro *et al.*, (2018), que consideravam o meio ambiente apenas como um programa ou perspectiva, esta pesquisa reconheceu o meio ambiente como um agente com sua própria representatividade. Essa abordagem reconhece que o meio ambiente é representado por diversos atores, que podem incluir ativistas ambientais vinculados ou não a organizações não governamentais (ONGs), representantes governamentais ligados a órgãos de proteção ambiental, pesquisadores especializados em áreas de defesa ambiental, entre outros. Embora esses atores também possam desempenhar funções em outros contextos, como academia e indústria, é crucial reconhecer suas contribuições, fundamentadas em suas vivências e perspectivas no âmbito ambiental.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo atingiu seu objetivo: investigar como a implantação do *Hub* de Hidrogênio Verde do Ceará pode impulsionar a competitividade do Brasil na transição energética global à luz do Modelo de Hélice quántupla. Foi constatado que o *Hub* pode não trazer o nível de competitividade esperado para o país, devido à sua forte dependência tecnológica. A menos que haja um incremento no investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação para promover a criação e adaptação de tecnologias nacionais, o Brasil arrisca permanecer dependente de tecnologias estrangeiras, limitando assim seu potencial de competição no mercado global. Apesar disso, acredita-se que o Brasil fará parte dos grandes produtores de hidrogênio verde, atingindo certo nível de competitividade.

Conforme observado, a abundância de recursos naturais no Brasil não garante automaticamente uma posição de destaque na geografia do comércio de energia global. Há o risco de o país se limitar a ser um exportador de matéria-prima, sem agregar valor por meio do desenvolvimento de suas próprias tecnologias. Isso poderia acarretar a perda de oportunidades para um crescimento econômico sustentável e a maximização dos benefícios gerados pela produção do H₂V para o país e sua população.

A análise revelou que, no contexto da criação do *hub* de hidrogênio verde no estado do Ceará, predomina o modelo de Hélice Tríplice, destacando desafios ligados à adoção de uma abordagem mais ampla, como preconiza a teoria da Hélice Quántupla. Os obstáculos identificados são a falta de engajamento da sociedade civil e a limitada consideração dos aspectos ambientais. A participação ativa e o envolvimento da sociedade e uma abordagem holística que leve em conta não apenas os aspectos econômicos e tecnológicos, mas também os impactos ambientais e sociais são cruciais para uma transição energética eficaz e sustentável.

Quanto às limitações do estudo, podem ser apontadas: a) A quantidade de entrevistados, especialmente na esfera da sociedade, o que pode ter impactado na representatividade da diversidade de perspectivas e experiências, prejudicando uma compreensão mais abrangente do fenômeno em estudo e pode influenciar na generalização dos resultados e também o fato do representante do meio ambiente



ser vinculado ao governo, pode ter tido suas respostas tendenciosamente influenciadas, resultando em uma abordagem menos crítica e potencialmente enviesada, caracterizada por uma tendência a apresentar visões favoráveis ao governo.

Com base nos resultados e limitações identificadas, sugere-se que pesquisas futuras abordem: a) Uma amostra mais ampla e diversificada, a fim de obter resultados mais robustos e abrangentes; b) Na hélice meio ambiente, recomenda-se a inclusão de atores mais críticos para representar o meio ambiente, como ativistas e organizações de defesa do meio ambiente, para enriquecer as entrevistas com perspectivas mais diversas e garantir uma análise mais abrangente e imparcial dos temas abordados; c) Analisar a competitividade do Brasil e de outros países latinos, à luz da Teoria institucional para comparar como as iniciativas institucionais de regulamentação dos países, concessão de licenças, definição de estratégias para o H2V podem contribuir para o diferencial competitivo desses países na transição energética global.

Este estudo traz contribuições acadêmicas ao identificar lacunas na literatura relacionadas ao Modelo de Hélices (triplo, quádruplo e quádruplo). Primeiramente, destaca-se a complexidade inerente à definição de um ator dentro de uma única hélice. Com frequência, esses atores desempenham papéis em múltiplos contextos, como exemplificado por um representante da indústria que pode estar simultaneamente envolvido na academia, no governo e, naturalmente, na sociedade civil. Essa multiplicidade de afiliações proporciona uma variedade de perspectivas e análises, cada uma moldada pelas experiências e contextos específicos vivenciados por esses atores.

Além disso, vale ressaltar que, em discordância com estudos anteriores que tratavam o meio ambiente apenas como um programa ou perspectiva, o presente estudo reconheceu o meio ambiente como um agente com representatividade própria. Essa perspectiva considera que o meio ambiente é representado por diversos atores, que podem incluir ativistas ambientais vinculados ou não a ONGs, representantes governamentais ligados a órgãos de proteção ambiental, pesquisadores especializados em áreas de defesa ambiental, entre outros. Embora esses atores possam também desempenhar papéis em outros contextos, como academia e indústria, é crucial reconhecer suas contribuições, baseadas em suas experiências e perspectivas no campo do meio ambiente.



Outro ponto trazido para essa discussão, é a importância das relações bilaterais entre os atores para fortalecer o Modelo de hélices. Para uma integração eficaz, como no caso da hélice tripla academia-indústria-governo, é essencial que haja forte colaboração entre indústria-academia, academia-governo e governo-indústria. Essa colaboração ativa e mútua é essencial para impulsionar a inovação, promover o desenvolvimento e alcançar os objetivos compartilhados de maneira eficiente e eficaz.

Outra contribuição deste estudo é direcionada especificamente para o aprimoramento da Teoria das Hélices Quádrupla e Quíntupla. Desenvolveu-se um modelo direcionado para impulsionar a competitividade do Brasil na transição energética global, com ênfase no hidrogênio verde. Este modelo oferece diretrizes concretas para a implementação prática, buscando promover o desenvolvimento sustentável e a inovação no país. Isso é particularmente relevante, pois estudos anteriores identificaram uma lacuna na compreensão da operacionalização das hélices Quádrupla e Quíntupla.

Por fim, destaca-se que o estado do Ceará apresenta particularidades que não se encaixam claramente nos modelos laissez-faire, estatista ou balanceado propostos pela teoria. Este estudo sugere que o atual modelo de colaboração entre academia, empresas e governo no Ceará representa uma mistura entre o estatista e o laissez-faire, com uma forte atuação por parte do governo na promoção da interação e colaboração entre os atores-chave.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. L.; MARICATO, J. M. **As políticas de inovação das instituições de ensino superior federais sob a ótica das múltiplas hélices da inovação**. XXI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação – XXI ENANCIB. Rio de Janeiro, 2021.

ARNKIL, Robert et al. Exploring quadruple helix outlining user-oriented innovation models. 2010.

AUDRETSCH, DB; HÜLSBECK, M; LEHMANN, EE. Regional Competitiveness, University Spillovers and Entrepreneurial Activity. 2012. **Small Business Economics**. Doi: 10.1007/s11187-011-9332-9.

BACCARNE, B.; LOGGHE, S.; SCHUURMAN, D.; MAREZ, L. Governing quintuple helix innovation: urban living labs and socio-ecological entrepreneurship. **Technology Innovation Management Review**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 22-30, 2016.



BEZERRA, F. D. **Hidrogênio Verde**: nasce um gigante no setor de energia. Caderno Setorial ETENE. n212, dezembro de 2021. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1109>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CAI, Yuzhuo. Que factores contextuais moldam a “inovação na inovação”? Integração de insights da Hélice Tríplice e da perspectiva da lógica institucional. **Informação em Ciências Sociais**, v. 3, pág. 299-326, 2015.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. **Tutorial para uso do software IRAMUTEQ**. Florianópolis, 22 de novembro de 2021. Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

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 3ll knowledge production system. **Journal of Knowledge Economy**, [s. l.], v. 2, p. 327-372, 2011.

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**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 1-12, 2012.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. Mode 3 and quadruple helix: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3-4, p. 201-234, 2009.

CARAYANNIS, E. G.; CHEREPOVITSYN, A. E.; ILINOVA, A. A. Sustainable development of the russian arctic zone energy shelf: the role of the quintuple innovation helix model. **Journal of the Knowledge Economy**, [s. l.], v. 8, p. 456-470, 2017.

CARAYANNIS, E. G.; RAKHMATULLIN, R. The quadruple/quintuple innovation helixes and smart specialisation strategies for sustainable and inclusive growth in Europe and beyond. **Journal of Knowledge Economy**, [s. l.], v. 5, p. 212-239, 2014.

CASTRO, N.; SANTOS, V.; AQUINO, T. **O Brasil e as estratégias da Alemanha para o Hidrogênio Verde**. Broadcast Energia. Agência Estado de São Paulo. 2021. Disponível em: <<https://gesel.ie.ufrj.br/publicacao/o-brasil-e-as-estrategias-da-alemanha-para-o-hidrogenio-ver-de/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

CÉSAR, A. S.; VERAS, T. S.; MOZER, T. S.; SANTOS, D. C. R. M.; CONEJERO, M. A. Hydrogen productive chain in Brazil: an analysis of the competitiveness' drivers. **Journal Of Cleaner Production**, [s. l.], v. 207, p. 751-763, 2019.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Hidrogênio energético no Brasil: subsídios para políticas de competitividade, 2010-2025**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2010. Disponível em: <https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/Hidrogenio_energetico_complet_o_22102010_9561.pdf/367532ec-43ca-4b4f-8162-acf8e5ad25dc?version=1.5>. Acesso em: 21 mai.



2023.

CHOMSKY, N.; POLLIN, R.; POLYCHRONIOU, C. J. **Climate crisis and the global Green New Deal: the political economy of saving the planet.** New York: Verso, 2020.

COLAPINTO, C.; PORLEZZA, C. Innovation in creative industries: from the quadruple helix model to the systems theory. **Journal of the Knowledge Economy**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 343-353, 2012.

COMPLEXO DO PECÉM. **As perguntas mais frequentes sobre o hidrogênio verde.** Ceará [s.d.], Complexo do Pecém, Pecém factsheet, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/Emerson/Downloads/Pecem-Factsheet-H%C2%B2V-Port.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2023.

ESSER, K.; W. Hillebrand; D. Messner e J. Meyer-Stamer, 1996. Competitividad Sistémica: Nuevo Desafío a las empresas y a la Política. **Revista de la Cepal**, n. 59, p. 39-52.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **The Triple Helix - University-Industry-Government relations: A laboratory for knowledge based economic development.** EASST Review, v. 14, p. 14-19, 1995.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from national systems and “mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations. **Research Policy**, [s. l.], v. 29, p. 109-123, 2000.

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

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos avançados**, [s. l.], v. 31, p. 23-48, 2017.

FARIAS, Marta Emília Aires Cavalcante de; MARTINS, Maria de Fátima; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Agenda 2030 e Energias Renováveis: sinergias e desafios para alcance do desenvolvimento sustentável. *Research, Society and Development*, v. 10, n.17, 2021. doi <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.23867>.

FERNANDES, Gláucia et. al. Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil. Coluna Opinião. Jan. 2023. FGV Energia.

FISCHER, B. B.; SCHAEFFER, P. R.; VONORTAS, N. S. Evolution of universityindustry collaboration in Brazil from a technology upgrading perspective. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 145, p. 330–340, 2019.

FONSECA, R. G. A era do hidrogênio verde no século XXI. Meio Ambiente e Economia: a urgência de percebê-los como ecossistema integrado. **Revista Inovação e Desenvolvimento**, v. 1, n. 8, 2022.

GALVÃO, A. R.; MASCARENHAS, C.; 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**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 261-282, 2017.

GALVÃO, L. A. C.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. **Prólogo**. Determinantes ambientais e sociais da saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011.

GARLET, Taís Bisognin et al. Unlocking Brazil's green hydrogen potential: Overcoming barriers and formulating strategies to this promising sector. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 49, p. 553-570, 2023.

GERMAN-BRAZILIAN ENERGY PARTNERSHIP. **Mapeamento do setor de hidrogênio brasileiro**. Brasília: GmbH, 2021. Disponível em: <https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.

GRUNDEL, I.; DAHLSTROM, M. A. Quadruple and quintuple helix approach to regional innovation systems in the transformation to a forestry-based bioeconomy. **Journal of the Knowledge Economy**, [s. l.], v. 7, p. 963-983, 2016.

GUERRA, Elaine Linhares de Assis. Manual de pesquisa qualitativa. **Belo Horizonte: Grupo Anima Educação**, 2014.

GUERRERO, M; CUNNINGHAM, JÁ; URBANO, D. Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom. 2015. **Research Policy**, 44 (3). pp. 748-764. ISSN 0048-7333 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.008>>.

GURLIT, Wieland et al. Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo. **McKinsey & Company—Our Insights**, 2021.

HANSEN, James et al. **Global Temperature in 2020**, 14/1/2021. Disponível em: <http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2021/20210114_Temperature2020.pdf>. Acesso em 06 fev. 2024.

HANSEN, James; SATO, Makiko; RUEDY, Reto. **Global Temperature in 2021**. Disponível em <http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2022/Temperature2021.13January2022.pdf> . Acesso em 06 fev. 2024.

HYDROGEN COUNCIL. Caminho para a competitividade do hidrogênio: uma perspectiva de custos. 2020.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (2019). **Hydrogen: A renewable energy perspective**. Report prepared for the 2nd Hydrogen Energy Ministerial Meeting in Tokyo, Japan, 2019.

KOELLER, Priscila; MIRANDA, Pedro; LUSTOSA, M.C; PODCAMENI, M.G. EcoInovação: revisitando o conceito. IPEA, 2020. Texto para discussão. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9960/1/td_2556.pdf. Acesso em: 23 Set. 2023.



KOLEHMAINEN, Jari et al. Quadruple helix, innovation and the knowledge-based development: Lessons from remote, rural and less-favoured regions. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 7, p. 23-42, 2016.

LEYDESDORFF, L.; ETZKOWITZ, H. The triple helix as a model of innovation studies. **Science & Public Policy**, Surrey - UK, v. 25, n. 3, p. 195-203, 1998.

LUNDVALL, B. Product innovation and user-producer interaction. **Industrial Development Research Series**, [s. l.], n. 31, Aalborg University Press, p. 39, 1985.

MARENGO, José A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista Usp**, n. 106, p. 31-44, 2015.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

DA COSTA MINEIRO, Andréa Ap et al. DA HÉLICE TRÍPLICE A QUÍNTUPLA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. **Revista Economia & Gestão**, v. 18, n. 51, 2018.

MINEIRO, A. A. da C.; DE SOUZA, T. A.; DE CASTRO, C. C. The quadruple and quintuple helix in innovation environments (Incubators and science and technology parks). **Innovation and Management Review**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 292–307, 2021.

MOANIBA, I. M; SU, H.-N; LEE, P. C. Knowledge recombination and technological innovation: the important role of cross-disciplinary knowledge. 2018. **Innovation: Management, Policy and Practice**, 20(4), 326-352. <https://doi.org/10.1080/14479338.2018.1478735>.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G. Aprendentes do aprender: um exercício de Análise Textual Discursiva. **Indagatio Didactica**, v. 5, n. 2, p. 868-883, 2013.

NORDBERG, K. Enabling regional growth in peripheral non-university regions-the impact of a quadruple helix intermediate organisation. **Journal of the Knowledge Economy**, [s. l.], v. 6, p. 334-356, 2015.

ONU BR. Nações Unidas No Brasil. Acordo de Paris. 2015. 2021. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2023.

PARRA, David et al. Uma revisão sobre o papel, custo e valor dos sistemas energéticos de hidrogénio para uma descarbonização profunda. **Revisões de Energia Renovável e Sustentável**, v. 101, p. 279-294, 2019.

PAZ, J. A era das consequências para o clima-consumo nos ODS e no Acordo de Paris. In: REUNIÃO DE ANTROPOLOGIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 6., 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ReACT/IEB, 2017. p. 2-21.



PILEGGI, S. F.; LAMIA, S. A. Climate change timeline: an ontology to tell the story so far. **IEEE access**, v. 8, p. 65294-65312, 2020.

RANGA, M.; ETZKOWITZ, H. Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society. **Entrepreneurship and knowledge exchange**, [s. l.], p. 117-158, 2015.

RAZAK, A. A.; WHITE, G. R. T. The triple helix model for innovation: A holistic exploration of barriers and enablers. **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 278-291, 2015.

RIBEIRO FILHO, José de Ribamar; TAHIM, Elda Fontinele; VERAS, Vanessa Maria Vasconcelos. Perspectivas para o Hidrogênio Verde: uma análise à luz do modelo da Hélice Tríplice. 2022. **Brazilian Journal of Development** 1531. ISSN: 2525-8761. DOI:10.34117/bjdv9n1-106.

SAAD, M.; ZAWDIE, G. From technology transfer to the emergence of a triple helix culture: The experience of Algeria in innovation and technological capability development. **Technology Analysis and Strategic Management**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 89-103, 2005.

SÁBATO, J.; BOTANA, N. R. Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. **Revista de la Integración**, Comunidad Andina, p.15-36, 1968.

SADIK-ZADA, E. R. **Political economy of green hydrogen rollout: a global perspective**. sustainability, v. 13, n. 23, p. 13464, 2021.

SILVA, J. L.; SAMORA, P. R. Os impactos da crise hídrica sobre a população do município de Campinas/São Paulo (2012 - 2016). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 11, p. 1 – 14, 2019.

UECKERDT, Falko et al. Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 5, p. 384-393, 2021.

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

YIN, R. K. **Estudo de Caso**. Planejamento e Métodos. 5a ed. Porto Alegre: Bookman. 2014.

YODA, N.; KUWASHIMA, K. 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, 2019.

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

