



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

PERSPECTIVAS PARA O HIDROGÊNIO VERDE: uma análise à luz do modelo da hélice tríplice

JOSÉ DE RIBAMAR RIBEIRO FILHO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (UECE)

ELDA FONTINELE TAHIM

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ (UECE)

VANESSA MARIA VASCONCELOS VERAS

PROGRAMA DE POS GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - PPGA UECE

PERSPECTIVAS PARA O HIDROGÊNIO VERDE: uma análise à luz do modelo da Hélice Tríplice

1. Introdução

O Acordo de Paris e os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) como uma tentativa de redução da emissão de gases, recomendam a redução da emissão de CO₂ por meio da utilização de fontes de energia limpas e, em particular, o objetivo de número sete, relacionado à energia limpa e acessível, comporta pretensões de garantia de energia com acesso, confiável, sustentável e moderna, com estruturas e tecnologias de energia limpa (CARMONA; KASSAI, 2019; SILVEIRA; FAGUNDEZ; SOUZA, 2020). Nesse contexto, da busca de combustíveis alternativos, surgem novas fontes de energia menos poluentes com importante propriedade de compatibilidade ambiental, como o Hidrogênio Verde, gerado pelo processo de eletrólise desfraldada por fontes de energia renováveis, além de ser um gás que porta-se como um combustível promissor por razões que incluem a possibilidade de ser usado eficientemente e de ser pouco poluente, já que contrariamente ao petróleo, ao gás natural ou ao hidrogênio baseado em carvão, a sua absorção pode levar à neutralidade climática (MIDILLI, 2016; SADIK-ZADA, 2021).

Desafio para diversas sociedades do planeta e conjuntura que envolve o Hidrogênio Verde, o movimento de modificação das estruturas de matriz energética em escala mundial, denominado transição energética, abrange forças ambientais, sociais, econômicas e políticas, assim como detém uma gama de caminhos que consideram diferenças econômicas, institucionais e de complexos de energia dos diversos países que, dessa forma, congregam plurais estratégias e objetivos para o alcance da mudança (DELGADO; COSTA, 2021; LOSEKANN; TAVARES, 2020). A viabilização de transição energética que tem o Hidrogênio Verde como alternativa tem como necessidades avanços em tecnologias para sua produção, uso, transporte e armazenamento, além de marcos regulatórios, políticas e estratégias na economia que estimulem a criação de novas cadeias baseadas em Hidrogênio Verde, com disponibilidade e diversidade de insumos, e investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (BEZERRA, 2021; CÉSAR *et al.*, 2019). O alinhamento entre os atores envolvidos com as práticas estratégicas é fator primordial para a supracitada viabilização, como por exemplo pelas ações de mútuo apoio entre instituições educacionais, órgãos da sociedade, organizações empresariais e ainda instituições e departamentos governamentais.

Nessa direção, diferentes tipos e graus de colaboração entre universidade, indústria e governo, compõem o modelo evolutivo da Hélice Tríplice, desenvolvido por Etzkowitz (1990), Etzkowitz e Leydesdorff (1995), que citam universidades e indústrias em um novo cenário em que estão mutuamente envolvidas com atividades que antes eram de competência exclusiva de uma das partes. De forma simplificada, o modelo sugere que o governo preste contribuições para que instituições acadêmicas ultrapassem funções tradicionais em educação e pesquisa contribuindo de forma mais direta para a criação de riqueza, um regime que se inicia quando universidade, indústria e governo partem para uma relação de reciprocidade onde ambos tentam melhorar o desempenho do outro (ETZKOWITZ, 2013; CHATZINIKOLAOU; VLADOS, 2019; RAZAK; WHITE, 2015; VERLINDE; MACHARIS, 2016). O modelo da Hélice Tríplice tem íntima relação com a concepção de inovação e desenvolvimento econômico, com potencial para que os envolvidos possam gerar novas formas de produção, transferência e aplicação de conhecimento (BIKSE; RIVSA, 2016), características consonantes com os desafios pertinentes ao contexto do Hidrogênio Verde.

2. Problema de pesquisa e objetivo

A configuração de cenários de desenvolvimento (como, econômico e sustentável) de regiões e países contempla relações de cooperação que estimulam ter seu caminho de formação identificado. Esta pesquisa tem por objetivo contribuir para estudos que tratem das perspectivas sobre o Hidrogênio Verde sob a ótica do modelo da Hélice Tríplice (Universidade — Indústria — Governo) identificando o caminho para a configuração do modelo conforme padrões opostos, que podem ser observados, conforme a teoria, como: um modelo estatista, onde o governo detém o controle da academia e da indústria, e; um modelo *laissez-faire*, em que universidade, indústria e governo interagem de forma modesta, estando separados por firmes fronteiras (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Seu objeto de estudo consiste no cenário de ações para o desenvolvimento de operações com o Hidrogênio Verde no estado do Ceará.

3. Fundamentação teórica

3.1 Hidrogênio Verde na rota do desenvolvimento

O desenvolvimento econômico de um país tem com um dos principais pré-requisitos a disponibilidade de energia, com quantidade assim como qualidade adequada e com custos competitivos (CARMONA; KASSAI, 2019). Além disso as perspectivas sobre sustentabilidade como contenção do aquecimento global indicam a necessidade da descarbonização da economia com sua viabilidade por meio da redução expressiva de emissões de gases de efeito estufa, especialmente o CO₂, o que exige a carência de substituição de combustíveis fósseis por fontes de energias renováveis (BEZERRA, 2021).

Motivadas por questões de viabilização de energias por fatores políticos e econômicos, bem como pela sustentabilidade, evocada pelo Acordo de Paris, celebrado em 2015 com pretensões de redução de gases (limitando como meta o aquecimento global em 1,5 °C até o fim do século) diversas nações possuem metas ambiciosas de descarbonização de suas matrizes energéticas e economias, observando para isso a alternativa do uso do Hidrogênio Verde, produzido a partir da eletricidade originada de fontes renováveis como energia eólica ou solar, de modo que sua produção gera nulas ou baixíssimas emissões de gases de efeito estufa, tendo ainda a versatilidade de poder substituir outros energéticos nas mais diversas utilizações, como em edificações, produções industriais, geração de energia, transportes e refinarias (BEZERRA, 2021; DELGADO; COSTA, 2021; ZABALOY; GUZOWSKI; DIDRIKSEN, 2021).

Conforme a formação desse contexto são observadas buscas por mercados de fornecimento do Hidrogênio Verde, onde o Brasil, por condições favoráveis, desponta naturalmente como candidato a futuro exportador, considerando que a maioria das iniciativas sobre o Hidrogênio Verde estão principalmente na Europa. As condições favoráveis para o Brasil passam pela preponderante renovação de suas matrizes elétrica e energética, possíveis por meio da abundância de recursos energéticos naturais e renováveis existentes em seu território — com destaque para condições climáticas e para as operações dos parques eólicos e solares principalmente no nordeste do país (ABAD; DODDS, 2020; DELGADO; COSTA, 2021).

A plataforma H2LAC, organizada por instituições como a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) e o Banco Mundial, que busca a promoção do desenvolvimento do Hidrogênio Verde na América Latina e Caribe, e que tem o objetivo de ser um repositório de projetos relacionados com o Hidrogênio Verde em nível regional (CEPAL, 2021), expõe cenários das condições para o desenvolvimento de atividades associadas ao Hidrogênio Verde em várias nações, que, para o Brasil podem ser apreciadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Cenário para o Hidrogênio Verde no Brasil



Disponibilidade de energias renováveis

O Brasil tem excelentes condições como local para a produção de energias renováveis (RE) e H₂/PtX verde. Atualmente, a participação das energias renováveis é de 85% (64% é energia hidrelétrica e 19% outras energias renováveis).



Marco regulatório para energias renováveis

O país possui estruturas existentes para maior expansão das energias renováveis graças aos muitos anos de experiência do setor privado, bem como modelos comprovados de licitação e contratação que permitem a contratação de curto prazo de capacidades adicionais de geração de energia renovável a custos baixos.



Planos / Roteiro / Estratégias de Hidrogênio Verde

A produção de hidrogênio verde é destinada tanto ao mercado interno quanto à exportação, delineando o Brasil como potencial produtor e exportador de hidrogênio, além de criar uma alta demanda interna de H₂ verde e seus derivados pela indústria local. Para uso doméstico, além da aplicação do hidrogênio como meio de armazenamento no setor de energia, setores-chave como as indústrias siderúrgica e de fertilizantes são considerados promissores. Grande importância também é atribuída ao setor de transportes, especialmente biocombustíveis como o etanol, onde já existem vários projetos-piloto sobre hidrogênio.



Marco regulatório para o hidrogênio verde

- ✓ No Plano Nacional de Energia 2050 (MME) de dezembro de 2020, o hidrogênio é descrito como uma tecnologia disruptiva e aparece como elemento estratégico no contexto da descarbonização da matriz energética e armazenamento de energia;
- ✓ No final de fevereiro de 2021, a Agência de Planejamento Energético (EPE) publicou um documento de trabalho sobre os “Fundamentos de uma consolidação para uma estratégia brasileira de hidrogênio”, que analisa aspectos fundamentais para uma estratégia brasileira de hidrogênio. A cooperação com a Alemanha e com a Associação Germano-Brasileira de Energia é abordada explicitamente no documento;
- ✓ O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) decidiu em meados de março de 2021 priorizar o hidrogênio em uma diretriz de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia. O objetivo da diretriz é alinhar as obrigações de investimento em pesquisa e desenvolvimento de empresas de energia legalmente estabelecidas com uma estratégia de longo prazo do setor de energia;
- ✓ Em meados de abril de 2021, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) decidiu estabelecer as diretrizes para um Programa Nacional de Hidrogênio, coordenado pelo MME com a participação da EPE, do Ministério de Assuntos Regionais (MDR) e do Ministério da Ciência. (MCTI);
- ✓ Em 4 de agosto de 2021, o Ministério de Minas e Energia (MME) 2021 apresentou aos membros do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) uma proposta de diretrizes para um Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2);
- ✓ A versão final do programa de hidrogênio (PNH2) está prevista para ser publicada no primeiro semestre de 2022.



Primeiras 10 t de hidrogênio verde produzidas

O interesse da comunidade empresarial é alto. Diversas empresas nacionais e internacionais manifestaram interesse em participar do mercado brasileiro de hidrogênio em conversas com a GIZ. O Brasil é um lugar muito popular para empresas alemãs; cerca de 1.300 foram instalados no Brasil. Importantes empresas da cadeia de valor H₂ estão presentes no Brasil: Linde, Messer, MAN, Siemens, BASF, Thyssen-Krupp, etc. 95% dos membros do Conselho Mundial de Hidrogênio possuem subsidiárias no Brasil. Várias empresas anunciaram projetos de hidrogênio verde no Brasil e assinaram memorandos de entendimento: em agosto de 2021, seu valor era de cerca de US\$ 22 milhões. A maioria dos projetos ainda está em fase inicial.

Fonte: H2LAC (2022).

Nota: O último item contrasta em cor sinalizando um processo ainda não iniciado (produção).

Nota-se um cenário abrangente em possibilidades para o país, que considera, inclusive, uma diversidade de organizações com compromissos que se cruzam nacional ou internacionalmente e que comportam pretensões futuras alinhadas com o desenvolvimento econômico e com a sustentabilidade relacionada com o uso de energias.

Conforme Pinkowski (2020), as nações industrializadas que detém altos consumos energéticos precisarão valer-se da importação de uma parcela significativa da demanda de hidrogênio, o que promoverá uma abertura de oportunidades para países com condições favoráveis em termos de geografia e clima para geração de energia eólica e solar. Trata-se de um cenário plenamente favorável, com a criação de um oportuno ambiente de negócios que engaja diversos atores em prol do desenvolvimento do mercado do hidrogênio, o que para o Brasil, em função da sua favorável competitividade, é uma habilitação para um especial interesse no desenvolvimento de estratégias para o Hidrogênio Verde com parcerias nacionais e internacionais, focando, em parte, em projetos de exportação direta do Hidrogênio Verde e/ou indiretamente pela conversão em amônia (EPE, 2021).

Parte do interesse brasileiro pelo Hidrogênio Verde, considerando os processos relacionados desde sua produção até a comercialização, inclusive internacional, configura-se em iniciativas no estado do Ceará que se formatam pela parceria entre o Governo Estadual, Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), Universidade Federal do Ceará (UFC) e Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) que formaram um Comitê Gestor multidisciplinar, e que, entre outras disposições, planejam a constituição de um HUB de Hidrogênio Verde que terá o objetivo de ser um *player* global na produção, armazenagem, distribuição e exportação do produto, considerando as excelentes condições para entrada na economia do Hidrogênio Verde do estado do Ceará (BW, 2021; PINKOWSKI, 2020). Vários memorandos de entendimento entre órgãos governamentais e grandes grupos empresariais (*e.g.* *Energyx Energy*, *Energy Vault AS*, *Nexway* e *Enel Green Power*) foram assinados em sinalização para a instalação de organizações no Ceará com interesse em, por exemplo, produção do Hidrogênio Verde, o que corrobora com o último item do Quadro 1 quanto ao interesse da comunidade empresarial.

Muito embora sejam encontrados desafios concretos, chaves para a atração de investidores (*e.g.* facilitar investimentos, proporcionar infraestrutura e reduzir barreiras regulatórias), os projetos, políticas públicas e ações intersetoriais partem de recomendações como a do estabelecimento de um papel para o hidrogênio nas estratégias de energia a longo prazo, estimular a demanda comercial por Hidrogênio Verde e abordar os riscos de investimento dos iniciantes (EPE, 2021; BW, 2021; PINKOWSKI, 2020), o que pode sugerir uma aposta no desenvolvimento local e regional, concretizada, obviamente, com a manutenção das interrelações entre todos os envolvidos para a promoção de benefícios mútuos.

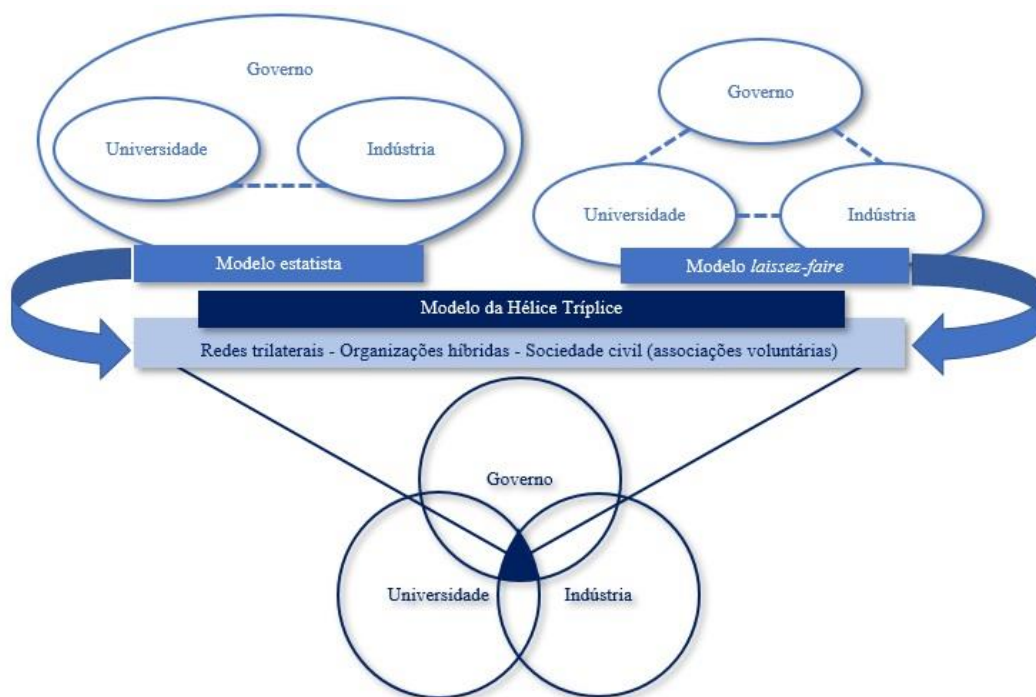
3.2 Hélice Tríplice propulsora do desenvolvimento

Tendo se tornado um modelo de reconhecimento internacional, a Hélice Tríplice tem origem creditada aos Estados Unidos, e ocupa centralidade nos estudos relacionados a inovação, configurando-se como direcionador de políticas e práticas inovativas em cenários locais, regionais, nacionais e internacionais, fornecendo visão refinada dos atores em inovação em variados sistemas e ainda sobre suas relações sob uma ótica de uma transição dinâmica, transfronteiriça e diacrônica dos fluxos de conhecimento (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017; RAZAK; WHITE, 2015).

O modelo, conforme avanços nas pesquisas sobre suas dinâmicas, já apresenta “leituras” que incorporam outras esferas, como a hélice quádrupla e a hélice quántupla. Como expansão da hélice tríplice, a hélice quádrupla despontou por conclusões de que o sucesso das mudanças inovativas se determina também por um elemento do sistema social, como a sociedade civil, e esta foi incluída no quadro analítico das interações entre universidade, indústria e governo como uma quarta hélice, numa valorização da elaboração conceitual do modelo inicial. Já a hélice quántupla, indo mais adiante, enquadra o conhecimento e a inovação no contexto do meio ambiente (ou ambientes naturais), inserido como quinta hélice, e estabelece foco em torno da tradução das questões ambientais e ecológicas como direcionadoras para o conhecimento e a inovação futuros, sendo os clusters industriais, as incubadoras, os parques tecnológicos e outros espaços de inovação provedores da importância de suas regiões no desenvolvimento da inovação (BIKSE; RIVSA, 2016; CAI; LATTU, 2021; TARATORI *et al.*, 2021).

Por todo o mundo estão espalhadas políticas, práticas e inovações nas organizações com o intuito de transformar conhecimento em atividade econômica e de resolver problemas da sociedade, e no cerne da Hélice Tríplice está a busca da identificação das fontes de geração de desenvolvimento socioeconômico para aprimoração das interações entre a universidade, a indústria e o governo (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017), e o fortalecimento de suas contribuições. Definida como “um modelo de inovação em que a universidade/academia, a indústria e o governo, como esferas institucionais primárias, interagem para promover o desenvolvimento por meio da inovação e do empreendedorismo” (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017, p. 24), a Hélice Tríplice foi distinguida em três exemplares por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), sendo um “modelo estatista”, um “modelo *laissez-faire*” e um “modelo balanceado”, com, conforme ainda ilustram os autores, o último modelo diferindo dos demais por incluir em sua concepção redes trilaterais e organizações híbridas (CAI; ETZKOWITZ, 2020; CHATZINIKOLAOU; VLADOS, 2019). Etzkowitz (2013) refere-se aos modelos estatista e *laissez-faire* como dois pontos de vista opostos que formam caminhos que levam a Hélice Tríplice, uma transição para uma tríade de esferas de instituições igualitárias e sobrepostas, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Trajetórias para a Hélice Tríplice



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Etzkowitz e Zhou (2017), Etzkowitz (2013), Chatznikolaou e Vlados (2019).

O modelo estatista tem estabelecido o controle da academia e da indústria pelo governo, que desempenha o principal papel agindo como impulsionador da universidade/academia e da indústria, com desenvolvimento de projetos e ainda o fornecimento de recursos para iniciativas inovadoras, mas que também, sob o mais forte aspecto controlador, impõe limites no desenvolvimento de transformações, conduzindo os demais atores e os balizando no incentivo à inovação, sendo ainda, em alguns países onde esse governo é a esfera institucional dominante (e.g. Rússia e China) um limitador de capacidades de mudanças inovadoras (D'AVILA *et al.*, 2017; ETZKOWITZ, 2013; RANGA; ETZKOWITZ, 2013; RAZAK; WHITE, 2015). Conforme Yoda e Kuwashima (2019) na configuração estatista o governo tem abrangência e controla todos os outros atores, e mesmo com um grandioso papel e com poucas atividades relacionadas a organizações híbridas e ao papel dos demais, existem anseios por lideranças governamentais em projetos de desenvolvimento.

A configuração/modelo *laissez-faire* apresenta empresas, academia e governo atuando separadamente, com interações modestas, tratando-se de um modelo em que a mentalidade individualista ganha mais destaque, e onde o governo tem ações apenas quanto a problemas como falhas de mercado, ambiente esse em que as indústrias podem ser fortes em suas áreas mas que, no entanto, podem não absorver as necessidades dinâmicas do ambiente externo (clientes, fornecedores, outras instituições) (ETZKOWITZ, 2013; RAZAK; WHITE, 2015). Segundo explicam Ranga e Etzkowitz (2013) a configuração *laissez-faire* se caracteriza por: uma universidade com atuação principal no fornecimento de capital humano qualificado, uma indústria portando-se como a força motriz do modelo e um governo agindo com intervenções limitadas, principalmente como regulador de mecanismos sociais e econômicos. Etzkowitz e Zhou (2017) observam, entretanto, que o modelo é em grande parte um modelo ideológico americano, que obscurece uma realidade de relações entre as esferas (Universidade — Indústria — Governo) que são altamente interativas em nível nacional, regional e local.

Em consonância com o que apresentou a Figura 1 sobre as duas trajetórias, Etzkowitz e Zhou (2017) relatam que ambas as perspectivas — estatista ou *laissez-faire* — levam ao modelo balanceado. Para os autores existe um movimento que proporciona uma maior independência de universidade e indústria em relação ao governo, por um lado, assim como uma interdependência dessas esferas institucionais, por outro, e, dessa forma, novas inovações organizacionais surgem de modo especial das interações entre as três hélices. Universidade, indústria e governo interagindo, assumindo tanto os seus próprios papéis, assim como os dos demais, por meio de combinações diversas, estimulam a criatividade das organizações, pois no modelo balanceado, o qual apresenta uma configuração equilibrada, são oferecidos *insights* mais importantes para a inovação, são criados ambientes de inovação mais favoráveis, surgem sinergias criativas, novos espaços para interações e novos formatos organizacionais, uma infraestrutura de conhecimento é gerada em termos de esferas institucionais sobrepostas (ETZKOWITZ, 2013; RANGA; ETZKOWITZ, 2013; YODA; KUWASHIMA, 2019). Efetivamente, no centro da Hélice Tríplice, na interseção, estão as redes trilaterais, as organizações híbridas e a sociedade civil, podendo aparecer em forma de associações voluntárias, todos com propósitos similares.

Em caráter geral, a Hélice Tríplice foi definida preliminarmente em termos de vínculos entre as três esferas (universidade — indústria — governo) como relações de instituições. No entanto, um de seus elementos essenciais é que as relações têm por base o conhecimento, o que as faz crescer no formato de redes de reciprocidade de papéis (LEYDESDORFF, 2018). Ademais, as mudanças que ocorrem por intermédio das interações entre as três hélices no modelo balanceado, são fundamentalmente importantes por haver compartilhamento de conhecimento,

cooperações e ações com vistas no desenvolvimento regional ou até nacional (D'AVILA *et al.*, 2017).

4. Metoologia

Para o alcance do objetivo desta pesquisa — contribuir para estudos que tratem das perspectivas sobre o Hidrogênio Verde sob a ótica do modelo da Hélice Tríplice (Universidade — Indústria — Governo) identificando o caminho para a configuração do modelo — foi realizada uma abordagem de cunho qualitativo, inquirição interpretativa (com interpretações realizadas por leitores, participantes e pesquisadores) que deixa claras as múltiplas visões que podem surgir do problema, apropriando-se da estratégia de investigação *estudo de caso descritivo*, que envolve a configuração do fenômeno, sua estrutura, atividades e relacionamento com outros fenômenos (CRESWELL, 2010; GODOY, 2015). Dados foram coletados por meio de entrevistas com especialistas das áreas correspondentes às três esferas da Hélice Tríplice, que foram indagados por um roteiro de perguntas semiestruturado. Os dados coletados foram analisados por intermédio de uma Análise Proposicional do Discurso (APD), técnica que identifica “universo de referências” adaptando-se a materiais verbais produzidos em entrevistas (BARDIN, 2016). Tais análises contaram com o auxílio do software Iramuteq (*Interface de R por les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*).

5. Análise dos resultados

Foram entrevistados seis especialistas das três esferas apontadas no modelo da Hélice Tríplice — Universidade (3) — Indústria (2, entidade representativa) — Governo (1), a maioria com participação ativa nos movimentos associados ao Hidrogênio Verde no Ceará — com o objetivo de captar opiniões e sugestões sobre o papel de cada hélice na formação da Hélice Tríplice relativa ao panorama do Hidrogênio Verde sob análise neste estudo, bem como sobre a essência e trajetória de sua formação. As falas foram transcritas para a formação de um *corpus* textual gerador de segmentações de textos por intermédio do software Iramuteq. Tais segmentos foram considerados (adaptados), à luz da técnica APD, como *proposições*, que qualificam, explicam os *referentes-núcleos*, objetos temáticos (termos) estruturantes do tema (BARDIN, 2016). Foram gerados 249 segmentos de texto (*proposições*) pelo software que, além disso, foi utilizado para a geração de classes que corresponderam aos *referentes-núcleos*, e que incorporou 205 proposições (82,33% do total de 249). Foram formados, então, 6 referentes-núcleos, associadas a seguir com as esferas da Hélice Tríplice.

Para o referente-núcleo 1 (que comportou 29 das 205 proposições ou 14,15%) foi possível a identificação (relação) com a hélice universidade, tendo em vista proposições listadas que sugerem seu papel, como nos exemplos:

“Nós precisamos desse conhecimento que a **universidade** tem para fazer adaptações, só que com a velocidade que é necessária para as empresas.” (Entrevistado 1);

“A **universidade** tem que ser ampla e geral. Tem que ver plano de negócio, segurança, normas e fatores jurídicos, proteção e contratos, além de ter a tecnologia mais apropriada pra nós.” (Entrevistado 5).

Por certo, sobre as narrativas relacionadas ao papel da universidade, o conjunto de discursos, revelou ideias de uma hélice que passa (ou pode passar) por transformações, adaptações necessárias para o contexto do Hidrogênio Verde no Ceará. Fortalece a afirmação de Etzkowitz (2013) sobre uma universidade que compõe a Hélice Tríplice com uma característica empreendedora e que transcende até mesmo o desenvolvimento dos pontos fortes em pesquisas. D'Avila *et al.* (2017) ainda reforçam sinalizando para uma universidade com o

empreendedorismo como missão acadêmica e com experiência em pesquisa e capital humano para seu perfil como uma esfera da Hélice Tríplice. Alguns outros termos que compõem as proposições do referente-núcleo ainda têm destaque, como: *pesquisa, participação, contribuição e pensar*.

O referente-núcleo 2 (comportando 25 das 205 proposições, 12,2%) teve a ele endereçadas proposições que guardam relação estreita com uma temática próxima das operações industriais ou produção, agregando termos como: *engenharia, equipamento, eletrólise, tubulação, offshore e construção*. Infere-se como uma classe que caminha conforme os desdobramentos das propostas da hélice indústria.

Já o referente-núcleo de número 3 (comportando 41 das 205 proposições, 20%) elencou proposições que a aproximaram com significância da hélice governo, conforme pode ser observado nos exemplos:

“Falando sobre a questão do Hidrogênio Verde e a Tríplice Hélice no estado do Ceará, primeiro eu acho que o **governo** fez um papel importante em induzir essa questão.” (Entrevistado 2);

“E o **governo**, o papel do **governo**, é dar proteção, incentivos, subsídios, isenção de impostos durante e, quinze, ou vinte anos até se firmar, e, se firmou, então sim começa a pagar imposto.” (Entrevistado 5).

As proposições apresentam, para além das perspectivas governamentais que se instalam, ações que apontam através das falas para o reconhecimento de uma hélice governo que induz ao desenvolvimento conforme preza por fontes de produtividade (com a indução dos processos e para a realidade de atrações de empresas). A vertente governamental pode (deve) ultrapassar um papel básico sendo responsável por corrigir falhas de mercado, ajustar políticas públicas, estabelecer regras, e também disponibilizar capital de risco, principalmente para negócios de alto risco, desempenhando, contudo, um papel moderador para além de controlador (ETZKOWITZ, 2013; CAI; ETZKOWITZ, 2020, ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Além das proposições apresentadas, esse referente-núcleo reuniu termos apropriados à hélice como: *imposto, memorando de entendimento, plano, atração e emprego*.

Para o referente-núcleo de número 4 (comportando 50 das 205 proposições, 24,39%) foi sintetizada a hélice indústria, pois as proposições reunidas sinalizaram para fatores sugeridos para o papel dessa esfera na formação da Hélice Tríplice, como é possível perceber nos exemplares:

“Esse hidrogênio não vai servir apenas para **exportação**. Muito se fala em exportações, mas ele tem [outras] tantas aplicações, que são inúmeras, para o mercado interno, **mercado** brasileiro que é imenso.” (Entrevistado 4);

“Inclusive a Apodi já está com um projeto [...]aquecimento de altos fornos e fazer cimento. A EDP, que produz energia elétrica usando gás natural [...]” Entrevistado 1).

O mercado e algumas indústrias são mencionados revelando importantes componentes da hélice, que trabalham na promoção do desenvolvimento tecnológico, além de terem em sua formação aspectos do empreendedorismo, incorporando inovações como um foco central (ETZKOWITZ, 2013). Também é possível perceber nas proposições as possibilidades de conexões entre empresas, um importante papel da indústria em benefício de sua produção, tendo em vista que as interações entre os atores promovem a formação e o desenvolvimento de firmas baseadas no conhecimento (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Outros termos listados em outras proposições do referente-núcleo também mostram afinidade com a hélice indústria, como: *combustível, fertilizante, mistura e componente*.

Para os referentes-núcleos finais, 5 e 6 (preposições, 28 – 13,66% e 32 – 15,61% do total, respectivamente) é verificado um conjunto de proposições que compartilham a ideia do que pode observado no núcleo da Hélice Tríplice (o modelo balanceado), conforme exposto sinteticamente pela Figura 2: a intersecção entre as hélices que representa o produto ou os produtos resultantes das interações. Segundo Etzkowitz (2013), são inovações organizacionais que surgem das interações e que até mesmo suplantam as variações em sistemas nacionais de inovação.

Os exemplos de proposições marcam a representatividade das interações:

“O Hidrogênio Verde tem como um dos atributos importantes a **congregação** das três hélices, e por ser uma nova tecnologia precisa da academia também para formar profissionais [específicos]. Então, é uma tecnologia que ainda vai ter muito desenvolvimento a ser feito.” (Entrevistado 6);

“Essa oportunidade do Hidrogênio Verde que surgiu para o Brasil e para o Ceará é bem favorável porque o desenvolvimento dessa oportunidade está ocorrendo **simultaneamente** em todo o mundo.” (Entrevistado 3);

“...esses dois **entes juntos** [Federação das Indústrias do Estado do Ceará e Governo do Estado do Ceará] fizeram um estímulo para investidores internacionais nessa área, divulgando as potencialidades do Ceará em relação a isso [Hidrogênio Verde].” (Entrevistado 2).

“... reuniões com os **grupos de interesse** prós e contra, depois você tem que fazer a legislação, tem que aprovar na câmara, no senado, para poder virar lei, botar no orçamento da união.” (Entrevistado 1).

“... sendo nosso grande desejo, criar um **centro de pesquisa** [de] Hidrogênio Verde aqui dentro da universidade...” (Entrevistado 1).

As interações e seus resultados também podem ser capturados ao serem verificados termos que compõem as diversas proposições do referente-núcleo, como: *hidrogênio-verde, envolver, movimento, grupo, cadeia, relação e área*.

Figura 2 – Framework Hélice Tríplice do Hidrogênio Verde



Fonte: Elaboração própria com base em Etzkowitz (2013).

O alinhamento de estratégias pode promover o destaque da Hélice Tríplice, que consiste na responsabilidade de liderança dos edificadores e dos idealizadores da inovação, sejam indivíduos ou organizações, em reunir diversos atores em um projeto comum (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). Projeto comum para o objeto deste estudo — o cenário de ações para o desenvolvimento de operações com o Hidrogênio Verde no estado do Ceará — está na

efetivação, na concretização de políticas públicas direcionadas, formação de núcleos de estudo, formatação de instituições dedicadas à temática, entre outras possibilidades de decisões estratégicas, todas resultantes da formação consolidada da Hélice Tríplice.

Sobre esse arranjo, especificamente sua trajetória de formação, muito embora o modelo especifique que “o caminho que leva à hélice tríplice tem início a partir de dois pontos de vista opostos” (ETZKOWITZ, 2013, p. 16), para o caso investigado neste estudo, evidências na composição do *corpus* textual (algumas não formadores de proposições) resultantes das entrevistas com os especialistas, mostram interações e propostas de interações desde a idealização das ações de promoção do Hidrogênio Verde no estado do Ceará, como nos trechos:

“...no final de 2020, sobre o projeto do hidrogênio verde já havia uma visão para integrar a academia, os órgãos de governo, e inclusive o CIPP [Complexo Industrial e Portuário do Pecém] ...”. (Entrevistado 4);

“Para se ver um fato interessante, falando em tríplice hélice, todo esse processo iniciou a partir de um memorando de entendimento que foi assinado entre o governo do estado, federação das indústrias e universidade, já foi assim um começo muito bom...”. (Entrevistado 3).

Nota-se uma vertente de interações já no início dos processos de formatação do projeto. Além disso, o próprio memorando mencionado, que inaugurou as ações pró Hidrogênio Verde no estado do Ceará, datado do início do ano de 2021, contempla cooperações em sua cláusula primeira do objeto:

CLÁUSULA 1.^a O presente MOU regula a forma e a condições pelas quais as partes convenientes se propõem a direcionar suas potencialidades, atuando em cooperação mútua com o objetivo de implantação de um HUB de Hidrogênio Verde no Ceará e de elaboração de políticas públicas sustentáveis, envolvendo especificamente:

- a) Direcionamento das ações planejadas de forma coordenada;
- b) Troca de informações entre os responsáveis pelas atividades desenvolvidas no cumprimento do Objeto, devendo essas serem tratadas com confidencialidade; e
- c) Complementaridade de ações que propiciem o alcance de objetivos e metas. (CEARÁ, 2021, p. 4).

Mesmo vindo a se tratar de um documento proposto pelo governo, as interações para sua confecção, inclusive, já demonstraram cooperações entre as três hélices. O governo pode representar melhor para a Hélice Tríplice o papel de criador de “espaço de consenso” onde são reunidos os partícipes fundamentais para a concepção e implementação de projetos de inovação (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017).

O conjunto de evidências para o caso do Ceará apresenta a composição de uma Hélice Tríplice que não necessariamente se constitui percorrendo um curso que considera um ou outro dos dois pontos de vista opostos, os modelos: estatista ou *laissez-faire*. Dessa forma, é possível notabilizar que o modelo balanceado, a Hélice Tríplice, pode ser alcançado por intermédio de fases de organização das interações, numa diferenciação do caminho tradicional apresentado pela teoria.

Percursos diferenciados para o atingimento da Hélice Tríplice podem ser identificados em outros estudos, como em Yoda e Kuwashima (2019) em pesquisa sobre transições de colaborações e interações no Japão. Suas análises observaram um percurso que partindo do modelo estatista alcançaram um modelo distinto de interações. Conforme uma transição para o modelo balanceado se chega, antes de atingi-lo, a um outro modelo, inclusive já discutido por Cai e Liu (2015), que revela plenas interações entre universidade e indústria, sob a supervisão do governo, padrão que é considerado uma evolução do modelo estatista com a moderação, amenização do perfil governamental controlador.

Mesmo sendo originada por caminhos distintos, a Hélice Tríplice tem em seu fundamento a força das interações, e mesmo em estudos que não estão explicitamente relacionados com o modelo é destacado que instituições como a universidade e a indústria são motivadas ao desenvolvimento de cooperações, que surgem das interações, por interesses mútuos nesse processo. À medida em que ocorrem desenvolvimentos de tecnologias, processos e mecanismos de inovação, como os estabelecidos pela quarta revolução industrial, organismos institucionais de um sistema socioeconômico (na lista a universidade, a indústria e o governo), e suas interações, seguem trajetórias de desenvolvimento complexas que devem ser percebidas em suas configurações (CHATZINIKOLAOU; VLADOS, 2019; RAZAK; WHITE, 2015).

6. CONCLUSÃO / CONTRIBUIÇÃO

Como desfecho desta pesquisa que objetivou contribuir para estudos que tratem das perspectivas sobre o Hidrogênio Verde sob a ótica do modelo da Hélice Tríplice (Universidade — Indústria — Governo) identificando o caminho para a configuração do modelo conforme padrões opostos, um modelo estatista e um modelo *laissez-faire*, foi possível observar sobre a configuração das hélices e a identificação de seus papéis, conforme a palavra dos especialistas, que para a esfera universidade o caminho está na construção de uma academia empreendedora e adaptativa, que ultrapasse suas perspectivas de pesquisa e capacite de forma direcionada para as peculiaridades do Hidrogênio Verde. A hélice indústria deve primar em se constituir realizadora de conexões entre as várias possíveis empresas envolvidas com os processos, com forte abrangência na tecnologia e na inovação, com geração de emprego e renda. Ainda, uma hélice governo que vá além dos papéis básicos e promova benefícios para além das atrações de empresas, contribuindo ainda com moderações. As interações promovem uma Hélice Tríplice onde as estratégias de desenvolvimento ocupam seu núcleo, com a formação de grupos com interesses comuns sobre o Hidrogênio Verde.

Sobre tais interações entre as três esferas que compõem o modelo, para o caso estudado do cenário do Hidrogênio Verde no estado do Ceará, foram percebidas ocorrências desde sua idealização, o que estabelece que o caminho da formação da Hélice Tríplice não corresponde a um percurso por um dos dois exemplares explicados por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), estatista e *laissez-faire* antagonistas, atingindo de forma mais direta o terceiro modelo (balanceado), com ações de desenvolvimento de projeto, e que as características desse modelo se apresentam no caso de forma clara, com evidentes contribuições para a citada formação de unidades de interesse comum, núcleo da Tríplice Hélice, que tendem a alcançar o desenvolvimento local, regional e nacional.

Esta pesquisa busca contribuir para o avanço dos estudos relacionados com a Teoria da Hélice Tríplice, universidade, indústria e governo, conforme Etzkowitz (2013), inovação em movimento, sob o aspecto da evolução das propostas de caminho para o alcance do modelo, que podem não serem traçados no formato padrão apresentado, via modelo estatista ou modelo *laissez-faire*.

Como sugestão pesquisas futuras, este estudo pode ser complementado por intermédio de estudos do seu objeto que contemplem os desdobramentos do modelo triplo, ou seja, Hélice Quádrupla e Hélice Quintupla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, Anthony Velazquez; DODDS, Paul E. Green hydrogen characterisation initiatives: Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges. **Energy Policy**, v. 138, p. 111300, 2020.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BEZERRA, Francisco Diniz. Hidrogênio Verde: nasce um gigante no setor de energia. **Caderno Setorial ETENE**, v. 6, n. 212, p. 1-13, 2021.

BIKSE, Veronika; RIVZA, Baiba. The Helix Model System as a Challenge and Driver for Rural and Regional Development. **New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences**, v. 2, n. 6, p. 24-34, 2016. <https://doi.org/10.18844/gjhss.v2i6.1425>.

BW – Biosphere World. **Ceará receberá o primeiro HUB de hidrogênio verde no Brasil**. BW Expo Summit Digital. Fortaleza: PARTEC – UFC – Materiais sobre Hidrogênio Verde, 2020. Disponível em: <https://parquetecnologico.ufc.br/pt/materialh2verde/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

CAI, Yuzhuo; ETZKOWITZ, Henry. Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future. **Triple Helix**, v. 7, n. 2-3, p. 189-226, 2020.

CAI, Yuzhuo; LATTU, Annina. Triple helix or quadruple helix: which model of innovation to choose for empirical studies? **Minerva**, v. 60, n. 2, p. 257-280, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11024-021-09453-6>.

CARMONA, Bruno de Souza; KASSAI, José Roberto. A matriz energética brasileira: uma análise perante a NDC e o ODS7. 2019, **Anais...** São Paulo: EAC/FEA/USP, 2019. Disponível em: https://congressosp.fipecafi.org/anais/Anais2019_NEW/ArtigosDownload/1751.pdf. Acesso em: 08 jun. 2022.

CEARÁ (Estado). **Memorando de Entendimento Hidrogênio Verde – Gov. do Estado, FIEC, UFC e CIPP**. Fortaleza: PARTEC – UFC – Materiais sobre Hidrogênio Verde, 2020. Disponível em: <https://parquetecnologico.ufc.br/pt/materialh2verde/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. **Lanzamiento de la Plataforma H2LAC: el Poder del Hidrógeno Verde de Latinoamérica para la Transición Energética Mundial**. Nota informativa. 30 nov. 2021. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/notas/lanzamiento-la-plataforma-h2lac-poder-hidrogeno-verde-latinoamerica-la-transicion-energetica>. Acesso em: 12 jul. 2022.

CHATZINIKOLAOU, Dimos; VLADOS, Charis. University-industry-government linkages and the helix theory on the fourth industrial revolution. In: **6th International Conference on Applied Economics “INSTITUTIONS & THE KNOWLEDGE ECONOMY**. University of Thessaly, Department of Economics, Volos, Greece. 2019. <https://ssrn.com/abstract=3400739>.

CÉSAR, Aldara da Silva *et al.* Hydrogen productive chain in Brazil: An analysis of the competitiveness' drivers. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 751-763, 2019.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução de Magda Lopes. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

D'AVILA, Jones Costa *et al.* A Tríplice Hélice como fator de desenvolvimento regional sob a ótica de especialistas. In: Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação. 7., 2017, Foz do Iguaçu, PR, **Anais [...]** Foz do Iguaçu, PR: EGC/UFSC, 2017.

DELGADO, Fernanda; COSTA, Agnes M. da. Os caminhos do país na construção da economia global do hidrogênio. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 75, n. 3, p. 38-42, 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Bases para a consolidação da estratégia brasileira do hidrogênio**. Nota Técnica No EPE-DEA-NT-003/2021. Brasília: EPE, 2021.

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

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos avançados**, v. 31, p. 23-48, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190003>.

GODOY, Arilda Schmidt. Estudo de caso qualitativo. In: GODOI, Christiane Kleinübing; BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; SILVA, Anielson Barbosa da (orgs.). **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais**: paradigmas, estratégias e métodos. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

H2LAC – Plataforma para el desarrollo del hidrogeno verde en Latinoamérica y el Caribe. **Países – Brasil**, 2022. Disponível em: <https://h2lac.org/paises/brasil/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

LEYDESDORFF, Loet. Synergy in knowledge-based innovation systems at national and regional levels: The Triple-Helix model and the Fourth industrial revolution. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 4, n. 2, p. 16, 2018. <https://doi.org/10.3390/joitmc4020016>.

LOSEKANN, Luciano; TAVARES, Amanda. **Transição energética e potencial de cooperação nos BRICs em energias renováveis e gás natural**. Texto para discussão. Brasília: IPEA, 2020.

LUPION, Bruno. **Aposta da Europa em Hidrogênio Verde abre janela ao Brasil**. DW - Made for minds, 09 out. 2020. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/aposta-da-europa-em-hidrog%C3%AAnio-verde-abre-janela-ao-brasil/a-55214431>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MIDILLI, Adnan. Green hydrogen energy system: A policy on reducing petroleum-based global unrest. **International Journal of Global Warming**, v. 10, n. 1-3, p. 354-370, 2016.

PINKOWSKI, Ansgar. **Hidrogênio Verde: oportunidades econômicas e socioambientais para o Ceará**. AHK Rio de Janeiro. Fortaleza: PARTEC – UFC – Materiais sobre Hidrogênio Verde, 2020. 16 slides. Disponível em: <https://parquetecnologico.ufc.br/pt/materialh2verde/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

RANGA, Marina; ETZKOWITZ, Henry. Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society. **Entrepreneurship and knowledge exchange**, p. 117-158, 2015. <https://doi.org/10.5367/ihe.2013.0165>.

RAZAK, Azley Abd; WHITE, Gareth R.T. The Triple Helix Model for Innovation: A holistic exploration of barriers and enablers. **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, v. 7, n. 3, p. 278-291, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJBPSM.2015.071600>.

SADIK-ZADA, Elkhan Richard. Political Economy of Green Hydrogen Rollout: A Global Perspective. **Sustainability**, v. 13, n. 23, 13464, 2021. <https://doi.org/10.3390/su132313464>.

SILVEIRA, Paula Gallbiatti; FAGUNDEZ, Gabrielle Tabares de; SOUZA, Rafael Speck. A (In) compatibilidade entre o ods7 e as políticas públicas brasileiras de fomento às energias renováveis. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2020. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e020203-19>.

TARATORI, Rallou *et al.* Unveiling the Evolution of Innovation Ecosystems: An Analysis of Triple, Quadruple, and Quintuple Helix Model Innovation Systems in European Case Studies. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7582, 2021.

VERLINDE, Sara; MACHARIS, Cathy. Innovation in urban freight transport: The triple Helix model. **Transportation Research Procedia**, v. 14, p. 1250-1259, 2016.

YODA, Noriko; KUWASHIMA, Kenichi. Triple helix of university–industry–government relations in Japan: Transitions of collaborations and interactions. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 11, n. 3, p. 1120-1144, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13132-019-00595-3>.

ZABALOY, María Florencia; GUZOWSKI, Carina; DIDRIKSEN, Lis. Hidrógeno verde em Argentina: desarrollo actual y perspectivas a futuro. **Energía y desarrollo sustentable**, n. 6, p. 35-51, 2021.