



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIOLOGIA

ROBSON FERREIRA FARIAS

**UNIVERSIDADE, INOVAÇÃO, DEPENDÊNCIA E O HUB DE H2V DO
COMPLEXO DO PECÉM: UM ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ**

FORTALEZA

2025

ROBSON FERREIRA FARIAS

UNIVERSIDADE, INOVAÇÃO, DEPENDÊNCIA E O HUB DE H2V DO
COMPLEXO DO PECÉM: UM ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Sociologia. Área de concentração: Política, Economia e Sociedade.

Orientador: Prof.^a Dr. Clayton Mendonça Cunha Filho

Coorientadora: Prof.^a Dra. Flávia Mendes de Almeida Collaço.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F238u Farias, Robson Ferreira.
Universidade, inovação, dependência e o Hub De H2v do complexo do Pecém : um estudo de caso da Universidade Federal do Ceará / Robson Ferreira Farias. – 2025.
283 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Humanidades, Programa de Pós-Graduação em Sociologia, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Clayton Mendonça Cunha Filho.
Coorientação: Prof. Dr. Flávia Mendes de Almeida Collaço.
1. Universidade. 2. H2V. 3. Inovação. 4. Dependência. 5. Hub. I. Título.

CDD 301

ROBSON FERREIRA FARIAS

UNIVERSIDADE, INOVAÇÃO, DEPENDÊNCIA E O HUB DE H2V DO
COMPLEXO DO PECÉM: UM ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Sociologia. Área de concentração: Política, Economia e Sociedade.

Aprovada em: 15 /09 /2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Clayton Mendonça Cunha Filho (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Flávia Mendes de Almeida Collaço (Coorientadora)

Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara (Avaliador externo)

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Edemilson Paraná (Avaliador interno)

Lappeenranta-Lahti University of Technology (LUT University)

AGRADECIMENTOS

Visto ser desprovido de religião, ou qualquer crença em “personagens transcendentais”, reservo este espaço exclusivamente para agradecer aos sujeitos de carne e osso que atravessaram minha vida nos últimos anos, gerando, de fato, preciosas contribuições ao meu crescimento humano e intelectual.

Gratidão sem tamanho aos meus pais, Edval e Terezinha, por toda a compreensão, humildade, sensibilidade e irreverência que sempre acompanharam seus ensinamentos.

Gratidão aos meus irmãos, Rômulo e Marcelo, pelas conversas, os momentos descontraídos, e todos os "dramas da vida cotidiana" que me estimulam a ser cada vez mais resiliente.

Gratidão aos meus amigos de pós-graduação Eduardo, Paulo Henrique, Victor Moreira, pelas reflexões, os trabalhos conjuntos, e toda a parceria que há de vingar nos anos vindouros.

Gratidão à toda “galerinha” do Cuca Ambiental, Wilson, Beatriz, Clarice, Lígia, Athirson, por todas as conversas, gentilezas, simpatia e respeito mútuo. Sem dúvida, a passagem por esse projeto da Rede Cuca foi decisiva para estruturação de meu horizonte profissional.

Gratidão a todos os interlocutores e interlocutoras que, generosamente, aceitaram meu convite de entrevista, proporcionando-me diálogos maravilhosos e repletos de informações.

Gratidão sem tamanho à minha coorientadora Flávia Collaço por toda a gentileza, simpatia, perspicácia e humildade que sempre revestiram suas valiosas sugestões ao meu trabalho de dissertação.

Gratidão ao meu orientador, pelas dicas, sugestões e empenho na leitura de meu trabalho ao longo de seu período de elaboração.

Por fim, gratidão à CAPES, pelo financiamento à pesquisa durante os 24 meses de mestrado, uma vez que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Se tem muita pressão
Não desenvolve a semente
É a mesma coisa com a gente
Que é pra ser gentil
Como flor é pra florir
Mas sem água, Sol e tempo
Que botão vai se abrir?

(Emicida, 2020).

RESUMO

São frequentes as discussões que abordam as possibilidades de inserção do Brasil na cadeia produtiva do H2V, destacando suas vantagens comparativas e seu potencial de exportação. No entanto, é importante indagar se essa inserção ocorrerá reforçando a posição do país na Divisão Internacional do Trabalho (DIT), no que o sociólogo chileno Jaime Osório conceitua como “Novo Padrão Exportador de Especialização Produtiva”, ou sedimentará oportunidades para geração de produtos de alto valor agregado, reduzindo os desequilíbrios regionais internos e gerando avanços econômicos, infraestruturais e tecnológicos às regiões periféricas, como o Nordeste, que abriga grande parcela nacional da capacidade instalada de energias renováveis e emerge como principal destino dos projetos de H2V. Neste contexto, o presente estudo busca compreender a participação da UFC no desenvolvimento da cadeia produtiva do H2V no Ceará, em termos de Ciência, Tecnologia e Inovação, com foco no Hub instalado no Complexo do Pecém; procurando explorar tanto suas contribuições para o Hub, quanto os possíveis *spillovers* do Hub para a UFC. Metodologicamente, a pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, com objetivos exploratório e descritivo, e se utiliza da triangulação entre pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e entrevistas semiestruturadas. Os resultados do estudo evidenciam o caráter ainda exploratório das colaborações da UFC com as empresas do Hub, sendo os únicos casos registrados até agora o acordo realizado com a empresa Fortescue e o MoU assinado com a Mingyang *Smart Energy*. Igualmente, os achados constatarem que empresas do Hub não têm gerado até o momento significativas externalidades positivas para a UFC, chamando atenção, neste caso, a escassez de “*spillovers* propriamente tecnológicos”, ou seja, transbordamentos que envolvam parcerias de inovação, visando o desenvolvimento de novos produtos ou serviços tecnológicos.

Palavras-chave: universidade; H2V; inovação; dependência; Hub; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Discussions that address the issue are frequent the possibilities of Brazil's insertion in the H2V production chain, highlighting its comparative advantages and its export potential. However, it is important that if this insertion occurs, it will reinforce the country's position in the International Division of Labor (IDL), in what Chilean sociologist Jaime Osório conceptualizes as the “New Export Pattern of Productive Specialization”, or it will consolidate opportunities for the generation of high value-added products, reducing regional imbalances and generating economic, infrastructural and technological advances in peripheral regions, such as the Northeast, which are home to a large portion of the country's installed renewable energy capacity and emerge as the main destination for H2V projects. In this context, this study seeks to understand UFC's participation in the development of the H2V production chain in Ceará, in terms of Science, Technology and Innovation, focusing on the Hub installed in the Pecém Complex; seeking to explore both their contributions to the Hub and the possible repercussions of the Hub for the UFC. Methodologically, the research presents a qualitative approach, with exploratory and descriptive objectives, and uses triangulation between bibliographic research, documentary research and semi-structured interviews. The study findings highlight the still exploratory nature of UFC's collaborations with Hub companies, with the only cases recorded so far being the agreement reached with Fortescue and the MoU signed with Mingyang Smart Energy. Likewise, the results found that Hub companies have not generated any significant positive externalities for UFC to date, drawing attention, in this case, to the scarcity of “specifically technological spillovers”, that is, spillovers involving innovation partnerships, transfers or the development of new technological products or services.

Keywords: university; H2V; innovation; dependence; Hub; sustainable development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de triangulação de técnicas.....	29
Figura 2 - Esquema da pesquisa bibliográfica.....	29
Figura 3 - Esquema da pesquisa documental.....	30
Figura 4 - Fluxo de spillovers entre universidade e subsidiárias.....	43
Figura 5 - Universidades nos SNI dos países periféricos	44
Figura 6 - Características dos SNI Imaturos.....	45
Figura 7 - Esquema geral do STI.....	49
Figura 8 - Universidades nos STI.....	50
Figura 9 - Continuum de desenvolvimento entre os SNAT e o SNI.....	54
Figura 10 - Diferença entre SNAT passivo e SNAT ativo	56
Figura 11 - Modelo econômico periférico e as universidades.....	59
Figura 12 - Universidades para o Desenvolvimento Humano Sustentável	61
Figura 13 - Ciclo vicioso da inovação nos países periféricos	63
Figura 14 - Estrutura de dependência e as universidades	67
Figura 15 - Modelo Estatista	76
Figura 16 - Modelo Laissez-faire	77
Figura 17 - Modelo Triple Helix	77
Figura 18 - Modelo Hélice Quíntupla.....	83
Figura 19 - Modelo Triple Helix Twins	85
Figura 20 - Modelo de Hélice Quíntupla para o Hub de H2V do Ceará.....	89
Figura 21 - Tipos de barreiras à UIC	91
Figura 22 - Tipos gerais de UIC	93
Figura 23 - Tipos de facilitadores à UIC	94
Figura 24 - Barreiras à UIC mais comuns nos países periféricos.....	97
Figura 25 - Casos de UIC de sucesso no Brasil.....	100
Figura 26 - As missões da Nova Indústria Brasil.....	111
Figura 27 - Princípios da NIB.....	112
Figura 28 - Eixos do PNH2.....	118
Figura 29 - Resultado da chamada nº 24/22 do CNPq/MCTI/FNDCT.....	121
Figura 30 - Pedidos de patente em H2V no Brasil segundo os estados.....	152

Figura 31 - Artigos da UFC na área de H2V em comparação com outras ICTs no Brasil.....	159
Figura 32 - Tipos possíveis de <i>spillovers</i> do Hub para a UFC.....	203
Figura 33 - Composição da Rede e a participação da UFC nos Grupos.....	209

LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

Quadro 1 - Esquema das entrevistas semiestruturadas.....	30
Quadro 2 - Evolução da HT para a THT	86
Gráfico 1 - Grau de relevância dos canais de UIC para o setor privado no Brasil.....	101
Quadro 3 - Documentos do GF segundo o foco estratégico.....	107
Quadro 4 - Documentos principais do GF e seus derivados.....	108
Quadro 5 - Tipos de consideração sobre as questões.....	109
Quadro 6 - Impactos sobre as universidades por tipo.....	110
Quadro 7 - Atividades impactadas por tipo.....	110
Quadro 8 - Empresas selecionadas na chamada dos Hubs.....	123
Quadro 9 - Documentos do GE segundo o foco estratégico.....	132
Quadro 10 - Acordos de H2V assinados pelo Governo Estadual até abril de 2025.....	140
Quadro 11 - Documentos do GF por tipos de consideração.....	147
Quadro 12 - Documentos do GF por tipos de impacto sobre as universidades.....	148
Quadro 13 - Documentos do GF por tipos de atividades impactadas.....	148
Quadro 14 - Documentos do GE por tipos de consideração.....	155
Quadro 15 - Documentos do GE por tipos de impacto para as universidades.....	155
Quadro 16 - Documentos do GE por tipos de atividades impactadas.....	156
Quadro 17 - Lista de trabalhos da UFC na área de H2V – até junho de 2025.....	160
Quadro 18 - Lista de projetos da UFC na área de H2V – até junho de 2025.....	165
Quadro 19 - Projetos da UFC por tipo de inovação radical.....	171
Quadro 20 - Projetos da UFC por tipo de inovação incremental.....	172
Quadro 21 - Projetos da UFC por tipo de inovação de produto.....	175
Quadro 22 - Projetos da UFC por tipo de inovação de processo.....	175
Quadro 23 - Tipos de inovação sustentável.....	179
Quadro 24 - Projetos da UFC segundo o conceito de inovação sustentável tipo 1.....	179
Quadro 25 - Projetos da UFC segundo o conceito de inovação sustentável tipo 2.....	181
Quadro 26 - Tipos de UIC nos projetos da UFC na área de H2V.....	184
Quadro 27 - Pesquisas e projetos da UFC selecionados na premiação da FIEC.....	186
Quadro 28 - Casos de aproximação da UFC com as empresas do Hub/CIPP na área de	

H2V (fevereiro 2021 a junho de 2025).....	190
Quadro 29 - Projetos de H2V segundo a área de conhecimento e o elo da cadeia.....	193
Quadro 30 - Tipos de setores econômicos de acordo com a intensidade tecnológica...	196
Quadro 31 - Caracterização das empresas do Hub segundo a Taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE.....	197
Quadro 32 - Empresas do Hub segundo os tipos de <i>spillovers</i> gerados para a UFC.....	207
Quadro 33 - Lista dos interlocutores da pesquisa segundo a área de formação e a função exercida.....	212
Quadro 34 - Barreiras suscitadas pelos interlocutores segundo os tipos conceituais....	220

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
EUA	Estados Unidos da América
COP	Conferência das Partes da ONU sobre Mudanças Climáticas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
GEE	Gases do Efeito Estufa
H2V	Hidrogênio Verde
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GW	Gigawatt
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
DIT	Divisão Internacional do Trabalho
C&T	Ciência e Tecnologia
UIC	<i>University-Industry Collaboration</i>
FIEC	Federação das Indústria do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
GII	<i>Global Innovation Index</i>
T&T	Transferência de Tecnologia
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação
SI	Sistema de Inovação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
STI	Sistema Tecnológico de Inovação
SNI	Sistema Nacional de Inovação
OTI	<i>Opportunity Taking Indicator</i>
PPP	Parcerias Público-Privadas
SNAT	Sistema Nacional de Aprendizagem Tecnológica
IED	Investimentos Estrangeiros Diretos
DHS	Desenvolvimento Humano Sustentável

SII	Sistemas de Inovação Inclusivos
TMD	Teoria Marxista da Dependência
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
Chesf	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
HT	Hélice Tríplice
ANPROTEC Inovadores	Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não-Governamental
THT	<i>Triple Helix Twins</i>
UIG	Universidade-Indústria-Governo
UPG	Universidade-Público-Governo
DUI	<i>Doing-Using-Interacting</i>
STI	<i>Science, Technology & Innovation</i>
TTO	<i>Technology Transfer Organization</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
USP	Universidade de São Paulo
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UnB	Universidade de Brasília
SIER	Sistema de Inovação em Energias Renováveis
GF	Governo Federal
GE	Governo Estadual
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MME	Ministério de Minas e Energia
MF	Ministério da Fazenda
PNH2	Programa Nacional do Hidrogênio

PTE	Plano de Transformação Ecológica
Patén	Plano de Aceleração da Transição Energética
IBH2	Iniciativa Brasileira de Hidrogênio
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
TRL	<i>Technology Readiness Level</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
ENPI	Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual
NIT	Núcleos de Inovação Tecnológica
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
ICTs	Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação
DAAD	<i>Deutscher Akademischer Austauschdienst</i>
PEM	<i>Proton Exchange Membrane</i>
CCUS	<i>Carbon Capture, Utilization and Storage</i>
SAF	<i>Sustainable Aviation Fuel</i>
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Pergunta de Pesquisa	25
1.2 Objetivos	25
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	25
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	25
1.3 Justificativa.....	26
1.4 Metodologia	28
1.5 Estrutura da Dissertação	31
2 REVISÃO DE LITERATURA PARA ESTUDO DA UIC NO CONTEXTO DO HUB DE H2V NO CEARÁ	33
2.1 Universidade e Sistemas de Inovação	33
2.1.1 <i>O conceito de inovação na tradição schumpeteriana</i>	37
2.1.2 <i>Tipos de inovação</i>	38
2.1.3 <i>Universidades e Inovação industrial nos SNI</i>	40
2.1.4 <i>Spillovers do Hub para a UFC</i>	41
2.1.5 <i>Sistemas de Inovação Imaturos</i>	43
2.1.6 <i>Sistemas Tecnológicos de Inovação</i>	48
2.2 Sistemas de Aprendizagem Tecnológica ativa e passiva	53
2.3 As perspectivas críticas latino-americanas	58
2.3.1 <i>Universidade e desenvolvimento social</i>	58
2.3.2 <i>Universidade e transferência de valor</i>	65
2.4 O modelo da Hélice Tríplice e a Universidade.....	74
2.4.1 <i>Modelo HT e contextos periféricos</i>	78
2.4.2 <i>A quarta e quinta hélices e as universidades</i>	80
2.4.3 <i>Triple Helix Twins</i>	84
2.4.4 <i>Modelo helicoidal e H2V no Ceará</i>	87
2.5 Colaboração Universidade-Indústria (UIC)	89
2.5.1 <i>Barreiras e facilitadores</i>	90

2.5.2	<i>UIC nos países em desenvolvimento e no Brasil</i>	96
2.5.3	<i>UIC no setor de energias renováveis no Brasil</i>	102
2.6	Síntese do capítulo.....	104
3	ANÁLISE DOS DOCUMENTOS DO SETOR GOVERNAMENTAL SOBRE H2V E SEUS IMPACTOS PARA AS UNIVERSIDADES	107
3.1	Governo Federal, Universidade e o H2V	108
3.1.1	<i>Nova Indústria Brasil</i>	113
3.1.2	<i>Programa Nacional do Hidrogênio</i>	120
3.1.3	<i>Plano de Transformação Ecológica</i>	126
3.1.4	<i>Marco Legal do H2 de baixo carbono</i>	130
3.1.5	<i>Programa de Aceleração da Transição Energética</i>	132
3.2	Governo Estadual, Universidade e o H2V	134
3.2.1	<i>Plano Estadual de Transição Energética Justa</i>	135
3.2.2	<i>Política Estadual do H2V</i>	137
3.2.4.1	<i>Inserção das empresas nacionais e locais no Hub</i>	146
3.2.4.2	<i>Externalidades das empresas do Hub para as universidades locais</i>	148
3.3	Síntese dos documentos do GF.....	149
3.4	Síntese dos documentos do GE.....	157
4	ANÁLISE DA INSERÇÃO DA UFC NO HUB, SUAS EXTERNALIDADES E DA PARTICIPAÇÃO DA UNIVERSIDADE NA REDE VERDES	161
4.1	Desempenho de pesquisa da UFC na área de H2V.....	161
4.2	Desempenho de inovação da UFC na área de H2V.....	166
4.2.1	<i>Projetos da UFC na área de H2V</i>	167
4.2.2	<i>Caracterização dos tipos de inovação dos projetos da UFC</i>	172
4.2.2.1	<i>Projetos da UFC segundo o grau de novidade das inovações (incremental ou radical)</i> 172	
4.2.2.2	<i>Projetos da UFC segundo a natureza das inovações (produto ou processo)</i>	176
4.2.2.3	<i>Projetos da UFC segundo o caráter sustentável das inovações (tipo 1 ou tipo 2)</i>	180
4.3	Colaborações Universidade-Indústria da UFC na área de H2V.....	185
4.3.1	<i>Financiamento empresarial à pesquisa</i>	186

4.3.2 <i>UFC e parcerias com a FIEC</i>	188
4.3.3 <i>UFC e as empresas do Hub de H2V</i>	190
4.3.4 <i>Patentes e licenciamento, artigos em coautoria e criação de startups por acadêmicos</i>	193
4.4 Projetos da UFC e grau de alinhamento com os desafios do H2V no estado	194
4.4.1 <i>Projetos de H2V da UFC e gargalos técnico-econômicos do H2V</i>	196
4.4.2 <i>Projetos de H2V da UFC e gargalos político-regulatórios e socioambientais do H2V</i>	197
4.5 Externalidades do Hub para a UFC	197
4.6 Caracterização das empresas do Hub segundo a Taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE	198
4.7 Tipos de externalidades ou <i>spillovers</i> do Hub para a UFC	203
4.7.1 <i>Casos de spillovers em andamento</i>	207
4.8 Participação da UFC na Rede Verdes	210
4.8.1 <i>Dinâmica interinstitucional e parceiros externos</i>	212
4.8.2 <i>Desafios da Gestão da inovação e dinâmica da Rede com o setor privado</i>	212
4.9 Análise dos dados primários	213
4.9.1 <i>Percepção sobre as barreiras que afetam as colaborações da UFC com o setor privado no estado</i>	215
4.9.2 <i>Percepção sobre as parcerias da UFC com as empresas do Hub de H2V</i>	225
4.10 Perspectiva dos entrevistados sobre a Rede Verde	229
4.10.1 <i>Dinâmica da Rede com o setor privado</i>	230
4.10.2 <i>Estratégias e Desafios da Rede para a gestão de inovação</i>	232
4.11 Síntese do capítulo	237
5 CONCLUSÃO	240
REFERÊNCIAS	246
APÊNDICE 1 – Roteiro de entrevista semiestruturada com AZUL (INTEGRANTE DO NIT da UFC)	279
APÊNDICE 2 – Roteiro de entrevista semiestruturada com MUSGO (INTEGRANTE da FIEC)	280
APÊNDICE 3 – Roteiro de entrevista semiestruturada com LARANJA (PESQUISADOR DA UFC)	281

APÊNDICE 4 – Roteiro de entrevista semiestruturada com ROXO (Pesquisador da UFC).....	282
APÊNDICE 5 – Roteiro de entrevista semiestruturada com VERDE (INTEGRANTE do PARTEC/UFC).....	283
APÊNDICE 6 – Roteiro de entrevista semiestruturada com BRANCO (PESQUISADOR da Rede Verdes).....	284

1 INTRODUÇÃO

No âmbito dos tratados internacionais, as discussões sobre o clima e o meio ambiente passam a emergir na segunda metade do século XX, a partir de encontros como a Conferência de Estocolmo, realizada na Suécia, em 1972 (Pessini e Sganzerla, 2016) – culminando na criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) –, e a Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento¹, assim como o Protocolo de Kyoto². É no século XXI, contudo, principalmente com a assinatura dos Acordos de Paris, em 2015, que a pressão internacional para maior engajamento dos países no combate às mudanças climáticas adquire novo fôlego, ao se determinar a não elevação da temperatura do planeta acima de 1,5°C como principal meta global.

Os tratados, no entanto, são marcados por contradições, como a saída dos EUA do Protocolo de Kyoto, em 2001 (Andrade e Costa, 2008), alegando prejuízo ao seu desenvolvimento econômico, a ruptura do governo Trump com os Acordos de Paris em 2020 (Agência Brasil, 2020), ou ainda o recente impasse na COP28, realizada em Dubai, com os países da OPEP reagindo contra a eliminação progressiva dos combustíveis fósseis (CLIMAINFO, 2023). Assim, os resultados atingidos nem sempre se aproximam das metas almejadas, levando muitos críticos a tratarem essas iniciativas como paliativos muito brandos para o efetivo controle das emissões globais de gases do efeito estufa (Van Vossele, 2013).

Por outro lado, o agravamento das mudanças climáticas segue firme, manifestando-se através de fenômenos diversos, como a desertificação (Tavares; Arruda e Silva, 2019), a elevação da temperatura e acidificação dos oceanos (Nações Unidas, 2023), o derretimento das geleiras polares, e a alteração nos padrões de chuva (Nações Unidas, 2023). No dia 16 de abril de 2024, por exemplo, ganhou os noticiários a ocorrência de uma enorme tempestade nos Emirados Árabes, o fato atípico surpreendeu até mesmo especialistas, ao registrar volumes pluviométricos de 194 milímetros, algo bem superior à média anual de um país historicamente desértico, com chuvas que não

¹ Conhecida como Eco-92, a conferência foi sediada no Rio de Janeiro, no ano de 1992, e hoje é considerada o marco inicial das Conferências das Partes da ONU (COPs) (Conselho Federal de Biologia, 2022)

² O Protocolo de Kyoto consiste num pacto firmado no Japão durante a terceira COP, em 1997, representando o primeiro acordo internacional a estabelecer metas para controle das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE), e desenvolver o mecanismo de créditos de carbono (Pessini e Sganzerla, 2016, p.5)

costumavam ultrapassar os 94 milímetros (Infomoney, 2024). Um mês antes, no dia 16 de março, no outro extremo do mundo, as altas temperaturas no Rio de Janeiro chamaram atenção, com um pico de 60,1°C de sensação térmica (Munhoz, 2024), algo jamais visto na história do estado³. Tais acontecimentos ilustram as consequências que as alterações do clima podem gerar sobre as diferentes regiões do planeta. Nesse cenário, os planos para redução das emissões dos gases poluentes e o debate sobre transição energética se tornam recorrentes, considerando que o sistema energético mundial, assentado no uso de combustíveis fósseis, é responsável por cerca de 75% das emissões dos gases do efeito estufa (GEE) (IEA, 2024).

Com efeito, o conceito de transição energética se refere a uma mudança estrutural nos sistemas de energia da sociedade (Edenhofer et al., 2012); deslocando-se, no presente caso, de uma matriz energética fóssil rumo a outra, com predominância de fontes renováveis. A transição energética, porém, configura-se como um processo complexo, e "*driven by many intertwined factors such as technological innovation, market mechanisms, policy arrangements, and sociocultural factors, triggering profound socio-economic and ecological effects*"⁴ (Yang et al., 2024, p.1). Até o momento, observou-se ao longo da história dois processos de transição energética (Yang et al, 2024); o primeiro realizado ao final do século XIX, com a sobreposição da lenha ou biomassa pelo carvão, e o segundo se consumando após a Segunda Guerra Mundial, com a consolidação do petróleo em detrimento do carvão (Fouquet, 2016).

Na literatura especializada é possível identificar variadas perspectivas sobre esse processo de transformação. Collaço e Souza (2023), por exemplo, resumizam ao menos três principais visões acerca do tema. Uma, considerada mais otimista, cujo expoente mais notório é o sociólogo norte-americano Benjamin Sovacool, estima que o processo de mudança pode ocorrer em tempo célere, desde que impulsionado pelo incremento de inovações tecnológicas, alteração nos hábitos de consumo energético, e políticas públicas

³ Nos meses posteriores de 2024, outros casos de transtornos ambientais associados às mudanças climáticas, continuaram a ocorrer. No Brasil, por exemplo, entre os meses de abril e maio, o estado do Rio Grande do Sul foi palco de uma das maiores tragédias na história recente do país, impactando mais de dois milhões de moradores, e culminando na morte de aproximadamente 170 pessoas (Santos, 2024). O desastre se manifestou por meio das chuvas extremas, grandes enchentes e alagamentos, fenômenos naturais de proporções atípicas cuja raiz se encontra no aprofundamento das mudanças climáticas, a exemplo da relação entre aquecimento da temperatura do planeta e ocorrência de precipitações mais intensas (Rodrigues, 2024).

⁴ "Impulsionado por muitos fatores interligados, como inovação tecnológica, mecanismos de mercado, arranjos políticos e fatores socioculturais, desencadeando profundos efeitos socioeconômicos e ecológicos" (tradução livre).

de incentivo à descarbonização. Outra, mais cautelosa, disseminada pelo cientista tcheco-canadense Vaclav Smill, baseia-se numa abordagem histórica do fenômeno, e estipula um intervalo de tempo muito mais longo para que uma substancial transformação se realize. E, por fim, uma leitura mais pessimista (ou “realista”) do processo, que questiona a própria ideia de transição, sendo defendida pelo sociólogo estadunidense Richard York, ao mostrar em seus estudos que a adição progressiva de fontes renováveis no arcabouço energético já existente não conduz necessariamente à substituição dos combustíveis fósseis (York, 2012). A despeito de qual perspectiva se mostra mais razoável, fato é que a necessidade de redução das fontes fósseis de energia em detrimento das fontes renováveis se torna um imperativo global, em face do risco de catástrofe ambiental que o planeta terra atravessa.

Nesse contexto, o Hidrogênio Verde (H2V) surge como uma alternativa energética promissora, ao se apresentar como um poderoso instrumento de descarbonização das economias, podendo ser utilizado tanto como combustível renovável quanto vetor energético⁵ em setores com grande volume de emissões de gases do efeito estufa (GEE), a exemplo da indústria, agricultura e transportes. Em decorrência de sua geração renovável a partir de fontes eólica e solar, e de seu potencial de mitigação das emissões dos GEE, observa-se uma verdadeira corrida global para elaboração de estratégias do H2V. Conforme pesquisa do *World Energy Council*, em 2020, já se registravam cerca de 20 nações com estratégias de hidrogênio renovável anunciadas, e 14 com apoio a projetos-piloto do combustível (GIZ, 2021, p.12), com destaque para Austrália, Holanda, Alemanha, Arábia Saudita, e China (GIZ, 2021).

Com os desdobramentos da guerra da Ucrânia, em 2022, a dependência energética de parte da Europa ao gás natural russo foi exposta, acendendo o sinal de alerta que levou a União Europeia a impulsionar ambiciosos programas de investimento em energias renováveis, a exemplo do REpowerEU (EUROPEAN COMMISSION, 2022), que prevê ampliação de infraestrutura, parcerias, e incentivo a tecnologias verdes. O governo alemão, particularmente, anunciou o H2Global, programa que dedica 900 milhões de euros à realização de leilões e atração de fornecedores internacionais na cadeia de valor do hidrogênio (Portal do Hidrogênio Verde, 2023) e o H2Brasil, voltado diretamente ao

⁵ Classificar o hidrogênio (H2) como vetor energético significa, por um lado, que o H2 representa uma fonte de energia secundária, ou seja, não é encontrada sozinha na natureza, e, por outro lado, que o H2 é um gás com capacidade de armazenar energia, o que torna possível sua utilização para geração de eletricidade (Zacari, 2023; Epalanga, 2023).

Brasil, atuando na expansão do mercado de H2V através de áreas como pesquisa, divulgação, capacitação de recursos humanos, e inovação (Portal do Hidrogênio Verde, 2021).

Não obstante, apesar do aumento das movimentações em torno do hidrogênio renovável, registra-se que, dos projetos de investimento em andamento no mundo - com 81% se concentrando na rota tecnológica do H2V -, a maioria não ultrapassou ainda a etapa de “promessa”, ou de intenção de investimento. De acordo com levantamento da agência britânica *Wood Mackenzie*, apenas 2% dos projetos estão em fase de construção ou operação (EPBR, 2024). Com efeito, para que o H2V se consolide como uma real fonte de energia no mercado global é necessária a superação de alguns desafios-chave, a exemplo da falta de regulação/certificação, indefinição sobre as rotas tecnológicas que serão consideradas por cada país, altos custos dos eletrolisadores, custos logísticos e riscos de armazenamento, preço elevado, baixa competitividade no mercado, e incerteza sobre a escala de demanda.

Em um cenário otimista, pesquisas mostram a expectativa de queda do preço do H2V até 2030 (EPE, 2021), e um dos principais fatores para isso é a diminuição dos custos de eletricidade e dos eletrolisadores (Santos e Ohara, 2021). Santos e Ohara (2021) estimam que a implantação de 70 GW de eletrolisadores até 2030 seria a quantidade necessária para transformar o H2V em uma rota competitiva com o hidrogênio cinza (Santos e Ohara, 2021). É interessante observar, sob este aspecto, que os investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) e inovação são tratados na literatura como cruciais mecanismos para superação dos desafios à consolidação do mercado de H2V, principalmente na redução dos custos do combustível (GIZ, 2021; Castro *et al.*, 2021).

Assim, considerando o papel estratégico da P&D e da inovação, e o preço da tecnologia dos eletrolisadores como um fator de encarecimento do H2V, é importante examinar o modo com que as discussões e *roadmaps* em âmbito nacional e estadual estão tratando o assunto. Se, por um lado, observa-se que as pesquisas em tecnologias de hidrogênio no Brasil se iniciam já no século XX, quando da crise do petróleo no final dos anos 1970 (Relva *et al.*, 2024, p.54), por outro lado, é inevitável perceber que o fenômeno da dependência tecnológica do Brasil também se expressa no setor do hidrogênio, manifestando-se no fato de que "praticamente todos os componentes da cadeia de produção" (Relva *et al.*, 2024, p.55) são importados, incluindo nas rotas tecnológicas

baseadas no uso da biomassa, em que se verifica a dependência de grande parte dos equipamentos, como reformadores e reatores catalíticos (Relva *et al.*, 2024).

Ao se evidenciar na literatura grande volume de estudos que abordam as possibilidades de inserção do Brasil na cadeia global de valor do H₂V (Matos e Bitencourt, 2023), ressaltando suas vantagens comparativas e potencial de exportação (De Moraes, 2022), é importante indagar se essa inserção ocorrerá reforçando a posição do país na Divisão Internacional do Trabalho (DIT), no que o sociólogo chileno Jaime Osório conceitua como “Novo Padrão Exportador de Especialização Produtiva” (Magalhães, 2016; Raposo, Almeida Filho e Amaral, 2021), ou, abrirá oportunidades para comercialização de produtos de alto valor agregado, reduzindo os desequilíbrios regionais internos (De Barros, 2000) e gerando avanços econômicos, infraestruturais e tecnológicos às regiões periféricas, como o Nordeste, que abriga grande parcela nacional da capacidade instalada de energias renováveis e emerge como principal local de implantação dos projetos de H₂V (EPBR, 2023).

Historicamente, o Brasil é caracterizado como possuindo um Sistema de Inovação Imaturo (Albuquerque, 2003), marcado pela infraestrutura deficitária de Ciência e Tecnologia, baixa articulação com o sistema produtivo, fraca contribuição ao desenvolvimento econômico, e “dependência do acesso à tecnologia estrangeira” (Albuquerque *apud* Neuberger e Marin, 2013, p.8), contrastando com os sistemas de nações desenvolvidas, como EUA, Japão, e Alemanha, que exibem protagonismo em inovações tecnológicas de fronteira e na produção científica global, como também se diferencia dos países com grande capacidade de absorção e difusão de tecnologias, como Holanda, Suécia e Dinamarca (Neuberger e Marin, 2013).

Quando se desagrega para o âmbito regional, o Nordeste apresenta tradicionalmente disparidade com as regiões Sudeste e Sul, que reúnem investimentos mais expressivos em C&T, maior número de grupos de pesquisa, além do predomínio de recursos humanos qualificados (mestres e doutores), e centros de pesquisa (De Barros, 2000. p.14). No entanto, estudos mais recentes assinalam a possibilidade de ocorrência de *catching-up* de regiões menos desenvolvidas, desde que os esforços para geração e absorção de tecnologias com impacto sobre a produtividade do trabalho se deem em proporção superior aos das regiões desenvolvidas (Casali, Silva e Carvalho, 2010).

É imprescindível, dessa maneira, compreender os desdobramentos que os projetos de H₂V (de *players* nacionais ou estrangeiros) apresentam à produção de ciência, tecnologia e inovação em contextos periféricos, considerando a forma com que as universidades locais estão sendo inseridas nos planos de transição energética e construção de Hubs portuários no Brasil para atração de investimentos no âmbito do hidrogênio. Nossa pesquisa, assim, dirige-se ao estado do Ceará, buscando examinar o papel da Universidade Federal do Ceará (UFC) no desenvolvimento da cadeia produtiva do H₂V, em termos de Pesquisa e Transferência de Tecnologia, como também dos impulsos à Colaboração Universidade-Indústria (UIC, na sigla inglês), com foco na estruturação do Hub do Complexo do Pecém.

1.1 Pergunta de Pesquisa

De que forma a UFC se insere no processo de desenvolvimento da cadeia produtiva do H₂V no Ceará, em termos de CT&I, com foco no Hub do Pecém, considerando as limitações/restrições estruturais de um estado periférico no interior de um país dependente como o Brasil?

1.2 Objetivos

O presente estudo apresenta os seguintes objetivos geral e específicos

1.2.1 Objetivo Geral

Examinar a inserção da UFC no desenvolvimento da cadeia produtiva do H₂V no Ceará, em termos de Ciência, Tecnologia e Inovação, com foco no Hub instalado no Complexo do Pecém.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os documentos do Governo Federal e Estadual, buscando identificar as principais estratégias do setor governamental com potencial de impactar o desempenho das universidades, em termos de CT&I, no contexto de estruturação da indústria do hidrogênio verde no Brasil;
- Mapear a distribuição dos projetos de Pesquisa e Inovação da UFC em H2V de acordo com os cursos/áreas de conhecimento;
- Detectar as fontes de financiamento dos projetos da UFC em H2V;
- Identificar os tipos de colaboração da UFC com empresas na área do H2V, em especial nas modalidades de Transferência de Tecnologia;
- Caracterizar os tipos de inovação da UFC no âmbito do H2V (se radical, disruptiva ou incremental; se de processo ou produto);
- Identificar as barreiras e facilitadores à colaboração da UFC com as empresas do setor de H2V;
- Observar o grau de alinhamento dos projetos de Pesquisa e Inovação da UFC em H2V com os desafios técnicos, econômicos e ambientais da cadeia produtiva do H2V;
- Caracterizar os possíveis tipos de externalidades ou *spillovers* que as empresas do Hub podem gerar para a UFC.
- Examinar a participação da UFC na Rede de Pesquisa em Energias Renováveis (Rede Verdes).

1.3 Justificativa

Em fevereiro de 2021, o governo do estado, juntamente com a FIEC e a UFC, anunciou a criação do Hub de H2V do Ceará (FIEC, 2021). Em janeiro de 2023 foi anunciada a criação da primeira molécula de H2V no Brasil, produzida no Hub instalado no Complexo do Pecém (Campos, 2023)⁶. Também em janeiro de 2023, a primeira tese de doutoramento da UFC sobre o tema foi apresentada, dando origem, inclusive, a um

⁶ Aqui se pontua que, apesar de ser anunciada como a primeira molécula de H2V produzida no Brasil, há casos anteriores, como a geração de H2V na Usina Hidrelétrica de Itumbiara (Goiás), subsidiária da Eletrobrás Furnas. A usina opera desde 2021, e realiza o processo de eletrólise da água, a partir de fontes de energia solar e hídrica (Gontijo, 2023).

pedido de patente (Amora, 2023). Tais fatos ocorridos em tão curto espaço de tempo já assinalam a relevância social do assunto tratado.

Do ponto de vista econômico, a maturidade tecnológica e a infraestrutura de ciência, tecnologia e inovação são aspectos importantes na consolidação do mercado do H2V, com potencial de acelerar ou retardar o processo. No Brasil, a literatura evidencia o protagonismo das universidades públicas não apenas na produção científica, mas na produção tecnológica - medida em termos de registro de patentes. Por outro lado, os resultados em inovação ainda são modestos, com o país ocupando a 49º posição no Global Innovation Index (GII) 2023 (Vasconcelos, 2023), o que expressa o desempenho ainda insuficiente das universidades na Transferência de Tecnologia, o baixo número de pesquisadores inseridos no setor privado e a minguada participação das empresas nos investimentos em P&D (Leal e Figueiredo, 2021). Nesse sentido, é importante investigar o papel das universidades no crescimento econômico e desenvolvimento sustentável local, que na ocasião se expressa por meio da estruturação da cadeia produtiva do H2V no Ceará.

Com efeito, muitos trabalhos se restringem a destacar o impacto regional das universidades através da formação de recursos humanos qualificados e do fomento de emprego e renda (Nogueira e Arraes, 2018), bem como na contratação de serviços de empresas nas proximidades (Oliveira Júnior, 2014). Entretanto, observa-se que essas instituições têm assumido novos papéis nos últimos tempos, apresentando funções de incubação de empresas (*startups*) e geração de *spin-offs*, o que se apresenta como um novo tipo de externalidade das universidades para o desenvolvimento econômico. O caso da Hytron, *spin-off* criada em 2003 por pesquisadores do Laboratório de Hidrogênio da Unicamp, sendo recentemente adquirida pela empresa alemã NEA GROUP, é ilustrativo desse fenômeno (Relva et al., 2024; Hytron, 2020). Assim, nosso estudo se propõe a atender uma necessidade latente na bibliografia perscrutada, buscando aprofundar a análise em torno da real contribuição de tecnologia e de inovação que as instituições universitárias podem gerar ao desenvolvimento local.

Sob este aspecto, estudos que analisam o tema do H2V, com foco nos aspectos da inovação e T&T levando em conta a dinâmica da UIC em contextos periféricos subnacionais ainda são raros na literatura. Quando se trata do Ceará, por exemplo, o artigo de Ribeiro Filho; Tahim e Veras (2023), é um dos poucos que aborda o processo de criação do mercado de H2V levando em conta o tema da inovação, a partir do modelo da

Hélice Tríplice⁷. No entanto, apesar das importantes contribuições, o estudo é predominantemente teórico, e apresenta como principal resultado a indicação de um “modelo de hélice tríplice balanceado” em construção no estado (Ribeiro Filho; Tahim e Veras, 2023, p. 1547), não aprofundando a análise sobre o papel das universidades locais na cadeia produtiva do H2V.

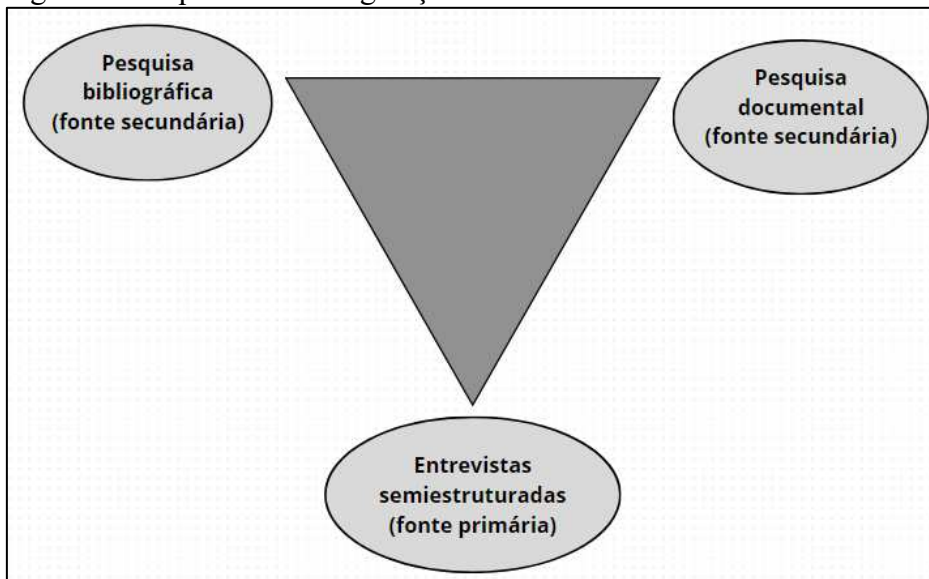
Dessa forma, ao visar o âmbito local, a nossa pesquisa tem condições de possibilitar a consideração analítica de particularidades ausentes ou que não recebem o mesmo destaque em trabalhos cuja abrangência é regional ou nacional, contribuindo com a literatura sobre UIC em regiões periféricas, no contexto de desenvolvimento de Hubs de Hidrogênio Renovável, além de captar, por meio dos objetivos indiretos da investigação, informações sobre dinâmica do financiamento à P&D e inovação em H2V na UFC, e os possíveis *spillovers* tecnológicos (Júnior, 2015) que as corporações instaladas no Hub podem gerar para as universidades locais. Com isso, embora seja de natureza básica, a presente dissertação tende a fomentar uma interessante contribuição ao estado da arte sobre o tema, podendo, inclusive, servir de subsídio para se refletir criticamente a viabilidade de políticas públicas em H2V no estado.

1.4 Metodologia

Com efeito, a atual pesquisa se caracteriza como sendo de natureza básica, com abordagem qualitativa, e com objetivos metodológicos de caráter exploratório e descritivo. Ao se concentrar na UFC, buscando compreender em profundidade a sua inserção na cadeia produtiva do H2V, ou mais particularmente, suas relações de parceria com o Hub de H2V do Ceará, a pesquisa se estrutura como um estudo de caso. Já no que se refere aos procedimentos para coleta de dados, o estudo se utiliza da triangulação entre as seguintes técnicas: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e entrevistas semiestruturadas (Figura 1).

⁷ O modelo da Hélice Tríplice consiste numa abordagem desenvolvida originalmente pelo sociólogo norte-americano Henry Etzkowitz e pelo sociólogo holandês Loet Leydesdorff (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000) para estudo dos processos de inovação. O modelo se orienta ao exame dos pontos fortes e fracos locais e identificação das lacunas que se estabelecem nas relações entre universidades, indústrias e governos, visando o desenvolvimento socioeconômico baseado no conhecimento (Etzkowitz e Zhou, 2017).

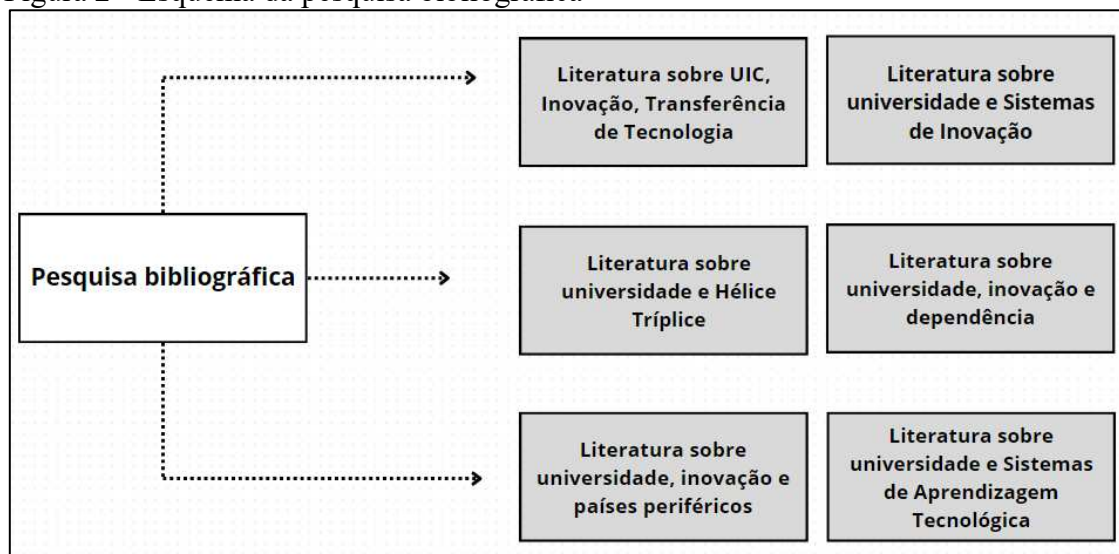
Figura 1 - Esquema de triangulação de técnicas



Fonte: Elaboração própria.

Nessa perspectiva, a pesquisa bibliográfica (Figura 2) consiste no levantamento de fontes ou referências teóricas publicadas em meios escritos ou eletrônicos (Fonseca *apud* Silveira e Córdova, 2009). Em outras palavras, o uso desse tipo de técnica se concentra nos documentos que já lançaram mão de tratamento analítico sobre o tema investigado, com o objetivo de reunir “informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta” (Fonseca *apud* Silveira e Córdova, 2009, p.39).

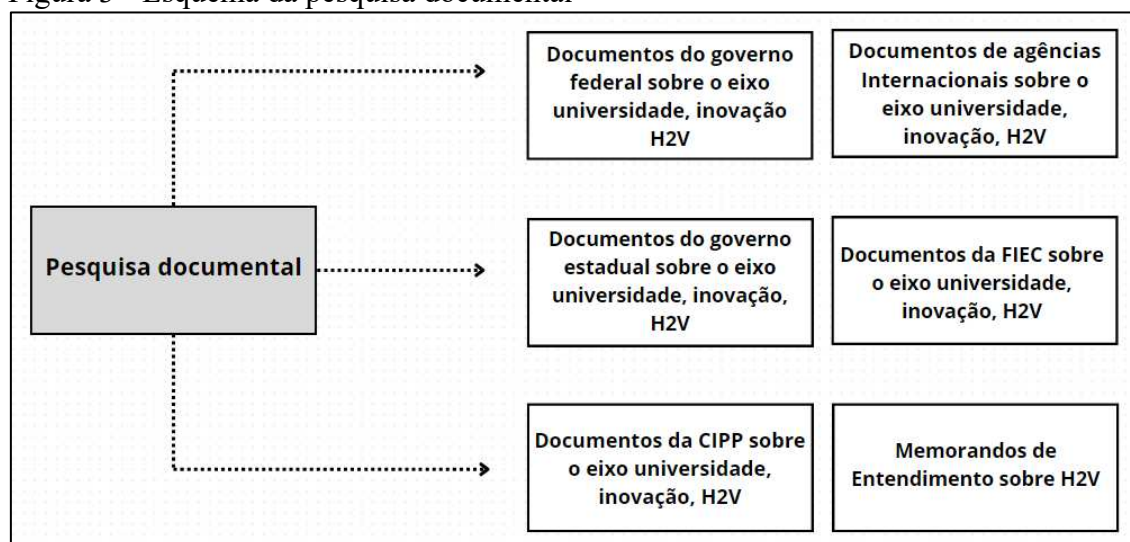
Figura 2 - Esquema da pesquisa bibliográfica



Fonte: Elaboração própria.

Por sua vez, pesquisa documental (Figura 3) se define pela coleta de fontes mais diversificadas e dispersas, que apresentam dados, mas sem dispor de tratamento analítico sistemático sobre o assunto, a exemplo de jornais, relatórios, documentos oficiais, e tabelas estatísticas (Fonseca *apud* Silveira e Córdova, 2009). O uso dessa técnica busca reunir informações dos diferentes órgãos ou atores institucionais sobre o tema investigado.

Figura 3 - Esquema da pesquisa documental



Fonte: Elaboração própria.

Por fim, a entrevista semiestruturada se caracteriza pelo uso de roteiros com perguntas elaboradas previamente, e alinhadas aos objetivos geral e específicos da pesquisa. O objetivo dessa técnica é recolher informações de caráter primário sobre o tema investigado, e se distingue da entrevista estruturada, uma vez possui um roteiro mais flexível, que permite ao pesquisador realizar a adaptação ou incremento das perguntas durante a entrevista. Ao todo, nossa pesquisa realizou oito entrevistas (Quadro 1).

Quadro 1 - Esquema das entrevistas semiestruturadas

Eixo	Nome	Função	Objetivos	Data de aplicação	Duração (min/seg)
Pesquisador	Laranja	Pesquisa e coordenação de projetos sobre H2V na UFC	Captar a percepção dos próprios pesquisadores, que estão na linha de frente do desenvolvimento de pesquisas na área de H2V na UFC, buscando compreender sua perspectiva em	22/01/2025	53:59
Pesquisador	Roxo	Pesquisa e coordenação de projetos sobre H2V na UFC		05/05/2025	52:33

			relação aos principais desafios e oportunidades para colaborações e parcerias de inovação com as empresas do Hub de H2V no Ceará.		
Gestor	Azul	Gestão da Inovação no NIT da UFC	Captar a percepção dos gestores de inovação,	17/11/2023	30:02
Gestor	Verde	Gestão da Inovação no Parque Tecnológico da UFC	especialmente dos projetos na área de H2V, em relação aos principais desafios e oportunidades para	17/12/2024	53:14
Gestor	Amarelo	Gestão da Inovação na Rede Verdes	colaborações e parcerias de inovação com as empresas do	07/05/2025	30:09
Gestor	Turquesa	Gestão da Inovação na Rede Verdes	Hub de H2V no Ceará.	30/04/2025	50:13
Gestor	Branco	Pesquisa e coordenação de projetos na Rede Verdes		01/04/2025	39:58
Setor privado	Musgo	Membro da FIEC	Captar a percepção dos representantes do setor privado local, e do Hub de H2V, em relação aos principais desafios e oportunidades de <i>spillovers</i> tecnológicos, colaborações e parcerias de inovação com as universidades locais, especialmente a UFC.	27/03/2025	24:52

Fonte: Adaptado de Silva (2023).

1.5 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho se compõe de uma Introdução, três capítulos e uma Conclusão. A Introdução se dedica à contextualização do hidrogênio verde no âmbito das discussões sobre Transição Energética e combate às mudanças climáticas, e à exposição da pergunta orientadora da pesquisa, assinalando os objetivos geral e específicos, e apresentando a justificativa para a abordagem, ao mostrar a importância de se investigar o desenvolvimento do mercado de H2V no Ceará sob o ponto de vista das colaborações universidade-indústria e da inovação.

O capítulo 1, por sua vez, se destina à a apresentação da revisão de literatura, em que se reúne as evidências mais abrangentes da literatura sobre UIC, em termos de “barreiras e facilitadores”, bem como informações mais específicas sobre a UIC no Brasil e no setor de energias renováveis. Além disso, agrupar-se-ão contribuições da teoria dos Sistemas de Inovação e da abordagem da Hélice Tríplice em torno do papel das universidades nos ecossistemas de inovação e no desenvolvimento sustentável.

O capítulo 2, destina-se à primeira parte da discussão dos resultados, em que se analisa os documentos do Governo Federal (GF) e do Governo Estadual (GE) que tratam do tema do H2V ou do H2 de baixo carbono, buscando identificar as principais medidas, propostas e estratégias do setor governamental brasileiro com potencial de impactar o desempenho das universidades, em termos de CT&I, no contexto de estruturação da indústria do hidrogênio verde no Brasil, em geral, e no Ceará, em particular.

O capítulo 3 é reservado à segunda parte da discussão dos resultados, em que se analisa o desempenho da UFC em termos de PD&I, tipos de UIC e T&T relacionadas à cadeia do H2V, com foco no Hub de H2V, considerando os tipos de inovação e as barreiras e facilitadores à UIC identificados. Ademais, aborda-se as fontes de financiamento dos projetos da UFC na área do H2V, e o grau de alinhamento dos projetos e das parcerias de inovação com os principais desafios técnicos, econômicos e ambientais à consolidação do Hub de H2V no estado, bem como se examinam os possíveis *spillovers* tecnológicos que as empresas do Hub podem gerar à UFC, em termos de infraestrutura técnica, recursos humanos e recursos financeiros.

Por fim, a dissertação se encerra com um tópico de Conclusão, apresentando uma síntese dos principais achados e um esboço de *insights* para investigações futuras sobre a articulação “Universidade, Inovação e Hidrogênio Verde”.

2 REVISÃO DE LITERATURA PARA ESTUDO DA UIC NO CONTEXTO DO HUB DE H2V NO CEARÁ

O presente capítulo se compõe de uma revisão de literatura, com o objetivo de reunir um quadro integrado dos principais conceitos sobre universidade e inovação, dos apontamentos da literatura sobre UIC, e das contribuições da perspectiva dos Sistemas de Inovação, das abordagens helicoidais (tríplice, quádrupla, quádrupla), e da Teoria Marxista da Dependência para estudo donexo universidade-inovação-H2V. A revisão procura, assim, compreender o papel das universidades nos processos de inovação e no desenvolvimento sustentável, considerando as restrições que a condição de dependência gera ao desenvolvimento de inovações e de colaborações com o setor privado no contexto de estruturação da cadeia produtiva do H2V, ou, mais particularmente, da constituição do Hub de H2V no Ceará.

2.1 Universidade e Sistemas de Inovação

A teoria dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)⁸ surge nos anos 1980, a partir da organização de um Grupo de Trabalho da OCDE, composto por Christopher Freeman, Keith Pavitt e Richard Nelson, para investigação das relações entre investimentos em C&T e competitividade econômica (Szapiro, De Matos, e Cassiolato, p.329). Tal perspectiva, considera a inovação como um processo sistêmico e não-linear⁹, que exige atividades de cooperação e interação entre diferentes atores institucionais, com mecanismos de *feedback*, e dependente de conhecimentos e componentes pré-existentes relacionados ao contexto histórico e cultural de cada país (Szapiro, De Matos, e Cassiolato, p.332). A abordagem do sistema de inovação, portanto, é marcada pelo destaque à interdependência entre organizações de ciência, tecnologia e inovação, agentes empresariais, e instituições do Estado.

⁸ O conceito de SNI expressa um conjunto ou rede articulada de instituições e organizações que contribuem para o progresso tecnológico, e, por conseguinte, ao desenvolvimento econômico de uma nação.

⁹ Esse processo marca uma importante diferença entre Schumpeter e as abordagens neoschumpeterianas, ou seja, que se inspiram em seu trabalho, mas se afastam da concepção de linearidade do modelo *technology push* (pesquisa básica/pesquisa aplicada/produção e difusão de tecnologia) para compreender o processo de inovação.

Ao buscar a sistematização conceitual dos elementos constitutivos do sistema de inovação, Edquist (2006) estabelece as organizações e instituições como componentes estruturais; com as primeiras abrangendo empresas, universidades, institutos de pesquisa, agências públicas ou privadas, e as segundas se associando aos hábitos, regras, leis, políticas e normas que garantem a dinâmica dos sistemas. No entanto, é importante ressaltar, além dos aspectos estruturais, as funções de um sistema de inovação.

A função geral de um sistema de inovação consiste em desenvolver, utilizar e difundir inovações, e, nesse quadro, cada um dos componentes se insere no processo através de suas respectivas atividades, gerando contribuições ao funcionamento do conjunto. Entre as principais atividades, destacam-se o fornecimento de pesquisa e desenvolvimento, criando novos conhecimentos nas áreas de Engenharia, Ciências Naturais e Medicina; a construção de competências, o ensino e treinamento, a formação de capital humano e novos mercados, a articulação entre requisitos econômicos e novos produtos tecnológicos, desenvolvimento de novas áreas de inovação, o estímulo à aprendizagem interativa, à transferência de tecnologia¹⁰ e ao empreendedorismo, bem como a criação e/ou modificação de leis, regulações, e rotinas com o intuito de facilitar os processos de inovação (Edquist, 2006).

De acordo com Hekkert *et al.* (2007), as pesquisas tradicionais de SI, que consideram somente os aspectos estruturais não são suficientes para compreender a dinâmica de evolução e mudança dos sistemas de inovação, sendo necessária uma abordagem que leve em conta os processos e as funções (Hekkert *et al.*, 2007), o que implica propor uma abordagem dinâmica, que se apoia num quadro de funções relevantes

¹⁰ Neste caso, cabe um aprofundamento do termo “Transferência de Tecnologia”. Do ponto de vista teórico, o conceito é usado para descrever o processo de transferência formal de tecnologias das universidades para o setor privado; mas também pode compreender o repasse de *know-how* e conhecimento técnico entre as organizações. Dias e Porto (2013) argumentam que a T&T consiste num processo mais complexo, que envolve desde a etapa de desenvolvimento da tecnologia, passando pelo patenteamento, o licenciamento, se estendendo até o uso comercial, bem como o recebimento de *royalties* pela universidade ou organização que transfere. Em relação às modalidades de Transferência de Tecnologia, a legislação do Brasil, por exemplo, salienta dois tipos: 1) o licenciamento de produtos ou serviços protegidos ou ainda sob exame, sem a perda da titularidade, e 2) a cessão de patentes, que envolve o compartilhamento de produtos ou serviços, mas com a perda da titularidade (GOV.BR, 2013). Já o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), concebe novas modalidades de contrato de T&T. Assim, em acréscimo à cessão e licenciamento de produtos, uso de marca ou desenho industrial, o instituto compreende 1) a prestação de serviços de assistência técnica e científica, e 2) a franquia (FAPEMIG). Por sua vez, Nonato (2024), agrega ainda 1) a criação de *spin-offs* acadêmicos, e 2) os acordos de cooperação tecnológica como modalidades de T&T.

ao desempenho dos sistemas de inovação. O modelo de Hekkert *et al.* (2007)¹¹ procura superar o caráter estático e generalista das pesquisas tradicionais dos sistemas de inovação.

A abordagem sugere o mapeamento das atividades dos sistemas de inovação ao longo do tempo com base num quadro de sete funções relevantes. A função 1 (atividades empreendedoras), a função 2 (atividades para o desenvolvimento de conhecimento), a função 3 (atividades para difusão de conhecimento por meio de redes), a função 4 (atividades de orientação dos rumos da pesquisa e inovação), a função 5 (atividades de formação de mercado para inovações incipientes que apresentam dificuldade de competir com tecnologias já consolidadas), a função 6 (atividades de mobilização de recursos financeiros e humanos para a inovação), e a função 7 (atividades que contribuem para legitimação das novas tecnologias, superando as resistências à sua adoção, impulsionando seu desenvolvimento e difusão) (Hekkert *et al.*, 2007).

A articulação entre as diferentes funções é o elemento decisivo para o funcionamento dos sistemas de inovação (Hekkert *et al.*, 2007). A análise dinâmica ao longo do tempo permite identificar os pontos fortes e os gargalos dos sistemas, considerando o desempenho das atividades de cada função. O parâmetro funcional de Hekkert *et al.* (2007), assim, é interessante para investigar a dinâmica das universidades locais no sistema de inovação do estado, e sua relação com as funções mencionadas, no contexto de estruturação da cadeia produtiva do H2V.

Na tradição dos sistemas de inovação, além da diferenciação entre abordagem estática e dinâmica, há uma distinção entre a concepção ampla de SNI (atribuída a Christopher Freeman e Bengt-Åke Lundvall) - que compreende as atividades formais e informais de inovação, a exemplo das que ocorrem no interior das empresas (*learning by doing*) e no processo de interação dos produtores com os usuários e fornecedores (*learning by interacting*) -, e a concepção estrita (atribuída a Richard Nelson). Do ponto de vista da nossa investigação, ambos os enfoques são importantes, no entanto, o conceito mais restrito de SNI, segundo o qual os sistemas nacionais de inovação são formados apenas por instituições que realizam atividades “formalmente definidas como de

¹¹ É preciso ressaltar que o modelo funcional de Hekkert *et al.* (2007) foi originalmente desenvolvido para o estudo dos Sistemas Tecnológicos de Inovação (STI), a ser explorado no tópico abaixo.

inovação, tais como P&D” (Maldonado, 2017, p.101) demonstra conferir maior atenção ao papel das universidades nos sistemas de inovação.

Cohen, Nelson e Walsh (2002), por exemplo, abordam diretamente as ligações e impactos da pesquisa acadêmica sobre a P&D e inovação industrial, mostrando que no modelo interativo de inovação, contrastante ao modelo linear, a pesquisa realizada nos laboratórios das universidades nem sempre é a que lidera o desenvolvimento das novas tecnologias que serão posteriormente comercializadas, sendo estas muitas vezes influenciadas por problemas gerados anteriormente, ou por *feedbacks* de compradores. Não se deixa, entretanto, de considerar as externalidades positivas que a pesquisa universitária proporciona para a P&D industrial, como a geração de novas ideias e a aceleração do processo de conclusão de projetos em andamento, em que a interação se realiza pelos mais diversos canais (artigos e relatórios, conferências, reuniões públicas, e consultorias) (Cohen, Nelson e Walsh, 2002)¹²

De modo geral, um aspecto que chama atenção na formulação teórica original da SNI se associa à relevância da atividade de engenharia reversa como forma de se apropriar de conhecimentos externos (Szapiro, De Matos, e Cassiolato, 2021, p.327), sendo fartamente utilizada por empresas norte-americanas quando da realização do *Yale Innovation Survey*, pesquisa que gerou subsídios empíricos para abordagens posteriores (Szapiro, De Matos, e Cassiolato, 2021, p.327). No entanto, longe de ser considerado um benefício imediato para os países subdesenvolvidos ou “em desenvolvimento”, a possibilidade de apropriação de novas tecnologias exige significativo esforço nacional capaz de gerar condições para “interpretar as informações, selecionar, comprar (ou copiar), transformar e internalizar a tecnologia importada” (Cassiolato e Lastres *apud* Szapiro, De Matos, e Cassiolato, 2021, p.335).

Do ponto de vista histórico, o recorte nacional estabelecido num primeiro momento pela abordagem sistêmica é seguido, a partir dos anos 1990, de pesquisas mais específicas que levaram em consideração a dimensão regional, local, setorial e tecnológica. É importante ressaltar, assim, que independentemente do nível preconizado,

¹² Outros trabalhos de Nelson em que o tema das universidades e o seu papel nos Sistemas Nacionais de Inovação assume destaque são, por exemplo, os artigos: *American universities and technical advance in industry* (Rosenberg e Nelson, 1993), *The growth of patenting and licensing by U.S. universities: an assessment of the effects of the Bayh–Dole act of 1980* (Mowery *et al.*, 2001), *How Do University Inventions Get Into Practice?* (Calyvas *et al.*, 2002), *The Role of Knowledge in R&D Efficiency* (Nelson, 1982), e o livro *Ivory Tower and Industrial Innovation: University-Industry Technology Transfer Before and After the Bayh-Dole Act* (Mowery *et al.*, 2004).

a perspectiva dos sistemas de inovação compreende todo espaço geográfico ou cognitivo no qual se estruturam processos interativos e cooperativos de inovação com objetivos econômicos (Szapiro, De Matos, e Cassiolato, 2021, p.338).

Em nosso estudo, não se pretende explorar detalhadamente cada tipo de abordagem, mas tão-somente as contribuições que se relacionam com o nexo “universidade-inovação-cadeia produtiva do H2V”. Sob este aspecto, as pesquisas que buscam examinar a “influência do contexto regional no desempenho inovador” (Garcia *et al.*, 2021, p.621) são de grande relevância, dando ênfase à proximidade geográfica entre os agentes, e tratando as capacidades tecnológicas de acordo com o território, ao mostrar o papel das universidades no auxílio aos produtores locais, por meio da captação de conhecimentos externos e facilitação do acesso e disseminação dos recursos tecnológicos, especialmente às empresas de pequeno e médio porte (Garcia *et al.*, 2021). É possível observar ainda que a cooperação com redes de pesquisa externas, assim como a instalação de empresas inovadoras no âmbito de regiões com pouca capacidade de inovação, pode gerar impulsos aos processos inovativos locais. Tal possibilidade, entretanto, depende do potencial de absorção tecnológica dos agentes locais (Garcia *et al.*, 2021).

2.1.1 O conceito de inovação na tradição schumpeteriana

Na tradição econômica evolucionista, cuja matriz teórica é a obra de Schumpeter, o conceito de inovação mantém uma relação indissociável com o processo econômico, sendo tratada como uma força motriz do sistema capitalista (Paiva *et al.*, 2018). Para Schumpeter (1997), a noção de inovação surge associada à ideia de novas combinações nas formas de produzir e do que produzir.

Nessa compreensão, nem toda combinação nova poderia ser tratada como inovação, mas somente aquele tipo de combinação com potencial de gerar desenvolvimento econômico (Schumpeter, 1997)¹³. Em outras palavras, as novas combinações que apresentam capacidade de gerar descontinuidade na dinâmica da

¹³ Nas palavras de Schumpeter (1997) “na medida em que as ‘novas combinações’ podem, com o tempo, originar-se das antigas por ajuste contínuo mediante pequenas etapas, há certamente mudança, possivelmente há crescimento, mas não um fenômeno novo nem um desenvolvimento em nosso sentido. Na medida em que não for este o caso, e em que as novas combinações aparecerem *descontinuamente*, então surge o fenômeno que caracteriza o desenvolvimento” (Schumpeter, 1997, p.76, grifos nossos).

economia, abrindo as condições para o processo de “destruição criadora”, se configurariam em inovações¹⁴. Portanto, segundo esta concepção, um invento tecnológico que não se dirige à aplicação econômica ou comercial não pode ser considerado uma verdadeira inovação.

Não obstante, ao longo do século XX, a categoria de inovação se desenvolveu, passando a incorporar, além das inovações de produto e processo, também aprimoramentos em *marketing*, em organização e em gestão (Santos, Fazion e Meroe, 2011). Essa ampliação do conceito permitiu considerar não somente as inovações radicais, mas também inovações incrementais. Tal movimento promoveu, como consequência, o interesse por analisar a atividade inovadora também nos setores econômicos tradicionais, ou seja, nos segmentos que estão fora dos ramos industriais de alta tecnologia (Cassiolato e Lastres, 2000), trazendo, assim, implicações para estudo dos processos de inovação nos países subdesenvolvidos.

De um modelo linear, segmentado em etapas funcionais rígidas, a inovação passa a ser compreendida não como um ato isolado, mas como um processo cumulativo, de variadas fontes e decorrente de múltiplas interações. É esta nova concepção que estrutura a abordagem da teoria do SNI, bem como subsidia a elaboração de documentos importantes, como o Manual de Oslo.

2.1.2 Tipos de inovação

A terceira edição do Manual de Oslo (OCDE, 2005), ao reforçar a novidade e a implementação como os requisitos básicos para a caracterização de algo como inovador¹⁵, sublinha quatro tipos de inovação: produto, processo, *marketing* e organizacional. A

¹⁴ De acordo com Schumpeter (1997), as inovações poderiam ser dos seguintes tipos: 1) introdução de novos produtos, 2) introdução de novos métodos de produção, 3) abertura de novos segmentos de mercado, 4) novas fontes de fornecimento de matérias-primas e 5) novas formas de organização das empresas, ilustrando com o exemplo dos “trustes” e “fragmentação” dos monopólios (Schumpeter, 1997, p.76).

¹⁵ A sistematização do Manual de Oslo (2005), permite esclarecer a conexão entre os conceitos de “inovação” e de “transferência de tecnologia”, muitas vezes tratados como intercambiáveis. De acordo com o documento, os processos de transferência de tecnologia das universidades para o setor empresarial, na verdade, integram as “atividades de inovação”, ou seja, o conjunto de atividades de ordem científica, tecnológica, financeira, e comerciais que se orientam ao desenvolvimento, difusão e implementação de inovações (Manual de Oslo, 2005, p.25). Assim, embora não se descarte a possibilidade de algumas “atividades de inovação” serem por si mesmas inovadoras, o processo de T&T é apenas uma parte do processo de inovação, e não a inovação de fato.

inovação de produto se caracteriza pela introdução no mercado de produtos ou serviços novos ou imensamente melhorados em seus aspectos técnicos, materiais e funcionais (OCDE, 2005), podendo se apoiar em conhecimentos e tecnologias novas ou já existentes. Exemplo ilustrativo de inovação de produto no segmento de energias são os painéis solares e os aerogeradores eólicos.

Já a inovação de processo se refere a novas formas de produzir ou distribuir determinados bens ou serviços, por meio da introdução de novos métodos, técnicas, equipamentos ou *software* nos processos de uma empresa, cujo objetivo é reduzir os custos ou calibrar a eficiência das atividades. A automatização ou robotização da fabricação de automóveis é um possível exemplo (OCDE, 2005). A inovação de *marketing* consiste no incremento de novas técnicas ou métodos de *marketing* que interferem consideravelmente na concepção, ou embalagem de determinados produtos e serviços, visando impactar sua visibilidade comercial e dinâmica de vendas (OCDE, 2005). As inovações podem incidir sobre o *design*, o posicionamento ou promoção dos bens no mercado. A criação de avatares virtuais por certas empresas com o objetivo de se comunicar com clientes nas redes sociais, por exemplo, é um caso representativo.

A inovação organizacional, por fim, compreende as novas formas de organização das práticas e negócios das empresas, podendo ser realizado sobre o ordenamento do espaço de trabalho, ou nas atividades externas, com a intenção de reduzir os gastos administrativos e de transação, ou promover um ambiente de trabalho mais satisfatório e produtivo (OCDE, 2005). São casos emblemáticos a implementação de rotinas mais flexíveis para funcionários, ou mesmo a decisão de certas empresas em firmar laços de parceria com organizações de pesquisa (universidades, por exemplo).

Para o escopo de nossa pesquisa interessa, particularmente, os dois primeiros tipos. Todavia, além das espécies mencionadas, as inovações se dividem segundo o caráter radical, ou incremental das tecnologias introduzidas. Tal diferenciação se relaciona com os graus da novidade, ou seja, se a inovação é “nova para a empresa”, “nova para o mercado” ou “nova para o mundo” (OCDE, 2005, p.70)

Nesse sentido, uma inovação tecnológica pode ser considerada radical ou disruptiva quando se apresenta como novidade “em todos os mercados e indústrias, domésticos ou internacionais” (OCDE, 2005, p.70; Tironi e Cruz, 2008), ou quando desencadeia um impacto poderoso na economia, conseguindo desencadear uma mudança

na “estrutura do mercado, criar novos mercados ou tornar produtos existentes obsoletos” (OCDE, 2005, p.70). Na tradição do SNI, esse tipo de inovação é menos frequente, preponderam nos setores industriais de alta tecnologia, e geralmente resulta de esforços sistemáticos e duráveis de P&D em parceria com universidades e instituições de pesquisa (Santos, Fazion e Meroe, 2011), uma vez que se relaciona com mudanças mais gerais, e com potencial de sedimentar caminhos para emergência de um novo paradigma tecnológico (Albuquerque, 1996).

Por contraste, se o tipo radical é caracterizado pelo potencial de gerar rasgos (rupturas) nos processos econômicos, abrindo novas trajetórias para o desenvolvimento, as inovações incrementais são as que ajudam a consolidar, explorando novas possibilidades de aprimoramento das tecnologias existentes (OCDE, 2005; Tironi e Cruz, 2008), sendo a forma predominante nos países subdesenvolvidos ou “fora da OCDE” (OCDE, 2005, p.12). Na literatura dos sistemas de inovação, as inovações incrementais são mais recorrentes nos setores de média/baixa tecnologia, e nem sempre decorrem das atividades de P&D, sendo geradas, muitas vezes, por meio de aperfeiçoamentos sugeridos por usuários, clientes e profissionais que atuam no processo produtivo (Santos, Fazion e Meroe, 2011).

2.1.3 Universidades e Inovação industrial nos SNI

Para a abordagem sistêmica da inovação, conforme sublinhado acima, a cooperação entre os componentes do SI é tão importante quanto sua existência, de modo que o desempenho inovativo de determinado país ou região depende não somente da *performance* de empresas e organizações de ensino e pesquisa (como as universidades), mas também do grau de interação e *feedback* que mantêm com outros atores (Cassiolato e Lastres, 2005). É primordial, nessa medida, o papel complementar das agências governamentais ou privadas de apoio financeiro e incentivo à formação de conexões entre os diferentes agentes do sistema¹⁶.

¹⁶ Cabe considerar, porém, um aspecto interessante. A participação do Estado nos sistemas de inovação não se limita à formulação de políticas públicas e criação de agências de fomento, mas também ocorre por meio das empresas estatais que mantêm, sobretudo nos países em desenvolvimento, os índices mais expressivos de atividade inovadora, e cooperação tecnológica com instituições de pesquisa e universidades (Mazzucato e Penna, 2016, p.40).

Já se sublinhou acima que as contribuições das universidades nos sistemas de inovação são variadas, destacando-se, entre elas, a formação de cientistas e engenheiros (mão-de-obra qualificada), o fornecimento de informações científicas e tecnológicas, a disposição de equipamentos e instrumentação para testes e pesquisas, além de proporcionar a construção de redes de capacitação técnico-científica, e elaboração de protótipos de novos produtos e processos (Mowery e Sampat *apud* Póvoa, 2008). Na abordagem sistêmica, contudo, a relação entre ciência e inovação industrial não é apenas causal, tampouco linear, de modo que é preciso considerar também os impactos reversos que as atividades de inovação no âmbito industrial são capazes de gerar sobre as atividades de pesquisa das universidades. Para nossa pesquisa, este é um ponto interessante, na medida em que possibilita avaliar os fluxos de estímulos à produção científica local pela instalação das empresas estrangeiras da cadeia do H2V no Hub do Pecém.

2.1.4 Spillovers do Hub para a UFC

Cortonesi (2016), ao investigar os determinantes de inovação aberta¹⁷ pelas empresas multinacionais do setor de Óleo e Gás no Brasil, mostra que, em um mundo globalizado, as empresas estrangeiras não concentram mais suas atividades de P&D exclusivamente nas matrizes, apresentando, ao contrário, o interesse de que as subsidiárias explorem o desenvolvimento de inovações nos mercados locais, com o objetivo de melhor atender as demandas dos consumidores autóctones, abrindo novas oportunidades de negócio e expansão da inovação localmente desenvolvida para os mercados globais¹⁸. Neste contexto, o conceito de *spillovers* se refere aos transbordamentos (intencionais ou não-intencionais) de tecnologias, informações, *know-*

¹⁷ O modelo de “inovação aberta”, formulado por Henry Chesbrough no livro *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology* (2003), concerne aos fluxos abertos de desenvolvimento de P&D e inovações por empresas privadas. No mundo globalizado, com aumento da mobilidade de trabalhadores, aumento da capacidade de pesquisa das universidades e crescimento da internet, o modelo de *open innovation* se apresenta como uma estratégia vantajosa para competitividade das empresas, na medida em que atenua os custos individuais das empresas com recursos humanos e financeiros de P&D, além de proporcionar a captação de subsídios de conhecimentos externos que aceleram o tempo de conclusão dos processos de inovação (Cortonesi, 2016).

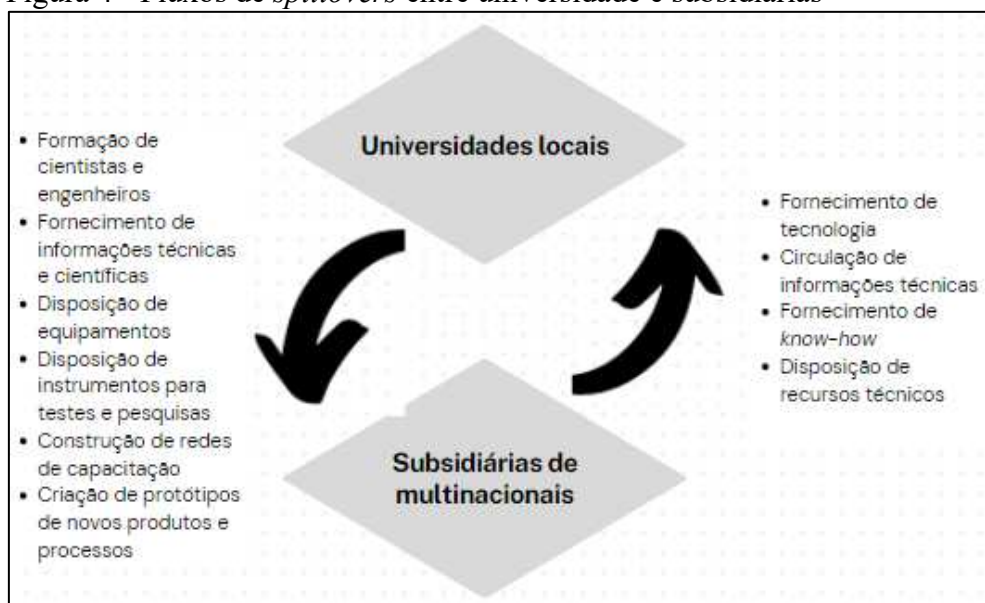
¹⁸ De acordo com Cortonesi (2016), esse tipo de ideação ou desenvolvimento de inovações por subsidiárias de empresas multinacionais em contextos locais é denominado “inovação reversa”. As inovações reversas são as que ocorrem inicialmente nas economias periféricas, onde as sucursais se encontram instaladas, podendo se estender, posteriormente, aos mercados internacionais em que a multinacional também atua.

how, conhecimentos, recursos técnicos e humanos qualificados que se estendem das subsidiárias às empresas locais ou à rede local de C&T. Em nosso caso, interessa esquadrihar, particularmente, as externalidades geradas para as universidades a partir das atividades de P&D das empresas multinacionais a se hospedar no Hub.

É preciso ter em vista, porém, que nem todas as subsidiárias geram os mesmos efeitos de transbordamento. Salas e Álvarez (2017) chamam atenção para a heterogeneidade tecnológica das subsidiárias na promoção de *spillovers* às empresas e rede local de C&T. Em sua pesquisa, que se concentra no contexto econômico da Colômbia, as empresas subsidiárias são classificadas em dois tipos: as subsidiárias criativas (CC), ou seja, que criam competências, e as subsidiárias que exploram competências (CE).

O modelo de classificação usado leva em consideração o desempenho das empresas no 1) engajamento em P&D (manutenção de atividades de P&D em seu interior), 2) engajamento de exportação (conexão das empresas com os mercados globais), 3) inserção local (contato das empresas com as redes locais de informação e conhecimento, o que abrange outras empresas, clientes, fornecedores e organizações de C&T, como universidades), e 4) inserção na multinacional (fluxos de informação entre as subsidiárias e suas matrizes) (Salas e Álvarez, 2017). Os resultados mostram que as subsidiárias criativas promovem mais efeitos positivos de *spillovers* sobre a produtividade das indústrias locais, bem como *spillovers* sobre a rede local de C&T - incluindo universidades -, ao difundir conhecimentos técnicos por meio do contato formal ou informal com engenheiros e cientistas. A Figura 4 sintetiza, assim, alguns dos principais tipos de transbordamentos recíprocos que costumam se estabelecer entre as subsidiárias e as universidades locais.

Figura 4 - Fluxos de *spillovers* entre universidade e subsidiárias



Fonte: Elaboração própria, a partir de Cortonesi (2016) e Póvoa (2008).

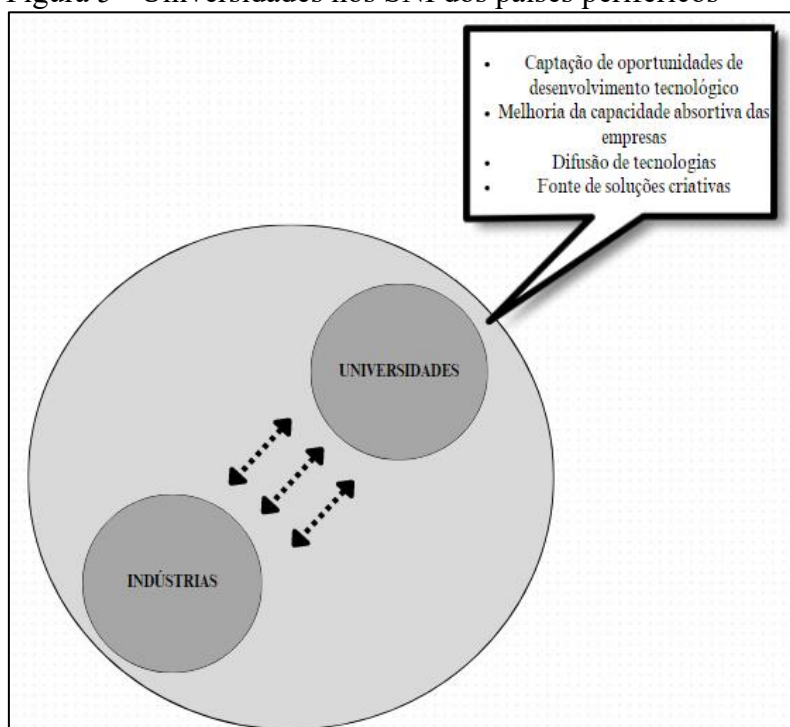
Nessa perspectiva, ao se considerar os desafios e possibilidades de *spillovers* tecnológicos aos agentes locais por efeito da instalação de subsidiárias do setor de H2V no Hub do Pecém, a literatura crítica sobre SNI assinala que as políticas governamentais para atração de empresas multinacionais não podem se descuidar quanto às contrapartidas necessárias, a exemplo das exigências de parcerias tecnológicas com universidades e empresas domésticas, para que o processo tenha condições de gerar reais transbordamentos à economia local, sob pena de que os incentivos fiscais, creditícios e infraestruturais usados pelos governos não impulsionem a formação de redes de aprendizagem e inovação com os agentes da região (Cassiolato e Lastres, 2000).

Por fim, contrastando com o discurso *mainstream* que defende ser a exposição das empresas locais às concorrentes internacionais a condição necessária para fortalecimento das atividades de inovação, Cassiolato e Lastres (2005), com base em pesquisas empíricas sobre contextos periféricos, evidenciam, por exemplo, que estratégias de política industrial que priorizam a inserção nas cadeias nacionais ou regionais de valor geram melhores oportunidades para desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado tecnológico aos produtores locais, do que as que priorizam às exportações para mercados estrangeiros, como EUA e Europa (Cassiolato e Lastres, 2005).

2.1.5 Sistemas de Inovação Imaturos

Ao debater os desafios para construção dos SNI nos países periféricos, a literatura concebe as universidades como “antenas” (Albuquerque *et al.*, 2015, p.15), podendo agir como meios de captação dos avanços científicos e tecnológicos dos centros capitalistas. Nesta mesma direção, Albuquerque (2006) ressalta que as universidades podem realizar papéis decisivos no processo de *catching-up*¹⁹, ao se firmar como mecanismos de identificação de oportunidades tecnológicas e vinculação à dinâmica científica internacional, bem como instrumentos de transferência de conhecimentos estratégicos para setores-chave ao desenvolvimento industrial, e fonte de soluções criativas para problemas específicos do país, a exemplo de vacinas para doenças endêmicas, e adaptação de tecnologias, etc. (Figura 5)²⁰.

Figura 5 - Universidades nos SNI dos países periféricos



Fonte: Elaboração própria, a partir de Póvoa (2008) e Mazzoleni (2008).

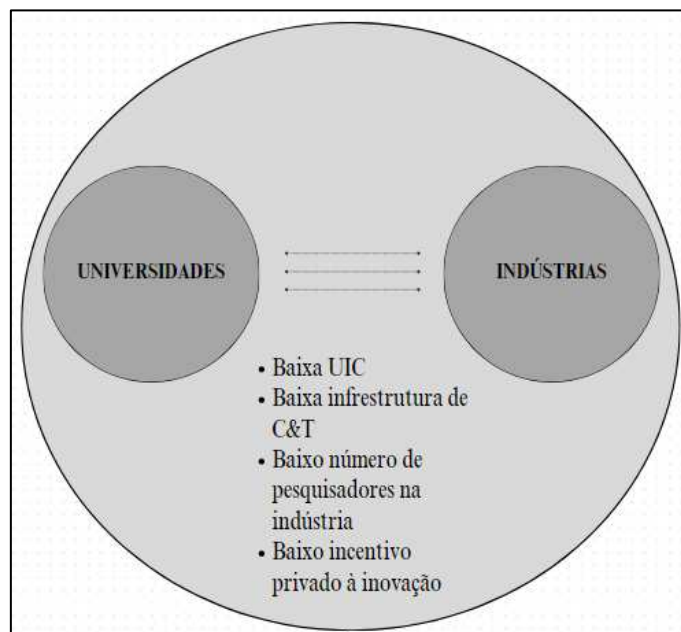
¹⁹ O conceito de *catching-up* sugere a possibilidade de países tecnologicamente atrasados “alcançarem” os líderes globais de tecnologia. É interessante observar que a forma de realizar esse movimento passa pela capacidade dos países atrasados de absorver os avanços tecnológicos internacionais e aproveitar as janelas de oportunidade, plasmando suas condições internas de produzir inovação, de modo que o resultado a médio ou longo prazo seria a capacidade de tais países se tornarem produtores de bens tecnológicos, equiparando-se aos países tecnologicamente hegemônicos. Casos de sucesso no século XX são Japão e Coreia do Sul, por exemplo (Póvoa, 2008; Reis, 2018).

²⁰ Nos estudos que tratam das contribuições das universidades para os processos de *catching-up*, destaca-se a melhoria da capacidade absorptiva das empresas, a promoção das tecnologias estrangeiras, a captação de oportunidades de desenvolvimento tecnológico internacional, e avaliação das possibilidades de aplicação nos contextos periféricos (Póvoa, 2008; Mazzoleni, 2008).

Póvoa (2008), ao analisar a situação contemporânea, expressa o aumento das restrições para os países “atrasados” acompanharem os países líderes em tecnologia (Póvoa, 2008), apontando a postura de instituições internacionais (como OMC, Banco Mundial e FMI) no sentido de inibir ou desestimular a participação do Estado na proteção às indústrias nascentes nos países subdesenvolvidos, e o endurecimento dos direitos de patentes pelas corporações estrangeiras, como fatores críticos para arrefecimento das condições de *catching-up*, ao restringir a difusão tecnológica e aumentar as exigências para absorção das novas tecnologias. Entretanto, neste cenário, o papel de suporte científico, educacional e tecnológico das universidades nos contextos periféricos não perde sua relevância, tornando-se, ao contrário, mais necessário, como forma de assegurar as condições básicas para incorporação, treinamento e aprendizagem dos processos tecnológicos (Póvoa, 2008).

De acordo com Albuquerque (1996), o Brasil apresenta um SNI reconhecido como imaturo (Figura 6), uma vez que demonstra escassa infraestrutura de C&T, baixo número de pesquisadores inseridos no âmbito industrial, tímida presença de inovações no setor privado e fraca articulação com as universidades (Albuquerque, 1996, p.389). Este quadro interfere, diretamente, não somente na capacidade nacional de inovação, mas em sua aptidão para absorver e difundir as inovações geradas no estrangeiro.

Figura 6 - Características dos SNI Imaturos



Fonte: Elaboração própria, a partir de Albuquerque (1996).

Por outro lado, apesar do baixo nível de conexão necessária entre produção científica e tecnológica, os casos de SNI imaturos, como o Brasil, apresentam “ilhas de eficiência” em alguns setores – na área da saúde, e agricultura, por exemplo (Albuquerque, 2003). Este fato, segundo o autor, sinaliza as condições de transição e progresso dos sistemas de inovação na periferia, não desconsiderando, todavia, a incerteza que permeia as possibilidades de generalização dos êxitos pontuais de conexão para outros setores da economia²¹.

Ao visar o exame do grau de maturidade dos sistemas de inovação, Albuquerque (1999; 2001) sugere observar a proporção entre produção tecnológica e produção científica nacional, com base nos *proxies* de 1) depósitos de patentes concedidas a residentes e 2) *papers* publicados por cada país. A divisão do número de patentes pelo número de artigos resultaria, assim, no indicador de aproveitamento de oportunidades tecnológicas. O *Opportunity Taking Indicator* (OTI)²², segundo a terminologia original, configura-se numa ferramenta aproximada para medir o desempenho dos agentes de ciência e tecnologia do SNI, suas interações e a capacidade do país de explorar oportunidades de inovação (Albuquerque, 1999, p.607). No caso dos Sistemas Imaturos de Inovação, como o Brasil, o OTI demonstra um desequilíbrio, com predominância da produção científica sobre a produção tecnológica, que expressaria as falhas de conexão entre os componentes do sistema (Albuquerque, 1998).

²¹ Ao comparar o total de 120 países, com o objetivo de analisar as combinações (*cross-over*) e limiares (*thresholds*) da produção científica para desencadear um ciclo virtuoso de interação entre ciência, tecnologia e crescimento econômico, Bernardes e Albuquerque (2003) identificam nas experiências exitosas de *catching-up* de países como Coreia do Sul e Taiwan, a combinação entre dispersão e concentração da infraestrutura científica – agindo tanto como “dispositivo de foco”, ao monitorar e avaliar a aplicação local dos avanços da ciência e tecnologia internacionalmente, quanto como suporte ao desenvolvimento industrial, ao concentrar recursos para áreas científicas estratégicas ao país. Sob este aspecto, as universidades, enquanto organizações que integram a infraestrutura científica nacional, são vistas como importantes catalisadores do processo iterativo (*cross-over*) entre os componentes do SNI, não atuando, porém, como uma condição suficiente nem para o *catching-up* econômico, nem para o início da produção de inovação tecnológica de um país (Bernardes e Albuquerque, 2003)

²² O que Albuquerque classifica como “OTI” se constitui num indicador de medição das capacidades do SNI para aproveitamento das oportunidades tecnológicas e de *catching-up*. Mas, segundo Albuquerque (2001), o índice também serve para estimar o quão saudável e intenso é o processo de conexão entre produção científica e produção tecnológica de um país, o que se estenderia para captação do nível de interação entre os diferentes componentes do sistema de inovação (universidades e indústrias, por exemplo). Aliás, quanto a esta última possibilidade, seria interessante frisar o seguinte. Dado o fato de que no Brasil os depósitos de patentes nacionais são liderados por universidades públicas, o recurso metodológico de se apoiar unicamente na cifra de “patentes depositadas” – quer no escritório nacional, quer nos escritórios estrangeiros – não seria suficiente para indicar o grau de interação da infraestrutura científica com a infraestrutura industrial, fazendo-se necessário, assim, a escolha de um *proxy* mais preciso, a exemplo do número de “licenciamentos de patentes” ou o número de “acordos de cooperação tecnológica” entre universidades e setor empresarial.

Cabe ressaltar que na perspectiva dos sistemas de inovação, a dimensão histórica de amadurecimento das instituições é um elemento primordial, considerando que a sinergia entre os componentes do sistema não se efetiva da noite para o dia, exigindo, ao contrário, um “*long historical process to build these connections and interactions*”²³ (Suzigan e Albuquerque, 2011, p.10). Assim, tratando-se dos contextos periféricos latino-americanos, como o Brasil, a abordagem necessariamente leva em conta a *path dependence*²⁴ colonial e escravista que impactou o surgimento tardio das organizações de ciência e tecnologia no país e, por sua vez, as ligações restritas da atividade de pesquisa com o setor produtivo (Suzigan e Albuquerque, 2011).

Desse modo, conquanto se considere a tipologia de Albuquerque (1996) demasiado útil para nosso estudo, tal formulação não é isenta de dissensos na literatura sobre SNI nos países periféricos. Szapiro, Matos e Cassiolato (2021), por exemplo, apresentam críticas à perspectiva unilinear que trata os sistemas de inovação dos países periféricos como “menos desenvolvidos” ou imaturos em relação aos países do centro. Isto porque, conforme sua leitura, a abordagem sistêmica da inovação não justifica esse tipo de comparação, uma vez que a construção dos sistemas de inovação de cada país se relaciona com suas particularidades históricas, culturais e econômicas, sendo o conceito de SNI um referencial para compreender a interação entre as “diversas formas de organização das estruturas produtivas e socioinstitucionais” (Szapiro, Matos e Cassiolato, 2021, p.347), e não um paradigma fixo baseado nos SNI europeus.

Por fim, a crítica também se estende ao conceito de *catching-up*, na medida em que o subdesenvolvimento econômico e tecnológico que caracteriza os países periféricos não representa uma fase preliminar do desenvolvimento - o que geraria a possibilidade de “alcançar” o estágio de desenvolvimento dos países do centro -, mas é resultado de processos históricos em contexto global que transformam o subdesenvolvimento numa condição estrutural complementar ao desenvolvimento de outros países (Szapiro, Matos e Cassiolato, 2021). Nesse sentido, o SNI brasileiro não poderia ser considerado

²³ “Longo processo histórico para construir essas conexões e interações” (tradução livre).

²⁴ A ideia de “dependência de trajetória” se refere ao fato de que a conformação de um trajeto específico, adotado no processo de constituição de determinadas instituições sociais e políticas, teria como consequência a estruturação de uma tendência inercial de bloqueio ou restrição a mudanças posteriores, exercendo influência sobre o desenvolvimento histórico dessas instituições (Bernardi, 2012). Assim, o conceito de *path dependence* consiste num recurso analítico que permite ter em conta que o legado cultural, social, e institucional do passado condiciona o futuro, tornando necessária a consideração das particularidades contextuais de cada país no momento de comparar diferentes Sistemas Nacionais de Inovação, por exemplo.

“imaturo”, mas sim um sistema de inovação diferente, com debilidades e potencialidades específicas associadas à sua condição social e histórica (Szapiro, Matos e Cassiolato, 2021).

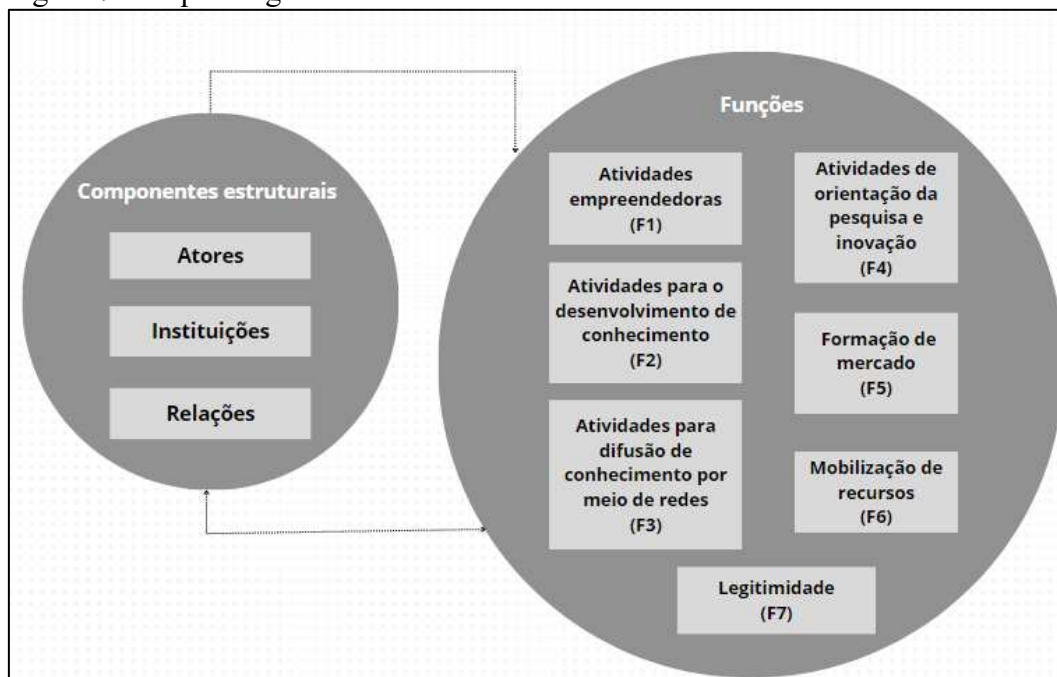
2.1.6 Sistemas Tecnológicos de Inovação

Para o tipo de fenômeno que estudamos, os níveis regional, setorial e local são muito abrangentes, sendo mais adequada, portanto, a perspectiva do Sistema Tecnológico de Inovação (STI), uma vez que não se procura analisar o segmento de energias renováveis como um todo, mas apenas os processos de inovação relacionados ao ramo do hidrogênio verde ou de baixo carbono. Assim, ratifica-se a afirmação de Babo (2022), segundo a qual a abordagem do STI é mais oportuna para exame das “dinâmicas do lado da oferta e da procura e pela sua articulação com estudos de transição energética e de sustentabilidade” (Babo, 2022, p.14).

O conceito de STI busca focalizar não um país, uma região, ou setor industrial, mas um ramo tecnológico determinado²⁵. De acordo com Carlsson e Stankiewicz (1991), os limites espaciais de um sistema tecnológico podem ou não coincidir com as fronteiras nacionais, regionais ou locais. Assim como os sistemas nacionais de inovação, os sistemas tecnológicos se configuram numa rede articulada de instituições e agentes que interagem em função do desenvolvimento de novas tecnologias, mas que se concentram numa área específica (Figura 7).

²⁵ Carlsson e Stankiewicz (1991), na definição original de STI, o concebe como "*a dynamic network of agents interacting in a specific economic/industrial area under a particular institutional infrastructure and involved in the generation, diffusion, and utilization of technology*" (Carlsson e Stankiewicz, 1991, p.93).

Figura 7 - Esquema geral do STI

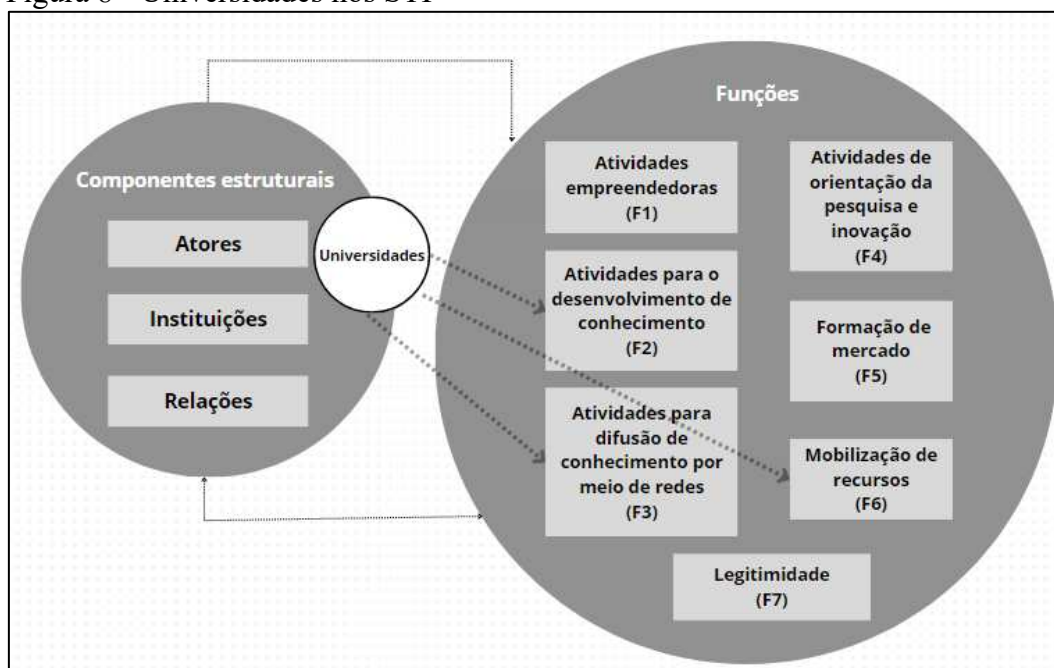


Fonte: Adaptado de Babo (2022).

Tais sistemas apresentam como aspectos constitutivos uma infraestrutura institucional, *clusters* de recursos e competência econômica - que se expressa por meio da aptidão para explorar novas oportunidades de negócios (Carlsson e Stankiewicz, 1991). Em contraste com o foco abrangente do SNI, os sistemas tecnológicos priorizam o estudo dos fatores microeconômicos que interferem nos processos de inovação, sendo a “competência econômica” das empresas um dos mais relevantes.

Com efeito, das sete funções do modelo desenvolvido por Hekkert *et al.* (2007), as que se relacionam mais diretamente com as universidades são as funções 2 e 3, que tratam dos processos de desenvolvimento e difusão de conhecimento, e a função 6, que abrange a preparação e alocação de recursos humanos no STI. Andreasen e Sovacool (2015), por exemplo, comparando o desenvolvimento dos sistemas tecnológicos de inovação em torno da tecnologia da célula a combustível nos Estados Unidos e na Dinamarca, mostram que nos EUA as funções 2 e 3 são mais fundamentadas na atuação de atores privados, enquanto a função 6 é predominantemente realizada por laboratórios e empresas privadas. Já na Dinamarca o cenário é distinto, com as funções 2 e 3 sendo atendidas pelo Estado ou por parcerias público-privadas (PPP), e a função 6 provida por universidades públicas. A Figura 8, assim, esquematiza o papel das universidades nos STI, destacando suas principais funções.

Figura 8 - Universidades nos STI



Fonte: Adaptado de Babo (2022).

Nesse sentido, apesar do eixo analítico de Carlsson e Stankiewicz (1991) se concentrar mais diretamente na adoção e utilização das inovações do que propriamente na etapa de geração e distribuição do conhecimento – o que implicaria mais atenção ao papel das universidades no desenvolvimento de pesquisa e tecnologia -, o estudo sugere a importância da infraestrutura de ciência e tecnologia para o fortalecimento da “competência econômica” das empresas, ao contribuir para o êxito das redes de conhecimento, e formação de um ambiente favorável de ideias e pessoas qualificadas, que propiciam o surgimento de blocos de desenvolvimento - isto é, um conjunto de agentes que busca explorar as oportunidades de negócios ligadas a novas tecnologias de um paradigma tecnológico (Carlsson e Stankiewicz, 1991).

O estudo de Carlsson e Stankiewicz (1991), assim, promove valiosos *insights* para nossa pesquisa. Ao se considerar a existência de um STI em construção na área das tecnologias do hidrogênio verde ou de baixo carbono²⁶, é interessante perceber de que modo os componentes estrangeiros do sistema tecnológico de inovação do H2V acabam interagindo e influenciando (positiva ou negativamente) os componentes locais -

²⁶ Com base na definição de Ximenes (2024) sobre o biogás, o sistema tecnológico do hidrogênio verde contemplaria os diferentes atores que atuam no desenvolvimento, regulação, e difusão das tecnologias, processos, máquinas e equipamentos usados na produção, armazenamento, transporte, uso final e demais etapas da cadeia produtiva do H2V.

particularmente as universidades²⁷. Estes influxos positivos ou negativos, com base nas sugestões do estudo de Hekkert *et al.* (2007), podem ser caracterizados como positivos, por exemplo, quando contribuem para o cumprimento de alguma função relevante dos componentes locais, como a celebração de parcerias entre agências ou organizações internacionais de pesquisa na área de H2V e universidades locais, ou considerados negativos quando ocorre o encerramento dos projetos de cooperação e atividades congêneres.

Jacobsson e Johnson (2000), ao discutirem as condições de difusão das tecnologias de energia renovável, estabelecem um *framework* para compreender os determinantes-chave do processo de transformação dos sistemas tecnológicos, a partir da dinâmica de suas instituições, redes e competências. Em sua definição, os sistemas tecnológicos se compõem, essencialmente, de três componentes básicos: 1) atores e suas competências, 2) redes, e 3) instituições (Jacobsson e Johnson, 2000).

As redes de difusão de informações, ou as redes de usuários e fornecedores, que se firmam, por exemplo, entre empresas e clientes, ou universidades e empresas, se configuram em importantes mecanismos para o funcionamento dos sistemas, apresentando a capacidade de identificação de problemas e construção de soluções técnicas. Ao lado das redes, as instituições (normas, leis, regras, etc.) dispõem de grande potencial de interferência nos rumos das tecnologias incipientes, ao orientar suas ações para garantia de conectividade e incentivos ao sistema. Já os catalisadores ou “motores principais” se referem aos atores-chave que exibem o poder técnico, financeiro ou político para impulsionar o desenvolvimento e disseminação de uma nova tecnologia, se tornando propriedade decisiva na consolidação de sistemas tecnológicos emergentes (Jacobsson e Johnson, 2000).

Os “motores principais” se localizam geralmente no setor empresarial, manifestando-se através do poder econômico de grandes corporações com interesse em alavancar um novo tipo de tecnologia, e se dispõem a realizar quatro tarefas que favorecem a transformação dos sistemas tecnológicos: 1) conscientização, 2) concessão de investimentos, 3) garantia de legitimidade, e 4) difusão da tecnologia incipiente, o que contribui para educar os usuários e aclimatar a nova tecnologia no mercado. Como

²⁷ Markard, Hekkert e Jacobsson (2015), aliás, apontam ser um caminho promissor a ocorrência de pesquisas que buscam desvendar o tipo de interações entre os diferentes subsistemas (ou componentes) do STI que se localizam em diferentes regiões.

exemplo, Jacobsson e Johnson (2000) mencionam a participação das empresas Volvo, e SAAB na consolidação da tecnologia de automação flexível na Suécia dos anos 1970, ressaltando as contribuições dos institutos de pesquisa, que disponibilizaram espaços para reuniões, e intercâmbio de informações estratégicas entre as empresas; e das universidades, que envidaram esforços para aplicação da nova tecnologia na indústria.

Segundo Hekkert *et al.* (2007), a existência de sinergia positiva entre as diferentes funções é uma condição necessária para a ocorrência de “ciclos virtuosos” de mudanças nos sistemas tecnológicos de inovação. Neste particular, Hekkert *et al.* (2007) assinala que um dos gatilhos comuns no segmento de tecnologias sustentáveis se origina na função 4, que trata dos planos, estratégias e metas governamentais. Estes planos e metas apresentam a capacidade de desencadear uma série de estímulos positivos ao desenvolvimento de conhecimentos e inovações que se orientam à resolução de problemas ambientais. Não obstante, o desenvolvimento de um sistema de inovação também pode ser impulsionado por iniciativa de grupos de empreendedores que realizam *lobby* para atração de apoio a determinadas tecnologias (Hekkert *et al.*, 2007).

Hekkert e Negro (2009) reforçam que todas as setes funções do modelo são importantes e decisivas para o funcionamento e desenvolvimento do STI, salientando, além disso, que as características da tecnologia a ser desenvolvida influenciam o cumprimento das funções do STI, assim como o nível de desempenho das funções pode exercer interferência nas características da tecnologia. Portanto, no campo das energias renováveis, a tecnologia que demonstra atributos positivos, sendo vista como uma “*well functioning, reliable and profitable technology*”²⁸ (Hekkert e Negro, 2009, p.592), tende a despertar o entusiasmo dos investidores e governos.

Por fim, Hekkert e Negro (2009) chamam atenção para um ponto interessante, ao concluir que uma das fragilidades do modelo funcional do STI consiste na falta de elaboração conceitual sobre os “fatores externos” (como crises e escassez energética, por exemplo), e o peso que exercem na dinâmica e mudança dos STI. Sob este aspecto, acrescentamos a necessidade de enriquecer o modelo com base nos “fatores externos” associados aos contextos econômicos periféricos, de maneira a levar em consideração os possíveis influxos de fenômenos como a “dependência tecnológica” e “dependência financeira” sobre os atores e suas respectivas funções nos STI.

²⁸ “Uma tecnologia bem funcional, confiável e lucrativa” (tradução livre).

2.2 Sistemas de Aprendizagem Tecnológica ativa e passiva

Se as fragilidades da estrutura de inovação no Brasil levaram Albuquerque (1996) a atestar o caráter “imaturo” de nosso Sistema Nacional de Inovação (SNI), a análise de Viotti (2002) é mais radical, e argumenta não haver no Brasil, à semelhança de outros países de industrialização tardia, um real sistema de inovação, sendo mais adequado reconhecer a existência de um Sistema Nacional de Aprendizagem Tecnológica (SNAT), que pode ser diferenciado em passivo e ativo.

Ao partir de um exame crítico da literatura sobre sistemas de inovação, Viotti (2002) assinala que a abordagem do SNI é inadequada para investigação dos processos de mudança tecnológica nos países de industrialização tardia. Por um lado, a concepção estrita de SNI, que considera apenas as instituições formais de C&T e com participação direta nos processos de inovação, é praticamente infértil para compreensão da dinâmica tecnológica na periferia, uma vez que, nas economias de industrialização tardia, os processos de mudança tecnológica são moldados, em grande parte, fora do âmbito das instituições formais de C&T – as universidades, por exemplo.

Por outro lado, mesmo a concepção ampla de SNI, que concebe a influência dos atores financeiros e políticos como variáveis relevantes dos processos de inovação, é limitada, na medida em que se observa que o tipo de inovação considerado (inovação radical) não é tão frequente nos países da periferia. Assim, a aplicação indiscriminada da abordagem SNI para estudo dos países de industrialização tardia seria prejudicial não só à compreensão da “*nature, pace and direction of the process of technical change of those economies*”²⁹ (Viotti, 2002, p.656), mas poderia comprometer a própria formulação das diretrizes políticas para desenvolvimento industrial, com base na ciência, tecnologia e inovação.

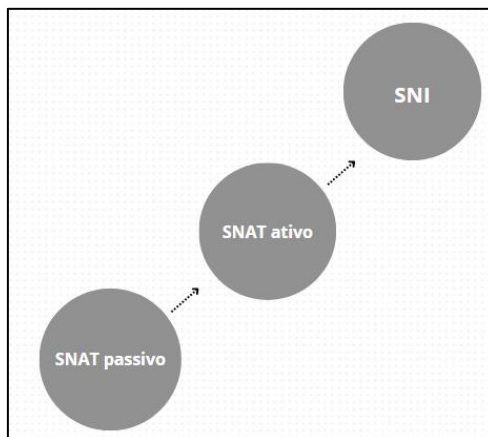
No entanto, é importante destacar que Viotti (2002) compartilha do mesmo quadro teórico dos expoentes do SNI. Assim, não é casual que em sua concepção o Sistema Nacional de Aprendizagem Tecnológica não se apresente como um modelo antagônico ao Sistema Nacional de Inovação, mas como uma fase do *continuum* de desenvolvimento tecnológico de um país. Isto se evidencia, por exemplo, quando o autor considera a

²⁹ “Natureza, ritmo e direção do processo de mudança técnica dessas economias” (tradução livre).

viabilização do Sistema Nacional de Inovação a partir da evolução do Sistema Nacional de Aprendizagem Tecnológica Ativa.

Dubeux (2015), todavia, alerta ser um equívoco tratar a sucessão entre os diferentes sistemas como algo natural ou espontâneo (Figura 9). Longe disso, sublinha-se que “a mudança do sistema passivo para os estágios subsequentes é muito mais difícil do que se poderia imaginar no momento inicial” (Dubeux, 2015, p.124).

Figura 9 - *Continuum* de desenvolvimento entre os SNAT e o SNI



Fonte: Elaboração própria, a partir de Viotti (2002) e Dubeux (2015).

Segundo Viotti (2002), diferentemente do SNI, a abordagem SNAT se concentra na investigação das atividades, instituições, organizações e interações que se associam aos processos de aprendizagem tecnológica, em detrimento dos agentes relacionados propriamente à inovação. Sob este aspecto, não se desconsidera o papel que as universidades exercem na distribuição de cientistas e engenheiros para o setor privado, bem como no auxílio à adaptação de tecnologias e inovações incrementais.

É sabido que no sistema capitalista mundial, a distinção entre economias desenvolvidas e subdesenvolvidas se relaciona ao processo de industrialização, que em determinados países da Europa se iniciou já no século XIX, e em outros só ocorreu ao longo do século XX. Na abordagem dos SNAT, as transformações tecnológicas que impulsionaram os processos de industrialização tardia nas economias periféricas se deram predominantemente por meio dos processos de absorção e aprimoramento de tecnologias, em vez da criação doméstica de inovações radicais (Viotti, 2002).

Neste cenário, o conceito de “aprendizagem tecnológica” é essencial para compreensão das particularidades do progresso tecnológico e industrial dos países da periferia. Não obstante, o conceito indiscriminado de aprendizagem tecnológica é

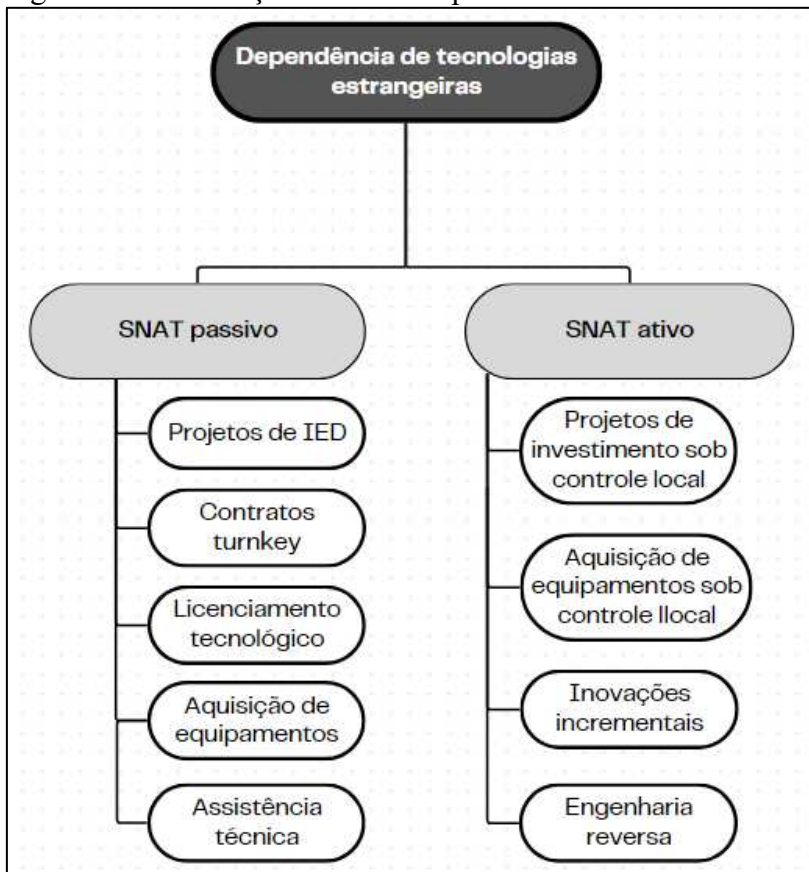
insuficiente para explicar diferenças substanciais que ocorrem nesses países ao longo de seus processos de desenvolvimento tecnológico. É preciso, portanto, explorar as distinções (Figura 10) entre “aprendizagem tecnológica ativa” e “aprendizagem tecnológica passiva” (Viotti, 2002; Dubeux, 2015).

Ao representar o processo de mudança tecnológica a partir da absorção de tecnologia e inovação incremental, a aprendizagem tecnológica das empresas ou de uma nação é tratada como ativa quando dispõe de um esforço tecnológico intenso cujo resultado é o aumento da capacidade de aprimoramento, com métodos de engenharia reversa, por exemplo, criando oportunidades para inovações incrementais ativas³⁰ Já a aprendizagem tecnológica é vista como passiva quando é consequência de processos não-intencionais, se dando no curso das atividades da empresa, por meio de *learning by doing*, sem custos e praticamente automáticos, ou por meio de acordos de licenciamento e contratos *turnkey*³¹, que se associam somente ao aumento da capacidade de produção, gerando no máximo estímulos para inovações incrementais passivas (Viotti, 2002; Dubeux, 2015).

³⁰ Viotti (2002) chama de “*active incremental innovation*” (inovação incremental ativa) aquela que decorre de um esforço intencional e de investimentos deliberados em tecnologias, o que se articula diretamente com a capacidade de melhoria ou aprimoramento tecnológico da empresa ou país (Viotti, 2002, p.662).

³¹ O *turnkey* se refere ao tipo de contrato de prestação de serviços, em que o fornecedor se responsabiliza pela execução de todas as etapas do serviço, incluindo a disponibilização de máquinas, materiais e equipamentos (Furtado, 2012). É uma forma de parceria em que a empresa contratante não exerce qualquer participação ativa.

Figura 10 - Diferença entre SNAT passivo e SNAT ativo



Fonte: Elaboração própria, a partir de Viotti (2002) e Dubeux (2015).

Viotti (2002), quando compara as trajetórias de SNAT na Coreia do Sul e no Brasil, percebe, com base num quadro de macroindicadores, que a Coreia representa um caso exitoso de SNAT ativo, enquanto o Brasil se constituiria num SNAT passivo. Os três macroindicadores selecionados são 1) padrões nacionais de educação e treinamento, 2) padrões nacionais de aquisição de tecnologia, 3) padrões nacionais de alocação de recursos para aprendizagem tecnológica, e 4) resultados nacionais de esforço tecnológico.

O desempenho nacional satisfatório nesses quatro aspectos consistiria numa pré-condição para transição de estratégias passivas a ativas nos SNAT. No que se refere ao suporte de “educação e treinamento”, Viotti (2002) destaca que a mera preparação científica e tecnológica de recursos humanos não é suficiente para melhoria da capacidade de absorção tecnológica do país, se não se encontra alicerçada na inserção dos pesquisadores nas atividades de P&D industrial.

Quanto às formas de aquisição de tecnologia, é interessante observar que na trajetória coreana a incorporação de bens de capital importados se sobressaiu como a principal fonte, enquanto no Brasil o tipo predominante foram os investimentos

estrangeiros diretos de capital (IED). Na experiência brasileira, o IED não se mostrou ser um instrumento eficaz na geração de oportunidades de inovações incrementais ativas, contribuindo somente para elevação das capacidades de produção das empresas locais, chegando a causar, em alguns casos, a inibição do esforço tecnológico dos concorrentes domésticos (Viotti, 2002, p.669). Já na Coreia do Sul, a presença irrisória de IED e subsidiárias estrangeiras ao longo dos anos 1960, que expressou a estratégia de desenvolvimento nacional do governo coreano, possibilitou combinar de modo mais eficiente as formas de importação de tecnologia com esforços internos de adaptação e melhorias incrementais.

Em se tratando da alocação de recursos para aprendizagem tecnológica, que pode ser medida com base no percentual de investimentos públicos e privados para atividades de P&D, e na proporção de cientistas e engenheiros engajados nas atividades de P&D das empresas, Viotti (2002) mostra que, na Coreia do Sul, os dispêndios com P&D são liderados pelo setor privado, enquanto no Brasil ocorre o inverso. Já a proporção de cientistas e engenheiros que trabalham com P&D no âmbito empresarial na Coreia é oito vezes maior que no Brasil (Viotti, 2002).

No que concerne aos resultados nacionais de esforço tecnológico, a Coreia, no período analisado, apresentou 69% de patentes para residentes, enquanto no Brasil somente 14% era de depositantes residentes. Neste particular, a proporção de bens tecnológicos avançados nas exportações de ambos os países também se mostrou oposta. Em contraste ao Brasil, a Coreia se especializou na exportação de produtos eletrônicos e de telecomunicação, ou seja, equipamentos do paradigma eletroinformático hegemônico, que expressaria o fortalecimento de seu desenvolvimento econômico e tecnológico nacional.

Quando se compara os casos de Taiwan, Coreia do Sul, Brasil e México, Viotti (2004) atesta que as diretrizes das políticas convencionais de C&T, que priorizam os investimentos em 1) pesquisa básica, 2) competição elevada, e 3) forte proteção aos direitos de propriedade intelectual se mostram ineficientes para impulsionar um padrão de produtividade industrial com base na aprendizagem ativa. Ao contrário, uma estratégia consequente e adaptada à realidade das economias de industrialização tardia exigiria a articulação dos investimentos nas organizações acadêmicas de C&T e P&D com foco em áreas científicas-chave para o desenvolvimento das capacidades de melhoria tecnológica das empresas. Métodos como o de engenharia reversa, e *networking* de produtores e

fornecedores são exemplos de caminhos promissores, quando combinados à aquisição de tecnologias estrangeiras imaturas, considerando que as oportunidades de realização de uma aprendizagem ativa, por meio de inovações incrementais, são inversamente proporcionais ao grau de maturidade da tecnologia adquirida (Viotti, 2004).

Com efeito, ao não desenvolver suas capacidades de melhoria tecnológica, os países de industrialização tardia firmam sua vantagem competitiva no uso de força de trabalho barata, preço baixo de insumos e uso intensivo de recursos naturais (Viotti, 2004). Ao longo do tempo podem se estruturar condições que favoreçam a superação desse *lock-in*³², propiciando o direcionamento rumo a um desempenho de aprendizado ativo, como o exemplo do Leste Asiático. No entanto, se o país não adotar uma estratégia agressiva para aquisição de capacidades de melhoria tecnológica, continuará enredado nos mesmos mecanismos espúrios de compensação do atraso tecnológico, estabelecendo no máximo um padrão de aprendizado passivo (Viotti, 2004), caso do Brasil e México, por exemplo.

2.3 As perspectivas críticas latino-americanas

Com efeito, além das observações já mencionadas sobre as variantes da abordagem sistêmica para estudo dos processos de inovação nos países em desenvolvimento, é importante ressaltar as contribuições teóricas de perspectivas elaboradas na América Latina em relação ao papel da universidade, considerando as limitações ao desenvolvimento de UIC e de inovações nos contextos periféricos.

2.3.1 Universidade e desenvolvimento social

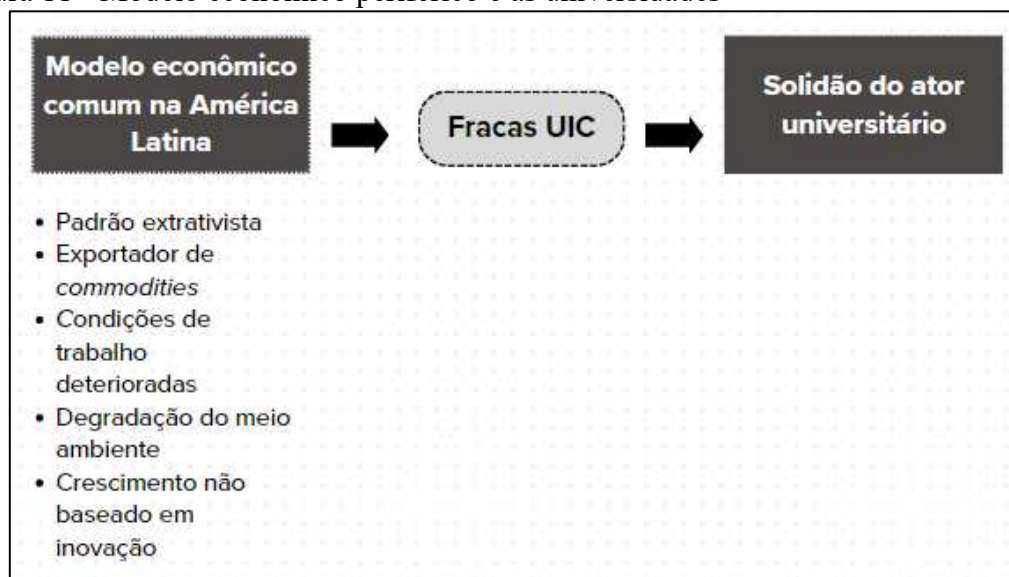
Ao relacionar as transformações do ensino superior na América Latina com as estratégias de desenvolvimento adotadas na região, Arocena (2004) observa que os esforços dos governos para aumentar a intensidade da UIC conseguiram gerar um relativo avanço no desempenho científico e tecnológico das universidades. No entanto, o mesmo

³² A palavra "*lock-in*" é traduzida como "aprisionamento", e, no contexto tratado, se refere a "uma situação em que uma tecnologia, indústria, ou região se encontra 'presa' a uma trajetória tecnológica" determinada (Almeida, Gonçalves e Reis, 2019, p.3).

não tem sido visto no âmbito empresarial. Tal fenômeno ocorre, segundo o pesquisador, uma vez que “*el conocimiento avanzado juega un papel escaso en la economía latinoamericana y porque persiste la antigua tendencia a comprar afuera el conocimiento que se reputa necesario*”³³ (Arocena, 2004, p.925).

O problema gera, assim, o que classifica como “*la soledad del actor universitario*”³⁴ (Arocena, 2004, p.925), que se exacerba através do desemprego que afeta os pesquisadores, devido à baixa absorção pelo setor econômico local, e o crescimento da emigração de cientistas (fuga de cérebros). No âmbito educacional, o subdesenvolvimento se expressa, por exemplo, nas “divisões de aprendizagem” (Arocena, 2004), ou seja, nas desigualdades entre grupos da população para acesso ao ensino superior e na escassez de oportunidades para inserção profissional dos graduados. A Figura 11 ilustra, por exemplo, as principais condições socioeconômicas em que se estrutura o fenômeno descrito por Arocena (2004).

Figura 11 - Modelo econômico periférico e as universidades



Fonte: Elaboração própria (2024), a partir de Arocena (2004).

Tais fatores, em sua perspectiva, interferem diretamente nas capacidades de inovação dos países periféricos, já que não basta se elevar o grau de qualificação dos cidadãos, mas gerar postos de trabalho locais, para que as competências e habilidades adquiridas sejam empregadas (Rapini, Antigo e Esperidião, 2022). Em outras palavras,

³³ “O conhecimento avançado desempenha um papel limitado na economia latino-americana porque persiste a velha tendência de comprar do exterior o conhecimento considerado necessário” (tradução livre).

³⁴ “A solidão do ator universitário” (tradução livre).

as divisões de aprendizagem se comportam como “*un factor mayor de la dependencia económica, política y aún ideológica de las ‘periferias’ y ‘semiperiferias’ a los ‘centros’*”³⁵ (Arocena, 2004, p. 929).

Ao constatar o inveterado malogro das políticas e estratégias governamentais para impulsionar o desenvolvimento econômico na região, Arocena (2004) propõe um novo paradigma, que se apoia no legado programático da Reforma de Córdoba (1918), e mira o Desenvolvimento Humano Sustentável (DHS), orientado à qualidade de vida das pessoas, à preservação dos recursos naturais, e à geração de possibilidades para gerações futuras (Arocena, 2004). Como diretrizes do novo modelo de desenvolvimento, recomenda-se uma estratégia econômica de agregação de valor aos bens e serviços produzidos na América Latina, capaz de alimentar a criação e aplicação endógena de conhecimento, inovação e expansão das capacidades de aprendizado, ao mesmo tempo em que se contrapõe ao padrão extrativista predominante na região, baseado na exportação de *commodities*, que impulsiona a deterioração das condições de trabalho, e degradação do meio ambiente (Arocena, 2004).

Em sua forma tradicional, os SNI são “estruturalmente inalcançáveis” na América Latina, na medida em que o modelo econômico predominante na região não aporta seu crescimento na inovação e no conhecimento avançado (Arocena e Sutz, 2001). Nos contextos de subdesenvolvimento, os obstáculos à criação de capacidades de inovação são enormes, o que leva à estruturação de SNI mais fracos e pouco sistêmicos, com exíguo financiamento do setor privado à P&D. Por outro lado, apesar das fragilidades, as universidades se estabelecem como principais centros de produção de conhecimento e tecnologias na região.

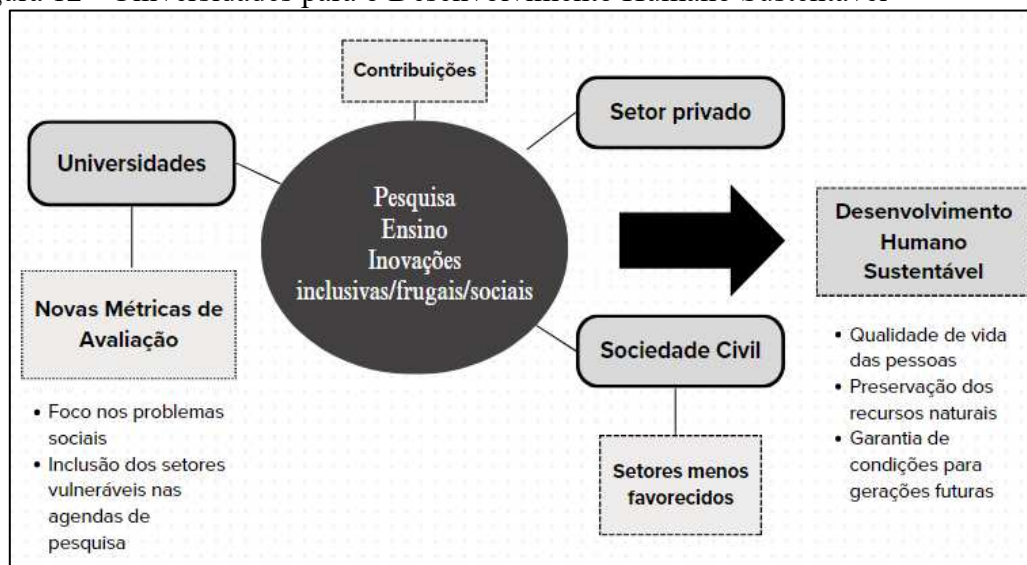
Ao compreender que as agendas de investigação das universidades são influenciadas pela procura de conhecimento, Arocena, Göransson e Sutz (2018) constatarem que nos países do Norte Global prevalece a procura de conhecimento do tipo comercial, que se traduz por meio da transferência de patentes e estímulo à inovação tecnológica. Já no Sul Global, não havendo uma forte demanda do setor privado por esse tipo de conhecimento, é recomendável, segundo o autor, incentivar a procura por

³⁵ “Um fator importante da dependência econômica, política e mesmo ideológica das “periferias” e “semiperiferias” dos “centros” (tradução livre).

conhecimento social como chave para democratização (Arocena, Göransson e Sutz, 2018, p. 166).

Nesse sentido, a proposta de uma “universidade para o desenvolvimento sustentável” (Figura 12) na América Latina se relaciona à construção de Sistemas de Inovação Inclusivos (SII), cujo foco se dirige à superação das divisões de aprendizagem, e promoção da democratização do conhecimento (Arocena, Göransson e Sutz, 2018). A prioridade das universidades desenvolvimentistas, de acordo com sua abordagem, não deveria ser estritamente a Transferência de Tecnologia (T&T), mas a produção e circulação de inovações socialmente orientadas e inclusivas. O caso das universidades brasileiras, com a indissociabilidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão (estabelecida pela Constituição de 1988), é exemplar (Arocena; Göransson e Sutz, 2018), com a academia gerando contribuição para a sociedade através da prestação de serviços jurídicos, de saúde, de educação, e incubação de cooperativas populares (Arocena, Göransson e Sutz, 2018).

Figura 12 - Universidades para o Desenvolvimento Humano Sustentável



Fonte: Elaboração própria, a partir de Arocena, Göransson e Sutz (2018).

Além da missão extensionista, o horizonte desenvolvimentista das universidades também se expressa no ensino, por meio da expansão das capacidades de aprendizagem, de uma metodologia focada na resolução de problemas e da generalização do acesso ao ensino superior. Na pesquisa, os objetivos se manifestam através de uma investigação conectada à elaboração das políticas de inovação e sociais, exigindo a sinergia com diferentes atores do Sistema de Inovação Inclusivo, a exemplo de grupos sociais com

problemas urgentes, mas sem potencial de comercialização (Arocena, Göransson e Sutz, 2018, p.170).

Com efeito, ao discutir a abordagem sistêmica da inovação, Arocena e Sutz (2002) consideram o SNI uma interessante ferramenta teórica para estudo da inovação nos contextos periféricos. No entanto, por ter sido originalmente formulada com base na experiência de sistemas de inovação do Norte Global (Europa e EUA, por exemplo), em países com alto índice de industrialização e desenvolvimento, a teoria do SNI necessita ser adaptada e enriquecida a partir das condições particulares das nações periféricas latino-americanas.

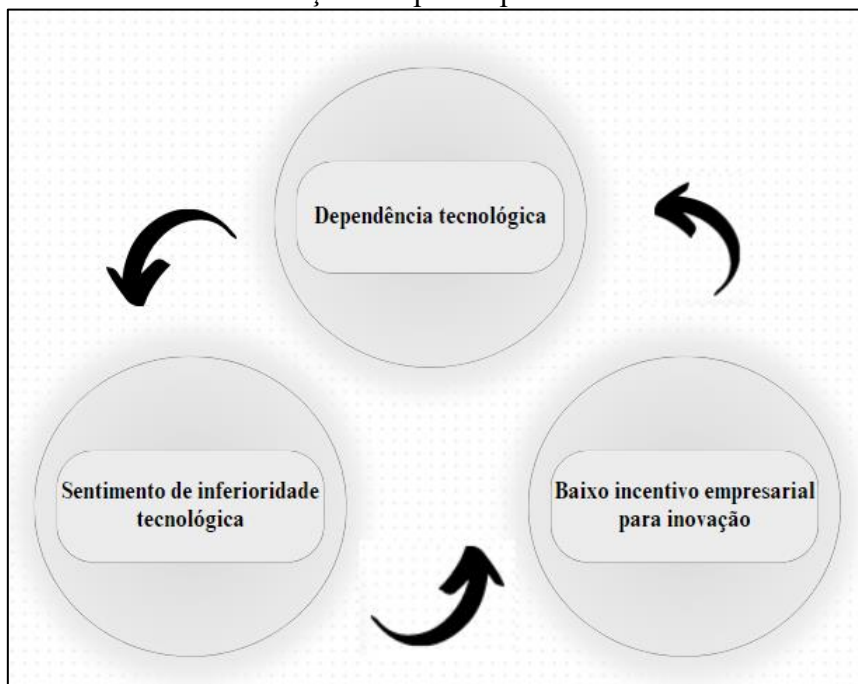
Sob este aspecto, propõe-se a constituição de Sistemas de Inovação Inclusivos (SII), fortalecidos por meio da criação de “espaços interativos de aprendizagem” – que fomentem a parceria entre os diferentes atores para resolução dos problemas locais (Arocena e Sutz, 2002), de modo que o Estado precisa se configurar numa peça-chave na detecção, proteção e fomento a tais espaços. Além de inclusivos, uma vez que priorizam as demandas dos setores menos favorecidos da sociedade, os sistemas de inovação na América Latina precisam ser sustentáveis (Arocena, 2020), realizando suas atividades de inovação com o uso cada vez mais consciente dos recursos naturais, visando uma sociedade menos desigual e com preservação do meio ambiente.

A materialização de tais sistemas, contudo, exige que os países latino-americanos superem o que Arocena (2020) denomina “sentimento de inferioridade tecnológica” em relação ao Norte, passando a conceber novas heurísticas de inovação (Arocena, 2020). O conceito de heurísticas de inovação se refere à elaboração de soluções novas, criativas e adaptadas aos problemas contextuais de cada país, sem que se procure aplicar integralmente as soluções inovadoras desenvolvidas em outros contextos. Assim, as inovações particulares que emergem nos espaços de interação locais, baseadas na metodologia *learning by solving*³⁶, que aproximam fornecedores e usuários, e se utilizam de recursos materiais endógenos, abrem rotas alternativas ao círculo vicioso (Figura 13)

³⁶ A aprendizagem cumulativa e evolutiva, nas condições de subdesenvolvimento, se realiza por meio da capacidade de resolver problemas de forma alternativa às soluções já conhecidas no Norte global, por conta da restrição de condições e recursos para desenvolver as mesmas tecnologias no Sul. Arocena e Sutz caracterizam tal processo como “capacidade de inovar em escassez de condições” (Arocena e Sutz, 2005, p.218), e consideram um importante elemento para o fortalecimento das capacidades de inovação locais.

historicamente estabelecido entre dependência, baixa demanda por inovação, e sentimento de inferioridade tecnológica (Arocena, 2020).

Figura 13 - Ciclo vicioso da inovação nos países periféricos



Fonte: Elaboração própria, a partir de Arocena (2020).

Arocena e Sutz (2005) mencionam um fato ocorrido no Uruguai como exemplo da importância da aprendizagem por resolução (*learning by solving*) para a criação de capacidades de inovação nos países subdesenvolvidos. Na década de 1970, uma empresa de telecomunicações estatal do Uruguai, buscando ampliar e modernizar seus serviços por meio de tecnologia digital, lançou um processo de licitação, em que duas empresas locais de eletrônica ganharam, passando a desenvolver equipamentos de comutação modificados para suportar a tecnologia avançada, contida nos microprocessadores. Neste processo, o esforço de inovar em condições de escassez possibilitou o aprendizado de distintas competências, desde a capacidade de inventar novos designs, até "a execução de processos complexos e negociação com fornecedores" (Arocena e Sutz, 2005, p. 219)

Para sedimentar um terreno propício ao surgimento dessas inovações na região, as políticas de inovação devem priorizar a criação de espaços e oportunidades de aprendizagem do tipo *learning by solving*, assim como os modelos de avaliação acadêmicos precisam ser reconfigurados. De acordo com Arocena, Göransson e Sutz (2018) os parâmetros atuais de avaliação das pesquisas não são compatíveis com uma

universidade dirigida ao Desenvolvimento Humano Sustentável, configurando-se, muitas vezes, num obstáculo à sua realização.

O quadro de avaliação que predomina no mundo acadêmico atualmente se fundamenta em determinadas métricas de publicações, que acabam preconizando a produção de artigos em detrimento de livros; de pesquisas básicas em detrimento de aplicadas; de pesquisas de curto prazo em detrimento das investigações que exigem mais tempo; de pesquisas monodisciplinares em detrimento de interdisciplinares, exercendo constante pressão por desempenho, além de acarretar o excesso de trabalho e estresse, gerando efeitos perversos sobre jovens pesquisadores, ao inibir a qualidade e criatividade das investigações (Arocena, Göransson e Sutz, 2018). Assim, no contexto das relações Norte-Sul, as práticas avaliativas, com base nos critérios convencionados por países do Norte, estimulam o comportamento mimético dos acadêmicos do Sul, que orientam sua atividade de pesquisa em função da respeitabilidade e validação, conquistada a partir da publicação em periódicos estrangeiros de alto impacto (Arocena, Göransson e Sutz, 2018).

Uma vez que esses parâmetros influenciam as práticas universitárias, as metas estabelecidas - a exemplo da quantidade de citações -, levam os pesquisadores a priorizarem a escolha de tópicos de pesquisa em alta nos países centrais, como forma de elevar as possibilidades de citação. Em consequência, os problemas locais, assim como a preocupação com o impacto social da investigação, são postos em segundo plano nas estratégias de progressão acadêmica dos pesquisadores das nações periféricas.

Na contramão desse cenário, é proposto como alternativa um modelo de universidade que estimule a criação de conhecimentos socialmente valiosos, assegurando uma espécie de “autonomia conectada” (Arocena, Göransson e Sutz, 2018, p.5), em que as universidades asseguram sua autonomia, decidindo sobre seus rumos e atividades, mas sem perder de vista o compromisso social com os ODS. Para ser efetivo, todavia, a responsabilidade social das pesquisas precisa ser institucionalizada, de modo que receba valorização e reconhecimento formal pelos acadêmicos e agências de financiamento.

É necessário, assim, que os sistemas de avaliação de pesquisas realizem o incremento de métricas novas, que incentivem o engajamento social dos pesquisadores, considerando as necessidades e conhecimentos dos atores marginalizados nas agendas de investigação. Sob esta perspectiva, sugere-se uma métrica de impacto social, dedicada a

mensurar a relevância social dos resultados gerados pelas investigações acadêmicas. A “*devmetrics*”³⁷ levaria em conta a complexidade dos problemas, bem como a solidez das estratégias investigativas para resolvê-los, visando a promoção da conectividade e cooperação com os grupos desfavorecidos, por meio da aplicação de métodos qualitativos que capturem a perspectiva das populações vulneráveis (Arocena, Göransson e Sutz, 2018).

Portanto, no que se refere ao papel das universidades no desenvolvimento sustentável, o esquema teórico apresentado é categórico, ao mostrar que o tipo de inovações inclusivas e frugais³⁸ - que se utilizam de poucos recursos naturais e se orientam à assistência de grupos desfavorecidos -, se estabelece como o mais consequente para o padrão de desenvolvimento almejado (Arocena e Sutz, 2021). Neste cenário, as universidades podem exercer contribuições estratégicas, desde a produção de bens e serviços tecnológicos com custos menores, mais eficientes, acessíveis e com baixo impacto ao meio ambiente; passando pela alterações nas agendas de pesquisa e critérios de avaliação, até a cooperação com atores populares e incentivo a espaços de aprendizagem interativos, em que os atores desfavorecidos interagem não apenas se beneficiando dos resultados das inovações, mas através da conscientização, capacitação e participação ativa no processo de elaboração das soluções sustentáveis (Arocena e Sutz, 2021).

2.3.2 Universidade e transferência de valor

³⁷ O termo “*devmetrics*” usado por Arocena, Göransson e Sutz, (2018) não possui tradução para o português. No entanto, em nossa compreensão, consiste numa combinação do vocábulo inglês “*development*” com “*metrics*”. Em outras palavras, o termo se refere a novas métricas de avaliação de pesquisa voltadas à solução de problemas sociais e realização dos ODS.

³⁸ A origem do termo, segundo Koerich e Cancellier (2019), se deu com a publicação, em 2009, de uma matéria do *The Economist* sobre o caso de um “inovador frugal” no sistema de saúde da Índia. Nos estudos sobre inovação, porém, o conceito de inovação frugal se refere ao desenvolvimento de soluções tecnológicas com simplicidade na utilização de recursos, ou seja, a capacidade de inovar com recursos limitados (Koerich e Cancellier, 2019). Além da minimização do uso de recursos de energia, tempo ou capital na construção de produtos ou processos inovadores, a inovação frugal se caracteriza por seu escopo comercial, ao se dirigir preferencialmente aos segmentos econômicos de baixa renda. No contexto das discussões sobre sustentabilidade, a ideia de inovação frugal dialoga com o conceito de inovação sustentável ou ecoinovação. Não casualmente, os trabalhos mais recentes sobre o tema, estão se concentrando justamente na dimensão ecológica das inovações frugais, considerando a possibilidade de desenvolver novas tecnologias com menor exploração dos recursos naturais do planeta (Koerich e Cancellier, 2019).

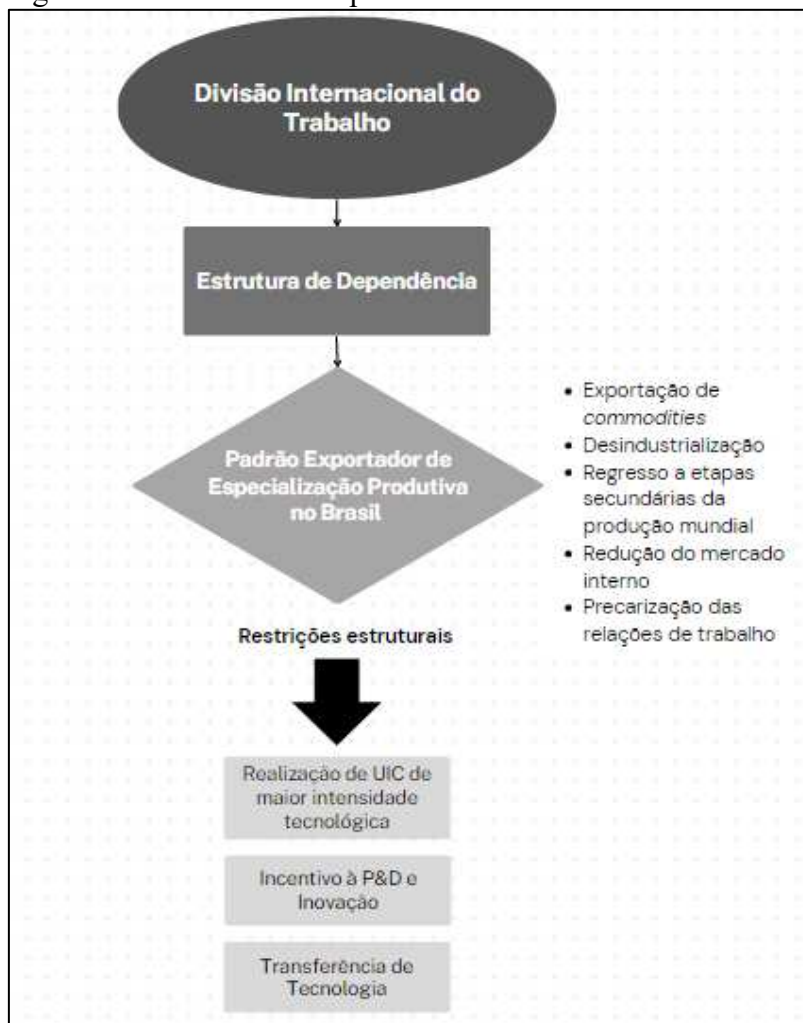
Abordar o fenômeno da UIC e inovação a partir do enfoque marxista, implica considerar o contexto das “*formaciones sociales concretas y (...) a pensar las distintas fases del ciclo del capital - producción, circulación y realización - en un espacio geográfico particular*”³⁹ (Breda, 2015, p.157). Assim, os estudos sobre ciência e tecnologia na América Latina precisam levar em conta o quadro da Divisão Internacional do Trabalho (DIT) e as metamorfoses no padrão de reprodução do capital como elemento fundamental para compreensão da inovação nos países dependentes.

Do ponto de vista teórico, portanto, a Teoria Marxista da Dependência (TMD), apesar de não se concentrar diretamente no problema da universidade nos países dependentes, proporciona considerações sobre as restrições estruturais que se interpõem ao desempenho científico e tecnológico das universidades e seu papel ao desenvolvimento econômico nos contextos periféricos (Farias, 2021). Em seu quadro de análise, a condição de dependência e subdesenvolvimento, intermediada pelo padrão de reprodução do capital, é considerada, por assim dizer, a variável independente que exerce impacto sobre o processo de produção científica, de UIC e de inovação (Figura 14)⁴⁰.

³⁹ “Formações sociais concretas e (...) pensar as diferentes fases do ciclo do capital – produção, circulação e realização – num determinado espaço geográfico” (tradução livre).

⁴⁰ Breda (2015) expõe: “*frente a un patrón de reproducción del capital que privilegia el mercado externo y la exportación de productos de baja incorporación tecnológica, cualquier esfuerzo aislado en materia de ciencia y tecnología no puede sino generar falsas expectativas*” (Breda, 2015, p.148)

Figura 14 - Estrutura de dependência e as universidades



Fonte: Elaboração própria, a partir de Santos (2011) e Filgueiras (2018).

Do ponto de vista histórico, a inserção da América Latina no mercado mundial como exportadora de insumos alimentícios e minerais, no século XIX, buscando atender às demandas da industrialização inglesa, é o marco de configuração da Divisão Internacional do Trabalho (Barcat, Lepinski e Pinto, 2022). É neste contexto que se processa na região a transição de uma situação colonial para uma estrutura de dependência⁴¹, marcada pela integração subordinada das nações formalmente independentes – com Estado-nação próprio – no sistema capitalista global (Marini, 1973).

No caso do Brasil, a crise capitalista de 1929, combinada com a deflagração da Segunda Guerra Mundial no final dos anos 1930, ocasionou a desorganização da economia mundial, possibilitando um processo de abertura para industrialização nacional,

⁴¹ Por “estrutura de dependência” se compreende “uma situação na qual a economia de certos países é condicionada pelo desenvolvimento e pela expansão de outra economia à qual se encontra subordinada” (Santos, 2011, p.5)

e produção direcionada ao mercado interno. Tal interregno de autonomia relativa foi o que abriu as condições para surgimento de uma mudança no eixo de acumulação de capital, deslocando-se do setor agroexportador para o industrial, dando origem a um padrão industrial de reprodução do capital distribuído em duas etapas.

Uma primeira fase, “internalizada e autônoma”, que se estende dos anos 1930 aos 1940, e uma fase de “integração ao capital estrangeiro”, que se estrutura a partir dos anos 1950, e se prolonga até os anos 1980, quando se estabelece um novo padrão de reprodução do capital (Barcat, Lepinski e Pinto, 2022, p.120). Foi sob a égide do padrão industrial que determinados países dependentes, como o Brasil, firmaram seus maiores avanços no campo da ciência e tecnologia, com a criação de instituições como CNPq e Capes, em 1951, e de empresas estatais nos setores estratégicos, como Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf), a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), nos anos 1940, e Petrobrás, na década de 1950 (Kliass, 2018).

Já nos anos 1980, por efeito de uma nova crise que atinge o capitalismo, passa a se estruturar um novo padrão de reprodução do capital, a partir dos escombros do padrão industrial diversificado anterior. Filgueiras (2018) caracteriza o novo “padrão exportador de especialização produtiva” como sendo marcado pela desindustrialização e reprimarização da economia, pelo regresso a etapas secundárias da produção mundial, pela “relocalização de segmentos produtivos”, pela redução do mercado interno, além de novas formas de organização da produção, baseadas no modelo *toyotista* (Filgueiras, 2018, p.523), que elevam a precarização das condições de trabalho.

Com o reordenamento internacional, após a crise que abalou o sistema capitalista nos anos 1970, os países dependentes, como o Brasil, são condicionados a readequarem suas funções na DIT. Assim, o novo padrão de reprodução do capital estabelece, de um lado, a abertura de espaços de valorização para o capital financeiro estrangeiro nas economias latino-americanas, através do mecanismo da dívida pública, e, de outro, a privatização das empresas estatais, sobretudo, as de ramos estratégicos para desenvolvimento nacional; firmando, com isso, a subordinação da região aos novos segmentos estratégicos de produção mundial, fundamentada no paradigma eletrônico-informático (Breda, 2015, p.139),

O novo padrão abrange os diferentes governos ao longo da década de 1990 e 2000, incluindo os governos de esquerda entre 2003 e 2016. Não sendo, contudo, nosso escopo

explorar minuciosamente a forma com que o padrão de reprodução do capital se expressa nas sucessivas gestões, cabe apenas mencionar um elemento interessante, no que se refere à relação entre conjuntura econômica e os desdobramentos para o campo da produção de ciência e tecnologia, e universidades.

Breda (2020) mostra que a ocorrência de um saldo positivo da balança de pagamentos, que propicia um superávit primário da economia, gerado pela combinação de distintos fatores, entre eles, a existência de um cenário internacional favorável para exportações de *commodities*, pode criar bases – mesmo que efêmeras – para “ampliação dos gastos do Estado com política social” (Breda, 2020, p. 83), como nas áreas de saúde, educação, ou mesmo ciência e tecnologia. O caráter “efêmero” do processo, entretanto, não pode ser desprezado, visto se tratar de uma situação conjuntural com amplo risco de arrefecimento, que é corroborado quando se observa o desempenho da economia brasileira a partir de 2008, passando a apresentar uma balança comercial desfavorável, com aumento das importações, e constantes “déficits na conta de rendas e serviços” (Breda, 2020, p. 85).

Nessa perspectiva, em pesquisas mais recentes, que desenvolvem o legado teórico e conceitual das formulações dependentistas, a exemplo da atualidade do conceito de “subimperialismo”⁴² (Marini, 2017, p.256; Luce, 2011) para caracterizar a economia dependente brasileira, evidencia-se que a participação do Estado na construção de empresas e proteção ao capital nacional pode levar, mesmo no interior de uma Divisão Internacional do Trabalho desfavorável, ao surgimento de “polos competitivos industriais em setores não estratégicos da acumulação mundial” (Breda, 2020, p.81). Esta é uma relevante consideração para compreendermos o aparecimento das “*translatinas*” (Breda, 2015, p.151), empresas estatais ou de capital privado nacional, que apoiadas pelo poder público, exercem relativo controle de mercados regionais ou extrarregionais, e, em alguns casos, exportam manufaturas (como Petrobrás, Embraer, Marcopolo, Votorantim, Natura,

⁴² Marini (2012) formula o conceito de “subimperialismo” para caracterizar o processo de formação de subcentros econômicos ao longo dos anos 1960-70, por efeito da reestruturação da Divisão Internacional do Trabalho no pós-guerra. Nesse sentido, um país subimperialista se configura como o que apresenta grau intermediário de desenvolvimento da composição orgânica do capital, e uma política expansionista relativamente autônoma, na medida em que, apesar de orientado pela conquista de novos mercados e pela exportação de capitais, continua subordinado à hegemonia dos centros imperialistas.

Novonor, JBS, etc.) (Siqueira, 2020); bem como para examinar os desdobramentos de tal processo para o campo da ciência, tecnologia, e inovação⁴³.

Nos estudos clássicos da TMD, uma das rotas de aproximação às investigações sobre ciência, tecnologia e inovação, ocorre por meio do fenômeno da dependência tecnológica. A literatura mostra que a dependência tecnológica sempre foi uma constante nos países dependentes como o Brasil, inclusive ao longo das diferentes fases do processo de industrialização (Teles, 2017; Costa, 2015), e pode ser verificada, de um lado, quando se observa a balança comercial do país conforme sua intensidade tecnológica, e, de outro, por meio da balança de serviços, com foco nos direitos de propriedade intelectual, e licenças de uso.

Ao se deter sobre os fluxos da balança comercial, Costa (2015) aponta que entre o início dos anos 1970 e o final dos anos 1990, no Brasil, o volume de exportações de manufaturas – de média-alta tecnologia e média-baixa tecnologia – associadas aos setores metalmeccânico, químico-petroquímico e celulose estava em patamar elevado, atingindo, em 1981, mais de 50% dos produtos exportados. Todavia, com a agudização da crise da dívida externa, e explosão do mercado chinês, que gerou uma crescente demanda por insumos primários, o país redirecionou sua pauta de exportações, adotando um novo padrão de reprodução do capital, que consolida a predominância das *commodities* ao longo dos anos 2000 (Costa, 2015).

Com diagnóstico semelhante, ao analisar os dados da balança comercial brasileira entre 1996 e 2010, Breda (2015) assinala que, enquanto os setores de alta tecnologia, como aeronáutica e aeroespacial, componentes de informática e instrumentos médicos de precisão, não ultrapassaram os 15% das exportações, os produtos não industriais e de baixa tecnologia, como madeira, papel e reciclados, apresentaram constante predominância na série histórica. Por outro lado, o destaque para os produtos de média-alta tecnologia (como as máquinas, equipamentos elétricos, veículos automotivos), e alta tecnologia, foi regra no quadro das importações (Breda, 2015).

Com efeito, para se compreender a dimensão da dependência tecnológica associada à balança de serviços, é preciso operar uma contextualização histórica. De

⁴³ A Petrobrás, por exemplo, lidera o *ranking* de parcerias com universidades no Brasil, apresentando, entre 2015 e 2017, o total de 14% dos *papers* elaborados através da parceria universidade-indústria no país (Farias, 2021, p.126). Assim, não desconsiderando a inegável predominância das empresas estrangeiras no *ranking*, o desempenho de empresas estatais, como a Petrobrás, Embrapa e a Fibria, não é desprezível.

acordo com a TMD, a emergência da revolução industrial e consolidação da grande indústria na Inglaterra do século XIX representou o marco histórico de elevação da composição técnica do capital, o que impulsionou, conseqüentemente, a produtividade do trabalho e redução do valor da força de trabalho. Em outras palavras, tal processo estruturou o padrão de reprodução e acumulação do capital baseado na exploração de mais-valia relativa, no controle de setores estratégicos ligados à produção de bens de capital (máquinas e equipamentos), e progressivo interesse da burguesia dos países centrais pelo desenvolvimento científico e tecnológico⁴⁴, considerado “*el método por excelencia de elevación de la productividad del trabajo*”⁴⁵ (Breda, 2015, p.62). Por outro lado, as economias dependentes se especializaram na exportação de matérias-primas, apresentando, assim, uma estrutura de produção de exígua produtividade.

Nesse cenário, o monopólio de tecnologias estratégicas que elevam a produtividade do trabalho, ao possibilitar às empresas detentoras a geração de mais-valia extraordinária⁴⁶, é considerado um recurso primordial na dinâmica das relações centro-periferia. Não é fortuito, portanto, que tal fator esteja na base do problema do intercâmbio desigual entre países industriais e não-industriais. Marini (1973), por exemplo, mostra que a ampliação da produtividade do trabalho, a partir do incremento tecnológico nos processos produtivos, oportunizou aos países industriais a redução de seus custos de produção, proporcionando uma vantagem em relação aos concorrentes.

No arranjo das transações internacionais, contudo, os países industriais se utilizaram do privilégio de fabricar manufaturas que os compradores não tinham condições de produzir, para operar uma transgressão da lei do valor, ao comercializar “seus produtos a preços superiores a seu valor” (Marini, 1973, p.10,). Assim, se para os países industriais, o intercâmbio desigual abriu condições para formação de lucro extraordinário; para os países dependentes, que consomem os produtos manufaturados, o

⁴⁴ Cabe ressaltar, porém, que no século XIX, o interesse da burguesia industrial pela produtividade gerada com a aplicação tecnológica nos processos de trabalho, ainda não se traduzia no dispêndio formal de investimentos do setor privado em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). De acordo com Santos (1983) é somente com o advento da Revolução Científico-Técnica, no século XX, que os gastos em P&D passam a integrar o próprio ciclo do capital, tornando-se um investimento necessário para garantia da vantagem competitiva das empresas (Santos, 1983, p.78).

⁴⁵ “O método por excelência para aumentar a produtividade do trabalho” (tradução livre).

⁴⁶ O conceito de mais-valia extraordinária se processa, conforme explica Marini (2022), numa situação em que o aumento da produtividade do trabalho, mediante a introdução de novas técnicas no processo produtivo, proporciona às empresas que o fazem a redução do valor individual das mercadorias comparado ao seu valor social. Tal redução dos custos de produção não se reflete, porém, na diminuição dos preços de mercado das mercadorias (Marini, 2022, p.21).

efeito foi negativo, ao implicar na transferência de valor (Farias, 2021). Tal perda de renda do setor empresarial periférico no comércio mundial é compensada, no entanto, pelo recurso da superexploração da força de trabalho⁴⁷ (Marini, 1973).

Desse modo, observa-se que a condição de dependência tecnológica dos países dependentes é condicionada por um duplo movimento – externo e interno. Ao reconhecer o papel crucial da tecnologia no aumento da produtividade do trabalho, e na maximização dos lucros, o setor empresarial estrangeiro se orienta para elaboração de estratégias que assegurem o monopólio tecnológico no mercado global, enquanto a burguesia dos países dependentes garante a preservação de um padrão de reprodução do capital que se fundamenta na superexploração da força de trabalho e na exploração dos recursos naturais (Toledo, 2019), outorgando, com isso, os mecanismos de transferência de valor – mediante intercâmbio desigual, além do pagamento de *royalties* e licenças de uso -, e importação de tecnologia estrangeira que não compromete sua lucratividade.

Em outras palavras, de um lado, o monopólio de tecnologias inovadoras por corporações estrangeiras que realizam investimentos diretos de capital (IED) ou transferência de tecnologia aos países dependentes, como o Brasil, proporciona a formação de “renda tecnológica”, por meio da cobrança pelos direitos de propriedade intelectual e licenças de assistência técnica (Breda, 2015)⁴⁸. Este fenômeno, além de conferir grande importância ao processo de pesquisa e desenvolvimento, bem como de patenteamento, é crucial para compreendermos as possíveis formas de parceria realizadas por empresas estrangeiras com as universidades locais nos contextos periféricos⁴⁹.

Nesse sentido, nos países dependentes, a falta de autonomia na produção de tecnologias estratégicas promove a emergência de outra modalidade de transferência de

⁴⁷ O conceito de superexploração é formulado por Marini no ensaio clássico “A Dialética da Dependência” (1973), quando o define a partir de uma citação direta do próprio Marx n’O Capital, para caracterizar o processo em que “o fundo necessário de consumo do operário se transforma, de fato, dentro de certos limites, num fundo de acumulação do capital” (Marx *apud* Marini, 1973). Em outras palavras, a superexploração consiste na remuneração da força de trabalho abaixo de seu valor, restringindo, assim, aos trabalhadores dos países dependentes, o mínimo salarial necessário para “repor o desgaste de sua força de trabalho” (Marini, 1973).

⁴⁸ A “renda tecnológica” ou “renda de propriedade intelectual” é um tipo de rendimento gerado quando as empresas “autorizam o acesso do conhecimento que monopolizam a alguns concorrentes” (Paganoto, 2018, p. 196), assegurando, porém, seu monopólio através dos mecanismos de patentes, direitos autorais, desenho industrial, etc. (Santos, 1983; Moura, 2018).

⁴⁹ Farias (2021), por exemplo, mostra em sua pesquisa que o número de parcerias entre multinacionais estrangeiras e universidades locais para elaboração de *papers* tem aumentado nos últimos anos. Caberia, todavia, averiguar os setores industriais em que acontecem essas parcerias, bem como a titularidade dos direitos de propriedade intelectual, em caso de eventual tecnologia gerada pelas pesquisas conjuntas.

valor. A transferência de valor através do pagamento de *royalties*, aluguéis de equipamentos e serviços técnicos (Breda, 2020) é um mecanismo que se agravou nos países latino-americanos, como o Brasil, a partir da regressão industrial e reprimarização da economia por efeito do novo padrão exportador de especialização produtiva.

De acordo com Breda (2020), os gastos do Brasil com pagamento de serviços de propriedade intelectual, entre 2000 e 2015, aprofundaram-se, atingindo um considerável déficit de mais de U\$5 bilhões em 2014. O mesmo se verifica nas despesas com serviços de telecomunicação e computação, que apresentou déficit de U\$4 bilhões, assim como com aluguéis de equipamentos, cujo excesso de pagamento em relação à receita, atingiu a surpreendente cifra de mais de U\$20 bilhões em 2014 (Breda, 2020, p.197-198). Do ponto de vista metodológico, tal modalidade de transferência de valor se configura numa importante categoria para o estudo da inserção das universidades locais nas estratégias de desenvolvimento econômico da periferia, uma vez que proporciona o exame objetivo da dependência tecnológica através de *proxies*, a exemplo das estatísticas da balança de serviços.

Por fim, ressalta-se que no quadro da TMD, não é descartada a possibilidade de surgimento de empreendimentos inovadores (como *startups*, ou *spin-offs* exitosas) em solo periférico. Porém, tratam-se de exceções. A emergência de “*pequeñas islas de innovación*” (Breda, 2015, p.160) nos setores de alta tecnologia, como *software*, biotecnologia, ou mesmo energias renováveis, é possível. No entanto, esses casos de sucesso não têm a capacidade de dinamizar a economia, nem transformar o cenário estrutural de dependência, sendo as empresas, quase sempre, absorvidas por multinacionais estrangeiras logo que demonstram potencial de mercado (Breda, 2015, p.160).

Por conta disso, segundo a presente abordagem, a estratégia mais consequente para superação da dependência tecnológica, assim como de problemas relacionados, a exemplo da baixa participação do setor privado em P&D, e da “solidão do ator universitário” (Arocena, 2004, p.925), não tem condições de ser encabeçada por iniciativa do setor empresarial, que lucra com o atual padrão exportador de especialização produtiva; nem tampouco pelo Estado, cuja estrutura de poder se encontra hegemonizada

*“por el capital financiero extranjero y nacional, el gran capital agrario y la gran burguesía industrial monopólica”*⁵⁰ (Breda, 2015, p.165).

Portanto, na contramão das abordagens institucionalistas⁵¹, que recomendam a formulação de políticas visando o fortalecimento do sistema de C&T, e constituição de um arcabouço institucional propício à inovação, através de incentivos fiscais e creditícios, os teóricos marxistas apontam uma solução política mais profunda, construída a partir dos *“trabajadores de la ciudad y del campo, los desempleados, los sin tierra, los sin techo”* (Breda, 2015, p.165), e direcionada contra a própria estrutura do capitalismo dependente. Sob este aspecto, como diretrizes preliminares, propõe-se a revisão do pagamento da dívida pública, visando expandir os recursos públicos às universidades e instituições de C&T, a mudança da política de comércio exterior, de modo a proteger os setores nacionais estratégicos, bem como a restrição da remessa de lucros das empresas transnacionais, e aumento da remuneração dos trabalhadores, com o objetivo de criar um mercado interno forte (Breda, 2015).

2.4 O modelo da Hélice Tríplice e a Universidade

A noção de Hélice Tríplice (HT), aplicada aos estudos de inovação, surge inicialmente como uma metáfora para ilustrar as experiências particulares e exitosas dos complexos regionais de inovação nos EUA (Rota 128 de Boston, e Vale do Silício) (Etzkowitz e Zhou, 2017). O conceito é tanto analítico quanto normativo. Em outras palavras, pode ser usado como um arranjo metodológico para investigação das relações empíricas entre universidade-governo-indústria, mas também como um modelo organizacional de validade universal, a ser desenvolvido em diferentes contextos.

De acordo com Etzkowitz e Leydesdorff (2000), a HT não se deixa confundir com abordagens congêneres, como a dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) ou do

⁵⁰ “Pelo capital financeiro estrangeiro e nacional, pelo grande capital agrário e pela grande burguesia industrial monopolista” (tradução livre).

⁵¹ Apesar de Breda (2015) não especificar o tipo de matriz teórica responsável pelo o que classifica como “abordagens institucionalistas”, infere-se que se trate das abordagens inspiradas na obra do economista austríaco Joseph Schumpeter (1883-1950), que compartilham do pressuposto de que as inovações tecnológicas podem agir como um “motor das mudanças econômicas estruturais” (Torezani, 2014, p.76), de modo que os processos inovativos são capazes de interferir não apenas no desenvolvimento das empresas, mas das nações. De acordo com Breda (2015), a abordagem da TMD é o inverso oposto, ao considerar que o atraso tecnológico, longe de ser a causa primária da dependência latino-americana, consiste no seu resultado.

“Triângulo de Sábato” (Sábato e Botana, 1968), em que o setor privado e o governo, respectivamente, assumem papel de liderança. Se para a abordagem sistêmica, um SNI é composto por “múltiplos participantes” - desde institutos de pesquisa, universidades, instituições financeiras, empresas, e instituições governamentais (Albuquerque, 2004, p.10) -, a perspectiva da HT é categórica na identificação da universidade, da indústria e do governo como esferas institucionais primárias do modelo, com foco nos espaços sobrepostos e nas organizações intermediárias que se formam a partir da estrutura triádica elementar (Etzkowitz e Zhou, 2017).

Nesse sentido, apesar da importância atribuída às instituições acadêmicas, a teoria do SNI deixava pressuposto que o *locus* da inovação residia em última instância no âmbito empresarial, de modo que as atividades de pesquisa, consultoria, preparação de recursos humanos qualificados e capacitação técnico-científica, realizadas pelas universidades, representavam contribuições parciais ao desenvolvimento da inovação empresarial. Na abordagem da HT, por outro lado, as universidades ocupam o centro do palco do processo de inovação, atuando como desenvolvedoras de novas tecnologias e empreendedorismo, isto é, como incubadoras de novas empresas baseadas no conhecimento (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000; Etzkowitz e Zhou, 2017)⁵², de modo que a produção de inovação pelas universidades engloba não somente o desenvolvimento de tecnologias em produto ou processo, mas também compreende novas combinações organizacionais, como a criação de programas de treinamento para o empreendedorismo e de uma cultura empreendedora em que os docentes estimulam os discentes a transformarem os resultados de seus trabalhos em oportunidades de negócio e *startups* (Etzkowitz e Zhou, 2017).

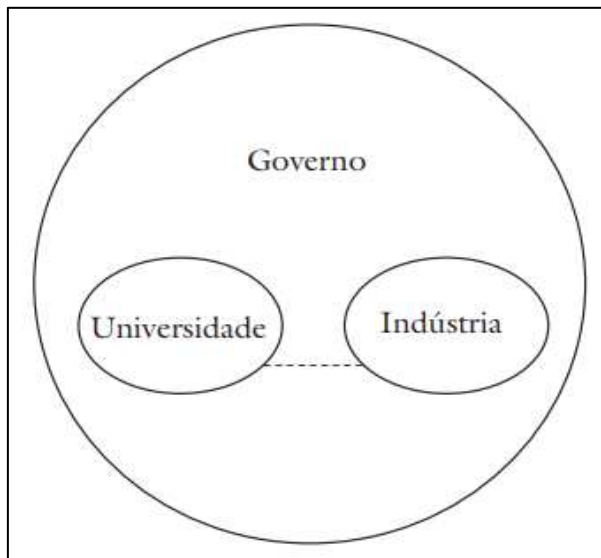
Etzkowitz e Leydesdorff (2000) destacam que a articulação básica entre universidade-indústria-governo pode apresentar distintas configurações. Historicamente, é possível identificar ao menos três tipos: o modelo estatista, o modelo *laissez-faire* ou liberal, e o modelo *triple helix* ou balanceado⁵³. O primeiro tipo, como o nome sugere, é

⁵² Etzkowitz e Zhou (2017) argumentam que, numa economia baseada no conhecimento, as universidades se tornaram instituições cada vez mais relevantes para o desenvolvimento econômico (Etzkowitz e Zhou, 2017). Em outras palavras, a partir de interações entre governo-universidade-indústria, o núcleo da estratégia do modelo HT se volta a impulsionar o processo de formação de novas empresas com base em tecnologias avançadas que se originam, via de regra, no âmbito acadêmico, e, assim, promover um ecossistema de inovação e desenvolvimento econômico.

⁵³ Originalmente, Etzkowitz e Leydesdorff (2000) empregaram a seguinte terminologia para caracterizar os diferentes arranjos institucionais entre universidade, indústria e governo: *triple helix I*, *triple helix II*, e

marcado pela hegemonia do Estado sobre as duas outras esferas, por meio de uma coordenação burocrática e centralizada do processo de inovação, com pouca ou nenhuma margem para interações descentralizadas entre os atores (Figura 15).

Figura 15 - Modelo Estatista

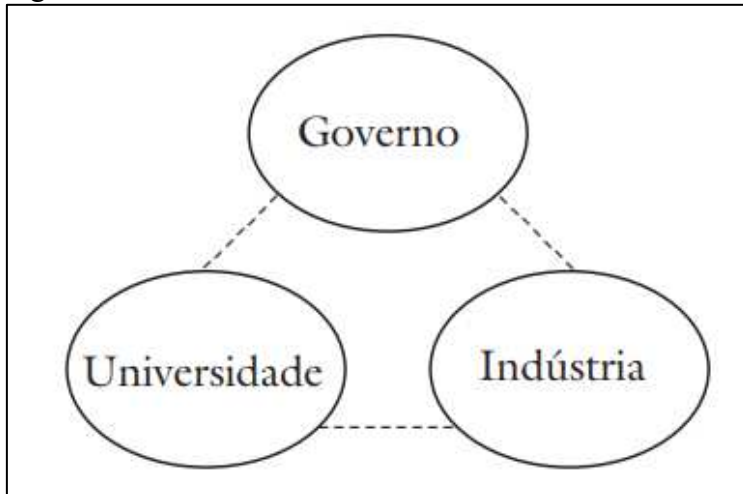


Fonte: Reproduzido de Etzkowitz e Zhou (2017).

Neste modelo, as universidades desempenham essencialmente funções de ensino e treinamento de pessoas, apresentando restrita sinergia com a indústria. Uma variante mais branda do arranjo estatista pode ser observada na proposta do “Triângulo de Sábado” (Sábato e Botana, 1968), modelo que visava superar a debilidade do setor produtivo dos países latino-americanos, a partir de um processo de desenvolvimento industrial baseado na ciência e tecnologia sob liderança do Estado.

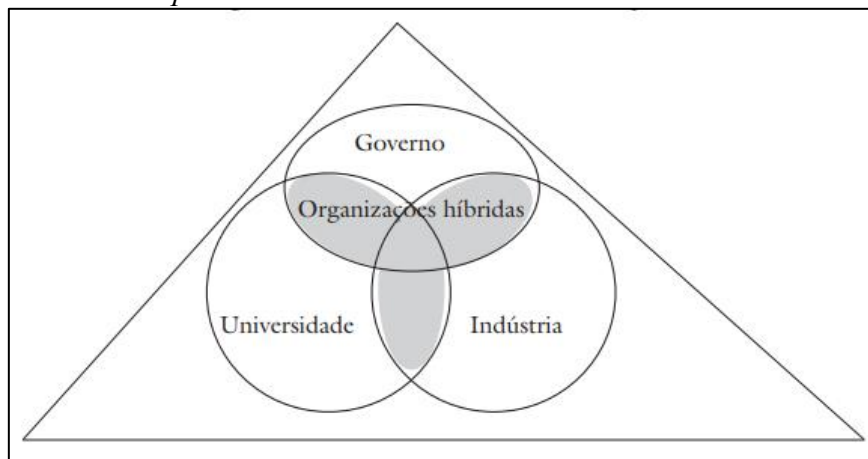
triple helix III. É somente anos depois que Etzkowitz opta pela nomenclatura atual de modelo *estatista*, modelo *laissez-faire* e modelo *triple helix*, respectivamente (Etzkowitz e Zhou, 2017).

Figura 16 - Modelo Laissez-faire



Fonte: Reproduzido de Etzkowitz e Zhou (2017).

O tipo *laissez-faire* ou liberal é caracterizado pela preservação de fronteiras rígidas e pouca interação entre as esferas institucionais, com as universidades exercendo a função de pesquisa básica e treinamento de pessoas, e esporádicas conexões com o setor industrial (Figura 16). Neste modelo, o Estado só participa em situações excepcionais de falhas de mercado, por meio de suas atribuições de regulação.

Figura 17 - Modelo *Triple Helix*

Fonte: Reproduzido de Etzkowitz e Zhou (2017).

No modelo de *triple Helix* (Figura 17), a governança da estrutura pode se alternar ao longo do tempo, e, nesse processo, as universidades do tipo empreendedor estão aptas a assumir diferentes papéis de acordo com a forma de orquestração prevalecente. Por exemplo, num arranjo HT com predominância do governo, as universidades podem atuar como suporte às empresas locais, além de engendrar novas empresas com apoio governamental. Onde as corporações empresariais exercem a liderança, as universidades

costumam realizar um papel de colaboração com a indústria na produção de inovações em processo e produto. Já nos arranjos em que as próprias universidades se destacam na coordenação, tais instituições agem como iniciadores da inovação, dando o *start* nos esforços locais.

Com efeito, um importante diferencial do modelo HT é a existência de espaços fronteiriços, e a dinâmica intercambiável das funções entre as esferas institucionais. Assim, em acréscimo às atribuições convencionais, a universidade, o governo e a indústria estão abertos a desempenhar os papéis uns dos outros (Mello e Etzkowitz, 2006).

Por exemplo, as universidades podem atuar não somente por meio de atividades de ciência e tecnologia, mas também dando origem a novas empresas com base em inovações (*spin-offs*). As indústrias, além das atividades de produção, podem realizar pesquisas e treinamento de pessoas. Já o governo, que geralmente participa como um regulador, pode também atuar como cliente e criador de demandas tecnológicas para as universidades (Etzkowitz e Zhou, 2017; Mello e Etzkowitz, 2006).

Neste caso, a sobreposição de esferas e funções entre os atores é um elemento virtuoso para a dinâmica interativa do modelo HT, ao possibilitar a substituição de um protagonista por outro, e forjar as condições para o surgimento de organizações intermediárias (como incubadoras, aceleradoras, parques tecnológicos, e escritórios de T&T) que atuam fortalecendo as articulações entre as hélices e suprimindo as lacunas e debilidades.

2.4.1 Modelo HT e contextos periféricos

Um dos catalisadores para surgimento das universidades empreendedoras, com papel ativo na inovação e criação de empresas, foi o desenvolvimento de uma economia baseada no conhecimento⁵⁴ (Etzkowitz *et al.*, 2000). Nos países em desenvolvimento ou periféricos, todavia, a existência plena de uma economia do conhecimento é questionada

⁵⁴ No caso, compreende-se por “economia do conhecimento”, um modelo econômico que se baseia em atividades de uso intensivo de conhecimento e tecnologias, marcado pela necessidade cada vez maior de ativos intangíveis nos processos de produção e produtos. Historicamente, a economia baseada no conhecimento se desenvolve a partir de alguns processos ocorridos na segunda metade do século XX, entre eles, o poderoso avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), que culminou na estruturação de um novo paradigma eletroinformático (Cardoso, 2008).

(Oliveira, 2017), o que leva a dúvidas sobre a validade do paradigma da Hélice Tríplice e das universidades empreendedoras⁵⁵ para o contexto brasileiro.

Nesse sentido, Etzkowitz (2004) reconhece que, no caso dos países em desenvolvimento, os aspectos contextuais podem interferir no ritmo de desenvolvimento da HT, mas não são determinantes para inviabilizar o seu nascimento. Etzkowitz; Mello e Almeida (2005) atestam, assim, não somente a possibilidade de realização do modelo HT em contextos periféricos, como apontam as condições para desenvolvimento de “sistemas de meta-inovação”⁵⁶, marcados por múltiplos iniciadores e organizadores de inovação (Etzkowitz; Mello e Almeida, 2005, p.423).

Ao analisar a experiência do Brasil, nota-se que a construção de uma dinâmica de HT, e as bases para um sistema de meta-inovação no país, se iniciou a partir de meados dos anos de 1980, quando do colapso do regime militar (Etzkowitz, Mello e Almeida, 2005; Etzkowitz e Mello, 2004). A reabilitação de um sistema democrático, com descentralização de poder e uma sociedade civil organizada, estruturou um ambiente social favorável à emergência de iniciativas de inovação de baixo para cima (Etzkowitz; Mello e Almeida, 2005).

Neste contexto, a organização *top-down* do processo de inovação, com centralização do governo federal, que predominou no período anterior, passa a dar espaço a iniciativas de governos estaduais e municipais, de associações industriais, e de grupos de acadêmicos na construção de organizações de inovação. Atores individuais e coletivos da sociedade civil, como a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC), impulsionaram a implantação de

⁵⁵ Etzkowitz (2004) aponta que uma universidade empreendedora se caracteriza pelos seguintes aspectos: capitalização, autonomia, interdependência, hibridização e reflexividade. Tal modelo de universidade se desenvolve por meio de três estágios não-lineares. O primeiro estágio é marcado pela construção de uma estratégia própria e definição de prioridades, o que pressupõe um quadro de independência institucional (autonomia); o segundo se define pela adoção de um papel ativo na comercialização de suas propriedades intelectuais, e o terceiro se baseia na adoção de um papel ativo no melhoramento do ambiente local de inovação em que se encontra inserido, podendo despertar o apoio do governo e do setor privado.

⁵⁶ Segundo Etzkowitz, Mello e Almeida (2005), o desenvolvimento de um “sistema de meta-inovação” passa pela 1) crescente diferenciação das esferas institucionais da HT, com a capilarização de suas atividades por meio de atores nos níveis nacional, regional, estadual e municipal, pela 2) criação de organizações híbridas – como incubadoras, parques tecnológicos e escritórios de T&T -, e 3) a consolidação de projetos conjuntos entre os diferentes atores das esferas industrial, governamental e universitária – a exemplo de polos de inovação que reúnem universidades, parques tecnológicos, empresas públicas e privadas, incubadoras, subsidiárias de multinacionais, e agências do governo. Este ponto é, particularmente, relevante para nossa pesquisa sobre as articulações e formas de inserção das universidades locais no Hub de H2V no Ceará.

incubadoras⁵⁷ e parques científicos. Este processo é responsável pela gênese do modelo de universidade empreendedora no Brasil⁵⁸ (Etzkowitz *et al.* 2000; Etzkowitz, 2004; Etzkowitz, Mello e Almeida, 2005).

De acordo com a abordagem da HT, na história dos países latino-americanos, os dois principais modelos de crescimento econômico até então existentes – o nacional-desenvolvimentista, radicado na estratégia de substituição de importações (1940-1980), e o liberal, baseado na desregulamentação e abertura do mercado interno à competição estrangeira (1980-2000) -, não foram capazes de impulsionar suficientemente o processo de inovação no setor empresarial doméstico (Mello e Etzkowitz, 2008)

Assim, ao ratificar o diagnóstico de baixa P&D, e exígua proporção de cientistas e engenheiros alocados no setor industrial da América Latina, Mello e Etzkowitz (2008) argumentam que a estratégia de inovação do SNI, que se concentra na melhoria das capacidades de inovação ou de absorção tecnológica das empresas privadas, não é tão adequada para a realidade econômica da região. Num cenário em que a maioria das atividades de P&D e grande parte dos pesquisadores se encontra empregada nas universidades, a estratégia da HT se demonstra mais oportuna, uma vez que considera o papel ativo das universidades⁵⁹ não somente na produção e comercialização da inovação, mas na geração de novas empresas com potencial de impulsionar o desenvolvimento econômico local, regional e nacional (Mello e Etzkowitz, 2008).

2.4.2 A quarta e quinta hélices e as universidades

Os modelos de Hélice Quádrupla e Hélice Quíntupla criticam o modelo triádico por não enfatizar a sociedade civil e o meio ambiente como subsistemas básicos para os processos de inovação nas sociedades contemporâneas (Carayannis e Campbell, 2022).

⁵⁷ De acordo com Etzkowitz, Mello e Almeida (2005), o processo de implementação se guiou, originalmente, pelo modelo de incubadora dos EUA, cujo objetivo fundamental era a incubação de empresas de alta tecnologia. No entanto, em razão das debilidades da infraestrutura científica e das particularidades sociais do Brasil, o modelo foi adaptado, de modo a se direcionar para setores de baixa tecnologia, e assistência a cooperativas populares, com apoio de governos municipais, estaduais e associações industriais (Etzkowitz, Mello e Almeida, 2005).

⁵⁸ No Brasil, a primeira universidade a instalar um projeto de incubadora foi a Unicamp, em 1976, por meio da Companhia de Desenvolvimento Tecnológico (CODETEC) (Etzkowitz e Brisolla, 1999; Leite, 2008).

⁵⁹ Por exemplo, a capacidade de 1) formação de *spin-off*, 2) incubação de *startup*, 3) redes de conhecimento com atores do setor privado e governo (Mello e Etzkowitz, 2008), e 4) programas de educação empreendedora (Etzkowitz e Mello, 2004).

Não é de nosso interesse se aprofundar em tal debate⁶⁰, mas tão-somente extrair as contribuições relacionadas ao papel da universidade nos diferentes modelos de abordagem helicoidal.

Carayannis e Campbell (2009), apontam ser a sociedade civil ou o “público baseado na mídia e cultura” um subsistema relevante para entendimento dos processos de conhecimento e inovação nas sociedades contemporâneas, dando origem ao modelo Hélice Quádrupla. Segundo tal abordagem, a mídia (jornais, revistas, televisão, internet, redes sociais), assim como os valores, as tradições e produtos culturais (como filmes, séries, documentários, etc.), ao contribuírem para formação da opinião pública, têm o poder de influenciar a percepção dos cidadãos e definir as prioridades em relação às atividades de inovação na sociedade.

A inclusão de uma quarta hélice, capaz de abranger os atores da sociedade civil, se justificaria como um recurso metodológico necessário (Carayannis e Campbell, 2009; Carayannis, Barth e Campbell, 2012). Do ponto de vista analítico, o modelo da Hélice Quádrupla é útil para estudo dos ecossistemas de inovação contemporâneos, uma vez que aborda os diferentes níveis (local, regional, nacional, transnacional), os elos, os tipos de conhecimento, as interações, e a diversidade de atores que atuam nos processos de produção, difusão e aplicação de inovação. As universidades, neste contexto, se localizam como peças estratégicas no interior de redes fluidas de cooperação e *clusters* de conhecimento (Carayannis e Campbell, 2009).

Com a escalada da emergência climática, no entanto, o esquema de quatro hélices passa a exigir um complemento, culminando na incorporação do subsistema ambiental⁶¹.

⁶⁰ Cai e Etzkowitz (2020), abordando os estudos que procuram expandir o modelo triádico original, contestam a introdução da “sociedade civil” como uma quarta hélice, visto não ser a sociedade civil uma esfera institucional semelhante à universidade, ao governo e à indústria, se constituindo, ao contrário, numa estrutura social abrangente. Em outras palavras, a sociedade civil consiste numa base institucional ou ambiente social responsável por exercer um importante papel no desenvolvimento da dinâmica HT, ao assegurar liberdade de expressão e organização. No modelo HT, a sociedade civil seria um “mediador” entre as iniciativas de inovação coordenadas pelo Estado, e iniciativas do setor privado, o que propicia uma melhor interação entre os modos de governança da HT. Nesse sentido, Cai e Etzkowitz (2020) propõem o conceito de “Hélice Tríplice Civicamente Engajada”, que visa integrar o processo de desenvolvimento de inovação e empreendedorismo à garantia de responsabilidade social e ambiental das esferas institucionais primárias.

⁶¹ A quinta hélice, que corresponde ao subsistema do “meio ambiente”, integra o processo de inovação por meio do fornecimento de “capital natural” (Carayannis, Barth e Campbell, 2012), como os recursos minerais, e a biodiversidade, considerados ativos de enorme relevância social e científica para sobrevivência do planeta e da humanidade. A necessidade de conservação e a própria lógica de

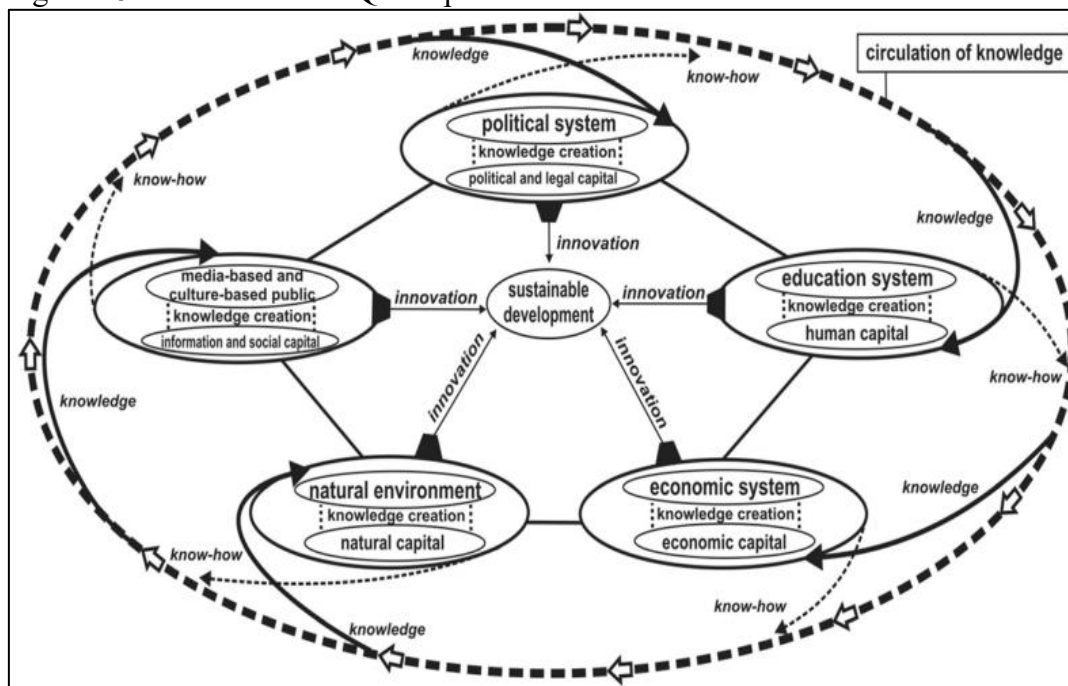
No modelo de Hélice Quintupla (Figura 18), o objetivo principal não seria apenas o desenvolvimento econômico baseado no conhecimento, mas o desenvolvimento sustentável⁶² e a transição socioecológica⁶³ (Carayannis, Barth e Campbell, 2012). Sob este aspecto, as atividades de produção de conhecimento, inovação e empreendedorismo, base do esquema triádico original, passam a se orientar pelo compromisso com o meio ambiente, com a mitigação das mudanças climáticas, e a participação da sociedade civil.

funcionamento da natureza atuam estimulando o desenvolvimento de novos conhecimentos e inovações sustentáveis.

⁶² No âmbito da diplomacia internacional, o marco das discussões sobre o impacto da atividade humana e econômica sobre o meio ambiente foi a Conferência da ONU, realizada em Estocolmo (Suécia), em 1972. O evento celebrou o início das estratégias que culminariam na ideia de desenvolvimento sustentável. No entanto, do ponto de vista conceitual, o termo desenvolvimento sustentável foi originalmente usado no documento “Nosso Futuro em Comum” (1987), de autoria da diplomata norueguesa Gro Harlem Brundtland, em que define o “desenvolvimento sustentável” como um processo baseado na satisfação das necessidades do presente sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras (Brundtland, 1991), e que se orienta por uma estratégia de crescimento econômico qualitativamente diferente, ancorada na conservação dos recursos naturais, no atendimento das necessidades de emprego, alimentação, água, energia, e saneamento, assim como pautada na administração dos riscos, e consideração do meio ambiente nos processos de tomada de decisão econômicos. Mais recentemente, os Acordos de Paris (2015), atualizaram o compromisso das nações com o desenvolvimento sustentável, a partir da Agenda 2030 e os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Roma, 2019).

⁶³ O conceito de “transição socioecológica” se refere ao processo de mudança estrutural dos regimes socioecológicos, que envolve transformações nos modos de interação da população com os recursos naturais, com o uso de energia e materiais, e o clima, assim como compreende alterações nas diferentes instâncias da sociedade: economia, demografia, padrões de moradia, relações sociais (Fischer-Kowalski et al., 2012). Assim, o conceito de transição socioecológica engloba o conceito de transição energética. De acordo com Fischer-Kowalski *et al.* (2012), os processos de transição socioecológica apresentam, ao menos, três grandes fases: decolagem, aceleração e estabilização. Ademais, assinala-se que, na história da humanidade, ocorreram duas grandes transições socioecológicas: a primeira, do regime caçador-coletor para a sociedade agrária; e a segunda, da sociedade agrária para a sociedade industrial baseada em combustíveis fósseis (Haberl *et al.*, 2011). No atual momento, teoriza-se a emergência de um novo processo de transição, de uma sociedade industrial em direção a uma sociedade sustentável, ancorada em fontes renováveis de energia. Com a escalada das mudanças climáticas, e necessidade de declínio das emissões de gases do efeito estufa, muitos países têm usado o termo em seus documentos oficiais. A União Europeia, por exemplo, lançou em 2020 o Pacto Ecológico Europeu (Europeia), com o objetivo de neutralizar as emissões de GEE até 2050, desenvolver tecnologias verdes, criar indústrias e transportes sustentáveis, e garantir uma transição justa e inclusiva. Já na América Latina, o governo brasileiro lançou, em 2023, durante a COP28, o Plano de Transformação Ecológica (PTE), composto de cinco eixos estratégicos: finanças sustentáveis, bioeconomia e sistemas agroalimentares, transição energética, adensamento tecnológico, e infraestrutura e adaptação às mudanças climáticas (Inteiro, 2024).

Figura 18 - Modelo Hélice Quintupla



Fonte: Reproduzido de Carayannis, Barth e Campbell (2012).

Em nossa compreensão, longe de ser uma ruptura, a inclusão de novas esferas no modelo helicoidal representa um desenvolvimento lógico do esquema original da HT (Kholiavko *et al.*, 2021). Ao considerar o escopo de nossa investigação, o modelo de Hélice Quintupla se mostra imprescindível para a análise dos papéis da universidade no contexto das discussões sobre energias renováveis, transição energética, e sustentabilidade ambiental. De acordo com Kholiavko *et al.* (2021), apesar do papel cada vez mais ativo de atores da sociedade civil (como ONGs, mídia, cultura, e consumidores) no processo de inovação, as universidades continuam sendo um força motriz decisiva, contribuindo por meio de 1) treinamento, ensino e transmissão de novas competências para uma economia sustentável, 2) estímulo ao empreendedorismo verde, com a criação de negócios ecologicamente corretos 3) atividades extracurriculares e de extensão voltadas à promoção de consciência ambiental, 4) desenvolvimento de ecoinovações⁶⁴ e

⁶⁴ O conceito de “ecoinovação” surge na esteira das discussões internacionais sobre crescimento econômico e preservação ambiental, e se refere às inovações tecnológicas ou organizacionais que contribuem para redução dos impactos ambientais (Koeller *et al.*, 2020). Aloise, Nodari e Dorion (2016) observam que a classificação de uma inovação como “ecológica”, “sustentável” ou “verde” leva em conta 1) seus objetivos (produto, processo, *marketing*, organizacional), 2) os métodos e mecanismos utilizados, e 3) seus impactos ou efeitos para o meio ambiente. Assim, o conceito de ecoinovações compreende tanto as tecnologias que se dirigem à redução ou eliminação dos danos já causados sobre a natureza (como estação de tratamento de esgoto, e tecnologias de reciclagem), quanto as tecnologias preventivas, ou seja, que antecipam e evitam os impactos ambientais (como ferramentas que reduzem o consumo de recursos naturais, ou que diminuem a produção de resíduos). Um dos primeiros autores a utilizar e conferir tratamento teórico ao conceito foi o economista Klaus Rennings, em seus artigos *Towards a Theory and Policy of Eco-Innovation* -

tecnologias regenerativas do meio ambiente e 5) prestação de serviços sustentáveis (Kholiavko *et al.*, 2021; Quaresma *et al.*, 2024).

Dessa maneira, no contexto das transformações digitais e ambientais, Carayannis e Jancelewicz (2021) propõem um modelo de universidade social e digitalmente engajado, em que as universidades são atores importantes no desenvolvimento de ecossistemas de inovação inclusivos e centrados no ser humano. As universidades, nesse sentido, precisam adequar suas missões ao enfrentamento dos desafios do século XXI, adaptando-se funcional e organizacionalmente às transformações digitais e às novas tecnologias 4.0 (IA, Internet das Coisas, *Machine Learning*, robótica, Computação em Nuvem, *Big Data*, etc.), de modo a expandir o horizonte de suas atividades de inovação para um objetivo social e ambientalmente sustentável. Segundo Carayannis e Jancelewicz (2021), o engajamento público e as inovações sociais são o insumo básico das universidades do futuro, que se orientam pela resolução de problemas sociais e promoção da qualidade de vida e bem-estar coletivos, com base na participação ativa dos cidadãos, e na cooperação entre áreas do conhecimento (interdisciplinar), entre setores (intersetorial) e entre atores institucionais.

2.4.3 *Triple Helix Twins*

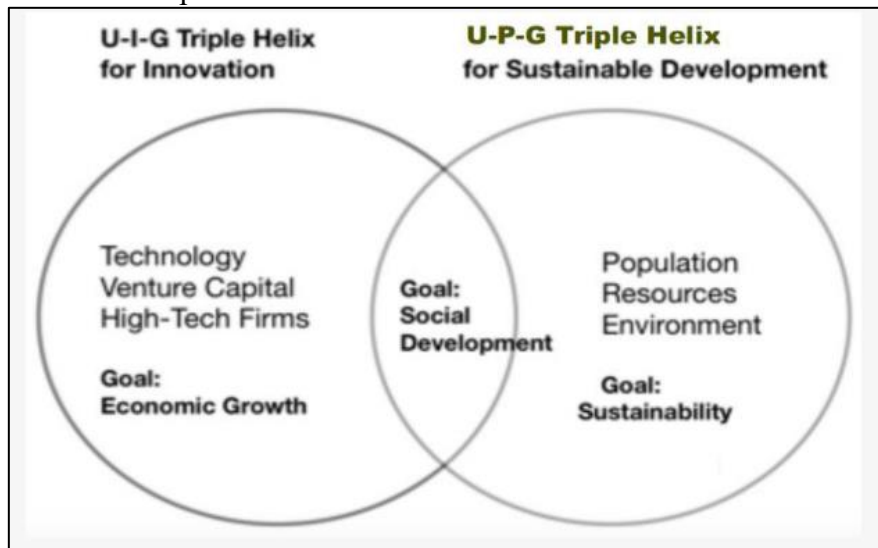
Em face das críticas ao modelo HT original, Zhou e Etzkowitz (2006; 2021) sugerem um modelo triádico duplo, chamado *Triple Helix Twins* (THT)⁶⁵. O esquema da THT (Figura 19) se compõe da estrutura tradicional Universidade-Indústria-Governo (UIG), acrescida de uma estrutura paralela, formada por interações colaborativas entre Universidade-Público-Governo (UPG)⁶⁶.

Neoclassical and (Co-)Evolutionary Perspectives, de 1998, e *Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics*, de 2000, em que alertava não apenas para a necessidade deecoinovações no lado da oferta/produção, mas também no lado do consumo, ou seja, mudanças no estilo de vida e comportamento dos consumidores (Rennings, 1998).

⁶⁵ Na contramão da abordagem de Carayannis e Campbell (2009), Zhou e Etzkowitz (2021) não concebem a sociedade civil como uma “quarta hélice”, mas como um ator constitutivo de outra hélice tríplice (UPG) que se complementa à estrutura triádica original (UIG) no contexto de transição socioecológica e busca pelo desenvolvimento sustentável. Observa-se que, no modelo *Triple Helix Twins*, o Meio Ambiente não é considerado um ator ou esfera institucional, mas uma dimensão geral a ser priorizada pela atividade de inovação.

⁶⁶ O conceito de “Público” adotado pelos autores se refere, particularmente, às Organizações Não-Governamentais (ONGs), aos grupos sociais, e aos indivíduos da sociedade civil (Zhou e Etzkowitz, 2021).

Figura 19 - Modelo Triple Helix Twins



Fonte: Reproduzido de Zhou e Etzkowitz (2021).

As duas hélices tríplices agem, assim, de modo complementar, buscando combinar o desenvolvimento de inovação/crescimento econômico com a sustentabilidade ambiental, visando a realização dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), e a participação social. Zhou e Etzkowitz (2021), não descartam a possibilidade de contradições na relação entre as duas hélices tríplices (UIG e UPG), sendo, por isso, necessário a construção de mecanismos intermediários que assegurem o equilíbrio entre inovação e desenvolvimento sustentável. Por exemplo, a participação de grupos de cidadãos que se mobilizam contra as externalidades negativas de novas tecnologias (grande emissão de gases poluentes por novos automóveis)⁶⁷, se estabelece como um mecanismo de equilíbrio, ao pressionar a indústria automobilística, o governo e as universidades a desenvolverem tecnologias mais eficientes e menos danosas ao meio ambiente (Zhou e Etzkowitz, 2021).

A THT, ao se estabelecer como um arranjo institucional dirigido à sincronização do desenvolvimento de inovação com a resolução dos impactos ambientais e sociais das novas tecnologias, se compõe de distintos tipos de espaços. Em complemento aos três espaços originais da HT (espaço de conhecimento, espaço de consenso, e espaço de inovação), que se desenvolvem e dão origem aos espaços híbridos ou fronteirços

⁶⁷ No caso de nossa investigação, um caso a ser explorado analiticamente é de que forma a mobilização das comunidades tradicionais contra os impactos socioambientais dos empreendimentos e tecnologias de energia eólica, solar e H2V no Ceará, impulsionaria o desenvolvimento de pesquisas e inovações sociais nas universidades locais, visando a solução desses desafios.

(Etzkowitz e Zhou, 2017), a THT incorpora o espaço de risco. A seguir, o Quadro 2 sumariza as principais diferenças entre o modelo HT e THT.

Quadro 2 - Evolução da HT para a THT

Evolução	Atores principais	Questões a serem abordadas	Veículos	Espaços Operacionais
UIG (original)	Universidade, indústria e governo	Inovação	Universidade empreendedora/ Centro de pesquisa (grupo)/ Escritório de Transferência de Tecnologia/ Parque/Incubadora de Ciência e Tecnologia.	Espaço de conhecimento; Espaço de consenso da UIG para estratégia de inovação; Espaço de inovação.
UPG (atualização)	Universidade, público e governo	Desenvolvimento sustentável	Universidade Cívica; Centro de pesquisa (grupo, incluindo ciências sociais e humanas); Escritório de Transferência de Conhecimento/Tecnologia; Parque de Inovação Social; Organizações/Plataformas de Empreendedorismo Social;	Espaço de conhecimento; Espaço de consenso UPG; Espaço de inovação ⁶⁸ ; Espaço de risco.
<i>Triple Helix Twins</i>	UIG e UPG	Tanto a inovação como o desenvolvimento sustentável	Tudo acima. Os gêmeos Hélice Tripla se entrelaçam e interagem.	Tudo acima. Os espaços Triple Helix duplos se sobrepõem e coexistem para atingir um ecossistema inovador e sustentável.

Fonte: Adaptado de Zhou e Etzkowitz (2021).

Nessa perspectiva, se o espaço de consenso se destina a reunir *stakeholders* visando firmar acordos, atração de recursos e apoio aos novos projetos de inovação e

⁶⁸ Acrescentado com base nas considerações de Zhou e Etzkowitz (2021), quando tratam dos espaços de inovação da THT como os que se concentram na adaptação e criação de mecanismos organizacionais com o objetivo de suprir as lacunas do ecossistema de inovação sustentável.

crescimento econômico; o espaço de risco se orienta ao debate, à contestação de projetos, à avaliação e discussão dos potenciais riscos das inovações desenvolvidas, buscando definir sua legitimidade ou não legitimidade, ao considerar os efeitos negativos para a sociedade e o meio ambiente. O público (ONGs, grupos da sociedade civil, e indivíduos), segundo Zhou e Etzkowitz (2021), exerce protagonismo nesse tipo de espaço, ao intervir ativamente nos processos decisórios, na proposição e formulação de medidas alinhadas ao desenvolvimento sustentável.

Por fim, no esquema THT, as universidades, além dos papéis de empreendedorismo e inovação que exercem no modelo HT tradicional, atuam como apoiadoras do “público” no que se refere aos desafios do desenvolvimento sustentável, avaliando os potenciais riscos, e monitorando o comportamento do setor privado e do governo quanto ao alinhamento de suas atividades com os ODS (Zhou e Etzkowitz, 2006). As missões tradicionais, no entanto, também se modificam, expandindo seu escopo para a inovação social. Assim, as atividades de empreendedorismo deixam de se orientar apenas para incubação de empresas com fins lucrativos, e passam a apoiar a aceleração de organizações sociais, como ONGs, grupos artísticos, e projetos comunitários. Já no âmbito da inovação tecnológica, as universidades se dedicam a priorizar o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e com menos uso de recursos não-renováveis na produção (Zhou e Etzkowitz, 2006)⁶⁹.

2.4.4 Modelo helicoidal e H2V no Ceará

Até o momento, ainda são escassas as investigações, com base na abordagem helicoidal (Tríplice, Quádrupla ou Quíntupla), que objetivam analisar o desenvolvimento da cadeia produtiva do H2V e a estruturação do Hub de H2V no Ceará. Neste contexto, Ribeiro Filho, Tahim e Veras (2023), ao analisar o desenvolvimento do arranjo das interações universidade-indústria-governo, apontam a existência de um modelo de HT balanceado - ou seja, nem estatista, nem *laissez-faire*. É possível, segundo os autores,

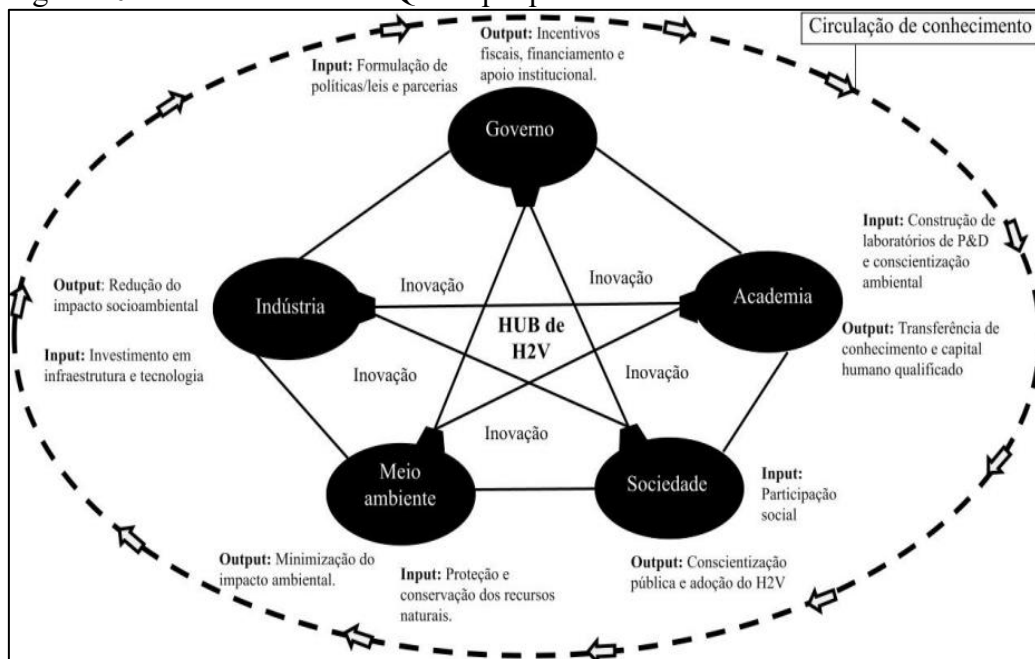
⁶⁹ Percebe-se que o modelo helicoidal se desenvolve para se adequar às mudanças de escopo da inovação. Os processos de inovação atuais deixam de se justificar somente por critérios econômicos tradicionais (como aumento da produtividade, e geração de vantagem competitiva), e passam a se guiar por objetivos de sustentabilidade ambiental e melhoria social. Em outras palavras, expandindo a visão de Schumpeter, as inovações não são tratadas apenas como agentes de mudança econômica, mas de mudança social e mudança ecológica.

verificar a existência desse padrão de interação no próprio documento de criação do Hub (o Memorando de Entendimento assinado em 2021), que prevê a colaboração entre a academia, representada pela UFC; o Estado, representado pelo governo do Ceará e suas secretarias; e a indústria, representada pela Federação das Indústrias do Ceará (FIEC) (Tahim e Veras, 2023).

Já o estudo de Benvindo e Moreira (2024), ao usar a abordagem da Hélice Quintupla (Figura 20), não identifica a existência de um modelo de inovação de cinco hélices associado à cadeia produtiva do H2V no estado. Na verdade, o que se encontra é a presença de um arranjo HT ainda frágil. Tal debilidade se evidencia a partir da predominância do governo na liderança das iniciativas, pouca maturidade das sinergias entre os atores, e ausência de organizações sobrepostas ou híbridas (Benvindo e Moreira, 2024). De acordo com a pesquisa, a fraca colaboração bilateral entre universidade e indústria é um aspecto notável, assim como o pouco engajamento da academia na missão de empreendedorismo e inovação no contexto do H2V (Benvindo e Moreira, 2024).

Em contraste com o estudo de Ribeiro Filho, Tahim e Veras (2023), Benvindo e Moreira (2024) mostram que o arranjo de HT verificado na estruturação do Hub de H2V não se caracteriza como “balanceado”, mas como um misto entre o estatista e o *laissez-faire*, uma vez que se observa a predominância do Estado na governança e condução das iniciativas, ao mesmo tempo em que se registra pouca colaboração entre universidade e indústria.

Figura 20 - Modelo de Hélice Quíntupla para o Hub de H2V do Ceará



Fonte: Reproduzido de Benvindo e Moreira (2024).

Assim, ao atestar o distanciamento entre o modelo atual e o modelo de Hélice Quíntupla, que considera a sociedade civil e o meio ambiente, Benvindo e Moreira (2024) sugerem um modelo que contorne as principais lacunas identificadas, e garanta a competitividade do Ceará na transição energética global, com base no fortalecimento das UIC, no incremento de tecnologias locais, na participação das comunidades tradicionais, de ONGs, e adoção de práticas de proteção ambiental pelo setor privado, a universidade e o governo, como caminhos para assegurar o desenvolvimento de um Hub de H2V ambientalmente sustentável e socialmente responsável.

2.5 Colaboração Universidade-Indústria (UIC)

Os estudos que tratam das relações entre universidade e setor privado não são recentes. De acordo com Bastos, Sengik e Tello-Gamarra (2021), com base no panorama das publicações dos últimos 50 anos (1969-2018), a trajetória dos estudos sobre UIC pode ser expressa em quatro gerações: a primeira, denominada de “fase de descoberta” (1969-1979), a segunda, como sendo a de “desenvolvimento” (1980-1999), a terceira, classificada como de “expansão” (2000-2010), e a quarta, consistindo na fase de "consolidação" (2011-2018).

Em relação aos subtemas recorrentes e às tendências de pesquisa na área, Skute *et al.* (2017) apontam que as investigações atuais sobre UIC têm-se concentrado, especialmente, na 1) compreensão do impacto da localização geográfica (distância/proximidade) sobre o resultado das inovações, na 2) análise da evolução do papel das universidades e emergência do empreendedorismo acadêmico, na 3) compreensão dos diferentes papéis e dinâmicas entre os atores do ecossistema de inovação, com base no modelo da Hélice Tríplice, e na 4) identificação dos variados canais de interação⁷⁰, mecanismos de transferência de conhecimento, incentivos e determinantes das colaborações entre os atores.

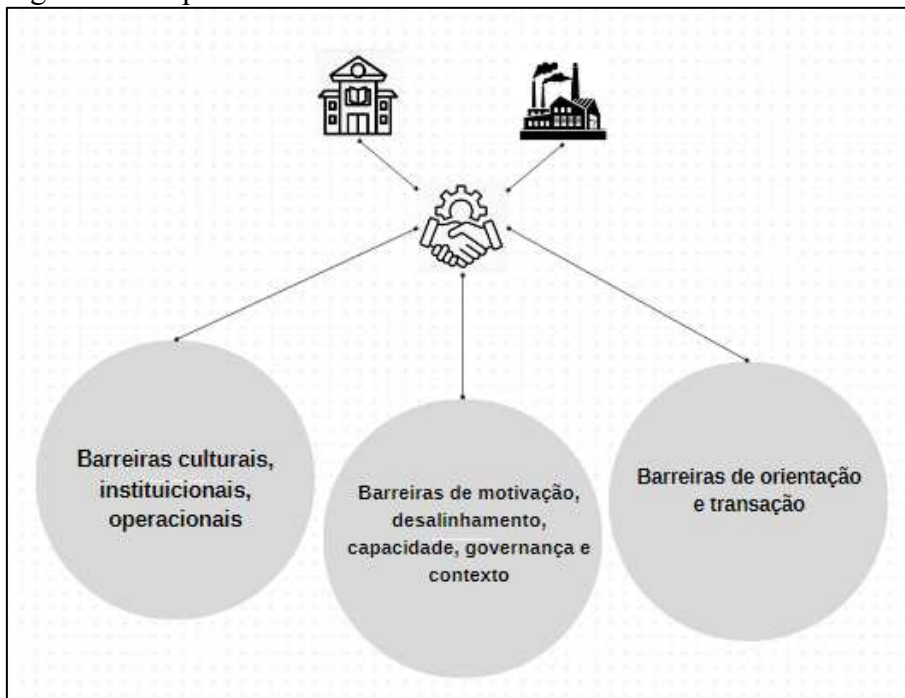
Figueiredo e Fernandes (2021), em levantamento bibliométrico mais amplo (1995-2020), reforçam o diagnóstico, mostrando a concentração das publicações sobre UIC em torno de aspectos como: 1) Transferência de Conhecimento, 2) Determinantes da Cooperação, 3) Alianças Estratégicas, e 4) Hélice Tríplice. Destaca-se ainda, entre as pesquisas, a emergência de tópicos como 1) sustentabilidade e 2) “países em desenvolvimento” (Bastos, 2021). Em nossa pesquisa, as principais evidências da literatura recente sobre UIC serão apresentadas nos tópicos a seguir.

2.5.1 Barreiras e facilitadores

É perceptível certa convergência da literatura em torno dos principais obstáculos e facilitadores que atuam na UIC. Rossoni, Vasconcellos e Rossoni (2023), em esforço de sistematização, classificam as principais barreiras à UIC em três grandes conjuntos (Figura 21), nos quais se agrupam, respectivamente, 1) os obstáculos do tipo cultural, institucional e operacional, 2) os problemas de cooperação associados ao desalinhamento, motivação, capacidade, governança e contexto, e 3) os impedimentos relativos à orientação e transação.

⁷⁰ O estudo de Rossoni, Vasconcellos e Rossoni (2023) apresenta os seguintes tipos ou canais de UIC mais comuns na literatura: 1) emprego de graduados por empresas, 2) organização conjunta de conferências e eventos, 3) reuniões e encontros informais, 4) publicações conjuntas, 5) supervisão conjunta de estudantes de mestrado e doutorado, 6) organização de oficinas e treinamentos para membros da indústria, 7) palestras de atores empresariais no ambiente universitário, 8) consultoria e pesquisa contratada, 9) uso de laboratórios e instalações acadêmicas por empresas, 10) licenciamento de patentes, 11) aquisição de protótipos e tecnologias acadêmicas por empresas, 12) incubação de *startups*, 13) acordos e contratos de PD&I.

Figura 21 - Tipos de barreiras à UIC



Fonte: Elaboração própria, a partir de Rossoni, Vasconcellos e Rossoni (2023).

No primeiro grupo, observa-se barreiras como 1) distinção cultural e falta de compreensão entre as esferas (cultural), 2) falta de infraestrutura para cooperação (institucional), falta de recursos, de experiência, e choque de interesse em torno de *royalties* e direitos de propriedade intelectual (operacional). No segundo, agrupam-se obstáculos como 1) o desarranjo entre pesquisas acadêmicas e as demandas da indústria, 2) falta de incentivo aos pesquisadores e desconfiança por parte do setor privado, 3) déficit de estrutura e competências para cooperação, 4) dificuldades de gestão, comunicação e apoio, e 5) fatores regionais, distância geográfica ou cognitiva, e passividade do ambiente.

No terceiro e último, encontram-se restrições mais tradicionais, a exemplo da 1) divergência entre objetivos, expectativas, e falta de compreensão mútua (barreiras de orientação), bem como 2) o excesso de burocracia, os altos custos e regulação (barreiras de transação) (Salter, Bruneel e D'Este, 2010). Ressalta-se, sob este aspecto, que as barreiras ligadas às diferenças de orientação entre universidade e setor empresarial são menos difíceis de transpor do que os impedimentos de transação, como, por exemplo, as tensões sobre direitos de propriedade intelectual, pagamento de *royalties*, confidencialidade das informações, e expectativas pouco realistas dos atores envolvidos (Bruneel *et al.* apud Rossoni; Vasconcellos e Rossoni, 2023).

Com efeito, no conjunto de pesquisas influenciadas pelo modelo da Hélice Tríplice, as principais barreiras identificadas se relacionam às diferenças culturais entre os parceiros, à capacidade da universidade, e aos processos de comercialização e proteção da propriedade intelectual (Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023). Já entre os estudos que partilham do conceito de “capital social relacional”⁷¹, o desconhecimento mútuo, a falta de confiança entre as partes envolvidas, a diferença em torno das expectativas com os projetos de PD&I, a distância cognitiva, ou seja, o desalinhamento entre valores, normas e modelos mentais (Muscio e Pozzali *apud* Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023), foram apontadas como significativas restrições à UIC. Não é consenso, mas também se observou que o prestígio dos pesquisadores e acadêmicos pode agir, paradoxalmente, como uma barreira para cooperação em projetos de pesquisa, na medida em que os parceiros industriais se sentem inibidos ou receosos em realizar suas demandas comerciais (Lee *et al.* *apud* Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023).

Dehghani; Denison e Stillman (2018), mostram que o compartilhamento do conhecimento nas atividades de UIC se faz problemático em decorrência da incompatibilidade entre linguagem das pesquisas acadêmicas e demandas da indústria, assim como a diferença entre estilos de trabalho, natureza da investigação, e direitos de propriedade intelectual. No mesmo empenho, Fernandes; O’Sullivan e Ferreira (2022), apontam 1) a incerteza em relação aos métodos de trabalho e resultados, a 2) gestão desequilibrada entre liberdade criativa e controle, a 3) contradição de expectativas entre os *stakeholders*, e 4) a distância geográfica da equipe do projeto, como relevantes desafios para a UIC.

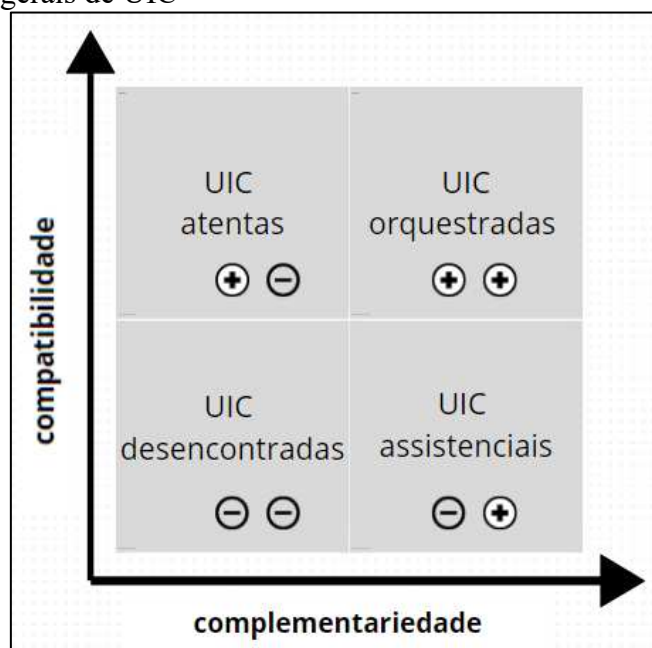
Nessa perspectiva, com vista à diminuição dos riscos de ineficácia da UIC causados pela incompatibilidade entre cultura acadêmica e empresarial, Manotungvorapun e Gerdri (2021) sugerem aos gestores a avaliação dos parceiros acadêmicos, de modo a selecionar um perfil mais adaptado ao tipo de colaboração que se

⁷¹ Originalmente criado pelo intelectual norte-americano Lyda Hanifan em seu trabalho *The rural school Community Center* (1916), desenvolvido anos depois pelo cientista político Robert Salisbury em seu artigo *An Exchange Theory of Interest Groups* (1969), e ganhando popularidade nos estudos do sociólogo francês Pierre Bourdieu, o conceito de capital social é definido como um conjunto de recursos atuais ou potenciais que estão ligados ao pertencimento a um grupo, ou à posse de uma rede durável de relações de interconhecimento e interreconhecimento mais ou menos institucionalizadas (Bourdieu, 1980); Quandt e Junior, 2015). De acordo com Nahapiet e Ghoshal (1998) o capital social apresenta ao menos três dimensões: relacional, cognitiva e estrutural. Sob este aspecto, a dimensão relacional do capital social se caracteriza pela confiança, a identificação, a amizade, as normas e obrigações que conformam as relações entre atores sociais ou institucionais (Melo e Rossoni, 2018; Quandt e Junior, 2015).

busca realizar. O modelo conceitual desenvolvido leva em conta o grau de compatibilidade (existência de relacionamento anterior, proximidade geográfica, comportamento colaborativo, tecnologia em comum, e estratégia para gestão da propriedade intelectual) e complementaridade (ativos técnicos, capacidade técnica, aplicabilidade das descobertas de pesquisa) entre os provedores acadêmicos e as demandas empresariais (Manotungvorapun e Gedsri, 2021).

De acordo com tais critérios, apresentam-se, ao menos, quatro formas de colaboração possíveis: 1) “colaborações orquestradas”, com alto nível de compatibilidade e complementaridade, 2) “colaborações assistenciais”, com baixa compatibilidade, mas alta complementaridade, 3) “colaborações atentas”, com alta compatibilidade, mas baixa complementaridade, e 4) “colaborações desencontradas”, em que se observa reduzida compatibilidade e complementaridade entre a universidade e a indústria (Manotungvorapun e Gedsri, 2021, p. 267). A Figura 22 ilustra as principais formas de UIC mencionadas.

Figura 22 - Tipos gerais de UIC

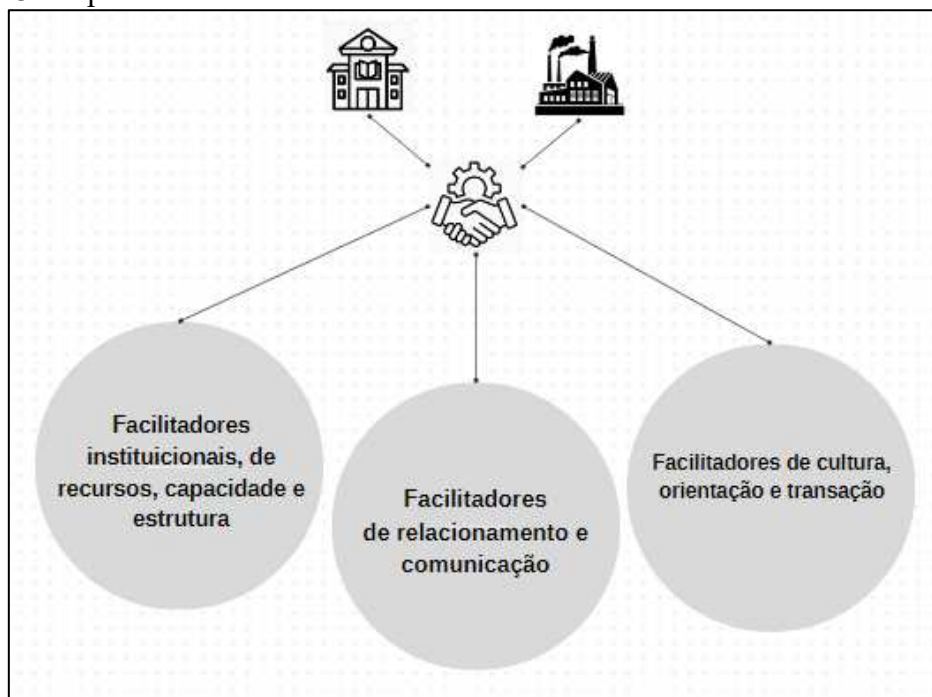


Fonte: Elaboração própria, a partir de Manotungvorapun e Gedsri (2021).

Com efeito, em relação aos facilitadores da UIC (Figura 23), recursos institucionais como pessoal qualificado, infraestrutura laboratorial, acordos de uso compartilhado de equipamentos, capacidade de adaptação a diferentes culturas organizacionais, e esclarecimento sobre o papel de cada agente desde o início da

colaboração (Barnes *et al. apud* Rybnicek e Königsgruber, 2018) assumem grande relevância para o sucesso das parcerias. Da mesma forma, regularidade nas trocas de informação, linguagem comum, compromisso, confiança e variedade dos canais de comunicação entre os diferentes parceiros se configuram em poderosos atributos relacionais que fortalecem a UIC.

Figura 23 - Tipos de facilitadores à UIC



Fonte: Elaboração própria, a partir de Rybnicek e Königsgruber (2018).

É também crucial garantir a convergência entre as metas e objetivos das partes envolvidas, bem como a consciência precisa das próprias necessidades, e racionalidade na seleção dos parceiros acadêmicos (Arvanitis *et al. apud* Rybnicek e Königsgruber, 2018). Por fim, considerando as dificuldades geradas em torno dos direitos de propriedade intelectual e *royalties*, destaca-se a importância de condições ambientais como apoio governamental, e celebração de acordos formais que estabeleçam as responsabilidades e encargos de cada participante.

É conhecido na literatura o estímulo positivo exercido pelos atores intermediários no processo de UIC, a exemplo das agências públicas e organizações privadas, demonstrando enorme potencial de melhorar a proximidade cognitiva, social e geográfica entre universidades e indústrias (Villani *et al. apud* Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023). Sob este aspecto, a capacidade científica e tecnológica das organizações, o fomento a atividades de estágio estudantil e visitas guiadas na indústria, a promoção de

workshops para os funcionários das empresas, a criação de escritórios especializados nos serviços de UIC, e implementação de estilos mais flexíveis de gestão, o que propicia aumento da autonomia entre os parceiros, atuam como poderosos “facilitadores internos” para a colaboração (Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023). Outrossim, pontua-se a construção de parques tecnológicos e incubadoras, escritórios de transferência de tecnologia e conhecimento, a mediação das entidades governamentais no incentivo a projetos conjuntos de inovação, liderança robusta, e o fortalecimento da confiança com base na experiência anterior de cooperação como importantes “facilitadores externos” (Rossoni; Vasconcellos e Rossoni, 2023).

Ao acompanhar um consórcio entre a Universidade de Minho, a empresa Bosch e uma agência de financiamento do governo português, Fernandes, O'Sullivan e Ferreira (2022) coligiram um total de 42 “fatores críticos de sucesso” para a UIC, em que se destaca 1) o compromisso da alta gestão, 2) a comunicação efetiva, 3) o compromisso dos *stakeholders*, 4) a boa liderança, e 5) objetivos claros e realistas, como atributos decisivos para o êxito colaborativo. Por sua vez, O'Dwyer, Filieri e O'Malley (2022), em abordagem sobre uma rede colaborativa entre cinco universidades e nove empresas multinacionais do setor farmacêutico da Irlanda, expõem interessantes evidências quanto à evolução das barreiras e facilitadores ao longo do processo de UIC.

Na primeira fase, denominada de “embrionária”, e que representa o momento de ideação da parceria, facilitadores como 1) experiência anterior em colaboração, 2) experiência em conexões de rede, e 3) expectativa de apoio financeiro do governo, operam para driblar a percepção de baixo valor e falta de confiança dos integrantes da UIC. Na segunda fase, chamada de “iniciação”, a certeza de incentivo governamental age como um poderoso impulsionador para materialização da parceria, em conjunto com 1) a experiência anterior em conexões de rede, 2) a confiança assentada na reputação, e 3) os objetivos em comum. Na terceira fase, conhecida como “envolvimento”, atuam como propulsores a 1) coesão, 2) os acordos de propriedade intelectual, 3) a confiança com base na integração entre os membros, 4) a partilha do conhecimento através de *workshops* e treinamento, e 5) o gestor de projetos com perfil adequado. Aliás, o gestor de projetos, com ampla experiência no ambiente acadêmico e empresarial, desponta como um fator essencial para o êxito da UIC, ao garantir a harmonia entre as diferentes metas e objetivos da rede.

Por fim, apesar de se observar, em geral, sintonia da literatura acerca das vantagens da proximidade geográfica para a UIC, os efeitos positivos tendem a variar conforme o tipo de conhecimento e de parceria realizada. Por exemplo, em serviços de consultoria, o estudo de Rybnicek e Königsgruber (2019) mostra que as empresas costumam buscar parceiros universitários na mesma região em que se encontram instaladas. Já para as cooperações que tratam de Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento (PD&I), é comum se recorrer a parcerias fora da região.

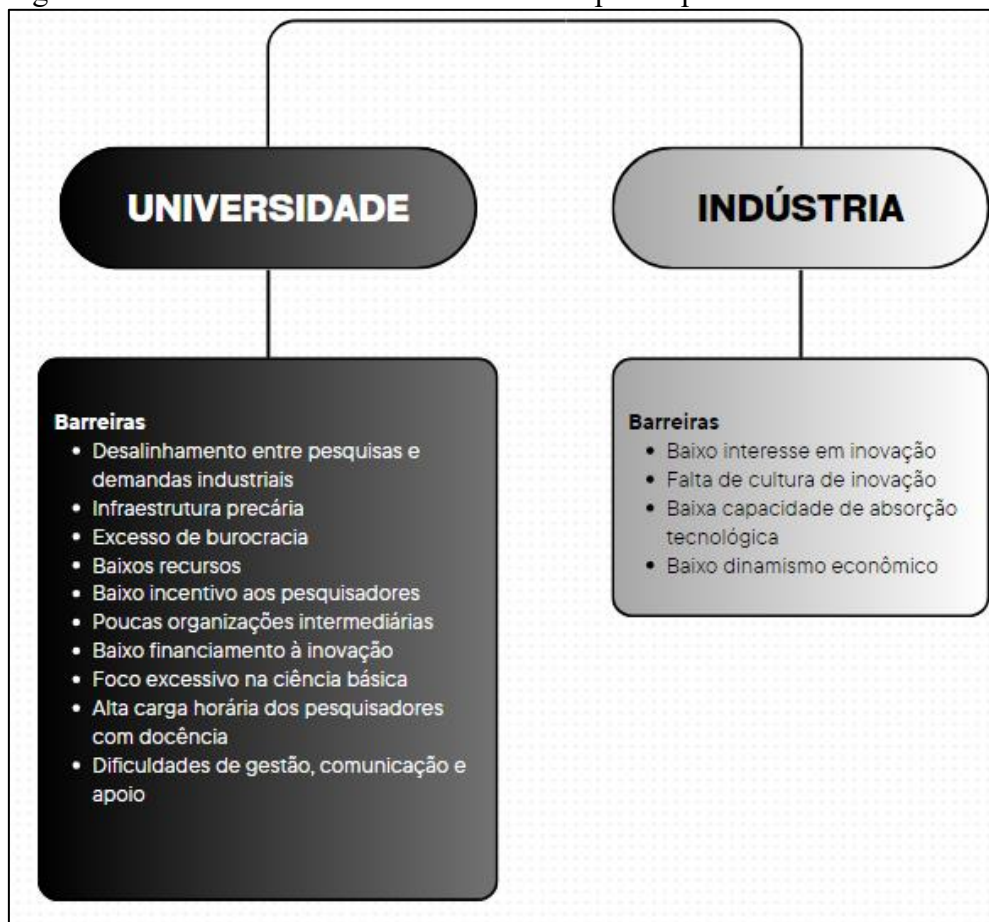
2.5.2 UIC nos países em desenvolvimento e no Brasil

Guimón (2013), ressalta as diferenças da UIC entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Com efeito, no segundo grupo de países, as universidades costumam manifestar limitada capacidade tecnológica, baixo financiamento dos governos, e pouca experiência de UIC, sendo menos expressivas na elaboração de patentes e criação de *spin-offs* acadêmicas. As indústrias, por sua vez, também apresentam reduzido interesse em inovação, baixa capacidade tecnológica e significativa dificuldade de absorção de tecnologia.

De forma geral, os empecilhos à UIC dos países em desenvolvimento (Figura 24) são semelhantes aos operantes em outros países. No entanto, esboçam maior intensidade, com restrições culturais e institucionais ligadas ao contexto histórico. Assim, agentes-chave dos sistemas de inovação, como governo, indústria, e universidades, têm suas capacidades refreadas.

Por exemplo, o poder dos governos em estimular a UIC, através da implementação de políticas públicas, incentivos creditícios, e financiamento de projetos de P&D, construção de infraestrutura, escritórios de T&T, parques tecnológicos e incubadoras, é restringido nas economias em desenvolvimento pelos frequentes déficits orçamentários. O segmento universitário, por sua vez, dispõe de agendas de investigação desalinhadas com os objetivos estratégicos e demandas da indústria, e este segmento demonstra pouco interesse em colaborar com as universidades, o que se expressa na recusa em solicitar subvenção dos governos para P&D (Guimón, 2013).

Figura 24 - Barreiras à UIC mais comuns nos países periféricos



Fonte: Elaboração própria, a partir de Aparecido Tomaz *et al.* (2022) e Silva e Sartori (2022).

Zavale e Macamo (2016), ao examinar os estágios da UIC em Moçambique, registram a predominância de atividades colaborativas débeis e informais, a exemplo de estágios para estudantes e consultoria acadêmica, em vez de parcerias efetivas em P&D, criação de tecnologias, patentes e *spin-offs*. Assim, a literatura sugere que, em contextos periféricos, a emergência de processos inovadores ocorre, preferencialmente, com base no modelo DUI (*Doing-Using-Interacting*)⁷², por meio de interações informais e transmissão de conhecimento tácito entre as empresas, em detrimento do modelo STI

⁷² O modo de inovação DUI é o acrônimo da expressão “Doing-Using-Interacting” (Fazendo, Usando, Interagindo), empregado para se referir ao tipo de produção de inovação que baseia nas interações informais, no intercâmbio tácito de informações, na prática cotidiana de aprendizagem e no *know-how* entre as empresas. O modelo DUI predomina, geralmente, entre indústrias tradicionais, pouco intensivas em P&D. Em contraste, o modelo STI (*Science, Technology & Innovation*) se fundamenta na produção e difusão de conhecimento científico e tecnológico codificado (como *papers*, P&D, projetos de cooperação tecnológica, etc.), sendo comum nos setores industriais intensivos em tecnologias, como microeletrônica, nanotecnologia, biotecnologia, farmacêutica) (Garcia et al., 2022; Lundvall *et al.*, 2002).

(*Science-Technology-Innovation*), que se assenta em laboratórios de P&D e parcerias formais com universidades e institutos de pesquisa (Jonbekova *et al.*, 2020).

No Brasil, Aparecido-Tomaz *et al.* (2022), em pesquisa sobre os elementos de restrição à UIC relacionados aos contextos periféricos, mostram que o baixo dinamismo econômico de certas regiões, somado à falta de infraestrutura, aos baixos recursos das universidades, e a fragilidade das organizações intermediárias (como os escritórios de T&T), impactam negativamente nos esforços cooperativos entre os agentes do ecossistema de inovação. Com efeito, os contextos regionais periféricos se caracterizam pela escassez de cultura de inovação, e fraca presença de grandes empresas com investimentos em P&D e capacidade de absorção tecnológica (Aparecido-Tomaz *et al.*, 2022). De acordo com os autores, a combinação desses elementos socioeconômicos, institucionais e organizacionais restringem o desenvolvimento de ecossistemas densos no Brasil, o que reforça as desigualdades regionais, e dificulta a evolução das universidades rumo a um perfil de inovação e empreendedorismo.

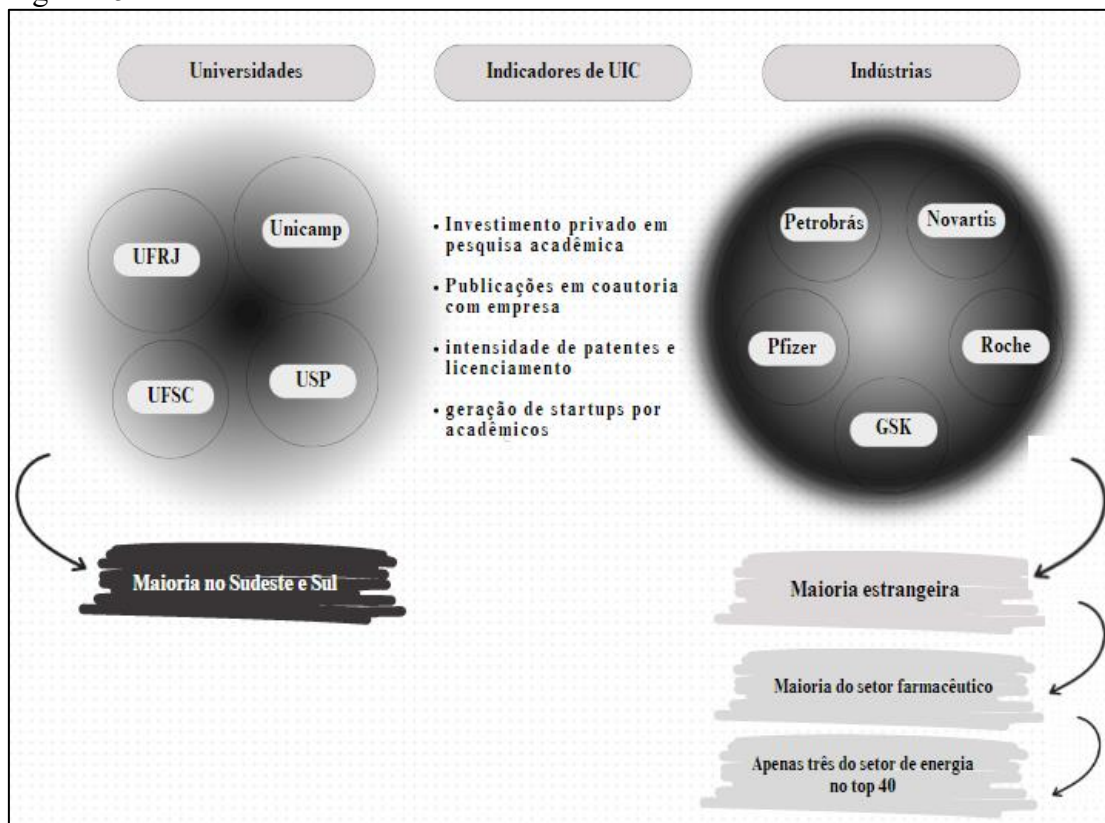
Em tal cenário, um dado que chama atenção é o de que empresas com alta capacidade de absorção tecnológica, mesmo que instaladas em regiões periféricas, priorizam universidades com melhores capacidades de recursos humanos e infraestrutura laboratorial para desenvolvimento de P&D, independente da distância geográfica das instituições (Aparecido-Tomaz *et al.*, 2022). Assim, universidades que se situam em regiões periféricas, a exemplo do Norte e Nordeste do Brasil, e geralmente apresentam maiores limitações de recursos, acabam tendo alcance e qualidade mais restritos de colaborações com esse tipo de empresa.

Ao realizar entrevistas com coordenadores de Organizações de Transferência de Tecnologia (TTOs, na sigla em inglês) na Irlanda e no Brasil, visando mapear as barreiras e motivações para UIC nos respectivos países, Silva e Sartori (2022) apresentam resultados interessantes. Por exemplo, enquanto nas universidades brasileiras, a totalidade dos gestores entrevistados indica a falta de equipamentos e materiais para laboratório, a oportunidade de manter grupos de pesquisa, a ampliação da experiência educacional e acesso dos pesquisadores ao espaço industrial como principais motivações, a maioria dos congêneres irlandeses salienta a disseminação de conhecimento e o cumprimento da função social das universidades; não considerando de modo nenhum a falta de equipamentos e materiais de laboratório como razão para o estabelecimento de UIC (Silva e Sartori, 2022).

Já no que se refere aos obstáculos, os gestores no Brasil são unânimes em assinalar o foco excessivo na ciência básica, a baixa infraestrutura de pesquisa e a acentuada carga horária dos docentes como principais empecilhos para celebração de UIC (Silva e Sartori, 2022). Cabe ressaltar ainda que o isolamento dos pesquisadores, a falta de compreensão das demandas do setor industrial e a avaliação dos pesquisadores universitários apenas com base em publicações, despontam como relevantes entraves na percepção dos entrevistados. Apesar da convergência geral entre os gestores irlandeses e brasileiros no tocante aos obstáculos à UIC, observa-se o registro de fatores que afetam particularmente os países em desenvolvimento, como, por exemplo, a “descontinuidade de projetos colaborativos em decorrência de problemas políticos” (Silva e Sartori, 2022, p.55), o que, sob a ótica dos irlandeses, não se configura numa barreira para UIC, representa um real impeditivo segundo 66% dos entrevistados brasileiros (Silva e Sartori, 2022).

Por outro lado, estudos recentes destacam a progressão da UIC no Brasil (Pinho, 2018). Por exemplo, quando se avalia a UIC com base na cifra de *startups* acadêmicas, patentes e licenciamentos, artigos em coautoria com empresas, e financiamento privado à pesquisa, algumas universidades no Brasil se aproximam das gigantes norte-americanas, como Stanford, MIT e Harvard (Cruz, 2021). Observa-se, contudo, que a maioria dos casos de sucesso se concentra nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para Unicamp, USP e UFRJ (Figura 25).

Figura 25 - Casos de UIC de sucesso no Brasil



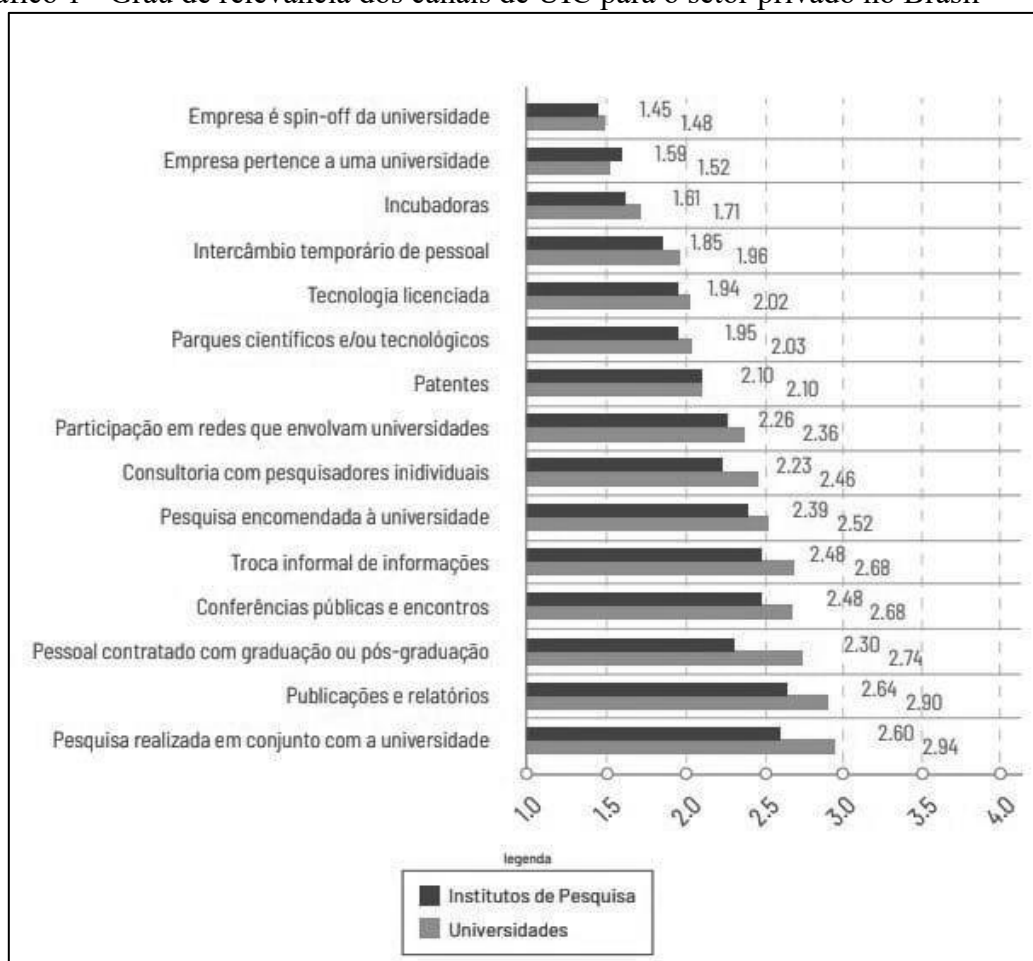
Fonte: Elaboração própria, a partir de Cruz (2021).

Já em relação aos parceiros industriais, a Petrobrás lidera. No entanto, a predominância não é de empresas nacionais, mas de corporações estrangeiras ligadas ao setor farmacêutico e de Tecnologia da Informação, como Pfizer, Novartis e IBM (Cruz, 2021), o que corrobora o diagnóstico de que uma das principais limitações à inovação no Brasil se encontra no setor privado, que apresenta reduzido investimento em P&D, baixo número de pesquisadores inseridos nas empresas e exígua capacidade de absorção tecnológica (Cruz, 2021).

De acordo com Cruz (2021), o crescimento da UIC sinaliza a qualidade dos pesquisadores e da pesquisa científica realizada nas universidades. Caberia, todavia, indagar pelo caráter da UIC estabelecida, a exemplo dos tipos de inovações desenvolvidas (se radical ou incremental, por exemplo). A nosso ver, o dado é essencial, considerando o que destaca Suzigan e Garcia (2021), ao mostrar que as UIC no Brasil são abundantes, porém, se diferenciam das que ocorrem nos países desenvolvidos, na medida em que as parcerias nem sempre envolvem criação de novas tecnologias, concentrando-se, muitas vezes, em processos de adaptação e difusão de tecnologias estrangeiras (Suzigan e Garcia, 2021).

Nesse sentido, Pinho (2018) aponta que no Brasil, as universidades, embora não representem fontes de informação prioritárias para as empresas, são relevantes parceiras no que se refere à sugestão e conclusão de novos projetos de inovação. No entanto, as cooperações se mostram mais intensas com empresas de baixa intensidade tecnológica - em especial o setor agropecuário-, apresentando taxas de sucesso menores nos segmentos de alta tecnologia, como Engenharia e Serviço de Tecnologia da Informação (Pinho, 2018). O Gráfico 1 ilustra os tipos de parcerias considerados mais importantes pelas empresas.

Gráfico 1 - Grau de relevância dos canais de UIC para o setor privado no Brasil



Fonte: Adaptado de Pinho (2018).

O quadro é reforçado ao se observar que a média das empresas que participaram do levantamento preconiza a troca informal de informações, as publicações, consultorias, e conferências públicas, com destaque para a pesquisa conjunta e contratação de pessoal, em detrimento de canais tradicionais de T&T, como licenciamento de patentes, incubadoras e *spin-offs* (Pinho, 2018, p.49). Assim, não sendo a UIC homogênea

regionalmente⁷³ (Rapini, Chiarini, Stein, 2024), caberia compreender como o processo se desdobra em regiões periféricas, a exemplo do Nordeste, e o estado do Ceará, particularmente.

De acordo com levantamento da FIEC com 454 empresas instaladas no Ceará, distribuindo-se entre os setores de Transformação, Construção e Extrativa, 80% das empresas residentes não praticaram qualquer interação, entre os anos de 2016-2017, com universidades e institutos de pesquisa para o desenvolvimento de inovações (Bússola da Inovação, 2019). Além disso, o aperfeiçoamento de produtos e melhoria de processos se destacam como tipos predominantes de inovação no estado, com as empresas apontando os altos custos, a carga tributária e a baixa qualificação da mão-de-obra como principais obstáculos à atividade inovadora (Bússola da Inovação, 2018).

Por fim, Buarque *et al.* (2020), em pesquisa sobre ofertantes e demandantes de tecnologias 4.0 no Ceará, mostram que grande parte das empresas (33%) orienta suas demandas a tecnologias já prontas, o que indica, segundo os autores, a fragilidade da capacidade absorptiva das empresas locais (Buarque *et al.*, 2020), as quais, conforme Barroso (2020), priorizam a aquisição de máquinas e equipamentos em detrimento dos investimentos em P&D interna na proporção dos gastos com inovação. Esta fragilidade absorptiva, embora não seja uma exclusividade das empresas do estado, se configura em um círculo vicioso que age desestimulando a “colaboração com ofertantes de tecnologia” (Buarque, 2020, p.15) do tipo das universidades, cuja disponibilidade de tecnologia e inovação, geralmente, se apresenta em fase de desenvolvimento laboratorial.

2.5.3 UIC no setor de energias renováveis no Brasil

Pesquisas que investigam a UIC associada ao setor de energias renováveis no Brasil ainda são exíguas. Já no caso da literatura sobre UIC que se dirige especificamente ao segmento do hidrogênio verde, os estudos são praticamente inexistentes. Nesta

⁷³ Novos estudos salientam que, nas regiões periféricas – menos industrializadas – do Brasil, as universidades locais buscam estabelecer atividades cooperativas com empresas de regiões mais desenvolvidas, como Sudeste e Sul; sendo a baixa colaboração com o setor privado local compensada pela maior frequência de relações com organizações sem fins lucrativos, como ONGs, associações, sindicatos, fundações e instituições de saúde (Rapini, Chiarini, Stein, 2024).

situação, o que se pode realizar são aproximações, buscando extrair *insights* para nossa investigação, com base em trabalhos, como o de Santos (2016) que examina as características da infraestrutura de pesquisa em energias renováveis no Brasil.

Com efeito, ao analisar o Sistema de inovação em energias renováveis (Sier) no Brasil⁷⁴, Santos (2016) identificou que a infraestrutura científica de energias renováveis se compõe de 98 laboratórios e 2 plantas-piloto que realizam atividades de pesquisa no setor, distribuídos em 38 instituições. Entre as instituições inventariadas, encontram-se muitas universidades, como USP, UFRJ, Unicamp, UFSC, UFMG e UnB, por exemplo (Santos, 2016, p.246).

Sob este aspecto, alguns dados da pesquisa são importantes considerar. Quando se examina, por exemplo, a distribuição regional dos laboratórios do setor, observa-se que as regiões Sudeste e Sul concentram mais de 60% das instituições e dos pesquisadores. No que tange à distribuição regional dos laboratórios por tipo de energia renovável, percebe-se que o Sudeste dispõe de infraestrutura de pesquisa em todos os segmentos de energia renovável, com destaque para hidroeletricidade e biomassa.

O Sul, por sua vez, embora numa proporção menor de infraestruturas, se assemelha ao Sudeste, com predominância de laboratórios no segmento de biomassa. Em contraste, o Centro-Oeste apresenta um número bem menos expressivo de laboratórios, com destaque para biomassa, sem registrar a presença de infraestruturas no segmento de hidrogênio. O Nordeste, neste particular, chama mais atenção, uma vez que só dispõe de infraestruturas nos segmentos de hidroeletricidade e biomassa, e ainda assim numa pequena quantidade⁷⁵.

⁷⁴ Em um comparativo do Sier brasileiro com os Sier da Alemanha e dos EUA, Santos (2016) ressalta importantes diferenças. Por exemplo, enquanto o Sier brasileiro apresenta incipiente P&D no setor de energias renováveis, baixo dispêndio de investimentos do setor privado para P&D, e infraestrutura científica de baixo porte; os Sier alemão e norte-americano, respectivamente, se destacam por uma infraestrutura científica robusta, uma forte UIC, e atividades de P&D dirigidas não apenas à geração de energia, mas com foco no domínio de mercado por meio do desenvolvimento de produtos e processos tecnológicos da cadeia produtiva das energias renováveis (Santos, 2016, p.236; Santos, 2015, p.24).

⁷⁵ É preciso considerar, no entanto, o recorte temporal da pesquisa (2012-2013). No período investigado, as instituições do Nordeste ainda não apresentavam nenhum laboratório ou infraestrutura de pesquisa no segmento de eólicas, solar ou hidrogênio. Entretanto, com o advento das negociações dos estados da região em torno dos empreendimentos de energia eólica, solar e, mais recentemente, de hidrogênio verde, a realidade se alterou. De acordo com o Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil (Collaço *et al.*), o Nordeste se tornou a região que concentra a maior parte dos Grupos de Pesquisa sobre H2V no Brasil, com destaque para o estado do Ceará. Não obstante, o Atlas ainda não explora o número e a intensidade das UIC entre os Grupos de Pesquisa e as empresas do setor de H2V, consistindo numa lacuna a ser preenchida em trabalhos posteriores.

Já quando se analisa o perfil dos usuários das infraestruturas de energias renováveis de acordo com o vínculo institucional, a pesquisa mostra que a colaboração dos laboratórios com usuários externos é relativamente baixa, visto que a esmagadora maioria dos usuários pertence ao ambiente acadêmico (como alunos de graduação e pós-graduação). Não obstante, identificou-se um número não desprezível de infraestruturas que são utilizadas por pesquisadores do âmbito empresarial (Santos, 2016, p.247). Neste cenário, ao examinar a interação das infraestruturas com os usuários externos conforme a natureza do demandante e tipo de serviço prestado, Santos (2016) mostra que as atividades de 1) ensaios e testes, 2) consultoria e assessoria técnico-científica e 3) desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos se destacam, e, o mais interessante, são as empresas os principais solicitantes.

Por fim, outro resultado importante do levantamento se refere ao grau de relevância que os pesquisadores/coordenadores dos laboratórios do setor de energias renováveis atribuem às atividades de cooperação. Percebe-se que, embora o maior nível de importância seja atribuído respectivamente às cooperações com agências de fomento brasileiras e internacionais, é significativo o fato de que os entrevistados dedicam um grau de relevância mais alto para as cooperações com empresas brasileiras do que com empresas estrangeiras (Santos, 2016, p.255).

2.6 Síntese do capítulo

Em se tratando da literatura sobre sistemas de inovação, as contribuições para nossa pesquisa se apresentam na forma de subsídios ao processo de caracterização dos tipos de T&T⁷⁶ e de inovação⁷⁷ a ser identificados na relação da UFC com o Hub de H2V; bem como auxilia na compreensão do papel das universidades nos sistemas de inovação e de sua importância, no contexto dos países periféricos, por meio da captação de conhecimentos externos e facilitação do acesso e disseminação dos recursos tecnológicos.

⁷⁶ Por exemplo, se transferência de *know-how* e conhecimento técnico; se licenciamento ou cessão de patentes; se prestação de serviços de assistência técnico-científica; se franquia, se geração de *spin-offs* ou acordo de cooperação tecnológica.

⁷⁷ Se inovações de processo, ou produto; incrementais ou radicais; sociais, sustentáveis, ou frugais, por exemplo.

Sob este aspecto, o conceito do Sistema Tecnológico de Inovação (nível mais específico da abordagem sistêmica), traz recursos para o estudo da participação da UFC no desenvolvimento de inovações para a cadeia produtiva do H2V; assim como auxilia na compreensão dos impactos positivos ou negativos que os atores externos do STI do H2V podem exercer sobre a UFC no contexto local. Neste contexto, também se observa apontamentos da literatura para compreensão dos possíveis *spillovers* que as empresas do Hub de H2V podem gerar para as universidades locais, a partir de suas atividades de P&D.

No caso da literatura sobre Sistema Nacional de Aprendizagem Tecnológica, as contribuições para nossa pesquisa se manifestam a partir da compreensão do papel das universidades nos processos de aprendizagem tecnológica nos contextos periféricos, e dos impactos que o padrão de aprendizagem tecnológica passivo gera às universidades locais. Por sua vez, a literatura que reúne as perspectivas latino-americanas sobre universidade, inovação e desenvolvimento, contribui para o nosso processo investigativo por meio da compreensão dos papéis que as universidades podem desempenhar no contexto do desenvolvimento sustentável em países periféricos, a partir de pesquisas e de inovações de caráter inclusivo, frugal, e com foco social e ambiental (Arocena; Göransson e Sutz, 2018).

No que se refere particularmente à Teoria Marxista da Dependência, percebe-se a importância de se compreender os impactos que a condição dependente e o padrão de reprodução do capital no Brasil – “padrão exportador de especialização produtiva” (Osório *apud* Filgueiras, 2018), promovem sobre as atividades de pesquisa e inovação desenvolvidas nas universidades locais, além de trazer apontamentos metodológicos para análise da dependência tecnológica⁷⁸ e do conceito de “renda tecnológica” para estudo dos tipos de parcerias de inovação que eventualmente ocorram entre empresas estrangeiras e a UFC no contexto do Hub de H2V.

Já no caso da literatura sobre as abordagens helicoidais da inovação, destaca-se sua importância para compreensão das novas missões das universidades no desenvolvimento de inovações e empreendedorismo, isto é, agindo como incubadoras e

⁷⁸ Breda (2020) considera os gastos dos países dependentes com *royalties* e licenças de tecnologias estrangeiras como uma modalidade da transferência de valor, e mostra que a dependência tecnológica pode ser analisada com base nos dados da balança comercial (segundo a intensidade tecnológica dos produtos) e da balança de serviços de um país ou estado (segundo os gastos com *royalties* e licenças de uso).

criadoras de novas empresas baseadas no conhecimento. Ademais, as abordagens helicoidais possibilitam compreender a interação dinâmica entre os atores da Hélice Tríplice, do surgimento de organizações intermediárias (como incubadoras, aceleradoras, parques tecnológicos, e escritórios de T&T) e de sua importância para as atividades de inovação e empreendedorismo das universidades, bem como os papéis da universidade no contexto das discussões sobre energias renováveis, transição energética, e sustentabilidade ambiental.

Por fim, no que diz respeito à literatura sobre colaborações universidade-indústria (UIC), o contributo para nossa pesquisa se apresenta a partir da compreensão dos principais obstáculos estruturais à UIC que existem nos países periféricos, com foco no contexto brasileiro e cearense; assim como auxilia na caracterização dos tipos de UIC, e das barreiras e facilitadores a ser identificados nas relações da UFC com o Hub de H2V.

3 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS DO SETOR GOVERNAMENTAL SOBRE H2V E SEUS IMPACTOS PARA AS UNIVERSIDADES

No presente capítulo, objetiva-se examinar os documentos do Governo Federal (GF) e do Governo Estadual (GE) que abordam o tema do H2V ou do H2 de baixo carbono, buscando identificar as principais medidas, propostas e estratégias do setor governamental brasileiro com potencial de impactar o desempenho das universidades, em termos de CT&I, no contexto de estruturação da indústria do hidrogênio verde ou de baixo carbono no Brasil, e no Ceará, em particular.

Os critérios de inclusão, por sua vez, consistiram na seleção de documentos oficiais cujo conteúdo abordasse ao menos duas das seguintes palavras-chave: “universidade”, “inovação”, “energias renováveis”, “hidrogênio verde”, “H2 de baixa emissão de carbono”, e “desenvolvimento sustentável”, publicados entre os anos de 2021 e 2025. A escolha do recorte temporal se justifica na medida em que 2021 representa o ano de criação do Hub de H2V do Complexo do Pecém⁷⁹, elemento que se encontra no centro de nossa pesquisa.

Em se tratando particularmente do Governo Federal, o recorte pragmático implicou deixar de fora documentos importantes, publicados anteriormente, como o “Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio” (ProH2), lançado em 2002 (Mattos, 2022), o “Roteiro para a estruturação da economia do hidrogênio no Brasil”, anunciado em 2005 (Mattos, 2022), o “Hidrogênio Energético no Brasil: subsídios para políticas de competitividade 2010-2025” (CGEE, 2010), o “Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis 2018-2022” (MCTI, 2018); ou mesmo “As Bases para Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio” (MME, 2021), e o “Panorama do Hidrogênio no Brasil” (Oliveira, 2022), por se tratarem de Notas Técnicas, e não documentos normativos, propriamente. A ausência de tais documentos no *corpus* textual a ser analisado, no entanto, não significa a impossibilidade de serem referenciados quando necessário.

É importante, ademais, destacar que a maioria dos documentos do Governo Federal examinados se utiliza da terminologia “hidrogênio de baixa emissão de carbono”, raramente chegando a empregar a especificação do hidrogênio pela cor. Isto se explica,

⁷⁹ A criação oficial do Hub ocorreu por meio de um Memorando de Entendimento (Ceará, 2021).

em grande medida, por conta da estratégia adotada pelo governo para o desenvolvimento da economia do hidrogênio no Brasil, chamada de estratégia “arco-íris” (Castro *et al.*, 2023, p.164), que se concentra em diferentes rotas tecnológicas para geração do H₂, tornando dispensável, assim, a terminologia das cores. Neste caso, quando não for possível encontrar nos documentos referências especificamente ao “hidrogênio verde”, admitir-se-ão as referências ao “hidrogênio de baixa emissão de carbono” ou ao “hidrogênio de baixo carbono” como equivalentes.

Dito isso, a pretensão do capítulo é analisar de que modo as medidas, propostas e estratégias, presentes nos documentos, consideram 1) o papel das universidades na estruturação da cadeia produtiva do H₂ de baixo carbono, 2) os desafios que afetam as colaborações universidade-indústria (UIC) e o desenvolvimento de inovações no Brasil, 3) o problema dos desequilíbrios regionais em CT&I, 4) a importância das universidades para o desenvolvimento de inovações sociais⁸⁰, e 5) o uso de mecanismos políticos, visando impulsionar a capacidade de inovação e o *upgrading* econômico das empresas domésticas⁸¹ (Pinto, Fiani e Corrêa, 2015), assim como reduzir a dependência tecnológica⁸² do país em segmentos estratégicos da cadeia produtiva do H₂ de baixo carbono.

3.1 Governo Federal, Universidade e o H₂V

É preliminar que a análise considere, antes de tudo, o tipo e o escopo de cada documento selecionado. Essa caracterização é importante para compreender a prioridade

⁸⁰ É de nosso interesse compreender não apenas as considerações dos atores governamentais sobre inovação tecnológica no sentido schumpeteriano, ou seja, inovações que impactam a produtividade e competitividade das empresas e impulsionam o desenvolvimento econômico (Schumpeter, 1997), mas também as inovações do tipo social e sustentável, ou seja, inovações dirigidas à resolução de problemas que atingem grupos socialmente vulneráveis (Monteiro, 2019) e à mitigação dos impactos ambientais, fomentando o desenvolvimento humano sustentável (Arocena, 2004; Arocena, Göransson e Sutz, 2018).

⁸¹ Pinto, Fiani e Corrêa (2015) definem o *upgrading* econômico como “a situação em que as firmas (regiões ou países em desenvolvimento) passam a produzir melhores produtos em decorrência de uma maior eficiência produtiva, ou da produção ter se deslocado para atividades de maior qualificação ou de maior sofisticação tecnológica, implicando melhoria no desempenho das exportações e do valor adicionado” (Pinto, Fiani e Corrêa, 2015, p.53).

⁸² A dependência tecnológica, conforme discutido por Breda (2020), pode se expressar tanto pelo pagamento de royalties e licenças de uso para empresas estrangeiras, quanto pela importação de máquinas e equipamentos de maior sofisticação tecnológica.

estratégica de cada documento, possibilitando, assim, identificar o grau de relevância que atribuem às universidades para realização de seus respectivos objetivos ou metas.

No que se refere à caracterização por tipo, os cinco documentos do Governo Federal se distribuem da seguinte forma: três programas e duas leis, estabelecidos por diferentes órgãos, como Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Fazenda (MF), Congresso e a Presidência da República. Em relação à caracterização por escopo, nenhum dos documentos federais possui o foco estratégico na questão da CT&I especificamente, sendo dois com foco industrial, e três com foco energético (Quadro 3).

Quadro 3. Documentos do GF segundo o foco estratégico

Documentos	Foco industrial	Foco energético	Foco em CT&I
Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2) (2022)		X	
Nova Indústria Brasil (NIB) (2024)	X		
Plano de Transformação Ecológica (PTE) (2024)	X		
Marco Legal do H2 de baixo carbono (2024)		X	
Plano de Aceleração da Transição Energética (Paten) (2025)		X	

Fonte: elaboração própria.

No entanto, o perfil é alterado quando se examina mais atentamente as propostas legais previstas nos documentos principais (Quadro 4). Do PNH2, por exemplo, derivam ao menos sete outros documentos que também serão analisados, todos eles com foco na questão da CT&I associada ao tema do H2 de baixo carbono. São eles: 1) a Chamada de

Hubs para descarbonização da indústria (2024), 2) a Iniciativa Brasileira de Hidrogênio (IBH2) (2022), 3) a Chamada para Apoio do Sistema Brasileiro de Laboratórios de Hidrogênio – SisH2-MCTI (2022), 4) a Resolução nº 2/2021, do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE (2021), 5) a seleção “Combustível do Futuro” da Finep (2022), 6) a Chamada Inovações Radicais do Setor Elétrico da Finep (2022), e 7) a Chamada 023/2023 da ANEEL (2023).

Do Nova Indústria Brasil, por sua vez, se extraem ao menos três outros documentos importantes: 1) a seleção “Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis” da Finep, 2) a seleção “Mais Inovação Brasil – Combustíveis de Aviação” da Finep, e 3) a Chamada Pública para “Seleção de Planos de Negócio para investimentos na produção e desenvolvimento tecnológico de combustíveis de baixa emissão de carbono em aviação e navegação” (2024), realizada pela Finep e o BNDES.

Quadro 4. Documentos principais do GF e seus derivados

Documentos principais	Documentos derivados
Programa Nacional do Hidrogênio (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Chamada de Hubs para descarbonização da indústria • Iniciativa Brasileira de Hidrogênio (IBH2) • SisH2-MCTI • Resolução nº 2/2021/CNPE • Seleção Combustível do Futuro/Finep • Chamada Inovações Radicais do Setor Elétrico/Finep • Chamada 023/2023 da ANEEL (2023)
Nova Indústria Brasil (2024)	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção “Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis/Finep • Seleção Mais Inovação Brasil – Combustíveis de Aviação/Finep • Seleção de Planos de Negócio/Finep/BNDES

Fonte: elaboração própria.

A metodologia desenvolvida para analisar o modo com que os documentos abordam as questões⁸³, leva em conta três tipos de considerações: diretas, indiretas e incertas (Quadro 5). Tais tipos de consideração se definem a partir dos seguintes critérios. As “considerações diretas” são aquelas que mencionam explicitamente as questões. Já as “considerações indiretas” são aquelas que não mencionam diretamente as questões, mas sugerem sua importância para o processo de estruturação da cadeia do H2 de baixo carbono no Brasil. E, por fim, as “considerações incertas” são aquelas que nem mencionam as questões, tampouco sugerem sua importância para o referido processo. Tal parâmetro, com efeito, será empregado para o exame de todos os documentos.

Quadro 5. Tipos de consideração sobre as questões

Tipos	Definição
Direto	Cita textualmente as questões
Indireto	Não cita textualmente, mas sugere sua importância
Incerto	Não cita textualmente, nem sugere sua importância

Fonte: elaboração própria.

No que diz respeito, particularmente, aos impactos ou benefícios que os instrumentos e propostas do governo podem gerar para as universidades no contexto de estruturação da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono no Brasil, se consideram os seguintes tipos: impactos financeiros, impactos organizacionais, impactos relacionais e impactos infraestruturais (Quadro 6).

Os “impactos financeiros” são os que se manifestam por meio da criação de novos fundos ou linhas de investimentos para as atividades de CT&I e empreendedorismo das universidades. Já os “impactos organizacionais” são os que se expressam por meio da

⁸³ São elas: 1) o papel das universidades na estruturação da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono 2) os desafios que afetam as colaborações universidade-indústria (UIC) e o desenvolvimento de inovações no Brasil, 3) o problema dos desequilíbrios regionais em CT&I, 4) a importância das universidades para o desenvolvimento de inovações sociais, e 5) o uso de mecanismos políticos, visando impulsionar a capacidade de inovação e o *upgrading* econômico das empresas domésticas (Pinto, Fiani e Corrêa, 2015), bem como reduzir a dependência tecnológica do país em segmentos estratégicos da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono.

criação de novos arranjos organizacionais ou institucionais, influenciando as atividades de CT&I e empreendedorismo das universidades.

Os “impactos relacionais” são os que ocorrem a partir da mobilização das universidades para realização de parcerias e colaborações com agentes externos, como empresas, agências de pesquisa, ONGs, ou outras universidades. E os “impactos infraestruturais”, por seu turno, são os que se dão a partir da melhoria da estrutura de CT&I das universidades, como laboratórios, materiais de pesquisa, por exemplo.

Quadro 6. Impactos sobre as universidades por tipo

Tipos	Definição
Impacto Financeiro (IF)	Reforço das fontes existentes, ou criação de novas fontes de financiamento à CT&I
Impacto Organizacional (IO)	Reforço dos arranjos existentes, ou criação de novos arranjos organizacionais de CT&I
Impacto Relacional (IR)	Reforço das parcerias existentes, ou criação de novas parcerias com agentes externos de CT&I
Impacto Infraestrutural (II)	Reforço das infraestruturas existentes, ou criação de novas infraestruturas de CT&I

Fonte: elaboração própria.

Por fim, o exame documental considera também os tipos de atividades acadêmicas que serão mais diretamente impactadas pelas medidas e propostas anunciadas nos documentos do governo (Quadro 7). Assim, é possível observar se os impactos recairão mais diretamente sobre as “atividades de Pesquisa”, “atividades de Ensino”, “atividades de Inovação”, “atividades de Empreendedorismo”, ou “atividades de Extensão”.

Quadro 7. Atividades impactadas por tipo

Tipos	Exemplos
Pesquisa	Desenvolvimento de pesquisa básica, estudos, relatórios, publicação de artigos, entre outros.
Ensino	Realização de cursos, minicursos, oficinas, e demais atividades de preparação de recursos humanos.

Inovação	Desenvolvimento de pesquisa aplicada, PD&I, geração de novas tecnologias, e depósito de patentes.
Empreendedorismo	Incubação de <i>startup</i> e geração de <i>spin-offs</i> acadêmicos.
Extensão	Realização de atividades de Ensino, Pesquisa, Inovação ou Empreendedorismo, desde que orientadas ao público externo, como grupos sociais, organizações populares, comunidades locais, e setor público (Silva, 2020).

Fonte: elaboração própria.

3.1.1 Nova Indústria Brasil

O documento denominado “A Nova Indústria Brasil” representa a atual política industrial do governo brasileiro, anunciada em janeiro de 2024, e institui as metas-chave para o desenvolvimento industrial do país, com horizonte de realização até 2033 (Figura 26). O plano de ação da NIB se compõe de seis missões, com uma série de instrumentos destinados à superação de desafios estruturais e o alcance dos objetivos estabelecidos (MDIC, 2024). A presente análise se concentra, principalmente, sobre a Missão 5, que trata mais diretamente das energias renováveis e assuntos correlatos, como transição energética e bioeconomia.

Figura 26. As missões da Nova Indústria Brasil



Fonte: Reproduzido de MDIC (2025, p.6).

Entre os princípios da NIB, distribuídos transversalmente por todas as seis Missões (MDIC, 2025), não se identificou nenhuma consideração do tipo “direto” sobre as universidades, em específico, e nem mesmo sobre as ICTs, em geral. No entanto, quando se avalia a formulação dos princípios (Figura 27), com base no contexto mais amplo do documento, é possível observar que o papel das universidades na estruturação da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono está sendo indiretamente considerado, pelo menos, em cinco dos oito princípios estabelecidos.

Figura 27. Princípios da NIB

I - inclusão socioeconômica;	V- incremento da produtividade e da competitividade;
II- equidade, em particular de gênero, cor e etnia;	VI- redução das desigualdades, incluindo as regionais;
III- promoção do trabalho decente e melhoria da renda;	VII- sustentabilidade;
IV- desenvolvimento produtivo e tecnológico e inovação;	VIII- inserção internacional qualificada.

Fonte: Reproduzido de MDIC (2025, p.9).

Por exemplo, o princípio III, que trata da promoção de “trabalho decente e melhoria de renda” (MDIC, 2025), pressupõe a formação de mão de obra qualificada, o que se relaciona, por sua vez, com as atividades de ensino das universidades. O mesmo se percebe no caso dos princípios IV, V e VIII, que tratam do desenvolvimento tecnológico, do aumento de competitividade do setor produtivo nacional, e de uma melhor inserção do Brasil na economia mundial, os quais se associam, respectivamente, com as atividades de PD&I, realizadas no Brasil sobretudo por universidades.

Com efeito, a Missão 5 se compõe de três cadeias produtivas prioritárias, cinco tipos de instrumento, cinco grandes objetivos, e 26 instrumentos específicos direcionados ao cumprimento dos objetivos da Missão. Novamente, o exame de cada um dos componentes da Missão mostra que as considerações referentes ao papel das universidades na estruturação da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono, são predominantemente do tipo “indireto”.

Em outras palavras, os componentes não declaram explicitamente a importância das universidades, mas sugerem a relevância de suas atividades para realização dos objetivos da Missão. Isto pode ser observado, por exemplo, quando a Missão declara no objetivo IV, a intenção de “desenvolver tecnologias estratégicas para a descarbonização, transição energética e bioeconomia” (MDIC, 2025, p.82); ou mesmo, quando expõe, entre as prioridades do financiamento à inovação, o “desenvolvimento de métodos, componentes e equipamentos para a geração de energias renováveis, especialmente

eólica, solar e hidrogênio de baixa emissão de carbono, visando à autossuficiência tecnológica” (MDIC, 2025, p.83).

Em relação aos tipos de impactos, a análise dos instrumentos da Missão 5 apresenta o seguinte quadro. Entre os objetivos da Missão, nenhum revela impactos explícitos para as universidades. Já entre os 26 instrumentos específicos para realização da Missão, com exceção do “Mais Inovação Brasil – Bioeconomia e Transição Energética”, que prevê uma linha de crédito não-reembolsável no valor de R\$700 milhões para a seleção de projetos inovadores do setor privado (MDIC, 2025, p.83), nenhum dos instrumentos se dirige exclusivamente para o tema do H2 de baixo carbono, tampouco especificam os possíveis impactos para as universidades.

Quando se examinam, porém, as chamadas e seleções da Finep, que se desdobram a partir das propostas da NIB, o cenário se altera. Por exemplo, a proposta “Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis” prevê a liberação de R\$250 milhões de reais para incentivar o desenvolvimento de inovações. De acordo com o documento, a seleção se destina a projetos inovadores e com risco tecnológico, situados entre o TRL 3 e 7 (Finep, 2024, p.1), e nas seguintes linhas temáticas: 1) tecnologias para geração de energia de baixo carbono, 2) hidrogênio de baixo carbono, 3) tecnologias para armazenamento de energia, e 4) transmissão de energia, segurança e resiliência do Sistema Interligado Nacional.

Em contraste com o que se observou na Missão 5, a referência às ICTs e universidades aqui são mais diretas. Por exemplo, a seleção da Finep “Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis” determina, entre os “critérios de elegibilidade” a necessidade de colaboração com as ICTs nacionais, estabelecendo duas opções de arranjo para os projetos concorrentes (Finep, 2024). O “arranjo simples”, caracterizado pela exigência de participação de pelo menos uma empresa brasileira e uma ICT, e o “arranjo em rede”, que exige a participação de pelo menos duas empresas brasileiras e uma ICT.

A seleção ainda institui o valor mínimo de 5% da quantia subvencionada para as ICTs que compõem a parceria, as quais atuarão por meio da prestação de serviços técnicos, científicos e de inovação. O mesmo se observa no caso das chamadas “Mais Inovação Brasil – Combustíveis de Aviação” (Finep, 2024), que estima a quantia de R\$120 milhões para atração de projetos inovadores com foco na descarbonização e uso de combustíveis renováveis no setor aeronáutico; e o “Plano de Negócio para

Investimentos na Produção e Desenvolvimento Tecnológico de Combustíveis de Baixa Emissão de Carbono em Aviação e Navegação” (BNDES, 2024), que dedica um valor superior a R\$20 milhões para seleção de projetos cooperativos entre empresas e ICTs⁸⁴.

Nesses documentos, é possível circunscrever ao menos dois tipos de impacto para as universidades. De um lado, quando a seleção estabelece a parceria entre as ICTs e o setor privado como um critério de escolha dos projetos, indica-se a promoção de impactos do tipo relacional. Já quando se considera a exigência de um percentual mínimo de 5% para as ICTs que integram os projetos, a seleção proporciona a geração de impactos do tipo financeiro.

Por fim, no que se refere aos tipos de atividades acadêmicas que serão mais impactadas pelos instrumentos e/ou propostas da NIB, o exame mostra o seguinte. Ao tratar como parte da NIB tanto os componentes da Missão 5, quanto às chamadas e seleções da Finep, constata-se que os impactos tendem a incidir mais diretamente sobre as atividades de pesquisa e de inovação das universidades, e menos sobre as atividades de ensino, de extensão e de empreendedorismo, que praticamente não são mencionadas ao longo dos documentos.

Em relação às considerações da Missão 5 sobre as barreiras às UIC, o documento chega a tratar a “ampliação das parcerias entre academia, setor privado e fundos internacionais para pesquisa aplicada” (MDIC, 2025, p.81) como um desafio estratégico. No entanto, quando se analisa as propostas da Missão, não se localizam instrumentos mais direcionados à superação desse gargalo.

As duas exceções são, por assim dizer, 1) a constituição de um Grupo de Trabalho para fortalecimento das ações da Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual (ENPI), propondo a realização de “novas rodadas de *matchmaking* em tecnologias verdes entre empresas e instituições científicas e tecnológicas para desenvolvimento tecnológico colaborativo” (MDIC, 2025, p.85), e 2) as chamadas da Finep, que induzem em seus critérios de seleção as parcerias das empresas com as ICTs e universidades.

As medidas, entretanto, permanecem muito gerais, sem adentrar na formulação de estratégias específicas para superação do histórico *gap* entre universidades e setor

⁸⁴ Com base nos documentos das chamadas e seleções, não é possível identificar precisamente o nome das ICTs que integrarão os projetos selecionados, o que permitiria reconhecer a quantidade de universidades entre elas.

produtivo no Brasil, considerando a necessidade de evolução da capacidade de inovação e de absorção tecnológica das empresas locais (Teixeira *et al.*, 2016) no contexto de estruturação do mercado de H2 de baixo carbono. Neste caso, os instrumentos apresentados pela Missão 5 se mostram importantes, mas não suficientes para realização dos objetivos mais gerais da NIB, de aumento da competitividade da indústria nacional, da conquista de “autossuficiência tecnológica e produtiva em segmentos prioritários” (MDIC, 2025, p.83), incluindo a fabricação de eletrolisadores, e de uma inserção mais qualificada no mercado internacional.

No que se refere à questão das inovações sociais, a análise mostra o seguinte. A Missão 5 apresenta, ao menos, dois instrumentos nessa direção. De um lado, o “Energia Solar nas Obras do Minha Casa Minha Vida” (MDIC, 2025, p.87), que se utiliza do recurso legal das contratações públicas para aquisição e instalação de painéis fotovoltaicos nas residências do programa Minha Casa Minha Vida. De outro, o “Programa Energias da Amazônia”, que se destina à descarbonização dos “sistemas [elétricos] isolados da Amazônia” (MDIC, 2025, p.87), realizando a substituição do óleo diesel por fontes renováveis, como solar e hídrica, e conectando os sistemas isolados ao Sistema Interligado Nacional. Tal iniciativa pretende beneficiar cerca de 3,1 milhões de pessoas que habitam as 211 localidades isoladas da região (Decreto nº 11.648, 2023).

As duas medidas, como se observa, se relacionam simultaneamente tanto com o conceito de inovação social, ao promover melhoria da qualidade de vida para grupos sociais vulneráveis (Prim, Aguiar e Pandolini, 2020), quanto com o de inovação sustentável ou ecoinovação, ao propor a redução dos impactos sobre o meio ambiente (Aloise, Nodari e Dorion, 2016). No entanto, apesar dos instrumentos, a Missão 5 não tece considerações explorando o potencial das universidades para o desenvolvimento das inovações do tipo social⁸⁵, no contexto de estruturação do setor de H2 de baixo carbono, e da transição energética no Brasil.

⁸⁵ Sob este aspecto, o Laboratório de Cartografia Social e Geoprocessamento (Labocart), sediado no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, desenvolve um trabalho que, a nosso ver, ilustra perfeitamente o potencial das universidades para o desenvolvimento de inovações sociais com foco nos desafios sociais e ambientais das energias renováveis no Brasil. O Laboratório dirige suas atividades de pesquisa e extensão, sobretudo, para o processo de cartografia social junto a comunidades tradicionais do estado, cujo território se encontra ameaçado pela instalação das usinas de energia eólica. Neste caso, a elaboração da ferramenta da cartografia social, ou seja, do mapeamento participativo dos territórios, se manifesta como um instrumento de proteção dos direitos, e de empoderamento das comunidades no contexto das injustiças ambientais e violações territoriais.

Neste particular, a Missão 5 sequer menciona o problema dos impactos socioambientais causados pelos empreendimentos de energia eólica sobre a biodiversidade e sobre o modo de vida das comunidades tradicionais, que atinge principalmente o Nordeste (Gorayeb, Brannstrom e Meireles, 2019); assim como não trata da questão dos recursos hídricos a serem usados na geração de H2V em regiões com histórico de escassez hídrica (Araújo e Tupinambá, 2023).

Quanto ao tema dos desequilíbrios regionais em CT&I, um dos instrumentos da Missão 5 propõe a “capacitação de agentes do ecossistema de inovação da Região Amazônica” (MDIC, 2025, p.85) nos assuntos relacionados à propriedade intelectual, a ser firmada por meio da parceria entre INPI e Sebrae. O instrumento estabelece ainda a construção de um Observatório de Tecnologias Verdes, com base na colaboração entre Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), INPI e o Instituto Federal da Amazônia (IFAM) (MDIC, 2025, p.85), juntamente à estruturação de uma rede de “transferidores de tecnologias” com foco nos bioinsumos da Amazônia (MDIC, 2025, p.85).

As propostas do instrumento são interessantes e demonstram ir ao encontro dos esforços institucionais de mitigação dos desequilíbrios regionais no campo da CT&I, uma vez que estimula a sinergia entre atores do ecossistema de inovação da Região Amazônica (MDIC, 2025, p.85). No entanto, as medidas padecem de duas limitações. Primeiro, o seu alcance se encontra restrito a alguns estados do Norte, não se estendendo a outras regiões, como o Nordeste. Segundo, as medidas se concentram exclusivamente na área da bioeconomia, não englobando, portanto, o eixo das energias renováveis e H2 de baixo carbono, uma área tão primordial aos objetivos de descarbonização e industrialização sustentável da NIB.

Com efeito, até o momento se observa que a maioria dos investimentos em H2V anunciados para o Brasil provém de corporações estrangeiras (GIZ, 2021). Este fato nos permite interrogar se os planos e estratégias do governo para a cadeia produtiva do H2 de baixo carbono estão levando em conta o uso de instrumentos políticos, visando impulsionar a capacidade de inovação e o *upgrading* econômico das empresas domésticas (Pinto, Fiani e Corrêa, 2015), além de reduzir a dependência tecnológica do país em segmentos estratégicos da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono.

Nesse sentido, quando se analisa as Missões da NIB como um todo, se encontra a previsão de uso de medidas do tipo “acordos *offsets*⁸⁶ nas compras públicas, e da geração de transbordamentos tecnológicos para outros setores” (MDIC, 2025, p.96). Tal estratégia se manifesta mais claramente ao longo da Missão 6, que trata das “Tecnologias de Interesse para Soberania e Defesa Nacionais” (MDIC, 2025, p.96). Os instrumentos, todavia, não englobam componentes tecnológicos do setor de energias renováveis, como os eletrolisadores e os painéis fotovoltaicos, se restringindo, ao contrário, a tecnologias do setor de “veículos lançadores, radares e satélites” (MDIC, 2025, p.96).

Dessa forma, com base especificamente no exame da Missão 5, não se registrou nenhum instrumento destinado a estimular, por exemplo, a transferência de tecnologia e *know-how* das empresas estrangeiras para as empresas domésticas, buscando impulsionar, assim, a capacidade de inovação e o aumento do valor agregado dos produtos locais. Tampouco se identificou propostas visando estimular parcerias de P&D das corporações estrangeiras do setor com as universidades locais⁸⁷.

3.1.2 Programa Nacional do Hidrogênio

O Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2) consiste numa iniciativa do Ministério de Minas e Energias (MME) e do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que estabelece as diretrizes para estruturação da estratégia brasileira do H2 de baixo carbono, tendo como pilares fundamentais (Figura 28) o desenvolvimento de políticas públicas, de tecnologias, e do mercado do H2 de baixo carbono no Brasil (MME,

⁸⁶ Os acordos *offsets* consistem em mecanismos que os governos nacionais estabelecem para as “empresas estrangeiras contratadas”, visando “o fornecimento de bens e serviços de alto custo” (Ribeiro e Júnior, 2019 p.7), com o objetivo de estimular o desenvolvimento das capacidades produtivas e tecnológicas das empresas domésticas através da exigência de compensações de “investimentos e transferência de tecnologia” (Ribeiro e Júnior, 201, p.7).

⁸⁷ Vale ressaltar que, apesar da ausência de instrumentos da Missão 5 com esse objetivo, já se encontram em curso no Brasil, atualmente, ao menos sete projetos pilotos de H2V em parceria com universidades, sendo quatro provenientes do projeto H2Brasil, iniciativa do governo alemão em cooperação com o Ministério de Minas e Energia do Brasil, com a missão de “apoiar o aprimoramento da expansão do mercado de hidrogênio verde no Brasil” (MME, S/D), e outros três de iniciativa de grandes corporações estrangeiras do setor de energia e combustíveis, como a britânica Energy Assets, Shell e Raizen, a alemã Hytron, a japonesa Toyota, e a portuguesa EDP.

2021). Apesar de anunciado originalmente em 2021, o PNH2 só foi instituído oficialmente em 2022, por meio da Resolução nº 6 do CNPE⁸⁸ (MME, 2022).

Figura 28. Eixos do PNH2



Fonte: Reproduzido de EPE (S/D)

Nesse sentido, quando se examinam os pilares fundamentais do PNH2, é possível compreender a relevância que os investimentos em tecnologia representam para a estratégia geral do programa. Isto é corroborado pelo fato de que a Resolução nº 6/2021 instituiu o H2 como um dos “temas prioritários dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação” (MME, 2021, p.13). Não obstante, de acordo com o parâmetro de classificação estabelecido em nossa pesquisa, o tipo de consideração sobre as universidades que predomina no PNH2 é o “indireto”, o que se evidencia, por exemplo, no objetivo do programa de identificar “as instituições acadêmicas, centros de pesquisa (...) atuantes e com potencial de atuação no setor” (MME, 2021, p.15).

Em relação aos tipos de impactos que as diretrizes do PNH2 podem gerar para as universidades, a análise do programa mostra o seguinte quadro. O eixo 1, que trata do “fortalecimento das bases científico-tecnológicas” (MME, 2021, p.15), traz uma diretriz para estruturação de laboratórios e da capacitação laboratorial com ênfase na produção e

⁸⁸ A propósito, o último adendo realizado no programa se deu em 2023, a partir da Resolução nº 4/2023, que ajustou sua estrutura de governança. Percebe-se, assim, que o programa se mostra um documento em construção, recebendo atualizações e ajustes conforme as mudanças governamentais e as novas perspectivas para desenvolvimento do mercado de H2 de baixo carbono no Brasil (Resolução nº4, 2023).

armazenamento de H₂ de baixo carbono, sinalizando, assim, a geração de impactos do tipo infraestrutural para as universidades.

Do mesmo modo, as diretrizes “h)” e “i)” preveem, respectivamente, a promoção de interação entre governo, academia e indústria, tanto nacional quanto internacionalmente, como a criação de redes de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), e de “projetos cooperativos de forma a garantir a convergência de esforços e otimização de recursos” (MME, 2021, p.16). Tais medidas indicam, segundo a nossa análise, a geração de impactos do tipo relacional.

No eixo 2, por sua vez, que trata da “capacitação de recursos humanos” (MME, 2021, p.16) para a cadeia do H₂ de baixo carbono, a diretriz “e)” busca “promover o intercâmbio entre o setor privado e a academia” (MME, 2021, p.16), o que estimula a ocorrência de impactos relacionais para as universidades. Já as diretrizes “b)” e “g)”, ao propor o incentivo ao “desenvolvimento de disciplinas, em nível de graduação e pós-graduação, sobre hidrogênio” e “a criação de grupos de pesquisa com foco na utilização do H₂ em diferentes setores” (MME, 2021, p.16), suscitam a geração de impactos do tipo organizacional.

No que diz respeito aos tipos de atividades acadêmicas que serão potencialmente impactadas pelas medidas do PNH₂, é possível identificar, com base no exame do eixo 1, a maior incidência de impactos sobre as atividades de pesquisa, de inovação e de empreendedorismo. Por outro lado, a existência de um eixo dedicado exclusivamente à capacitação de recursos humanos (eixo 2), mostra que as atividades de ensino também receberão grande incentivo do programa.

Tal como a Nova Indústria Brasil, o PNH₂ apresenta uma série de iniciativas derivadas, cujas diretrizes são detalhadas em documentos próprios. Por exemplo, a Iniciativa Brasileira do Hidrogênio (IBH₂), o Sistema Brasileiro de Laboratórios em Hidrogênio (SiS-H₂), as seleções da Finep denominadas “Combustível do Futuro” e “Inovações Radicais do Setor Elétrico - 2022”, e a chamada 023/2023 da ANEEL (MME, 2023).

Quando analisadas, essas iniciativas mostram que alguns dos impactos do PNH₂ para as universidades não são apenas “potenciais”, mas já se encontram em andamento.

O IBH2⁸⁹, por exemplo, institui a promoção de estudos e o desenvolvimento de tecnologias sobre hidrogênio renovável, assim como a modernização da infraestrutura laboratorial, e o fortalecimento dos “ambientes inovadores, de empreendedorismo e de base tecnológica” (Portaria MCTI nº 6.100, 2022).

Entre as ações e projetos do IBH2, se encontram a construção de “redes de pesquisa e desenvolvimento de ambientes promotores de inovação” (Portaria MCTI nº 6.100, 2022), a realização de “cooperações internacionais na temática do H2” (Portaria MCTI nº 6.100, 2022), além do apoio a projetos de CT&I considerados prioritários para o MCTI, e a criação do Sistema Brasileiro de Laboratórios em Hidrogênio (SIsH2 – MCTI). Esta última, por exemplo, se realizou por meio da chamada nº 24/22 do CNPq/MCTI/FNDCT, dedicando um montante financeiro de R\$33 milhões de reais ao aprimoramento das infraestruturas laboratoriais das ICTs com projetos sobre H2 renovável. Ao se examinar o resultado da chamada (Figura 29), percebe-se que os impactos do SIsH2 para as universidades são diretos, considerando que 11 dos 13 projetos aprovados pertencem a universidades.

Figura 29. Resultado da chamada nº 24/22 do CNPq/MCTI/FNDCT

Lista de projetos aprovados	
Processo	Proponente
407954/2022-8	Alejandro Pedro Ayala
408110/2022-8	Carlos Alberto Martinez Huitle
407957/2022-7	Dachamir Hotza
408071/2022-2	Diana Cristina Silva de Azevedo
408087/2022-6	Dulce Maria de Araujo Melo
407878/2022-0	Ernesto Chaves Pereira de Souza
407967/2022-2	Fabio Coral Fonseca
408069/2022-8	Germano Tremiliosi Filho
408066/2022-9	Heberton Wender Luiz dos Santos
408080/2022-1	Jose Viriato Coelho Vargas
407968/2022-9	Luciana Almeida da Silva
408074/2022-1	Pedro Teixeira Lacava
407906/2022-3	Walter Jose Botta Filho

Brasília, 5 de dezembro de 2022.

Fonte: Reproduzido de CNPq (2022)

⁸⁹ O IBH2 é uma iniciativa do MCTI cuja formalização se deu por meio da portaria nº 6.100/22. A estrutura da IBH2 é composta de sete objetivos, sete temas prioritários, sete eixos estratégicos, quatro ações e programas estratégicos, e três agências de fomento parceiras, além da previsão de fontes privadas de financiamento e especificação sobre as formas de seleção dos projetos (Portaria MCTI nº 6.100, 2022).

Por sua vez, a chamada da Finep “Inovações Radicais do Setor Elétrico”, com foco na seleção de projetos inovadores na área de H2 de baixo carbono, exige, por exemplo, a mobilização dos atores do Sistema Nacional de Inovação como um dos requisitos para atribuição de nota aos projetos (Finep, 2022, p.8). Já a chamada 023/2023 da ANEEL, dedicada à escolha de projetos inovadores de H2 de baixo carbono no setor elétrico, nas modalidades “planta piloto” e “peças e equipamentos” (ANEEL, 2024) estabelece a atuação conjunta das empresas do setor elétrico com as ICTs nacionais como uma condição necessária para a seleção. As chamadas demonstram estimular, assim, o envolvimento do setor privado com as ICTs nacionais, incluindo universidades.

Do mesmo modo, ao instituir a participação ativa de agências de fomento à inovação, como a Finep, Embrapii, Capes e CNPq (Portaria MCTI nº 6.100, 2022), o PNH2 demonstra envidar esforços para superação de uma das principais dificuldades que afetam às UIC nos países periféricos, isto é, a escassez de recursos financeiros para as atividades de PD&I (Aparecido Tomaz *et al.*, 2022; Silva e Sartori, 2022).

No que tange às considerações sobre inovação social, as referências encontradas no PNH2 podem ser caracterizadas como “incertas”, para não dizer “inexistentes”, uma vez que o programa não menciona textualmente, e tampouco chega a sugerir a relevância desse tipo de inovação entre seus princípios e diretrizes. Isto pode ser evidenciado, por exemplo, quando se examina o Plano Trienal 2023-2025, o qual declara que a prioridade estratégica dos investimentos de PD&I do PNH2 reside na superação do desafio econômico do H2 de baixo carbono, consistindo na redução dos custos de rotas tecnológicas que ainda apresentam desvantagens de preço, como a do H2V (MME, 2023, p.24).

Quanto às referências do PNH2 sobre os desequilíbrios regionais no campo da CT&I, o tipo que se sobressai no documento é o de considerações “indiretas”. Por exemplo, no edital da chamada do SIsH2, uma das exigências é a de que um percentual mínimo de 30% dos recursos seja destinado a projetos localizados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país (CNPq, 2022)⁹⁰.

⁹⁰ Os resultados da chamada indicam o êxito parcial da iniciativa, ao selecionar cinco projetos da região Nordeste, assumindo destaque perante as regiões Sudeste, com três projetos, e Sul, também com três projetos. No entanto, a proposta não se mostrou bem-sucedida na atração de projetos das regiões Centro-Oeste, com apenas um projeto selecionado, e Norte, com nenhum projeto escolhido.

Na mesma direção, o edital da chamada 023/2023 da ANEEL recomenda a inclusão de ICTs sediadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, buscando, assim, fortalecer a capacitação de profissionais e impulsionar a cooperação entre as ICTs de diferentes partes do Brasil (ANEEL, 2023, p.13). Tais medidas, mesmo que insuficientes, sugerem a intenção do programa em despender esforços para minimização das desigualdades regionais em CT&I.

Com foco na descarbonização da indústria nacional, o PNH2 anunciou também um edital para seleção de Hubs de H2 de baixo carbono. A chamada foi lançada em outubro de 2024, e determinou como critérios de elegibilidade, a escolha somente de empresas com sede administrativa no Brasil, que dispunham de projetos na área de produção ou aplicação do H2 de baixo carbono, em um nível de maturidade tecnológica (TRL) superior ou igual a 7, e com demonstração de operacionalidade até 2035 (MME, 2024a, p.3).

Quadro 8. Empresas selecionadas na chamada dos Hubs

RANKING	NOME DA PROPOSTA	EMPRESA LÍDER	ESTADO	NOTA FINAL
1	Projeto H2Horizonte Verde	Grupo CSN	RJ	87,80%
2	DRHy	EDP Renováveis Brasil S.A.	CE	86,73%
3	HUB de H2V de Camaçari	Neoenergia S.A.	BA	82,66%
4	Uberaba Green Fertilizer (UGF)	Atlas Agro Brasil Fertilizantes LTDA.	MG	81,51%
5	Hub de Hidrogênio – São Paulo	Petrobras S.A.	SP	80,48%
6	Hub H2 Açú	Prumo Logística S.A.	RJ	76,98%
7	B2H2	Copel GET	PR	67,08%
8	H2AL-BRUK	Solatio Holding Gestão de Projetos Solares	SP	66,15%
9	Hub de H2V de Cubatão	Eletrobras	SP	65,42%
10	Hub de Hidrogênio e Amônia em MG	Cemig Geração e Transmissão S.A.	MG	62,71%
11	Projeto H2V	Ecohydrogen Energy S.A.	BA	61,86%
12	HUB Suape TE	SUAPE Complexo Industrial Portuário	PE	60,33%

Fonte: Reproduzido de MME (2024b)

Os resultados da chamada registraram um total de 12 empresas eleitas (Quadro 8), sendo sete de origem brasileira, duas de origem espanhola (Neoenergia e Solatio Holding), uma portuguesa (EDP), uma suíça (Atlas Agro Brasil), e uma norte-americana (Prumo Logística). Com oito dos projetos selecionados se concentrando na região Sudeste, e outros quatro na região Nordeste.

O exame do documento mostra, assim, que o plano de estruturação dos Hubs levou em conta as diferentes rotas tecnológicas do H2 e as respectivas vocações regionais do país. No entanto, não se observou, entre os critérios de elegibilidade da chamada, nenhum mecanismo visando estimular a parceria de inovação dos Hubs com as universidades locais, tampouco se exigiu contrapartidas tecnológicas das empresas estrangeiras participantes.

3.1.3 Plano de Transformação Ecológica

O Plano de Transformação Ecológica (PTE) ou Novo Brasil representa um documento do governo brasileiro, lançado pelo Ministro da Fazenda, durante a COP 28, em dezembro de 2023 (MF, 2023). O plano vislumbra um horizonte ambicioso de retomar “o projeto de desenvolvimento nacional” do Brasil, mas agora sob “bases sustentáveis e socialmente justas” (MF, 2024a).

Em outras palavras, os objetivos do PTE se orientam à promoção de desenvolvimento tecnológico da indústria, com geração de empregos de qualidade, juntamente à garantia de sustentabilidade ambiental, distribuição de renda e transição energética justa (MF, 2024b, p.5). O plano, assim, se estrutura em seis eixos, que contemplam 1) “finanças sustentáveis”, 2) “adensamento tecnológico”, 3) “bioeconomia e sistemas agroalimentares”, 4) “transição energética”, 5) “economia circular” e 6) “nova infraestrutura verde e adaptação” (MF, 2024b, p.12), e prevê a utilização de instrumentos fiscais, financeiros, administrativos, regulatórios e creditícios para cumprimento das metas estabelecidas.

No geral, despontam no documento considerações dos tipos “direto” e “indireto” acerca das universidades. Direto, por exemplo, quando se anuncia a criação do programa “Universidades Sustentáveis e Inovadoras” (MF, 2024b, p.66), destinado ao

fortalecimento dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) e da produção tecnológica das ICTs alinhadas aos eixos do PTE. Indireto, por sua vez, quando estipula como objetivo “investimentos em pesquisa e desenvolvimento, com possibilidades de criação de novas cadeias de valor, novos produtos e novos materiais” (MF, 2024b, p.48). Do ponto de vista de nossa investigação, o eixo 2 do PTE, que trata do adensamento tecnológico da economia nacional “por meio do desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação” (MF, 2024b, p.62), nos chama particular atenção.

Assim, no que tange aos desdobramentos para as universidades, o exame do eixo 2 identifica impactos de todos os tipos. Do tipo financeiro, por exemplo, quando estabelece o direcionamento dos Fundos Públicos de P&D, como o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), para o desenvolvimento de tecnologias estratégicas à transformação ecológica do Brasil (MF, 2024b, p.64).

Outrossim, impactos dos tipos relacional e infraestrutural são detectados, quando se considera, por exemplo, que muitos dos fundos setoriais pertencentes ao FNDCT, se concentram no problema das interações universidade-indústria (caso do Fundo Verde e Amarelo), e no aprimoramento da estrutura das ICTs, incluindo as universidades (caso do Fundo de Infraestrutura) (MF, 2024b, p.64). Sob este aspecto, impactos do tipo organizacional também são detectados, ao concluir que o programa “Universidades Federais Sustentáveis e Inovadoras” (MF, 2024b, p.67) se direciona justamente à estruturação e reforço dos NITs, garantindo, assim, a ampliação desse arranjo organizacional responsável pela gestão da inovação nas ICTs e universidades.

Em relação aos tipos de atividades acadêmicas potencialmente impactadas pelos instrumentos do PTE, constata-se, principalmente, repercussões sobre as atividades de pesquisa, de inovação, e de ensino, uma vez que o plano é categórico no reconhecimento do papel das ICTs e universidades para o processo de formação dos recursos humanos e produção de CT&I para a transição energética, econômica e ecológica do país.

Neste contexto, também se observa que o PTE não negligencia a questão das barreiras relacionadas às colaborações universidade-indústria no Brasil. Assim, embora o plano não anuncie a criação de nenhum fundo ou arranjo organizacional completamente novo para gerenciar as atividades de inovação entre universidades e setor privado, estabelece o redirecionamento de medidas já existentes, a exemplo dos fundos setoriais do FNDCT e os NITs, visando contornar alguns dos principais desafios da “pesquisa e

inovação, proteção da propriedade intelectual e promoção da transferência de tecnologia entre instituições de pesquisa e empresa” (MF, 2024b, p.67) que atingem, sobretudo, países periféricos, como o Brasil, no contexto de estruturação da cadeia produtiva do H2 de baixo carbono.

Seria impreciso, do ponto de vista analítico, dizer que o PTE ignora o problema das injustiças sociais e climáticas. O tema, ao contrário, representa uma de suas diretrizes norteadoras, e o escopo de melhoria das “condições de vida das populações mais vulneráveis” (MF, 2024b, p.55) se encontra presente de maneira transversal ao longo do documento. Este compromisso se evidencia, por exemplo, no trecho sobre “mercado regulado de carbono”, e da criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), em que se prevê a destinação de recursos para “compensação aos povos indígenas e comunidades tradicionais” (MF, 2024b, p.59).

Em contrapartida, o PTE não anuncia a criação de nenhum instrumento específico sobre o tema das inovações sociais voltadas à redução das injustiças climáticas e sociais no contexto de transformação ecológica no Brasil. Tampouco, o documento chega a considerar o engajamento das universidades nesse processo. Neste aspecto, o plano se limita a referências vagas, como a que prevê a geração de "novas tecnologias e inovações que beneficiem o setor produtivo e a *sociedade de forma geral*" (MF, 2024b, p.67, grifos nossos)

Em relação às considerações do PTE sobre os desequilíbrios regionais em CT&I, o documento até chega a ressaltar o potencial do Nordeste para “a produção em larga escala de energias renováveis de fonte eólica e solar” (MF, 2024b, p.53), reconhecendo a necessidade de apoiar o adensamento tecnológico das cadeias de produção do H2 de baixo carbono na região. No entanto, não extrai desse fato a necessidade de envidar esforços para redução das disparidades regionais que afetam, particularmente, o campo da CT&I, e que se expressam, entre outras formas, por meio da distribuição desigual de bolsas do CNPq, do número de mestres e doutores formados, e da infraestrutura de universidades, centros de pesquisa e parques tecnológicos (Segundo e Goulart, 2024; Cavalcante, 2011; Barros, 2000; Arruda, Lima e Borin, 2016).

Por fim, assim como a Nova Indústria Brasil, o documento do PTE não propõe nenhum instrumento do tipo *offsets*, procurando estimular a transferência de tecnologia ou de *know-how*, com vistas ao *upgrading* econômico das empresas locais no contexto

do H2 de baixo carbono. Tal fato chama atenção, quando se considera o risco de aprofundamento da dependência nacional em setores de fabricação de eletrolisadores⁹¹, reformadores catalíticos, e painéis fotovoltaicos, atualmente dominados por corporações estrangeiras (Consultoria, 2022, p.44).

Por outro lado, o PTE lança mão de outros instrumentos, como as “encomendas tecnológicas”, as “políticas de conteúdo local” e as “margens de preferência”⁹², que apresentam potencial de estimular a *performance* tecnológica das empresas domésticas na cadeia produtiva do H2 de baixo carbono, assim como proporcionar o engajamento das universidades locais nesse processo. Por exemplo, o governo pretende usar as encomendas tecnológicas para incentivar a contratação de projetos de PD&I destinados à “solução de problemas técnicos específicos ou obtenção de produto, serviço ou processo

⁹¹ O estudo de Schmidt e Huenteler (2016) mostra que os diferentes tipos de capacidades tecnológicas exigidos para implantação de cada tecnologia limpa (a exemplo de turbinas eólicas e dos painéis solares) influencia o êxito ou fracasso das políticas de localização industrial, ou seja, políticas que visam incentivar a produção local dessas tecnologias. Os autores, assim, elaboram um *framework* com quatro tipos de tecnologia (hidrelétricas, turbinas eólicas, painéis solares, e carros elétricos), e detalham os tipos e os graus de capacidades tecnológicas necessárias. No *framework*, as 1) “tecnologias simples” são aquelas que exigem baixos níveis de capacidade de *design* e de fabricação, as 2) “tecnologias intensivas em *design*” são as que exigem alto nível de capacidades de *design* e baixo nível de capacidade de fabricação”, as 3) “tecnologias intensivas em fabricação” demandam altas capacidades de fabricação e baixo nível de capacidade de *design*, e, por fim, as 4) “tecnologias intensivas em *design* e fabricação”, que exigem altos níveis de ambas as capacidades (Schmidt e Huenteler, 2016, p.10). Com base nesse *insight*, seria interessante um esforço de caracterização do setor de eletrolisadores, visando descobrir em qual tipo de tecnologia o setor melhor se enquadra. A depender do tipo, as implicações para o âmbito das políticas públicas seriam distintas. Por exemplo, caso a tecnologia dos eletrolisadores fosse caracterizada como “intensiva em *design*”, isso exigiria que as políticas de incentivo à implantação nacional do setor considerassem, antes de tudo, a disponibilidade local de capacidades tecnológicas em *design*. O mesmo ocorreria se a tecnologia fosse classificada como “intensiva em fabricação” ou “intensiva em *design* e fabricação”, o que demandaria capacidades tecnológicas correspondentes. Decerto, o trabalho de Schmidt e Huenteler (2016), é muito interessante, mas se faz necessário destacar que o *framework* desenvolvido não é apenas uma ferramenta importante para “antecipar” os efeitos de localização industrial de determinadas tecnologias limpas, ou seja, antecipar os elos da cadeia de suprimentos de tais tecnologias que seriam mais compatíveis com a realidade dos países em desenvolvimento, considerando suas capacidades tecnológicas em *design* e fabricação, mas também é útil para que os governos locais possam identificar as fragilidades tecnológicas domésticas, e, com base nisso, desenvolver políticas públicas direcionadas à solução desses gargalos. Por exemplo, supondo que o Brasil, em geral, e o estado do Ceará, em particular, não apresentem as capacidades tecnológicas necessárias para garantir sua inserção nos elos mais sofisticados da cadeia global do H2V, os governos locais, em vez de simplesmente adotarem uma postura de resignação, estimulando as empresas domésticas a permanecerem nos elos menos intensivos em tecnologia, poderiam se voltar, ao contrário, para a elaboração de mecanismos políticos destinados ao *upgrading* econômico dessas empresas.

⁹² O PTE ressalta, no entanto, que o uso de tais instrumentos se estabelece como algo provisório, cuja permanência está condicionada ao amadurecimento e aprendizado tecnológico dos setores econômicos associados à transformação ecológica, assegurando sua consolidação nos “padrões de competitividade internacional” (MF, 2024b, p.65).

inovador não disponível no mercado”⁹³ (MF, 2024b, p. 67) nos setores relacionados à transformação ecológica.

3.1.4 Marco Legal do H2 de baixo carbono

O Marco Legal do H2 de Baixa Emissão de Carbono se configura num importante documento, promulgado pela Lei 14.948, de agosto de 2024. Vale ressaltar que a formulação de uma política dessa natureza já vinha sendo reivindicada há bastante tempo, especialmente pelo setor privado, como um instrumento capaz de fornecer “segurança jurídica” aos investidores da cadeia do H2 de baixo carbono no Brasil (Chantre *et al.*, 2022).

O documento vai ao encontro das principais reivindicações do setor, ao declarar uma série de mecanismos que buscam assegurar a consolidação do setor nacional do H2 de baixo carbono. Entre os instrumentos anunciados, estão 1) a criação do Sistema Brasileiro de Certificação do Hidrogênio (SBCH2), detalhando com clareza as regras de governança aos produtores, além de definir o percentual máximo de emissões de carbono autorizadas (7kg de CO2 por 1kg de H2), com base na metodologia do ciclo de vida; e 2) a instauração do Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), que, conectado às ações do PNH2, busca impulsionar “o mercado interno de hidrogênio de baixa emissão de carbono” no Brasil, por meio da oferta paulatina de créditos fiscais a “empresas ou consórcios de empresas que sejam vencedores do procedimento concorrencial”, estipulando um montante de R\$5 bilhões de reais até 2032.

Como parte integrante do documento, o Marco Legal também institui o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro). Tal dispositivo visa estimular “o desenvolvimento tecnológico e industrial, a competitividade e a agregação de valor nas cadeias produtivas nacionais” (Lei nº 14.948,

⁹³ Chama atenção, neste aspecto, o fato de as encomendas tecnológicas assumirem o inteiro risco de fracasso dos projetos de inovação apoiados, o que sugere, assim, o alinhamento do PTE com o conceito de “cultura de experimentação” (Thomke, 2020), ao enxergar as “falhas” de percurso como subsídios para aprendizagem e melhoria dos processos de inovação, de modo a anular o comportamento punitivo em caso de fracasso. Tal alinhamento fica explícito quando o documento expressa que “o próprio não-atingimento do objetivo da contratação, se demonstrada a realização do esforço de pesquisa, não resulta em penalização, mas é considerado inerente às atividades de fronteira tecnológica” (Thomke, 2020, p.67).

2024), por meio da concessão de benefícios tributários a empresas habilitadas, durante um período de cinco anos, contados a partir de janeiro de 2025.

Nessa perspectiva, em relação ao tipo de consideração sobre as universidades, as medidas do Marco Legal realizam o tipo “incerto”. Isto fica expresso, por exemplo, quando o documento estabelece, entre seus princípios, o “fomento à pesquisa e desenvolvimento do uso do H2 de baixo carbono” (Lei nº 14.948, 2024, p.1), ou quando propõe, entre os seus instrumentos, “a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas” (Lei nº 14.948, 2024, p.5) nos diferentes segmentos da cadeia do H2 de baixo carbono, mas sem sugerir o grau de inserção das universidades nesse processo.

Do ponto de vista dos possíveis impactos para as universidades, o Rehidro estabelece um requisito interessante. A exigência de que as empresas participantes realizem um “investimento mínimo em pesquisa, desenvolvimento e inovação” (Lei nº 14.948, 2024, p.8). Tal requisito apresenta o potencial de trazer impactos do tipo relacional e financeiro para as universidades, caso as empresas demonstrem o interesse de estabelecer parcerias com esse tipo de ICT.

Por outro lado, o Marco Legal não adentra na elaboração de estratégias para ampliação das parcerias entre universidades e setor produtivo, visando expandir a transferência de tecnologia, e aumentar a produtividade e competitividade das empresas locais no setor de H2 de baixo carbono no Brasil. Além disso, o documento é praticamente estéril nas considerações sobre inovações sociais, assim como carece de instrumentos para mitigação dos desequilíbrios regionais em CT&I.

No que se refere aos mecanismos legais, visando a melhoria do desempenho de P&D das empresas domésticas e a promoção de externalidades para as universidades locais, o Rehidro estabelece dois requisitos interessantes. O primeiro, como já assinalado, é o de que as empresas despendam um investimento mínimo em PD&I; e o segundo trata da exigência de que as mesmas empresas mantenham “um percentual mínimo de utilização de bens e serviços de origem nacional no processo produtivo” (Lei nº 14.948, 2024).

Os requisitos se alinham ao escopo de estruturação das cadeias produtivas do H2 de baixo carbono, garantindo a participação dos produtos fabricados localmente, ao mesmo tempo em que realizam incentivos às atividades de PD&I. Tais instrumentos, no

entanto, ainda expõem fragilidade, uma vez que não informam precisamente o valor dos “percentuais” e dos “investimentos mínimos” a serem realizados pelas empresas habilitadas, nem especificam se os investimentos devem incluir necessariamente as ICTs nacionais.

3.1.5 Programa de Aceleração da Transição Energética

O Programa de Aceleração da Transição Energética (Paten) consiste numa lei sancionada em janeiro de 2025 pelo Governo Federal⁹⁴, com o objetivo de apoiar financeiramente projetos de desenvolvimento sustentável, sobretudo os que se relacionam com o desenvolvimento de tecnologias de combustíveis renováveis, como biodiesel, biogás, SAF, e H2 de baixo carbono, por meio da criação do Fundo de Garantias para Desenvolvimento Sustentável (Fundo Verde) (Lei Nº 15.103, 2025).

Com base no exame documental da Lei 15.103, que institui o programa, é possível observar que as contribuições mais significativas do Paten se encontram associadas à proposição de novos instrumentos, como o Fundo Verde e a Transação Tributária, buscando assegurar a facilitação de acesso aos créditos públicos para empresas dispostas a investirem em iniciativas de baixo carbono.

Sob este aspecto, o Paten não estabelece nenhum dispositivo de grande relevância para as universidades no contexto de estruturação do setor de H2 de baixo carbono no Brasil. Em outras palavras, embora dotado de objetivos com algum potencial de repercussão sobre as atividades de CT&I das universidades, o documento é insuficiente no detalhamento das propostas, o que torna inviável uma análise mais aprofundada.

No que se refere aos tipos de consideração sobre as universidades, as referências que o programa realiza permitem ser caracterizadas como “incertas”. Isto porque, apesar do apoio ao desenvolvimento de inovações tecnológicas estar previsto entre os seus objetivos, o documento não sugere que esse processo terá necessariamente a participação das ICTs ou universidades nacionais.

⁹⁴ A versão original do projeto é de autoria do ex-deputado federal Christino Áureo, do PP-RJ (Machado, 2024), e passou por diferentes alterações no Congresso, antes de receber a sanção presidencial.

Outrossim, a partir das medidas anunciadas na lei, não é possível identificar precisamente os tipos de impacto que os instrumentos do Paten podem acarretar para as universidades. Por exemplo, ao prever a criação de um Fundo Verde, supõe-se que o programa irá proporcionar a geração de impactos do tipo financeiro para as universidades. No entanto, uma análise mais atenta da lei constata que os recursos do Fundo se restringem a “pessoas jurídicas de direito privado” (Lei Nº 15.103, 2025), o que deixa de fora grande parcela das universidades do Brasil, caracterizadas como pessoas jurídicas de direito público.

O documento, por seu turno, também não chega a suscitar a questão das UIC e os empecilhos que atingem as inovações nos países periféricos. Do mesmo modo, não dispõe de considerações sobre o tema dos desequilíbrios regionais em CT&I no contexto da transição energética.

No que tange às considerações sobre inovações sociais, o Paten chega a mencionar explicitamente no artigo 3º a necessidade de que os projetos candidatos, incluindo os de pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovações, proporcionem benefícios socioambientais ou a mitigação dos impactos ao meio ambiente (Lei Nº 15.103, 2025). Por outro lado, o documento não trata diretamente da importância das inovações com escopo social no contexto de transição energética, e nem sequer faz uso do conceito; de modo que as referências sobre os “efeitos socioambientais positivos” (Lei Nº 15.103, 2025) permanecem vagas, não apresentando, por exemplo, nenhuma linha de financiamento destinada a impulsionar esse tipo de inovação.

Por fim, em relação ao uso de mecanismos legais, o Paten não apresenta nenhuma proposta específica, visando impulsionar a melhoria da capacidade de inovação das empresas domésticas e a geração de externalidades para as universidades locais no contexto de estruturação do setor de H2 de baixo carbono. O programa, por exemplo, não detalha se os benefícios financeiros do Fundo Verde e da Transação Tributária recairão apenas sobre as empresas com sede administrativa no Brasil, ou serão abertos a todas as empresas; assim como não especifica se o acesso aos recursos incluirá a exigência de compensações tecnológicas com potencial de beneficiar diretamente as ICTs e universidades.

Neste particular, o Paten ainda apresenta uma medida negativa, ao alterar o artigo 1º da Lei nº 9.991/2000, que obrigava a destinação de recursos para atividades de P&D

por parte das concessionárias e permissionárias do setor elétrico brasileiro. Até a sua aprovação, a lei exigia o percentual de, no mínimo, 0,75% das receitas líquidas das empresas para atividades de P&D (Lei nº 9.991, 2000). Com a aprovação do programa, no entanto, o percentual foi reduzido para 0,50% (Lei nº 9.991, 2000).

3.2 Governo Estadual, Universidade e o H2V

Com efeito, a metodologia para análise dos documentos do Governo Estadual segue o mesmo esquema já traçado para os documentos do Governo Federal. A única exceção se refere à questão sobre “desequilíbrios regionais”, que não será abordada na presente seção.

Nessa perspectiva, no que diz respeito ao tipo, os documentos se compõem de um decreto, uma lei, uma chamada pública da Funcap, e 41 Memorandos de Entendimento (MoUs) sobre H2V assinados até o momento, que serão examinados de modo conjunto, e a partir dos extratos publicados nos sites oficiais, considerando a impossibilidade de acesso aos materiais na íntegra. Em relação ao escopo dos documentos, o decreto e a lei possuem o foco no tema energético, os três MoUs e a chamada pública se concentram na questão da CT&I, e os outros 36 MoUs e dois pré-contratos apresentam um escopo situado na interface entre “foco industrial e energético” (Quadro 9).

Quadro 9. Documentos do GE segundo o foco estratégico

Documento	Foco industrial	Foco energético	Foco em CT&I
Plano Estadual de Transição Energética Justa do Ceará		X	
Política Estadual do H2V, sustentável e seus derivados		X	
Rede Verdes de Energias Renováveis			X
MoU Platform Zero			X

MoU Gansu Science and Technology			X
MoU Hitachi Energy			X
Outros MoUs e pré-contratos	X	X	

Fonte: elaboração própria.

3.2.1 Plano Estadual de Transição Energética Justa

O Plano Estadual de Transição Energética Justa do Ceará ou Ceará Verde, instituído por meio do Decreto nº 34.73, de 2022, constitui um documento estadual que visa combinar o “fortalecimento da matriz energética de baixo carbono no estado” (Decreto Nº 34.733, 2022) com o horizonte de “desenvolvimento social, econômico e ambiental”, junto ao objetivo de “mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais”. O Plano se destaca por apresentar, além do apoio às energias renováveis, alinhamento aos princípios de uma transição energética justa, buscando, assim, impulsionar as estratégias de descarbonização e enfrentamento das mudanças climáticas, sem perder de vista “atendimento às necessidades comuns e particulares das populações e comunidades que vivem no território estadual”⁹⁵ (Decreto Nº 34.733, 2022).

O documento é bastante conciso, e, ao longo de suas seções, as referências às ICTs e/ou universidades são escassas. A única menção se encontra no artigo 6º, dedicado à Comissão Especial criada para acompanhamento das ações do Plano, em que os representantes da Universidade Federal do Ceará são mencionados como possíveis integrantes convidados.

Apesar disso, o tipo de consideração que o plano realiza sobre as universidades pode ser classificado como “indireto”, uma vez que não menciona explicitamente, mas sugere sua importância. Isto se evidencia, por exemplo, no artigo 3º, onde o apoio ao desenvolvimento científico-tecnológico relacionado às energias renováveis, incluindo o

⁹⁵ Para uma análise crítica do Plano de Transição Energética Justa do Ceará e sua adequação às dimensões da justiça energética, ver Mendes, Sampaio e Collaço (2025).

H2V, aparece como um relevante objetivo do Plano. Do mesmo modo, no artigo 4º, a “contratação de recursos humanos de alta especialização e inovação tecnológica” (Decreto Nº 34.733, 2022) se encontra prevista entre suas diretrizes.

No que tange aos impactos sobre as universidades, o aspecto conciso do Plano, que implica em sua falta de detalhamento, não permite identificar seguramente as possíveis repercussões para as universidades. No entanto, não se descarta, por um lado, a ocorrência de impactos do tipo relacional, uma vez que o documento prevê uma eventual convocação de representantes da UFC como membros convidados da Comissão Especial, ou seja, o órgão de governança do Plano.

E, por outro lado, a ocorrência de impactos do tipo infraestrutural, considerando o objetivo de estabelecer cooperação com agências nacionais e internacionais visando “fortalecer as estruturas científicas e tecnológicas” do estado (Decreto Nº 34.733, 2022). Caso os impactos se realizem, as atividades potencialmente atingidas seriam, principalmente, a pesquisa, a inovação, e o ensino.

Na mesma direção, as referências do Plano acerca das barreiras às UIC e inovações são praticamente inexistentes. A única exceção, por assim dizer, se encontra no artigo 4º, quando anuncia, entre as diretrizes, o objetivo de cooperar com o setor produtivo, visando impulsionar “projetos de desenvolvimento e de transferência de tecnologias voltadas à produção, processamento e utilização de Energias Renováveis, Biocombustíveis, H2V e derivados”. No entanto, o trecho é extremamente vago, não sugerindo nenhuma medida específica para superação dos gargalos que atingem as colaboração universidade-indústria e o desenvolvimento de inovações no estado.

Curiosamente, apesar do Plano declarar o compromisso com uma transição energética justa, baseada nos princípios da justiça social, no equilíbrio ambiental, e na proteção aos direitos das comunidades locais no contexto das transformações climáticas, a questão das inovações sociais não chega a ser mencionada ao longo das seções. Outrossim, não chega a ser mencionado, e nem sequer sugerido o papel das universidades no desenvolvimento desse tipo de inovação.

Por fim, o documento também é carente de instrumentos políticos buscando impulsionar o aprendizado tecnológico, e capacidade de inovação das empresas domésticas. Tampouco, se localizou no Plano iniciativas mais robustas para alavancar o ecossistema de inovação local, e aumentar a inserção das universidades nos processos de

transferência de tecnologia, geração de *spin-offs*, incubação de empreendimentos de impacto (Barki, Comini e Torres, 2019), e mesmo atividades de extensão universitária, visando a melhoria da qualidade de vida de populações vulneráveis e comunidades tradicionais, no contexto de transição energética no estado.

3.2.2 Política Estadual do H2V

A Política Estadual do H2V, Sustentável e seus Derivados, promulgada através da lei nº 18.459, de 2023, representa um marco regulatório das iniciativas sobre H2V no estado (lei nº 18.459, 2023). A lei se mostrou pioneira no cenário nacional, ao surgir quase um ano antes da aprovação do Marco Legal do H2 de baixo carbono, do Governo Federal⁹⁶.

Assim como o Ceará Verde, o tipo de consideração sobre as universidades que predomina na Política Estadual do H2V é o “indireto”. No entanto, contrastando com o primeiro, aqui as referências são mais frequentes. Por exemplo, no artigo 4º, relativo aos objetivos, a questão da CT&I está presente quando se anuncia o apoio à “produção de estudos e pesquisas sobre o hidrogênio verde no Estado” (lei nº 18.459, 2023).

Em relação aos tipos de impacto, as iniciativas do documento instituem a “celebração de parcerias com instituições públicas e privadas” para realização de pesquisas sobre o H2V, o que indica a possibilidade impactos do tipo relacional para as universidades locais (lei nº 18.459, 2023). Do mesmo modo, o documento prevê a destinação de recursos financeiros para apoiar a pesquisas e projetos de inovação com o objetivo de reduzir os custos dos “sistemas de energia a base de hidrogênio renovável”

⁹⁶ É perceptível no material uma diferença de terminologia em relação aos documentos do Governo Federal. Se no Marco Legal, por exemplo, se sobressai a nomenclatura do “H2 de baixo carbono”, no congêneres estadual, o enfoque é dado expressamente ao H2V, muito embora as fontes de energia renovável utilizadas para eletrólise da água não se restrinjam necessariamente ao tipo eólico e solar, passando a incorporar também as fontes hídrica, oceânica, geotérmica e biomassa (lei nº 18.459, 2023). Tal diferença terminológica já havia sido observada em trabalhos anteriores, a exemplo de Gurgel Júnior (2024). Em nossa compreensão, longe de significar um desencontro entre os planos do Governo Federal e os planos estaduais, a ênfase do governo do Ceará na rota do H2V apresenta plena convergência com a estratégia do Governo Federal de explorar as diferentes rotas tecnológicas do H2 de baixo carbono, sem perder de vista as vantagens comparativas regionais. Assim, uma vez que o estado se localiza no Nordeste, região que se destaca pelos bons ventos e ótima incidência de raios solares, além da abundância de recursos naturais associados à energia oceânica e biomassa, por exemplo, a rota de exploração do H2V se mostra a mais adequada.

(lei nº 18.459, 2023), juntamente à “capacitação de recursos humanos para a elaboração, a instalação e a manutenção” desses sistemas energéticos (lei nº 18.459, 2023). Tais iniciativas podem acarretar a geração de impactos do tipo financeiro. Quanto aos tipos de atividades acadêmicas que podem ser beneficiadas por essas ações, elenca-se, mais uma vez, as atividades de pesquisa, inovação e ensino.

O interesse mais declarado do documento no apoio à pesquisa e aos projetos de inovação no estado, indica a preocupação do governo em superar um dos principais gargalos para consolidação do setor de H2V, ou seja, a redução dos custos de produção, desafio que pode ser mitigado através da implementação de inovações tecnológicas, transformando, assim, o H2V numa alternativa mais competitiva no mercado global. Por outro lado, embora o desenvolvimento tecnológico do setor seja tratado como relevante, a questão das barreiras estruturais que dificultam a realização de UIC e inovações tecnológicas no contexto estadual, sequer chegam a ser consideradas.

Ao longo das seções do documento, chama atenção a importância dada aos princípios da justiça social e climática. Com efeito, já no artigo 3º, relativo aos Fundamentos, declara-se o compromisso do documento com questões caras ao desenvolvimento sustentável do estado, como a “segurança energética e alimentar”, a “responsabilidade quanto aos impactos e às externalidades” e o “combate à pobreza energética” (lei nº 18.459, 2023). O mesmo escopo se manifesta no artigo 4º, relativo aos objetivos, em que se anuncia “esforços para democratizar e viabilizar o acesso e o uso da energia elétrica à população residente no meio rural” (lei nº 18.459, 2023), e a garantia da “inclusão social e produtiva de comunidades vulneráveis” (lei nº 18.459, 2023). Curiosamente, no entanto, não se identificou nenhuma consideração, mesmo que indireta, sobre a questão das inovações sociais⁹⁷.

⁹⁷ Cabe ressaltar que concomitantemente à aprovação da “Política Estadual do H2V, Sustentáveis e seus Derivados”, também foi instituída a lei do “Programa Renda do Sol” (Lei Complementar Nº 314, 2023). Apesar de não se identificar uma vinculação formal entre as duas leis, é inegável sua complementaridade. Com efeito, o desenho do Programa Renda do Sol se encaixa perfeitamente no conceito de “inovação social”, uma vez que seus principais objetivos se voltam ao combate à pobreza energética e à promoção de inclusão social das populações de baixa renda, através da instalação de sistemas fotovoltaicos e da mini e microgeração distribuídas de energia solar. Entre os instrumentos de justiça social e energética do programa, se encontra o abatimento da conta de luz, a capacitação das famílias beneficiadas para operação e manutenção das usinas fotovoltaicas instaladas, além da previsão de venda da energia solar produzida para consumidores da cadeia do H2V, proporcionando a geração de renda para as famílias. Até o momento, duas experiências pilotos do programa estão em andamento, nos municípios de Tamboril e Jaguaribara (César e Braga, 2024).

Como dito, a promulgação da Política Estadual do H2V ocorreu no ano de 2023, momento em que as discussões sobre investimentos de H2V no estado estavam numa crescente. Na ocasião, também se completavam aproximadamente dois anos desde a criação do Hub de H2V do Complexo do Pecém, ocorrida em 2021. Isto posto, é digno de nota o fato de que a menção ao Hub ou à ZPE – locais que concentram a maior parte dos investimentos de H2V previstos para o estado -, sequer aparece no documento.

Neste contexto, não se identificou qualquer instrumento destinado a impulsionar, por exemplo, os *spillovers* tecnológicos (Vilela Júnior, 2015) entre as empresas do Hub, objetivando, assim, promover o *upgrading* econômico das empresas domésticas na cadeia de valor do H2V. Outrossim, no que se refere às externalidades do Hub para as universidades locais, apesar da UFC integrar formalmente o Hub, a Política Estadual do H2V carece de mecanismos específicos, visando estimular um maior engajamento das empresas do Hub com o ecossistema estadual de inovação.

Por fim, o documento prevê, entre suas iniciativas, o uso de incentivos fiscais e creditícios para a “pesquisa, produção e aquisição de equipamentos e materiais na cadeia do H2V” (lei nº 18.459, 2023), o que poderia sugerir algum estímulo à P&D industrial, e à melhoria da capacidade de inovação das empresas locais. No entanto, em contraste ao Marco Legal do H2 de baixo carbono, a lei estadual não estabelece às empresas o requisito de utilização de produtos com “conteúdo local/nacional” (lei nº 18.459, 2023).

3.2.3 Rede Verdes de Energias Renováveis

No ano de 2023, a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap), lançou o edital nº 02/2023 “Rede de Pesquisa em Energias Renováveis do Ceará”⁹⁸. A iniciativa, que expressa pioneirismo no âmbito nacional, apresenta como público-alvo “pesquisadores vinculados a Instituições de Ensino Superior

⁹⁸ Vale destacar que a importância da Rede Verdes para nossa pesquisa é tão significativa, que a iniciativa será examinada em dois momentos. O primeiro ocorre no capítulo 2, e o segundo no capítulo 3. Assim, no presente capítulo, nosso foco analítico se concentra mais no Edital de divulgação da chamada, procurando desvendar seus objetivos, os critérios de elegibilidade dos projetos, o caráter dos arranjos interinstitucionais e da previsão de cooperação com o setor privado, além das áreas de pesquisa ou linhas temáticas consideradas prioritárias. No próximo capítulo, retomar-se-á a análise da Rede, mas com base nos dados primários, coletados juntos aos coordenadores e pesquisadores do projeto selecionado pelo Edital - projeto cuja execução já está em andamento.

(IES) e/ou de Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT), públicas ou privadas, sediadas no estado” (Funcap, 2023, p.1), com disposição para constituir uma rede dinâmica de PD&I.

Decerto, a partir da própria natureza da chamada pública, é possível observar a centralidade com que o tema da CT&I é tratado, de modo que prevalecem, ao longo do documento, considerações do tipo “direto” sobre as ICTs e/ou universidades. Isto pode ser ilustrado, quando se examina os atores aptos a compor a Rede Verdes, incorporando “universidades locais, pesquisadores nacionais e internacionais, estudantes, instituições de pesquisa, agências de fomento, empresas de diferentes portes e o Governo do Estado do Ceará” (Funcap, 2023, p.1).

Nessa medida, são múltiplos os impactos do documento para as universidades do estado. A rigor, o primeiro tipo de impacto gerado é o financeiro, haja vista a destinação de R\$16 milhões de reais para apoiar “a proposta selecionada” (Funcap, 2023, p.8). Este, por sua vez, proporciona impactos do tipo infraestrutural, uma vez que os recursos cedidos pela Funcap estabelecem como "itens financiáveis" (Funcap, 2023, p.10), justamente a aquisição de equipamentos, e a realização de "adaptações nas edificações das infraestruturas já existentes” (Funcap, 2023, p.10), com vistas a melhorar a execução das pesquisas da Rede.

Impactos do tipo relacional também são visíveis, quando se considera o imperativo de que a Rede garanta uma sinergia interna entre as instituições que a compõem, e com os atores externos, como empresas e ONGs. E, por fim, antecipa-se a ocorrência de impactos do tipo organizacional, visto que a Rede recomenda, em sua estrutura de governança, a construção de instrumentos para “resolução de conflitos” (Funcap, 2023, p.4), capazes de dirimir os atritos e “disputas que possam surgir entre os membros” (Funcap, 2023, p.4) da Rede, mas também com atores externos.

Com efeito, no que se refere aos tipos de atividades acadêmicas impactadas pela Rede Verdes, ressaltam-se, especialmente, a pesquisa, a inovação, e o empreendedorismo⁹⁹. Isto pode ser registrado ao longo de todo o documento. Por exemplo, quando institui a “realização de pesquisas seguindo os mais elevados padrões

⁹⁹ A ausência de impactos sobre as atividades de ensino, por exemplo, se explica na medida em que a Funcap lançou o “Projeto H-Tech”, exclusivamente voltado à capacitação de recursos humanos, em parceria com diferentes ICTs do estado, incluindo UFC e UECE (Funcap, 2024).

de excelência científica, tecnológica e de inovação” (Funcap, 2023, p.2) como a atividade central da Rede; bem como, quando o edital expressa ser o desenvolvimento de inovações como um dos pilares da iniciativa. Ou ainda, ao anunciar abertamente a intenção de que a Rede contribua “para a criação de *startups* e *spin-offs* inovadoras, de forma aliada a parques tecnológicos, incubadoras, hubs de inovação e demais ambientes promotores de inovação do Estado do Ceará (Funcap, 2023, p.3).

Neste caso, a ausência de instrumentos sobre as barreiras à UIC no estado, quadro encontrado no Ceará Verde e na Política Estadual do H2V, contrasta diametralmente com o tipo de tratamento dado pela Rede Verdes. Embora não chegue a dedicar um tópico exclusivamente à questão das barreiras que se interpõem aos processos de inovação, e às atividades de cooperação entre ICTs e empresas, a transferência de conhecimentos e tecnologia entre os setores representa o núcleo duro da estratégia da Rede. Não é à toa, inclusive, que a “capacidade de articulação” (Funcap, 2023, p.6) se encontra entre os critérios de avaliação do edital.

Sob este aspecto, a estrutura de governança da Rede, além de propor a criação de um mecanismo de resolução de conflitos entre os membros, e determinar um “instrumento jurídico específico” (Funcap, 2023, p.13) para regulamentar os direitos de propriedade intelectual entre as partes, prevê o uso de ferramentas de “medição e avaliação”, visando garantir “o monitoramento e controle dos projetos vinculados” (Funcap, 2023). Tais mecanismos se alinham aos esforços de gestão da inovação, que, assim como os NITs, representam arranjos institucionais voltados à melhoria da eficiência dos processos inovativos¹⁰⁰, diminuindo, com isso, as “barreiras de orientação”, e, sobretudo, as “barreiras de transação” entre os agentes do ecossistema de inovação (Salter, Bruneel e D’Este, 2010).

De fato, a Rede é um dos poucos documentos analisados que chega a apresentar propostas que dialogam expressamente com a questão das inovações sociais. Assim, o tipo de consideração que o edital realiza sobre as inovações sociais permite ser classificado como “direto”. Isto pode ser notado, por exemplo, quando a Rede anuncia o

¹⁰⁰ Com base nos apontamentos da literatura especializada, tais mecanismos podem ser classificados como importantes “facilitadores internos” (Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023; Rybnicek e Königsgruber, 2018).

objetivo de “endossar amplamente a inovação, abrangendo seus múltiplos aspectos – científicos, tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais” (Funcap, 2023, p.2).

Tal fato se torna ainda mais evidente, quando se analisa as linhas de pesquisa consideradas prioritárias. Nesta seção, a Rede chega a instituir um eixo de pesquisa exclusivamente dedicado ao desenvolvimento de “soluções para populações afetadas (...) e de alternativas econômicas que beneficiem as populações afetadas, especialmente as economias do mar e as populações costeiras” (Funcap, 2023, p.15). Esta iniciativa mostra que o escopo da Rede se encontra sintonizado não apenas com a superação dos gargalos tecnológicos e econômicos da indústria do H2V, mas também aos seus desafios sociais e ambientais.

Por fim, no que tange à apresentação de mecanismos visando impulsionar a capacidade de inovação e o *upgrading* tecnológico das empresas domésticas, assim como a redução da dependência tecnológica do estado em setores estratégicos da cadeia produtiva do H2V, a Rede demonstra considerar de modo indireto essa questão. Por exemplo, a Rede declara, entre seus objetivos, uma atenção especial para os projetos de inovação dirigidos à "fabricação de componentes e equipamentos" (Funcap, 2023, p.1) do setor de H2V, especialmente de "tecnologias mais eficientes para eletrólise da água" (Funcap, 2023, p.1).

A mesma ênfase se apresenta na seção sobre as linhas de pesquisa, em que a “descarbonização da indústria local” (Funcap, 2023, p.14) e o desenvolvimento de novos materiais visando otimizar a eficiência dos eletrolisadores, são tratados como prioridades estratégicas da Rede. O objetivo da Rede, assim, mostra o interesse de se estruturar localmente novas tecnologias do setor de H2V, e, mais do que isso, o interesse de acelerar a viabilidade comercial das tecnologias¹⁰¹, impactando a competitividade do estado nesse mercado emergente.

Nessa perspectiva, apesar das possíveis limitações, a Rede apresenta grande potencial de estimular não só o aprendizado tecnológico das empresas domésticas, mas também a própria capacidade de inovação e/ou de absorção tecnológica (Teixeira *et al.*,

¹⁰¹ Tal objetivo se evidencia na seção sobre “áreas de foco”, em que o edital expressa a “necessidade de P&D contínuo para elevar o TRL e tornar as tecnologias de hidrogênio verde comercialmente competitivas” (Funcap, 2023, p.14).

2016), a partir das parcerias com as ICTs da Rede e do acesso a recursos humanos qualificados em PD&I.

3.2.4 Memorandos de Entendimento sobre H2V

A presente análise dos MoUs e pré-contratos se destina a explorar, especialmente, aspectos relacionados aos tipos de signatários dos documentos, a origem das empresas, o *status* dos projetos, os elos da cadeia produtiva, e a previsão de UIC com as universidades locais (Quadro 10). Mais do que isso, procura-se compreender, neste caso, o tipo de inserção das empresas nacionais ou locais no Hub de H2V do Pecém.

Quadro 10. Acordos de H2V assinados pelo Governo Estadual até abril de 2025

Nº	Empresa	Ano	País	Status	Elo da cadeia produtiva	Previsão de UIC com universidades locais
1	EDP	2023	Portugal	Planta Piloto em Operação	Produção	N/I
2	Fortescue	2021	Austrália	Pré-Contrato	Produção	N/I
3	Casa dos Ventos / Comerc	2022	Brasil	Pré-Contrato	Produção*	N/I
4	AES	2024	EUA	Pré-Contrato	Produção	N/I
5	Cactus Energia	2023	Brasil	Pré-Contrato	Produção	N/I
6	Volitalia	2024	França	Pré-Contrato	Produção*	N/I
7	FRV	2024	Espanha	Pré-Contrato	Produção	N/I
8	Energix Energy	2021	Austrália	MoU	Produção	N/I
9	Qair	2021	França	MoU	Produção	N/I
10	Transhydrogen Alliance	2021	Holanda	MoU	Produção*	N/I

11	Engie	2021	França	MoU	Produção	N/I
12	Enel	2022	Itália	MoU	Estudos de Viabilidade Técnica	N/I
13	Go Verde	2023	Brasil	MoU	Produção*	N/I
14	Grupo Jepri	2023	Espanha	MoU	Produção	N/I
15	Linde / White Martins	2021	Alemanha	MoU	Produção	N/I
16	Eletrobrás	2024	Brasil	MoU	Produção	N/I
17	Alupar	2022	Brasil	MoU	Armazenamento*	N/I
18	Diferencial Energia	N/I	Brasil	MoU	N/I	N/I
19	Eneva	N/I	Brasil	MoU	N/I	N/I
20	H2 Green Power Ltda.	2022	Brasil	MoU	Produção	N/I
21	H2 Helium	N/I	Brasil	MoU	N/I	N/I
22	Nexway	2022	Brasil	MoU	Armazenamento*	N/I
23	Energy Vault SA	2022	Suíça	MoU	Fornecimento de Tecnologia**	N/I
24	Neoenergia / Iberdrola	2024	Espanha	MoU	Produção**	N/I
25	HDF Energy	2022	França	MoU	Produção	N/I
26	Total Eren	2021	França	MoU	Produção	N/I
27	EDF	2023	França	MoU	Produção	N/I
28	Platform Zero	2023	Holanda	MoU	Parcerias de inovação	Sugere***
29	CIPP/Porto de Roterdã	2021	Brasil / Holanda	MoU	Produção	N/I
30	BP Energy	2022	Reino Unido	MoU	Produção*	N/I
31	Lightsource BP	2023	Reino Unido	MoU	Produção**	N/I
32	Hytron/NEA	2023	Alemanha	MoU	Produção	N/I
33	Mitsui / Caetano Bus	N/I	Japão	MoU	N/I	N/I
34	Hitachi Energy	2023	Japão	MoU	Fornecimento de equipamentos**	Sugere***
35	ABB Automation	2023	Suíça	MoU	Serviços técnicos/fornecimento de equipamentos	N/I
36	Powerchina	2023	China	MoU	Produção**	N/I
37	SPIC	2023	China	MoU	N/I	N/I

38	Gansu Science and Technology	2023	China	MoU	Cooperação técnica e <i>expertise</i>	Sugere***
39	Goldwind	2022	China	Cancelado	Fornecimento de equipamentos**	N/I
40	CIPP/ Porto de Sines	2024	Brasil/Portugal	MoU	Corredores logísticos sustentáveis	N/I
41	Grupo CGN	2024	China	MoU	Produção**	N/I

* Os MoUs estabelecem, além da produção de H2V, também a produção e/ou armazenamento de amônia verde.

** Os MoUs envolvem a produção ou fornecimento de equipamentos de energias renováveis, incluindo eólicas e solar, não especificando o tipo de equipamento da cadeia do H2V.

*** Os extratos dos MoUs sugerem a intenção de parcerias com universidades locais (Guimarães, 2023b).

Fonte: elaboração própria, a partir de Cunha Filho (2024).

Como se observa, até o momento, o número de documentos assinados pelo Governo Estadual no setor de H2V chega a 41, sendo 35 MoUs e seis pré-contratos. Neste cenário, constata-se a presença de 13 países que já demonstraram algum tipo de interesse em aportar investimentos no Hub.

No geral, os países que lideram as assinaturas de MoUs são Brasil (n=8), França (n=5) e China (n=5). De igual modo, entre os pré-contratos, o Brasil continua na liderança (n=2), seguido da Austrália, EUA, França e Espanha, com um documento assinado por cada. No entanto, de todos os países envolvidos, incluindo o Brasil, apenas Portugal já apresenta uma planta piloto em operação.

Quando se estende a análise para os elos da cadeia do H2V, percebe-se que a esmagadora maioria dos projetos se dirige ao elo de produção (n=16), variando apenas em sua capacidade produtiva estimada. Não obstante, projetos voltados ao elo de armazenamento, embora em menor quantidade, também estão presentes (n=2), casos da Alupar e da Nexway. Do mesmo modo, pode-se localizar projetos com foco no fornecimento de equipamentos (n=4), casos da Energy Vault SA, da Hitachi Energy, da ABB e da Goldwind, e até mesmo projetos de prestação de serviços técnicos (n=2), casos da ABB e da Gansu Science and Technology.

É preciso destacar ainda a presença de projetos não necessariamente voltados à produção de H2V, mas que envolvem a geração de energia eólica e solar ou o fornecimento de equipamentos de aerogeradores e painéis fotovoltaicos, que se integram na cadeia do H2V. Ademais, há projetos que possuem no horizonte, além da instalação de usinas de H2V, a produção e/ou armazenamento de amônia verde (n=7), exemplo da Casa dos Ventos e da Voltalia.

Por outro lado, não deixa de chamar atenção a ausência de MoUs tratando especificamente da fabricação de eletrolisadores. Não é segredo para ninguém que os eletrolisadores se constituem numa peça estratégica para a consolidação do setor, e a redução de seus preços representa um dos maiores gargalos atuais para a competitividade do H2V.

3.2.4.1 Inserção das empresas nacionais e locais no Hub

No que se refere às empresas nacionais e locais do Hub, se desenha o seguinte quadro. Dos 35 MoUs e seis pré-contratos assinados, identificam-se oito empresas de origem nacional - a maioria sediada nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro -, e duas de origem local. É interessante observar, no entanto, que as duas empresas cearenses¹⁰² são as únicas do Brasil que já avançaram para a etapa de pré-contrato.

Em se tratando de sua inserção nos elos da cadeia, das oito empresas nacionais, três se orientam ao segmento de produção, duas ao segmento de armazenamento, e as outras três não apresentam informações suficientes acerca dos investimentos. Por sua vez, entre as empresas locais, tanto a Casa dos Ventos, quanto a Cactus Energia se dirigem ao segmento de produção.

De modo geral, entre os 41 documentos examinados, apenas quatro empresas preveem o fornecimento ou produção local de componentes da cadeia do H2V, incluindo, aerogeradores, placas fotovoltaicas e tecnologia para armazenamento gravitacional de energia (caso da Energy Vault SA). No entanto, todas as quatro empresas são de origem

¹⁰² É preciso sublinhar que a Casa dos Ventos, apesar de ter o empresário cearense Mário Araripe como sócio majoritário, desde 2024 a multinacional francesa TotalEnergies detém 34% das ações da empresa (Galina, 2025).

estrangeira, de países como Suíça (ABB e Energy Vault SA), Japão (Hitachi) e China (Goldwind).

Nesse sentido, ao longo da estruturação do Hub do Pecém, a tendência que se estabelece é a de importação de equipamentos e tecnologias do setor de H2V, em detrimento de sua fabricação por empresas nacionais ou locais. Essa tendência é corroborada tanto pelo diagnóstico do “Masterplan Hidrogênio Verde Ceará” (IXL-Center, 2024), quanto pelo “Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro” (GIZ, 2021).

O Masterplan, por exemplo, aponta que as empresas cearenses do setor de “usinagem, caldeiraria e montagem industrial” não estão aptas a garantir o fornecimento de produtos do tipo “plataforma para eletrolisadores” e “recintos dos eletrolisadores” (IXL-Center, 2024, p.203). Da mesma forma, as empresas locais do setor “químico” não apresentam capacidades suficientes para fornecer substâncias relacionadas ao processo de eletrólise, como “hidróxido de potássio” e “hidróxido de sódio”, assim como de produtos diretamente vinculados aos eletrolisadores, como “sistemas auxiliares” e “sistemas de refrigeração” (IXL-Center, 2024, p.204). Na mesma direção, o mapeamento coordenado pela GIZ, após realizar uma prospecção dos potenciais fornecedores de tecnologia e/ou equipamentos para a cadeia do H2V no Brasil, apresenta uma lista de 88 empresas, sendo a esmagadora maioria composta por multinacionais estrangeiras, como a norte-americana 3M, e as alemãs Neuman & Esser, Thyssenkrupp e Siemens Energy (GIZ, 2021, p.68-69).

Isto indica, tendencialmente, o reforço do “novo padrão exportador de especialização produtiva” (Ferreira, Osório e Luce, 2012) do Brasil e do estado do Ceará, em particular, no contexto de estruturação global da cadeia produtiva do H2V. Não obstante, mesmo nesse cenário, não se descarta a possibilidade de *upgrading* econômico para as empresas locais, desde que se implemente estratégias de aprendizagem tecnológica ativa (Viotti, 2002) e medidas voltadas a estimular a geração de *spillovers* tecnológicos entre os *players* do Hub.

Até o momento, a limitação das informações disponíveis nos extratos de MoUs inviabiliza um diagnóstico mais preciso sobre o desempenho das empresas domésticas nesse aspecto. No entanto, com base nos apontamentos de Viotti (2022) e Dubeux (2015), é possível assinalar que a margem de aprendizagem tecnológica para as empresas

nacionais ou locais do Hub pode ser maior ou menor, a depender do tipo de relação estabelecida com os demais *players* do setor.

Por exemplo, no caso de se firmar contratos do tipo *turnkey* para aquisição de tecnologia e/ou componentes de *players* estrangeiros, a margem de aprendizagem tecnológica tende a ser reduzida, uma vez que nesse tipo de relação a empresa contratada se responsabilizaria por todas as etapas de estruturação da planta de H2V, “incluindo planejamento, instalação e até operação e manutenção” (GIZ, 2021, p.67). Já no caso das empresas locais, a exemplo da Casa dos Ventos e Cactus Energia, instituírem parcerias mais recíprocas, com previsão de *offsets* tecnológicos, combinados aos esforços de engenharia reversa sobre as máquinas e equipamentos importados, a tendência de aprendizagem tecnológica aumentaria significativamente.

3.2.4.2 Externalidades das empresas do Hub para as universidades locais

No que se refere às externalidades do Hub para as universidades locais, três dos MoUs nos chamam especial atenção. O primeiro consiste no firmado com a holandesa Platform Zero, durante o World Hydrogen Summit 2023. O MoU prevê a realização de parcerias de inovação com “universidades, *hubs* de inovação e portos”, de seis países, incluindo o Brasil, com o objetivo de desenvolver “soluções inovadoras para a cadeia de hidrogênio verde” (Guimarães, 2023a).

O segundo documento se trata do MoU assinado com a Hitachi Energy para “fornecimento de equipamentos de energia renovável” (SDE, 2023), em que o grupo japonês sinaliza a intenção de “envidar seus melhores esforços para colaborar com as universidades e centros de tecnologias locais e afins” (SDE, 2023). Sob este aspecto, o MoU prevê, entre outros tipos de colaboração, o desenvolvimento de “programas de pesquisa e inovação para promover tecnologias relacionadas à energia renovável e ao hidrogênio verde e seus derivados” (SDE, 2023).

Por fim, o terceiro MoU se constitui no acordo de “cooperação técnica” celebrado com o conglomerado chinês “Gansu TUS Green Technology Innovation” (Guimarães, 2023b). Na ocasião da assinatura, o então Secretário de Desenvolvimento Econômico Salmito Filho sugeriu o impacto da parceria para o ecossistema local de inovação, ao

apontar a inserção das “universidades cearenses nesse intercâmbio de inovações com o sistema chinês de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I), liderado pela Tsinghua University” (Guimarães, 2023b).

Com efeito, apesar do baixo número de MoUs tratando da questão, os três documentos analisados sinalizam um potencial não desprezível de externalidades positivas do Hub para o ecossistema local de inovação, especialmente, as universidades. No entanto, uma vez que os extratos dos MoUs são escassos de informações detalhadas, não é possível precisar os tipos de externalidades, nem sobre quais atividades, além da pesquisa e inovação, os impactos poderão incidir. Outrossim, é inviável antecipar eventuais implicações relacionadas aos direitos de propriedade intelectual e pagamento de *royalties*.

3.3 Síntese dos documentos do GF

No geral, o tipo de consideração que mais aparece nos documentos do Governo Federal é o indireto (Quadro 11). O resultado não surpreende, uma vez que os documentos não possuem o tema da CT&I como foco estratégico. Não obstante, o fato de não citar, mas sugerir a importância das ICTs e universidades para consolidação de alguns dos objetivos propostos, como o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono e capacitação de recursos humanos, é consistente com o protagonismo assumido por essas instituições na produção científica e tecnológica nacional.

Quadro 11. Documentos do GF por tipos de consideração

Documento	Diretas	Indiretas	Incertas
PNH2		X	
NIB		X	
PTE	X	X	
Marco Legal			X
Patên			X

Fonte: elaboração própria.

Com efeito, esta importância “indiretamente considerada” se manifesta, principalmente no PNH2, na NIB e no PTE, documentos responsáveis por reunir as principais formulações do governo sobre política industrial, política social e política

energética no contexto de estruturação da economia do H2 de baixo carbono e da transformação ecológica do Brasil. No entanto, não deixa de chamar atenção o fato de que os documentos mais diretamente relacionados aos temas do H2 de baixo carbono e da Transição Energética, como o Marco Legal e o Paten, se limitam a considerações do tipo “incerto”¹⁰³ sobre as ICTs e universidades.

Em relação aos tipos de impactos sobre as universidades (Quadro 12), a análise identificou a ocorrência de impactos de todos os tipos, ou seja, impactos do tipo financeiro, relacional, organizacional e infraestrutural. Sob este aspecto, a NIB, o PNH2 e o PTE são os documentos que concentram uma maior diversidade de impactos. O Marco Legal, apesar da limitação, mostrou o potencial de trazer impactos dos tipos financeiro e relacional, caso o requisito do Rehidro de investimento mínimo em PD&I por parte das empresas habilitadas se desdobre para as universidades. O caso do Paten chama atenção, pois não foi possível identificar nenhum tipo de impacto para as universidades, com base nas medidas anunciadas.

Quadro 12. Documentos do GF por tipos de impacto sobre as universidades

Documento	IF	II	IO	IR
PNH2	X	X	X	X
NIB	X			X
PTE	X	X	X	X
Marco Legal	X			X
Paten				

Fonte: elaboração própria.

No que se refere aos tipos de atividades acadêmicas potencialmente impactadas pelas medidas (Quadro 13), a NIB, o PNH2 e o PTE novamente se destacam, registrando-se uma maior concentração de impactos sobre atividades de Pesquisa, de Ensino e de Inovação. Apesar disso, identifica-se pontualmente o apoio às atividades de empreendedorismo entre as diretrizes do PNH2 para fortalecimento das bases científicas e tecnológicas do setor de H2 de baixo carbono no Brasil. Neste particular, chama atenção a ausência de impactos sobre as atividades de extensão.

¹⁰³ Enquanto no PNH2 e na NIB, as referências às ICTs e universidades aparecem sugeridas no corpo do texto, ou nos “documentos derivados” - como as chamadas da Finep e ANEEL -, e no PTE, as considerações chegam a ocorrer até mesmo de forma explícita, ilustrado pelo programa de “Universidades Federais Sustentáveis e Inovadoras” (MF, 2024b, p.67), no caso do Marco Legal e do Paten, tais referências não são identificadas.

Quadro 13. Documentos do GF por tipos de atividades impactadas

Documento	Pesquisa	Ensino	Extensão	Empreendedorismo	Inovação
PNH2	X	X		X	X
NIB	X				X
PTE	X	X			X
Marco Legal					
Patên					

Fonte: elaboração própria.

Em se tratando das barreiras às UIC e ao desenvolvimento de inovações no Brasil, mostrou-se predominar nos documentos do GF o tipo de consideração indireta. A NIB, o PNH2 e o PTE, por exemplo, apesar de não reservarem nenhum tópico exclusivo sobre o problema, apresentam instrumentos ou propostas que se articulam indiretamente com a sua resolução. As exceções são o Marco Legal e o Patên, que, de fato, são estereis de medidas sobre o assunto.

Nesse sentido, a NIB expressa contribuições, principalmente, ao anunciar, como parte Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual, a criação de um Grupo de Trabalho dedicado “a avançar com o desenvolvimento de tecnologias verdes no país, buscando garantir sua difusão em contexto de emergência climática” (MDIC, 2025, p.84), além da realização de encontros entre empresários e ICTs voltados ao desenvolvimento de tecnologias verdes. Tais medidas se alinham aos esforços institucionais que o INPI já vem empreendendo no âmbito da propriedade intelectual, visando acelerar a geração de novas tecnologias nas áreas de transição energética e sustentabilidade ambiental.

É ilustrativo desse esforço, a portaria nº 054/2021 (Portaria/INPI/PR nº 054, 2021), que disciplina o “trâmite prioritário” de pedidos de patentes relacionados a tecnologias verdes, proporcionando, assim, um tempo mais acelerado para análise e concessão dos direitos de propriedade intelectual no setor.

O PNH2, por seu turno, dialoga com o assunto, sobretudo, por meio das chamadas que se desdobram a partir do programa. Por exemplo, as chamadas da Finep, e sobretudo a chamada 023/2023 da Aneel demonstram significativo potencial de melhorar as UIC no Brasil, sobretudo nas modalidades de maior complexidade tecnológica, uma vez que se destinam à seleção de projetos nas modalidades “peças e equipamentos”, “tecnologias de produção”, e “tecnologias de armazenamento” de H2 de baixo carbono, estabelecendo a parceria das empresas do setor privado com as ICTs como uma exigência fundamental.

Do mesmo modo, as medidas do PTE, de uso dos investimentos do FNDCT e dos Fundos Setoriais (incluindo, o Fundo Verde Amarelo, voltado exclusivamente às interações universidade-empresa), para apoiar o desenvolvimento de tecnologias estratégicas no contexto de transformação ecológica, junto ao programa de Universidades Federais Sustentáveis e Inovadoras vão de encontro a algumas das principais barreiras que prejudicam as UIC nos contextos periféricos.

No caso da primeira iniciativa, o redirecionamento dos recursos do FNDCT ajuda a mitigar o problema da falta de financiamento à PD&I; já a segunda medida, ao estabelecer o fortalecimento do NITs, ajuda a contrabalançar o problema da escassez de “organizações intermediárias”, responsáveis pelo melhor gerenciamento dos fluxos de PD&I entre ICTs e setor privado (Aparecido Tomaz et al., 2022; Silva e Sartori, 2022).

As propostas, apesar de insuficientes, mostram se encaminhar numa direção adequada. O cenário, no entanto, se mostra bastante desafiador, quando se considera as medidas com base nas ambiciosas metas estabelecidas pela NIB, por exemplo, de atingir a “autossuficiência tecnológica e produtiva em segmentos prioritários” (MDIC, 2025, p.83), a exemplo do segmento de eletrolisadores, atualmente dominado por indústrias estrangeiras.

No geral, o exame mostra que a questão das inovações sociais no contexto de estruturação da economia do H2 de baixo carbono no Brasil não é abordada satisfatoriamente por nenhum dos cinco documentos¹⁰⁴. O conceito propriamente dito sequer é mencionado. Tampouco, se explora o papel das universidades no desenvolvimento desse tipo de inovação. Não obstante, algumas vezes a questão chega a ser sugerida, mesmo que não mencionada explicitamente. Isto ocorre, por exemplo, em trechos da NIB, do PTE e do Paten.

Na NIB, a questão das inovações sociais aparece, por exemplo, quando a Missão 5 anuncia o uso das contratações públicas para incentivar a instalação de painéis fotovoltaicos nas residências do Programa Minha Casa Minha Vida, e, quando estima beneficiar cerca de 3,1 milhões de pessoas com o Programa Energias da Amazônia,

¹⁰⁴ Em contrapartida, os documentos examinados mostram total alinhamento com o conceito de inovação sustentável (Koerich e Cancellier, 2019) ou ecoinovação (Rennings, 1998), visto que abordam o desenvolvimento de tecnologias de baixo impacto ambiental. Alguns documentos, como o PTE, a NIB e o Paten, contemplam uma gama mais ampla de tecnologias sustentáveis. Outros, como o Marco Legal e o PNH2, mantêm um escopo mais direcionado para as tecnologias de H2 de baixo carbono.

voltado à descarbonização dos sistemas isolados da região. No PTE, por sua vez, a questão é suscitada quando propõe a destinação de recursos para “compensação aos povos indígenas e comunidades tradicionais” (MF, 2024b, p.59) no âmbito do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE). Por fim, no Paten a questão é sugerida quando se declara no artigo 3º a necessidade de que os projetos agraciados pelo programa estejam alinhados à geração de benefícios sociais e ambientais.

Os documentos, no entanto, não aprofundam a discussão. Assim, a ausência de instrumentos específicos tratando das inovações sociais, e explorando o papel das universidades nesse processo (Dias, 2016; Klaumann, 2021; Klaumann e Tatsch, 2023)¹⁰⁵, se apresenta como uma lacuna significativa. Tal lacuna se torna ainda mais preocupante quando se constata que os problemas socioambientais envolvendo a instalação de usinas de energia renovável se tornaram um fenômeno recorrente nas últimas décadas (Gorayeb, Brannstrom, Meireles, 2019).

No que se refere à questão dos desequilíbrios regionais em CT&I, e suas implicações para estruturação da economia do H2 de baixo carbono no Brasil, a análise identificou algumas considerações do tipo indireto. No entanto, a questão não é considerada em todos os cinco documentos. O Paten e o Marco Legal, por exemplo, sequer chegam a sugerir a relevância do problema.

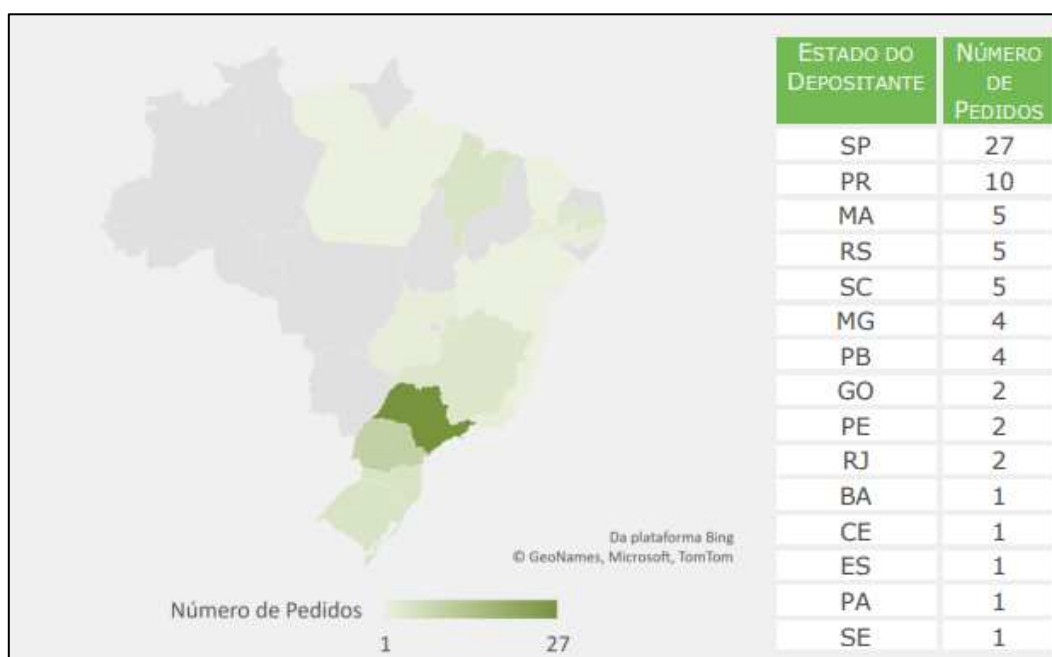
A NIB, ao longo dos instrumentos da Missão 5, declara a intenção de criar um observatório de tecnologias verdes, e de uma rede de transferidores de tecnologia, além da capacitação dos agentes do ecossistema de inovação da Região Amazônica. As propostas são interessantes, visto que podem beneficiar diretamente a infraestrutura de CT&I da região Norte, estimulando os processos de inovação. No entanto, do ponto de vista regional, as medidas estão limitadas a uma única região, e, do ponto de vista temático, o alcance das medidas está restrito à área de bioeconomia.

¹⁰⁵ Klaumann e Tatsch (2023), tomando como *locus* a UFRGS, investigam as contribuições das universidades para as inovações sociais, a partir das ações de extensão. De acordo com a pesquisa, as ações de extensão realizadas pela instituição, apesar do “viés ofertista” (Klaumann e Tatsch, 2023, p.1) ou assistencialista, acabam trazendo benefícios para as comunidades envolvidas, sobretudo, por meio do “empoderamento dos atores sociais” (Klaumann e Tatsch, 2023, p.4) e da “construção de capacidades” (Klaumann e Tatsch, 2023, p.14) que proporcionam aos atores desenvolverem soluções para os problemas que os atingem particularmente. Sob este aspecto, a ausência de referências, nos documentos do GF, acerca do papel das universidades para as inovações sociais é consistente com a ausência de impactos previstos sobre as atividades de extensão, conforme apontado em nossa pesquisa.

No caso do PNH2, o problema das disparidades regionais em CT&I é abordado, indiretamente, a partir das chamadas derivadas do programa. O SIsH2, por exemplo, exige que 30% dos recursos sejam destinados a projetos das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. E, na mesma direção, a chamada 023/2023 da ANEEL, recomendando a inclusão de ICTs das respectivas regiões. Por seu turno, o PTE não ignora o problema dos desequilíbrios regionais, mas acaba restringindo sua discussão, sobretudo, às desigualdades do tipo social e econômico, não explorando, assim, as considerações sobre as disparidades em CT&I.

Nessa perspectiva, a escassez de considerações sobre o problema se faz ainda mais crítico quando se observa que os desequilíbrios no campo da CT&I acabam prejudicando, direta ou indiretamente, o desempenho das regiões, e limitando a contribuição das ICTs e universidades locais para o avanço tecnológico do setor de H2 de baixo carbono no Brasil. Isto pode ser atestado a partir do exame dos pedidos de patentes em H2V segundo os estados da federação (Figura 30).

Figura 30. Pedidos de patente em H2V no Brasil segundo os estados



Fonte: Reproduzido de Santos e Gandara (2023, p.33).

Como se observa, os estados do Sudeste e Sul ocupam cinco das seis primeiras posições do ranking, com destaque para São Paulo e Paraná, representando a robustez nacional de sua infraestrutura de CT&I. No entanto, a presença do Maranhão na terceira

posição, e da Paraíba na sétima, não deixa de chamar a atenção, o que justificaria a realização de um estudo de caso para compreender as causas das duas exceções.

No que diz respeito ao uso mecanismos legais, visando impulsionar a capacidade de inovação, o *upgrading* econômico das empresas domésticas, e a redução da dependência tecnológica em setores estratégicos da indústria do H2 de baixo carbono, os documentos examinados não abordam em profundidade a questão. Não obstante, documentos como a NIB e o PNH2, por exemplo, chegam a dialogar com o tema através das chamadas e seleções previstas, as quais se dirigem ao setor privado e buscam apoiar projetos inovadores na área de H2 de baixo carbono.

Nesse sentido, algumas das iniciativas, como o “Mais Inovação Brasil”, “Combustível do Futuro”, e “Inovações Radicais no Setor Elétrico”, apesar de limitadas, demonstram potencial de beneficiar a capacidade tecnológica das empresas domésticas, e o estimular o sistema de inovação nacional. Por outro lado, iniciativas como a chamada do PNH2 para seleção de Hubs, não apresentam o mesmo potencial, dado que não se identificou, entre os critérios de elegibilidade das propostas, nenhum mecanismo voltado a impulsionar, por exemplo, as parcerias dos Hubs com universidades locais¹⁰⁶, ou instrumentos que buscassem estimular a geração de *spillovers* tecnológicos das empresas estrangeiras para as congêneres nacionais.

O Paten, apesar de prever a concessão de benefícios financeiros por meio do Fundo Verde e da Transação Tributária, buscando acelerar os projetos de desenvolvimento sustentável e, por conseguinte, a transição energética no Brasil, não apresenta nenhum mecanismo nessa direção. De quebra, o plano ainda manifesta uma medida negativa para o estímulo à PD&I no setor elétrico, uma vez que altera o artigo 1º da Lei 9.991/2000, reduzindo o percentual de investimentos em P&D de 0,75% para 0,50%.

¹⁰⁶ De fato, a proposta do PNH2 de consolidação de Hubs de H2 de baixo carbono em todas as regiões do Brasil se mostra promissora. No entanto, as externalidades positivas desse processo para as universidades locais precisam ser consideradas a partir das evidências empíricas. Cabe lembrar, neste caso, a experiência da primeira molécula de H2V produzida no Brasil. O processo ocorreu no Complexo do Pecém, no ano de 2023, como resultado de uma planta piloto da EDP. No entanto, o parceiro acadêmico envolvido no projeto da EDP não foi nenhuma das ICTs e/ou universidades locais, com proximidade geográfica ao Complexo do Pecém, mas sim o Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL), sediado na UFRJ (GESEL, S/D).

Por sua vez, documentos como o Marco Legal e o PTE, anunciam medidas que dialogam, cada uma a seu modo, com a questão suscitada. O Marco Legal, por exemplo, institui exigência de que as empresas beneficiadas pelos incentivos fiscais e creditícios do Rehidro realizem um “investimento mínimo em PD&I” (Lei nº 14.948, 2024, p.8), juntamente ao requisito de utilização de um percentual mínimo de produtos nacionais.

Já o PTE, apesar de não se debruçar diretamente sobre o problema da dependência tecnológica em setores estratégicos da indústria do H2 de baixo carbono, anuncia um arsenal de instrumentos com potencial de impactar positivamente a capacidade tecnológica das empresas domésticas, e de mobilizar a participação das universidades nesse processo. Os principais mecanismos a serem utilizados são: “encomendas tecnológicas”, “margens de preferência ou reserva de mercado”, e “políticas de conteúdo local”.

Do ponto de vista do desenvolvimento econômico, medidas dessa natureza, que expressam a ativa participação do Estado, visando proteger e estimular a inserção de *players* e produtos nacionais na indústria nascente do H2 de baixo carbono, se mostram alinhadas a um horizonte de industrialização nacional do tipo “internalizada e autônoma” (Ferreira, Osório e Luce, 2012; Barcat, Lepinski e Pinto, 2022). No entanto, do ponto de vista da superação da dependência tecnológica, é preciso ter em vista que a relação das “políticas de conteúdo local” com o estímulo à produção nacional de inovação não é automática.

Sob este aspecto, cabe resgatar a experiência do setor eólico no Brasil. Podcameni (2014), por exemplo, ao analisar os efeitos da nova metodologia de “nacionalização progressiva” do Finame-BNDES para o setor (Podcameni, 2014, p.62), constata que as exigências de fabricação local de peças e equipamentos de maior intensidade tecnológica, embora tenha fomentado a criação de unidades produtivas no solo brasileiro, não foi suficiente para impulsionar a mudança da estratégia de inovação das corporações estrangeiras, de modo que as atividades de elaboração de *design* e desenvolvimento de inovações continuaram sendo realizadas pelos centros de P&D localizados nas matrizes. Em outras palavras, as corporações estrangeiras do setor eólico tendem a concentrar o desenvolvimento dos componentes tecnológicos mais estratégicos em seus países de origem, não mobilizando, assim, os centros de pesquisa, ICTs e universidades locais (Podcameni, 2014, p.68).

3.4 Síntese dos documentos do GE

Tal como nos congêneres anteriores, nos documentos do Governo Estadual prevalece o tipo de consideração “indireta” sobre as universidades (Quadro 14). No entanto, neste caso, identificou-se a presença da Rede Verdes, uma chamada pública que aborda diretamente a questão da CT&I associada ao processo de estruturação da cadeia do H2V no Ceará.

Tal documento, embora encontre paralelo nas chamadas da Finep e ANEEL, distingue-se dos demais não somente por seu escopo, mas pela composição do próprio arranjo institucional do projeto sob a forma de uma rede dinâmica de pesquisa e inovação entre ICTs, e por ser um dos poucos, no *corpus* textual examinado, a apresentar propostas de inovação expressamente direcionadas aos problemas sociais e ambientais que atingem às populações vulneráveis no contexto de transição energética do estado.

Por outro lado, a maioria dos MoUs e pré-contratos não chega a mencionar, ou sugerir qualquer tipo de parceria com as universidades (n=35). As únicas exceções são os MoUs firmados com empresas nos segmentos de “cooperação técnica” e/ou fornecimento de tecnologias para o Hub de H2V.

Quadro 14. Documentos do GE por tipos de consideração

Documentos	Diretas	Indiretas	Incertas
Plano Estadual de Transição Energética Justa		X	
Política Estadual do H2V, Sustentáveis e Derivados		X	
Rede Verdes de Pesquisa em Energias Renováveis	X		
MoUs e pré-contratos		X	X

--	--	--	--

Fonte: elaboração própria.

No que se refere aos tipos de impactos (Quadro 15), o exame do Plano Estadual de Transição Energética Justa, por exemplo, não registrou impactos significativos. No entanto, a partir das referências gerais que o documento realiza sobre as universidades locais, não se descarta a possibilidade de impactos dos tipos relacional e infraestrutural. Do mesmo modo, com base nas considerações indiretas da Política Estadual do H2V sobre as ICTs e/ou universidades locais, chegando a prever a destinação de recursos para a pesquisa e projetos de inovação, impactos dos tipos relacional e financeiro são previstos.

Já quando se abordou a Rede Verdes, os impactos identificados, além de múltiplos, se encontram intimamente conectados, considerando o caráter dinâmico e flexível da iniciativa. Por fim, localizou-se nos MoUs que suscitam o tema da CT&I, a possibilidade de impactos do tipo relacional.

Quadro 15. Documentos do GE por tipos de impacto para as universidades

Documentos	IF	II	IO	IR
Plano Estadual de Transição Energética Justa		X		X
Política Estadual do H2V, Sustentáveis e Derivados	X			X
Rede Verdes de Pesquisa em Energias Renováveis	X	X	X	X
MoUs e pré-contratos				X

Fonte: elaboração própria.

Por fim, quanto aos tipos de atividades acadêmicas potencialmente impactadas (Quadro 16), destacaram-se, principalmente, impactos sobre as atividades de pesquisa e

inovação. No entanto, impactos sobre as atividades de ensino e empreendedorismo estão previstos, em especial no Política Estadual do H2V e na Rede Verdes, respectivamente. Mais uma vez, ressalta-se a ausência de impactos previstos sobre as atividades de extensão.

Quadro 16. Documentos do GE por tipos de atividades impactadas

Documentos	Pesquisa	Ensino	Extensão	Empreendedorismo	Inovação
Plano Estadual de Transição Energética Justa	X	X			X
Política Estadual do H2V, Sustentáveis e Derivados	X	X			X
Rede Verdes de Pesquisa em Energias Renováveis	X			X	X
MoUs e pré-contratos	X				X

Fonte: elaboração própria.

De modo geral, tanto o Plano Estadual de Transição Energética Justa quanto a Política Estadual do H2V não desenvolvem grandes considerações sobre as barreiras às UIC e inovação. Em contrapartida, no documento da Rede Verdes, o objetivo de aproximar as ICTs das empresas, e superar os empecilhos para sua sinergia, se encontra no âmago da chamada pública. Sob este aspecto, a Rede Verdes chega a prescrever, ao longo do edital, a criação de mecanismos de solução de conflitos e instrumentos para gerenciar direitos de propriedade intelectual, elementos que atuam como poderosos “facilitadores” às UIC (Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023).

Paradoxalmente, embora o tema da transição energética justa esteja no centro do Plano Estadual de Transição Energética Justa, a questão das inovações sociais não chega a ser mencionada. O mesmo quadro se evidencia no caso da Política Estadual do H2V. Por outro lado, a chamada pública da Rede Verde se constitui num dos únicos documentos a considerar expressamente a importância das inovações do tipo social, o que mostra o compromisso do documento não apenas com os desafios técnico-econômicos da indústria do H2V, mas também com seus gargalos sociais e ambientais.

Por fim, o exame mostrou que os documentos Plano Estadual de Transição Energética Justa e a Política Estadual do H2V carecem de mecanismos visando impulsionar a geração de *spillovers* tecnológicos entre as empresas do Hub, assim como de estimular suas externalidades para as universidades locais. Os documentos não chegam sequer a estabelecer o requisito de “conteúdo local/nacional” nos produtos e serviços do setor de H2V, tal como identificado no Marco Legal do H2 de Baixo Carbono.

Em contrapartida, o documento da Rede Verdes, apesar de não tratar diretamente do assunto, declara o objetivo de apoiar projetos de pesquisa e inovação sobre eletrólise e otimização dos eletrolisadores. Tais iniciativas mostram o potencial de acelerar a viabilidade comercial de novas tecnologias do setor, estruturando, assim, as bases de CT&I para o avanço da competitividade do estado no mercado emergente de H2V.

4 ANÁLISE DA INSERÇÃO DA UFC NO HUB, SUAS EXTERNALIDADES E DA PARTICIPAÇÃO DA UNIVERSIDADE NA REDE VERDES

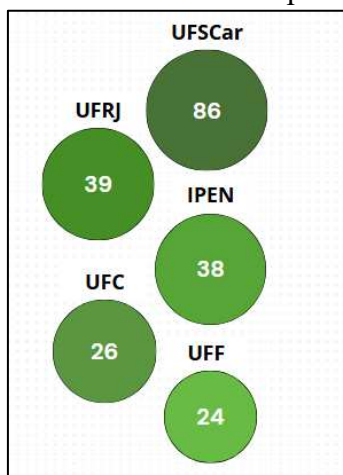
Com base nos apontamentos da literatura, o presente capítulo examina o desempenho da UFC na área de H2V, em termos de Pesquisa Básica e Projetos de PD&I, explorando as modalidades de UIC e os tipos de inovação da universidade na cadeia produtiva do H2V, com foco no Hub de H2V, sem deixar de considerar as barreiras e facilitadores que se interpõem às suas colaborações com o setor privado.

Num segundo momento, aborda-se o grau de alinhamento dos projetos de H2V da UFC com os principais desafios técnicos, econômicos e ambientais para consolidação do Hub de H2V no estado. Num terceiro momento, a seção explora as externalidades ou *spillovers* que as empresas do Hub podem gerar para a UFC, em termos de infraestrutura técnica, recursos humanos e recursos financeiros à PD&I. Por fim, a seção analisa a dinâmica da UFC na “Rede Verdes de Pesquisa em Energias Renováveis”, iniciativa da Funcap para estimular a PD&I na área de energias renováveis no estado.

4.1 Desempenho de pesquisa da UFC na área de H2V

No que tange ao desempenho científico da UFC na área de H2V, nosso estudo examina os dados de pesquisa básica da universidade a partir de dois indicadores: 1) o número de artigos publicados por pesquisadores e 2) o número de teses, dissertações e TCCs realizados. Assim, quanto ao primeiro indicador (Figura 31), o Atlas do H2V mostra que a UFC assume grande destaque nacional, com 26 *papers* publicados sobre H2V, ficando atrás somente do IPEN, com 38; da UFRJ, com 39, e da UFSCar, com 86 artigos (Farias *et al.*, 2024, p.47).

Figura 31. Artigos da UFC na área de H2V em comparação com outras ICTs no Brasil



Fonte: elaboração própria, a partir de Farias *et al.* (2024).

Por sua vez, quando se leva em conta o segundo indicador (Quadro 17), com base numa sondagem no Repositório Institucional da UFC, percebe-se uma quantidade razoável de trabalhos elaborados na universidade nos últimos anos (n=31). No geral, os trabalhos se mostram agrupados entre os anos de 2022, 2023 e 2024, com destaque para o ano de 2023, em que se registrou a marca de 13 documentos produzidos. Já no que se refere aos tipos dos documentos, os trabalhos do gênero TCC e do gênero Dissertação se destacam, com 20 TCCs e 10 Dissertações produzidos, respectivamente, ao longo do período.

Quadro 17. Lista de trabalhos da UFC na área de H2V – até junho de 2025.

Nº	Ano	Autor (a)	Tipo	Título	Área	Aborda a questão da P&D e inovação
1	2024	Janaina dos Santos Benvindo	Dissertação	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 quádrupla	Administração e Controladoria	SIM
2	2023	Rebeca Rodrigues Ramos	TCC	Mapeamento do mercado de hidrogênio verde no estado do Ceará	Engenharia Elétrica	SIM
3	2024	Gabriel Henrique Mesquita Pinheiro	Dissertação	Seleção do modo de transporte de hidrogênio verde no Brasil: uma aplicação do método	Engenharia Mecânica	NÃO

				PROMETHEE II fuzzy esférico		
4	2024	Felipe Da Silva Freitas	Dissertação	Construção do discurso e produção da legitimidade: o caso do hidrogênio verde no estado do Ceará, Brasil	Geografia	NÃO
5	2023	Juan Severino Lopes	TCC	Hidrogênio verde e suas perspectivas atuais e futuras como fonte de energia: uma revisão bibliográfica	Engenharia Mecânica	NÃO
6	2022	Luiza Cavalcanti Carvalho	TCC	Avaliação comparativa de aspectos qualitativos e quantitativos de fontes de água para produção de hidrogênio verde	Engenharia Química	NÃO
7	2024	Fernando José Silva Lima Filho	TCC	Hidrogênio verde e transição energética	Física	NÃO
8	2023	Lucas Farias Pimentel	TCC	Proposta de implementação do hidrogênio verde para abastecimento da frota de ônibus na cidade de Sobral	Engenharia Elétrica	NÃO
9	2024	Diego Rocha De Abreu	Dissertação	Produção de hidrogênio verde com uso de energia solar fotovoltaica: uma perspectiva para interiorização da economia do H2V no Ceará. Estudo de caso em usina piloto no sertão central cearense	Engenharia Mecânica	NÃO
10	2022	Hariel Abreu Pereira	TCC	Proposta de aplicação do Hidrogênio Verde via energia eólica no transporte coletivo urbano de Fortaleza	Engenharia Mecânica	NÃO
11	2024	William Neves Da Silva	Dissertação	Avaliação de desempenho da cadeia de suprimentos do hidrogênio verde baseada em simulação de sistemas a eventos discretos	Engenharia Mecânica	NÃO
12	2024	Edenizio Oliveira Da Silva	Dissertação	Avaliação da eficiência de uma planta industrial de produção de hidrogênio verde de média escala	Engenharia Elétrica	NÃO

13	2022	Saynarah Cruz Nabuco	TCC	Estudo de parque eólico offshore para suprimento de uma usina de hidrogênio verde: análises técnica e econômica	Engenharia Elétrica	NÃO
14	2023	Francisco Tarcísio Guedes Lima Verde Neto	TCC	O arcabouço jurídico cearense para a cadeia do hidrogênio: análise SWOT em perspectiva com o Brasil e União Europeia	Direito	NÃO
15	2023	Matheus Marcondes De Oliveira Leão	TCC	O hidrogênio verde: principais perspectivas no cenário energético brasileiro	Engenharia Elétrica	NÃO
16	2023	Davi Mendes Gomes	TCC	Estudo do suprimento energético e certificação de uma planta de produção de hidrogênio renovável a partir da associação de um complexo eólico e um complexo fotovoltaico	Engenharia Elétrica	NÃO
17	2022	Lara Maria Sales Dos Santos Sousa	TCC	Potencial do Ceará para obtenção de hidrogênio verde via eletrólise da água residual através da energia eólica	Engenharia de Energias Renováveis	NÃO
18	2024	Mirella Martins Camelo	Dissertação	Modelo de programação linear inteira mista para o planejamento da cadeia de suprimentos do hidrogênio verde: um estudo de caso	Engenharia Mecânica	NÃO
19	2024	Roberta Maria Da Silva Barreto	TCC	Uma perspectiva de incentivos fiscais e produção de hidrogênio verde no estado do Ceará, sob o viés do FDI	Direito	NÃO
20	2023	Mateus Valquiro Pereira Lima	TCC	Cenários de custo e de emissões de CO2 do transporte público de Fortaleza (CE): estudo de caso da adoção do hidrogênio verde	Engenharia de Energias Renováveis	NÃO
21	2023	Thiago Rodrigues Alcântara	TCC	Estratégias, desenvolvimento e perspectivas do	Engenharia Química	NÃO

				hidrogênio verde no Brasil		
22	2022	Jeniffer Santana Cordeiro	TCC	Contribuição da área de Administração para pesquisa do hidrogênio verde	Administração	NÃO
23	2023	Ana Carolina Oliveira Lima	TCC	Hidrogênio verde: principais perspectivas do cenário energético no Nordeste brasileiro	Engenharia Elétrica	NÃO
24	2023	João Vitor De Freitas Azevedo	TCC	Estudo dos impactos de instalação de unidades de produção de hidrogênio verde	Engenharia Química	NÃO
25	2022	Lucas Menezes De Matos	TCC	Sistema de iluminação industrial off grid suprido por uma planta de geração de hidrogênio verde a partir de fonte solar: análise de viabilidade econômica	Engenharia Elétrica	NÃO
27	2023	Luís Matheus Tavares Silva	Dissertação	Avaliação das fontes de água para abastecimento de um HUB de hidrogênio verde no Ceará por meio de dinâmica de sistemas	Administração e Controladoria	NÃO
28	2024	Fábio Hipólito De Araújo	Dissertação	Modelo ideal de tributação na cadeia de produtiva do hidrogênio verde no Estado do Ceará: royalties como alternativa	Economia	NÃO
29	2022	Vitória Nunes Santos	TCC	Modelagem matemática e otimização de vaso de pressão para armazenamento de hidrogênio verde	Engenharia Química	NÃO
30	2023	Lucas De Almada Torres	Dissertação	Impacto da adição de hidrogênio verde nas propriedades do gás natural em um sistema canalizado local	Engenharia Mecânica	NÃO
31	2023	Marcus Venicius Chagas Rabelo Filho	TCC	Hidrogênio verde: dimensionamento de um sistema fotovoltaico para eletrólise de água no Campus do Pici	Engenharia de Energias Renováveis	NÃO

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados do Repositório Institucional da UFC.

Em contraste, o número de Teses da UFC se mostrou bastante inexpressivo, não sendo identificado nenhum documento desse gênero no Repositório Institucional. Neste caso, porém, é preciso considerar que o baixo número de documentos registrado pode não refletir exatamente o cenário real da produção de Teses sobre H2V na UFC, uma vez que o critério de seleção usado em nosso levantamento acabou restringindo o alcance apenas aos trabalhos com os termos “hidrogênio verde”, “hidrogênio sustentável”, e “hidrogênio de baixo carbono” no título, o que deixou de fora, por exemplo, documentos como a Tese “Compósitos de Quitosana Aditivados com Nanocelulose e Óxido de Grafeno (go) para Eletrolisadores PEM” (Melo, 2023), do engenheiro Santino Loruan, defendida em 2023, dando origem ao primeiro depósito de patente da UFC na área de H2V.

Outrossim, no que tange às áreas de conhecimento dos trabalhos, o protagonismo da UFC se encontra nas áreas de Engenharia Elétrica (n=8) e de Engenharia Mecânica (n=7), seguido por Engenharia Química (n=4), e Engenharia de Energias Renováveis (n=3). Já no campo das Ciências Humanas e das Ciências Sociais Aplicadas, a área de Administração se destaca com o maior número de trabalhos (n=4), seguida por Direito (n=2), Geografia (n=1) e Economia (n=1).

Por fim, quando se considera a questão principal de nossa pesquisa, observa-se que a esmagadora maioria dos trabalhos produzidos na UFC, até o momento, e divulgados no Repositório Institucional, sequer chega a abordar o problema dos processos de inovação e da transferência de tecnologia para o setor de H2V no estado, mesmo que de modo incipiente. As exceções, sob este aspecto, são a Dissertação “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 quádrupla”, da discente Janaina Benvindo, do mestrado em Administração e Controladoria, e o TCC “Mapeamento do mercado de hidrogênio verde no estado do Ceará”, da discente Rebeca Rodrigues Ramos, do curso de Engenharia Elétrica.

4.2 Desempenho de inovação da UFC na área de H2V

Como se sabe, na literatura sobre inovação existe uma variedade de métricas que podem ser empregadas como indicadores dos processos de inovação tecnológica (Cassiolato *et al.*, 2008). O próprio Manual de Oslo (2005), por exemplo, utiliza-se dos

gastos com P&D e das estatísticas de patentes como *proxies* para mensurar e monitorar o desempenho das atividades de inovação nas empresas (Oslo, 2005, p.26), gerando, assim, subsídios para a formulação de políticas públicas. Desse modo, em nosso estudo, faz-se interessante explorar, além dos dados sobre patentes¹⁰⁷, também o número de projetos da UFC na área de H2V, ao considerar que grande parte dos projetos em curso vislumbra a produção de inovações tecnológicas na cadeia produtiva do H2V¹⁰⁸.

4.2.1 Projetos da UFC na área de H2V

Com efeito, segundo o Atlas do H2V no Brasil, a UFC assume protagonismo nacional, ao registrar o maior número de projetos na área de H2V (Quadro 18) entre as ICTs do país (n=41)¹⁰⁹ (Farias *et al.*, 2024). Desse modo, quando se analisa a distribuição dos projetos conforme as áreas de conhecimento, nota-se que a maior parte dos projetos em curso na UFC se concentra na grande área de Engenharias, com destaque para as subáreas de Engenharia Química (n=17), Engenharia Mecânica (n=8) e Engenharia Elétrica (n=7). Outrossim, no que se refere ao marco temporal dos projetos, percebe-se que a maioria dos trabalhos se iniciou entre os anos de 2022 (n=19), 2023 (n=11) e 2024 (n=8).

Quadro 18. Lista de projetos da UFC na área de H2V – até junho de 2025¹¹⁰.

¹⁰⁷ Decerto, caso se analise o desempenho de inovação da UFC exclusivamente a partir do indicador de patentes, os dados revelam uma produção ainda muito incipiente, com a universidade registrando, até o momento, apenas um depósito de patente de H2V no INPI. Trata-se da pesquisa dos engenheiros Santino Loruan e Ênio Pontes, sobre “membranas compósitas de quitosana, nanocelulose e óxido de grafeno para células de eletrólise para produção de hidrogênio verde” (Melo, 2023).

¹⁰⁸ Com efeito, do ponto de vista da nomenclatura das cores do H2, nem todos os projetos de PD&I em andamento na UFC se localizam no segmento de hidrogênio “verde”, isto é, do hidrogênio realizado por meio da eletrólise da água, a partir de fonte eólica ou solar. Em vez disso, numa perspectiva mais abrangente, os projetos de PD&I da UFC miram o desenvolvimento de inovações tecnológicas no segmento do hidrogênio sustentável ou de baixo carbono, incluindo o H2V.

¹⁰⁹ A rigor, segundo o Atlas do H2V, o número de projetos em curso na UFC é de 39. No entanto, nosso levantamento identificou a existência de mais dois projetos, na área de Ciência Sociais, surgidos em 2023 e 2024, ou seja, após o período analisado pelo Atlas (Collaço *et al.*, 2024, p.44). Tratam-se dos projetos “Impactos e promessas do Hidrogênio Verde para o desenvolvimento brasileiro” e “Panorama das Políticas e Projetos de Hidrogênio Verde no Nordeste”, ambos coordenados pelo cientista político Clayton Mendonça Cunha Filho.

¹¹⁰ Os projetos listados no quadro foram obtidos, sobretudo, a partir da base de dados do Atlas do H2V no Brasil, a qual gentilmente foi cedida pela professora Flávia Collaço. Neste caso, os critérios de busca e seleção dos projetos consistiram na prospecção na Plataforma Sucupira da Capes, na Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa, e na Plataforma Lattes do CNPq (Collaço *et al.*, 2024, p.42). Cabe ressaltar, porém, que a matriz de dados do Atlas foi aprimorada e enriquecida em nosso estudo, de modo que

Nº	Coordenador (a)	Departamento/Laboratório	Projetos	Fonte de Financiamento
1	Adryane Gorayeb	Geografia/Labocart	Desafios Sociais e Ambientais da Transição Energética no Ceará: implicações da produção do Hidrogênio Verde	FUNCAP/CAPES
2	André Bueno	Engenharia mecânica/LHMT	Análise de Viabilidade Técnico-Econômico Da Injeção de Hidrogênio Verde nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da Cegás	FUNCAP/CEGÁS
3	Alejandro Pedro Ayala	Física/Laboratório de Cristalografia Estrutural	Heteroestruturas de perovskitas de haleto metálicos aplicadas à geração fotocatalítica de hidrogênio verde	CNPq
4	André Bueno	Engenharia Mecânica/LHMT	Geração de Eletricidade a Partir da Combustão Dual de Hidrogênio Verde Proveniente da Glicerina Processada Via Gaseificação por Vapor em um Reator de Leito Fixo	CNPq
5	André Bueno	LHMT	Hidrogênio Sustentável no Transporte Pesado: Um estudo de configuração envolvendo a reforma a vapor embarcada acoplada às células combustíveis ou aos motores de combustão avançada	CNPq
6	André Bueno	LHMT	Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Eletrólise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar	iH2Brasil (GIZ)
7	Antônio Sombra	N/I	Sensoriamento no armazenamento de hidrogênio por luminescência de hidretos	N/I
8	Carla Andrade	Engenharia Mecânica/LAERO	Estudo do hidrogênio verde cadeia de suprimentos, considerando produção, armazenamento, transporte e distribuição.	N/I
9	Carla Andrade	Engenharia Mecânica/LAERO	Hidrogênio Verde e as fontes eólica e solar	N/I
10	Carla Andrade	Engenharia Mecânica/LAERO	Produção de hidrogênio renovável com sistema híbrido de geração eólico solar baseado na utilização de célula microbiana alimentada com substrato de microalgas e alcatrão da reforma a vapor do glicerol	CNPq
11	Carla Andrade	Engenharia Mecânica/LAERO	Tecnologias eólico/solar térmica com regeneração industrial para produção de hidrogênio.	FUNCAP

removemos os projetos duplicados, assim como realizamos a inclusão de outros dois projetos não registrados no levantamento original.

12	Diana Azevedo	Engenharia Química/GPSA	Armazenamento e Purificação de Hidrogênio e Gás Natural por adsorção	DAAD/Capes/MEC
13	Diana Azevedo	Engenharia Química/GPSA	Nanocompósitos a base de magnésio para armazenamento químico de hidrogênio	FUNCAP
14	Diana Azevedo	Engenharia Química/GPSA	Produção, purificação e armazenamento de H2 sustentável	MCTI/CNPq
15	Diana Azevedo	Engenharia Química/GPSA	Tecnologias CCUS para integrar a redução de emissões com a utilização/transporte de H2V.	FUNCAP
16	Edilson Mineiro Sá	Engenharia Elétrica/PPGEEC	Conversores para energias renováveis na produção e uso do H2V.	FUNCAP
17	Ênio Pontes	Engenharia de Materiais e Metalúrgica/LAMEFF	Membranas de troca de prótons para células de combustível	Empresa Filtrar
18	Fernanda Lobo	Engenharia Química/LMCI	Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde	N/I
19	Fernanda Lobo	LHMT	Análise de ciclo de vida da produção de hidrogênio verde no Ceará via eletrólise e eletrólise microbiana	FUNCAP
20	Fernanda Lobo	LHMT	Novas Rotas para a produção de Hidrogênio verde usando par de células de eletrólise microbiana com ultrassom para tratamento de efluentes industriais.	N/I
21	Fernanda Lobo	LHMT	Novos materiais de baixo custo para produção de hidrogênio em célula de eletrólise microbiana.	N/I
22	Fernando Antunes	GPEC	Carregadores rápidos de bateria para veículos elétricos.	CNPQ/ FUNDEP/ WEG
23	Fernando Antunes	GPEC	Integração à rede elétrica de produção de H2 a partir de plantas PV e Eólica em larga escala.	FUNCAP
24	Fernando Antunes	GPEC	Sistemas Eólicos e Solares On-grid e Off-grid.	CNPQ/FUNDEP
25	Flávia Collaço	PARTEC	Mapeamento de Pesquisas, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H2V	UFC
26	Francisco Nivaldo Aguiar Freire	LAMEFF	Materiais para a produção de hidrogênio solar	N/I
27	Luciana Rocha Barros	GPBIO	Bioprocessos para Produção de Biohidrogênio (BioH2) por Microrganismos e Microalgas	CNPq
28	Maria Valderez Pontes Rocha	GPBIO	Plataforma Integrada de Produção Biotecnológica de Biocombustíveis Sustentáveis	CNPq

			utilizando Biomassa Residual da Agroindústria	
29	Moisés Bastos Neto	GPSA	Hidrogênio verde como insumo para a produção de metanol e outras substâncias de interesse industrial	FUNCAP
30	Mônica Cavalcanti	LECoS	Políticas públicas e respostas corporativas para promoção do desenvolvimento econômico sustentável no HUB do hidrogênio verde com ênfase na economia circular	CNPq
31	Mônica Cavalcanti	LECoS	Inputs para monitoramento de políticas climáticas e cenários de transição energética em âmbito nacional	CNPq
32	Mônica Cavalcanti	LECoS	Proposição de Estratégias com Pensamento Sistêmico para lidar com Problemas Perversos das Crises Hídrica e Energética	CNPq
33	Mônica Cavalcanti	LECoS	Regimes de Governança e ciclos de Aprendizagem Social nas Estratégias de Adaptação e Mitigação às Mudanças Climáticas	CNPq
34	William Magalhães Barcellos	Engenharia Mecânica/LACERH	Gás Natural Renovável Via Metanação Do Co2 Com H2 Verde Por Água De Reuso	FUNDECI/BNB/Cegás/Cagece
35	Pedro Lima Neto	Química	Tecnologias (foto)eletroquímicas para a produção e uso de H2V.	FUNCAP
36	Francisco Murilo Luna	GPSA	Desenvolvimento e avaliação de materiais e processos inovadores para obtenção de SAF (querosene de aviação sustentável) e combustíveis sintéticos	N/I
37	Francisco Murilo Luna	GPSA	Produção de hidrogênio verde utilizando células de eletrólise microbianas acopladas com ultrassom para tratamento de efluentes industriais	N/I
38	Hélio Cordeiro de Miranda	Engenharia Mecânica/LPTS	Materiais e tecnologias de armazenamento e transporte de hidrogênio.	FUNCAP
39	Sebastião Mardônio Pereira de Lucena	Engenharia Química/LAB3D	Otimização de sistemas de armazenamento de H2 verde para tanques de veículos.	FUNCAP
40	Clayton Mendonça Cunha Filho	Ciências Sociais	Impactos e promessas do Hidrogênio Verde para o desenvolvimento brasileiro	FUNCAP
41	Clayton Mendonça Cunha Filho	Ciências Sociais	Panorama das Políticas e Projetos de Hidrogênio Verde no Nordeste”,	UFC
N/I: não informado.				

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Por sua vez, ao esmiuçar os dados referentes às fontes de financiamento, nota-se que a esmagadora maioria dos projetos conta exclusivamente com subsídios de órgãos públicos, como MCTI, CNPq, MEC, Capes e Funcap. Sob este aspecto, entre os órgãos financiadores, a Funcap assume a liderança, com o total de 21 projetos apoiados pela entidade, acompanhada do CNPq, com 13 projetos. É importante ressaltar também que alguns dos projetos apresentam mais de uma fonte de recursos (n=6), enquanto outros não disponibilizam informações suficientes sobre a fonte de financiamento (n=9).

Nessa direção, entre os projetos com mais de uma fonte de financiamento, destacam-se dois dos cinco projetos coordenados pela pesquisadora Diana Azevedo, sediados no Grupo de Pesquisa em Separações por Adsorção (GPSA); dois dos quatro projetos coordenados pelo pesquisador Fernando Antunes, sediados no Grupo de Processamento em Energia e Controle (GPEC); um dos quatro projetos coordenados pelo pesquisador André Bueno, sediado no Laboratório de Hidrogênio e Máquinas Térmicas (LHMT); e o único projeto da área de Geografia, coordenado pela pesquisadora Adryane Gorayeb, sediado no Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social (Labocart).

Cabe ressaltar, ademais, os projetos que contam com fontes de financiamento internacionais, como o projeto “Armazenamento e Purificação de Hidrogênio e Gás Natural por Adsorção”, coordenado por Diana Azevedo, recebendo apoio da organização Alemã DAAD; assim como o projeto “Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde utilizando Células de Eletrólise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar”, coordenado por André Bueno e Carla Andrade.

Por fim, observa-se que, de todos os projetos identificados, apenas dois se mostraram integralmente financiados por recursos próprios da UFC¹¹¹. Tratam-se dos projetos “Mapeamento de Pesquisas, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H2V”, coordenado pela pesquisadora Flávia Collaço no âmbito do Parque Tecnológico da UFC, e cujo principal resultado foi a elaboração do Atlas do H2V no Brasil (Collaço et al., 2024), e do “Panorama das Políticas e Projetos de H2V no Nordeste”, coordenado pelo pesquisador Cunha Filho.

¹¹¹ Os recursos de apoio ao projeto “Mapeamento de Pesquisas, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H2V” são provenientes da iniciativa da UFC para Seleção de Propostas Para Professor Visitante Nacional ou Estrangeiro, com o objetivo de “desenvolver ações inovadoras de ensino, pesquisa e extensão consideradas relevantes para a Instituição” (Resolução Nº 06, 2024).

4.2.2 Caracterização dos tipos de inovação dos projetos da UFC

Na presente seção, os projetos da UFC, que preveem o desenvolvimento de inovações tecnológicas, são caracterizados de acordo com os seguintes aspectos: 1) grau de novidade das inovações (radical ou incremental), 2) natureza das inovações (produto ou processo), e 3) caráter sustentável das inovações desenvolvidas (tipo 1 ou tipo 2).

4.2.2.1 Projetos da UFC segundo o grau de novidade das inovações (incremental ou radical)

De acordo com a literatura consultada no Capítulo 1, o conceito de inovação radical pode ser definido com base em dois atributos decisivos, a saber, o grau elevado de novidade, que se estende para “todos os mercados e indústrias, domésticos ou internacionais” (OCDE, 2005, p.70; Tironi e Cruz, 2008), assim como pelo impacto poderoso na economia, conseguindo desencadear uma mudança na “estrutura do mercado, criar novos mercados ou tornar produtos existentes obsoletos” (OCDE, 2005, p.70). Já as inovações incrementais se associam às novas possibilidades de aprimoramento das tecnologias existentes (OCDE, 2005; Tironi e Cruz, 2008).

Assim, ao objetivar uma definição operacional de ambos os conceitos, visando uma melhor caracterização dos tipos de inovação subscritos nos projetos da UFC na área de H2V, nossa pesquisa trata como inovação radical somente as inovações de produto ou processo ocorridas sobre tecnologias que ainda não existem no mercado, visto se encontrar em fase laboratorial. E, em contraste, concebe como inovação incremental os aprimoramentos ou melhorias que operam sobre tecnologias já existentes no mercado. Por exemplo, no setor de energias renováveis, os esforços de inovação que visam a criação de novos materiais ou a melhoria significativa da eficiência técnica dos painéis solares, aerogeradores, ou mesmo eletrolisadores dos tipos PEM e Alcalino, não permitem ser caracterizados como inovações radicais, por mais inventivos que se mostrem, uma vez que se estabelecem sobre tecnologias já maduras no mercado.

Em vista disso, quando se explora o grau de novidade das inovações subscritas nos projetos da UFC na área de H2V, constata-se que, dos 41 projetos existentes, apenas

nove podem ser caracterizados como potenciais geradores de inovação do tipo radical (Quadro 19)¹¹². Por exemplo, na área dos processos fotolíticos para produção de H₂V, ressalta-se o projeto do pesquisador Francisco Nivaldo, que se volta ao desenvolvimento de células fotoeletroquímicas para a geração de H₂V, ou seja, uma tecnologia que dispensa o uso de eletrolisadores ou de circuito externo adicional (Absolar, 2025); e o projeto do engenheiro Pedro Lima Neto, com o objetivo de investigar “as propriedades electrocatalíticas de metais e ligas metálicas” para a construção de protótipos de “dispositivos fotoeletroquímicos para produção de H₂V”, a partir da água de tratamento de esgoto, contendo resíduos orgânicos (Lima Neto *et al.*, 2024, p.91).

Quadro 19. Projetos da UFC por tipo de inovação radical

Pesquisador (a)	Projeto
André Bueno	“Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Eletrólise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar”
Carla Andrade	“Produção de hidrogênio renovável com sistema híbrido de geração eólico solar baseado na utilização de célula microbiana alimentada com substrato de microalgas e alcatrão da reforma a vapor do glicerol”
Luciana Rocha Gonçalves	“Bioprocessos para Produção de Biohidrogênio (BioH ₂) por Microrganismos e Microalgas”
Fernanda Lobo	“Novas Rotas para a produção de Hidrogênio verde usando células de eletrólise microbiana com ultrassom para tratamento de efluentes industriais”
Fernanda Lobo	“Novos materiais de baixo custo para produção de hidrogênio em célula de eletrólise microbiana”
Fernanda Lobo	“Análise de ciclo de vida da produção de hidrogênio verde no Ceará via eletrólise e eletrólise microbiana”
Francisco Nivaldo	“Materiais para a produção de hidrogênio solar”
Pedro Lima Neto	“Tecnologias (foto)eletroquímicas para a produção de hidrogênio verde”
Francisco Murilo Luna	“Produção de hidrogênio verde utilizando células de eletrólise microbianas acopladas com ultrassom para tratamento de efluentes industriais”

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

¹¹² Em razão da escassez de informações, alguns dos projetos de PD&I da UFC não viabilizaram a caracterização exata dos tipos de inovação que poderiam gerar, especialmente no que diz respeito ao seu “grau de novidade” - se radical ou incremental (Manual de Oslo, p.121). Este é o caso dos projetos “Estudo do hidrogênio verde cadeia de suprimentos, considerando produção, armazenamento, transporte e distribuição” e “Hidrogênio Verde e as fontes eólica e solar”, da pesquisadora Carla Andrade; e do projeto “Sistemas Eólicos e Solares On-grid e Off-grid”, do engenheiro Fernando Antunes.

Já na área dos processos fotobiológicos e bioquímicos, identifica-se a pesquisa da engenheira Luciana Rocha Gonçalves, visando a elaboração de soluções tecnológicas para geração de H₂ a partir de processos fotobiológicos (Nóbrega *et al.*, 2022), a pesquisa do engenheiro Francisco Murilo Luna, e os projetos da pesquisadora Fernanda Lobo, cujo objetivo consiste em elaborar um “protótipo para avaliação dos aspectos dinâmicos de um processo de produção de hidrogênio verde, usando células de eletrólise microbiana acopladas com ultrassom, para tratamento de efluentes industriais”. Nessa mesma área, registra-se o projeto do engenheiro André Bueno, e o projeto da engenheira Carla Andrade, pesquisas que se complementam, ao propor a criação de um “sistema híbrido de produção de hidrogênio utilizando células e eletrólise microbiana (CEM) acopladas a reforma a vapor do glicerol com força solar e geração eólica”, apresentando, assim, uma função dupla de “tratar esgoto e glicerol e usá-los como fonte de bioenergia e produzir H₂”¹¹³.

Por seu turno, no que se refere aos projetos de H₂V da UFC com potencial de gerar inovações incrementais (Quadro 20), identifica-se a pesquisa do físico Pedro Ayala, que visa desenvolver “células fotovoltaicas e fotoeletrocatalisadores utilizando perovskitas halogenadas” (Ayala *et al.*, 2024, p.83) - uma tecnologia emergente (Raphael *et al.*, 2018), mas que não altera substancialmente a tecnologia já existente dos painéis fotovoltaicos -, assim como a pesquisa do engenheiro Edilson Mineiro Sá Júnior, sobre conversores de energia renovável, e os projetos dos engenheiros Ênio Pontes e Antônio Sombra, que objetivam, respectivamente, o aprimoramento de eletrolisadores do tipo PEM, e a construção de um sensor óptico para detecção do gás H₂.

Quadro 20. Projetos da UFC por tipo de inovação incremental

Pesquisador (a)	Projeto
Pedro Ayala	Heteroestruturas de perovskitas de haleto metálicos aplicadas à geração fotocatalítica de hidrogênio verde

¹¹³ A partir de uma linguagem schumpeteriana, seria possível dizer que o uso da tecnologia *microbial electrolysis cell* (MEC), assim como a utilização de águas residuais nos sistemas híbridos, para geração de H₂ sustentável, não representa uma “invenção” original dos pesquisadores da UFC, visto que os estudos sobre processos fotobiológicos e bioquímicos (Nóbrega *et al.*, 2022) para produção de H₂, especialmente a partir da tecnologia MEC, vêm demonstrando um desenvolvimento acelerado nas últimas décadas, com a primeira publicação sobre o assunto datando de 2008 (Castro, Reginnato e Andrade, 2024, p.157). Entretanto, na medida em que a tecnologia MEC para geração de H₂ sustentável ainda não se encontra disponível no mercado, as pesquisas em andamento na UFC, uma vez escaladas comercialmente, podem originar inovações do tipo radical. Ou seja, produtos ou processos novos, inéditos no mercado, e que se mostram como alternativa às rotas tecnológicas atualmente existentes para produção de H₂ sustentável.

Edilson Mineiro	Conversores para energias renováveis na produção e uso do H2V
Ênio Pontes	Membranas de troca de prótons para células de combustível
Antônio Sombra	Sensoriamento no armazenamento de hidrogênio por luminescência de hidretos
Francisco Murilo Luna	Desenvolvimento e avaliação de materiais e processos inovadores para obtenção de SAF (querosene de aviação sustentável) e combustíveis sintéticos
Fernanda Lobo	Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde
Carla Andrade	Tecnologias eólico/solar térmica com regeneração industrial para produção de hidrogênio
Hélio Cordeiro	Materiais e tecnologias de armazenamento e transporte de hidrogênio
Maria Valdez	Plataforma Integrada de Produção Biotecnológica de Biocombustíveis Sustentáveis utilizando Biomassa Residual da Agroindústria
Moisés Bastos Neto	Hidrogênio verde como insumo para a produção de metanol e outras substâncias de interesse industrial
Sebastião Maldonado	Otimização de sistemas de armazenamento de H2 verde para tanques de veículos.
André Bueno	Análise de Viabilidade Técnico-Econômico Da Injeção de Hidrogênio Verde nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da Cegás
André Bueno	Geração de Eletricidade a Partir da Combustão Dual de Hidrogênio Verde Proveniente da Glicerina Processada Via Gaseificação por Vapor em um Reator de Leito Fixo
André Bueno	Hidrogênio Sustentável no Transporte Pesado: Um estudo de configuração envolvendo a reforma a vapor embarcada acoplada às células combustíveis ou aos motores de combustão avançada
Diana Azevedo	Armazenamento e Purificação de Hidrogênio e Gás Natural por adsorção
Diana Azevedo	Nanocompósitos a base de magnésio para armazenamento químico de hidrogênio
Diana Azevedo	Tecnologias CCUS para integrar a redução de emissões com a utilização/transporte de H2V
Fernando Antunes	Carregadores rápidos de bateria para veículos elétricos
Fernando Antunes	Integração à rede elétrica de produção de H2 a partir de plantas PV e Eólica em larga escala

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Nessa direção, registra-se a pesquisa do engenheiro Francisco Murilo Luna, que visa o desenvolvimento de materiais para obtenção de combustível sustentável de transporte aéreo, além do projeto da pesquisadora Fernanda Lobo, que se propõe avaliar

as condições de operação e segurança envolvendo a mistura de H₂ e biometano. E, no mesmo quadrante, encontra-se o projeto da engenheira Carla Andrade, sobre o uso de tecnologias eólica e solar para geração de H₂V; assim como a pesquisa do engenheiro Hélio Cordeiro, com foco no desenvolvimento de materiais para armazenamento de H₂V. Do mesmo modo, reconhece-se o projeto da pesquisadora Maria Valderez, visando a elaboração de uma plataforma para produção de biocombustíveis sustentáveis, além das iniciativas do engenheiro Moisés Bastos Neto, voltado ao uso de H₂V para geração de metanol, e de Sebastião Maldonado, que objetiva a otimização dos sistemas de armazenamento de H₂V.

Outrossim, a análise detectou três projetos do engenheiro André Bueno. Um que se destina à geração de eletricidade a partir da combustão dual de H₂V, outro que se volta a análise da viabilidade técnica e econômica da introdução de H₂ nas redes de gás natural, e um terceiro com foco na aplicação de H₂ sustentável no setor de transporte pesado, envolvendo reforma a vapor e células a combustível. Similarmente, encontram-se as pesquisas da engenheira Diana Azevedo, que objetivam, respectivamente, o aprimoramento dos processos de armazenamento e purificação de H₂ por adsorção, o uso da tecnologia CCUS associada ao transporte de H₂V, e o desenvolvimento de materiais nanocompósitos para armazenamento químico do gás. E, por fim, localizam-se os projetos do engenheiro Fernando Antunes, cujo escopo é o desenvolvimento de carregadores rápidos para baterias veiculares, e a integração de plantas eólica e solar à rede elétrica voltada à produção de H₂V em larga escala.

4.2.2.2 Projetos da UFC segundo a natureza das inovações (produto ou processo)

Tal como na seção anterior, uma vez que se considera como “inovação de produto” a introdução no mercado de produtos ou serviços novos ou imensamente melhorados em seus aspectos técnicos, materiais e funcionais (OCDE, 2005), podendo se apoiar em conhecimentos e tecnologias novas ou já existentes, nossa análise mostra que a UFC apresenta o total de oito projetos na área de H₂V com potencial de gerar inovações de produto (Quadro 21).

Quadro 21. Projetos da UFC por tipo de inovação de produto

Pesquisador (a)	Projeto	Tipo de inovação esperada	Elo
Pedro Ayala	Heteroestruturas de perovskitas de haleto metálicos aplicadas à geração fotocatalítica de hidrogênio verde	Células fotovoltaicas à base de perovskita halogenada (Ayala <i>et al.</i> , 2024, p.83)	produção
Antônio Sombra	Sensoriamento no armazenamento de hidrogênio por luminescência de hidretos	Protótipo de sensor para detecção de H2	Armazenamento
Diana Azevedo	Nanocompósitos a base de magnésio para armazenamento químico de hidrogênio	Materiais nanocompósitos para armazenamento de H2	Armazenamento
Ênio Pontes	Membranas de troca de prótons para células de combustível	Membranas para eletrolisadores	Produção
Fernanda Lobo	Novos materiais de baixo custo para produção de hidrogênio em célula de eletrólise microbiana.	Células de eletrólise microbiana	Produção
Francisco Nivaldo	Materiais para a produção de hidrogênio solar	Materiais de fotoeletrocatalisadores (Ayala <i>et al.</i> , 2024, p.87).	Produção
Hélio Cordeiro	Materiais e tecnologias de armazenamento e transporte de hidrogênio.	Materiais de aço e ligas especiais para armazenamento e transporte de H2	Armazenamento/ Transporte
Francisco Murilo Luna	Desenvolvimento e avaliação de materiais e processos inovadores para obtenção de SAF (querosene de aviação sustentável) e combustíveis sintéticos	Novos materiais para obtenção de SAF (Luna <i>et al.</i> , 2024, p.151).	Produção

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Nesse quadro, é possível circunscrever, de um lado, um grupo que reúne projetos em torno de materiais de energia solar e/ou eólica, composto pelas pesquisas do físico Pedro Ayala e do engenheiro Francisco Nivaldo. E, de outro lado, um agrupamento de projetos em torno de materiais associados à produção, armazenamento e transporte de H2 sustentável, formado pelas pesquisas dos engenheiros Antônio Sombra, Diana Azevedo e Hélio Cordeiro, assim como os projetos dos engenheiros Ênio Pontes e Fernanda Lobo, tratando, respectivamente, do aprimoramento de membranas para eletrolisadores e criação de células para eletrólise microbiana. Por fim, identifica-se o projeto do engenheiro Francisco Murilo Luna voltado ao desenvolvimento de materiais para obtenção de SAF.

Por sua vez, quando se considera como “inovação de processo” as novas formas de produzir ou distribuir determinados bens ou serviços, por meio da introdução de novos métodos, técnicas, ou *software* nos processos de uma empresa (OCDE, 2005), cujo objetivo é a redução dos custos e/ou melhoria da eficiência das atividades, constata-se que a UFC apresenta 19 projetos com potencial de resultar em inovações dessa natureza (Quadro 22).

Quadro 22. Projetos da UFC por tipo de inovação de processo

Pesquisador (a)	Projeto	Tipo de inovação esperada	Elo
André Bueno	Análise de Viabilidade Técnico-Econômico Da Injeção de Hidrogênio Verde nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da Cegás	Injeção de H2V nas redes de gás natural	Transporte
André Bueno	Geração de Eletricidade a Partir da Combustão Dual de Hidrogênio Verde Proveniente da Glicerina Processada Via Gaseificação por Vapor em um Reator de Leito Fixo	Eletricidade a partir de combustão dual de H2V	Produção
André Bueno	Hidrogênio Sustentável no Transporte Pesado: Um estudo de configuração envolvendo a reforma a vapor embarcada acoplada às células combustíveis. ou aos motores de combustão avançada	Modelos computacionais de simulação dinâmica para analisar o uso de hidrogênio renovável proveniente da reforma embarcada de biocombustíveis aos motores de combustão avançada	Uso final
André Bueno	Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Eletrólise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar	Sistema híbrido de produção de hidrogênio utilizando células de dessalinização e eletrólise microbiana (CDEM)	Produção
Sebastião Mardônio	Otimização de sistemas de armazenamento de H2V para tanques de veículos.	Modelo virtual de tanque para testar materiais adsorventes	Armazenamento
Carla Andrade	Produção de hidrogênio renovável com sistema híbrido de geração eólico solar baseado na utilização de célula microbiana alimentada com substrato de microalgas e alcatrão da reforma a vapor do glicerol	Sistema híbrido de produção de hidrogênio utilizando células de dessalinização e eletrólise microbiana (CDEM)	Produção
Carla Andrade	Tecnologias eólico/solar térmica com regeneração industrial para produção de hidrogênio.	Sistemas de energia solar, térmica e eólica, e prototipagem e testes de rotores aerodinâmicos (Andrade <i>et al.</i> , 2024, p.117)	Produção
Diana Azevedo	Armazenamento e Purificação de Hidrogênio e Gás Natural por adsorção	Processos de separação e armazenamento de gases por adsorção em meios porosos.	Armazenamento
Diana Azevedo	Produção, purificação e armazenamento de H2 sustentável	Processo de geração biológica utilizando o bagaço de caju como substrato, e processo de adsorção em materiais	Produção
Diana Azevedo	Tecnologias CCUS para integrar a redução de emissões com a utilização/transporte de H2V.	Otimização de processos de adsorção por meio de modelos de <i>machine learning</i> , e melhoramento dos processos de captura de carbono.	Transporte

Edilson Mineiro	Conversores para energias renováveis na produção e uso do H2V.	Desenvolver algoritmos e técnicas para otimizar a eficiência dos processos de conversão para geração de H2 (Sá Júnior, Oliveira Júnior e Mazza, 2024, p.103).	Produção
Fernanda Lobo	Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde	Dimensionar os efeitos operacionais do enriquecimento com hidrogênio verde da combustão das misturas GN/biometano ou de biomassa.	Uso final
Fernanda Lobo	Análise de ciclo de vida da produção de hidrogênio verde no Ceará via eletrólise e eletrólise microbiana	Utilizar o método de análise de ciclo de vida para determinar e certificar a eletrólise microbiana como uma nova rota de produção de hidrogênio verde.	Produção
Fernanda Lobo	Novas Rotas para a produção de Hidrogênio verde usando par de células de eletrólise microbiana com ultrassom para tratamento de efluentes industriais	Avaliar os aspectos dinâmicos do processo de produção de hidrogênio verde, usando células de eletrólise microbiana acopladas com ultrassom.	Produção
Fernando Antunes	Integração à rede elétrica de produção de H2 a partir de plantas PV e Eólica em larga escala.	Sistema para medir os impactos da integração do H2V à rede elétrica (Antunes <i>et al.</i> , 2024, p.106).	Produção
Luciana Rocha	Bioprocessos para Produção de Biohidrogênio (BioH2) por Microrganismos e Microalgas	Otimização de bioprocessos para produção biotecnológica do hidrogênio por microrganismos, usando o bagaço de caju como matéria-prima.	Produção
Maria Valderiez	Plataforma Integrada de Produção Biotecnológica de Biocombustíveis Sustentáveis utilizando Biomassa Residual da Agroindústria	Otimização de bioprocessos para produção biotecnológica do hidrogênio por microrganismos, usando o bagaço de caju como matéria-prima.	Produção
Moisés Bastos	Hidrogênio verde como insumo para a produção de metanol e outras substâncias de interesse industrial	Avaliar catalisadores e variáveis de processo na hidrogenação de CO2 a metanol	Uso final
Francisco Murilo Luna	Produção de hidrogênio verde utilizando células de eletrólise microbianas acopladas com ultrassom para tratamento de efluentes industriais	Avaliar os aspectos dinâmicos do processo de produção de hidrogênio verde, usando células de eletrólise microbiana	Produção

		acopladas ultrassom.	com	
--	--	-------------------------	-----	--

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

É possível observar, nesse contexto, que todos os projetos estão associados à criação ou ao aprimoramento de processos na área de H2V ou sustentável. Assim, no primeiro grupo, vinculado aos processos de produção de H2V, reúnem-se 12 projetos de PD&I, coordenados por pesquisadores como André Bueno, Edilson Mineiro, Carla Andrade, Fernanda Lobo, Francisco Antunes, Luciana Rocha e Maria Valderez. Já no segundo grupo, relacionado aos processos de uso/aplicação do H2, identificam-se três projetos, coordenados, respectivamente, pelos engenheiros André Bueno, Fernanda Lobo e Moisés Bastos. No terceiro grupo, associado ao armazenamento, encontram-se os projetos dos engenheiros Sebastião Mardônio e Diana Azevedo. E, por fim, no quarto grupo, que aborda os processos de transporte do H2V, localizam-se os projetos dos engenheiros André Bueno e Diana Azevedo.

4.2.2.3 Projetos da UFC segundo o caráter sustentável das inovações (tipo 1 ou tipo 2)

No esforço de caracterização dos projetos de H2V da UFC, é interessante resgatar o conceito de inovação sustentável (Pinsky *et al.*, 2015; Koeller *et al.*, 2020), de modo a considerar não apenas as inovações paliativas, ou seja, que se orientam à redução de danos já causados ao meio ambiente, mas também as inovações preventivas, isto é, que se destinam à correção dos possíveis danos ambientais antes mesmo que eles aconteçam (Koeller *et al.*, 2020, p.23). Sob este aspecto, no que se refere particularmente às inovações preventivas, é possível realizar, com base na literatura, uma diferenciação entre, de um lado, as inovações preventivas “poupadoras de recursos naturais”, e, de outro, as inovações preventivas “mais limpas” (Koeller *et al.*, 2020, p. 27).

Assim, com base nessa diferenciação conceitual, nosso estudo procura caracterizar as inovações inscritas nos projetos de H2V da UFC, a partir de duas categorias (Quadro 23). As “inovações sustentáveis do tipo 1” (IS1) são aquelas que apresentam resultados favoráveis ao meio ambiente, a exemplo dos “filtros de controle da poluição, estações de tratamento de água” (Koeller *et al.*, 2020, p.23) e das tecnologias de baixa emissão de carbono, mas que não se atentam necessariamente ao uso eficiente de recursos naturais. Já as “inovações sustentáveis do tipo 2” (IS2) se referem às

tecnologias inovadoras que, além da geração de resultados positivos ao meio ambiente, alinham-se também aos princípios da economia circular, assegurando a “eficiência no uso de recursos, por meio da reutilização ou reciclagem de materiais” (Santos *et al.*, 2023, p.1).

Quadro 23. Tipos de inovação sustentável

Inovação sustentável tipo 1	Inovação sustentável tipo 2
Tecnologias “mais limpas”.	Tecnologias “mais limpas”. + Tecnologias “poupadoras de recursos naturais”.

Fonte: elaboração própria, a partir de Koeller (2020).

Nesse sentido, ao se realizar a análise dos projetos da UFC na área de H2V, atesta-se o seguinte quadro. Dos 41 projetos atualmente existentes na universidade¹¹⁴, 18 permitem ser caracterizados como “inovações sustentáveis do tipo 1” (Quadro 24). Sob este particular, os pesquisadores com maior quantidade de projetos são os engenheiros André Bueno (n=3), e Diana Azevedo (n=3).

Quadro 24. Projetos da UFC segundo o conceito de inovação sustentável tipo 1

Pesquisadores (a)	Projetos	Impactos ambientais previstos
André Bueno	Análise de Viabilidade Técnico-Econômico Da Injeção de Hidrogênio Verde nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da Cegás	Redução das emissões de GEE
Pedro Ayala	Heteroestruturas de perovskitas de haleto metálicos aplicadas à geração fotocatalítica de hidrogênio verde	Melhoria da eficiência dos painéis solares, aumentando o efeito ambiental positivo da tecnologia.
André Bueno	Geração de Eletricidade a Partir da Combustão Dual de Hidrogênio Verde Proveniente da Glicerina Processada Via Gaseificação por Vapor em um Reator de Leito Fixo	Redução das emissões de GEE envolvendo os processos de combustão
André Bueno	Hidrogênio Sustentável no Transporte Pesado: Um estudo de configuração envolvendo a reforma a vapor embarcada acoplada às células combustíveis ou aos motores de combustão avançada	Redução das emissões de GEE envolvendo os processos de combustão
Antônio Sombra	Sensoriamento no armazenamento de hidrogênio por luminescência de hidretos	Melhoria da eficiência da detecção do gás H ₂ , facilitando seu transporte e armazenamento, e aumentando o efeito ambiental positivo do processo
Diana Azevedo	Armazenamento e Purificação de Hidrogênio e Gás Natural por adsorção	Redução das emissões de GEE a partir dos “processos de separação e armazenamento de

¹¹⁴ Com exceção dos projetos das áreas de administração (n=4), de Gestão (n=1), da Geografia (n=1), juntamente com os projetos que carecem de informações precisas (n=3)

		gases por adsorção em meios porosos”.
Diana Azevedo	Nanocompósitos a base de magnésio para armazenamento químico de hidrogênio	Melhoria da eficiência do armazenamento do gás H ₂ , aumentando o efeito ambiental positivo do processo
Diana Azevedo	Tecnologias CCUS para integrar a redução de emissões com a utilização/transporte de H ₂ V.	Redução das emissões de GEE
Edilson Mineiro	Conversores para energias renováveis na produção e uso do H ₂ V.	Melhoria da eficiência dos conversores eletrônicos e eletrolisadores, aumentando o efeito ambiental positivo da tecnologia
Ênio Pontes	Membranas de troca de prótons para células de combustível	Melhoria da eficiência dos eletrolisadores, aumentando o efeito ambiental positivo da tecnologia
Fernanda Lobo	Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde	Redução das emissões de GEE
Fernanda Lobo	Análise de ciclo de vida da produção de hidrogênio verde no Ceará via eletrólise e eletrólise microbiana	Melhoria da eficiência e redução da pegada de carbono no processo de produção de H ₂ via eletrólise,
Fernando Antunes	Carregadores rápidos de bateria para veículos elétricos.	Melhoria da eficiência dos equipamentos de recarga de baterias veiculares, aumentando o efeito ambiental positivo da tecnologia
Fernando Antunes	Integração à rede elétrica de produção de H ₂ a partir de plantas PV e Eólica em larga escala.	Melhoria da eficiência do processo de Integração à rede elétrica de produção de H ₂ V, aumentando o efeito ambiental positivo do processo
Francisco Nivaldo	Materiais para a produção de hidrogênio solar	Redução das emissões de GEE
Moisés de Barros Neto	Hidrogênio verde como insumo para a produção de metanol e outras substâncias de interesse industrial	Redução das emissões de GEE
Hélio Cordeiro	Materiais e tecnologias de armazenamento e transporte de hidrogênio.	Melhoria da eficiência dos processos de armazenamento e transporte do gás H ₂ , aumentando o efeito ambiental positivo do processo
Sebastião Mardônio	Otimização de sistemas de armazenamento de H ₂ verde para tanques de veículos.	Melhoria da eficiência dos processos de armazenamento do gás H ₂ em tanques veiculares, aumentando o efeito ambiental positivo do processo

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Outrossim, do ponto de vista dos impactos ambientais, os projetos de “inovação sustentável do tipo 1” da UFC se encontram assim organizados. De um lado, estão as

pesquisas voltadas ao desenvolvimento de soluções tecnológicas para redução direta das emissões de GEE (n=8), e, de outro, localizam-se os projetos destinados à melhoria da eficiência de produtos ou processos associados às tecnologias de energia renovável (n=10).

Por sua vez, no grupo dos projetos de PD&I com foco na “melhoria da eficiência de produtos ou processos de H2 sustentável”, é possível localizar os projetos dos engenheiros Antônio Sombra, Edilson Mineiro, Diana Azevedo, Ênio Pontes, Fernanda Lobo, Fernando Antunes, Hélio Cordeiro e Sebastião Mardônio. No grupo dos projetos que buscam a “melhoria da eficiência de produtos ou processos de energia solar”, identifica-se apenas o projeto do físico Pedro Ayala. E, por fim, no grupo dos projetos que visam a “melhoria da eficiência de produtos ou processos de carros elétricos”, encontra-se um dos trabalhos do engenheiro Fernando Antunes.

Já no grupo dos projetos de PD&I voltados à redução das emissões de GEE, estão os três projetos do engenheiro André Bueno, duas das pesquisas da engenheira Diana Azevedo, e os projetos dos engenheiros Francisco Nivaldo, Fernanda Lobo e Moisés Bastos, respectivamente. Neste campo, os projetos se encontram distribuídos entre algumas iniciativas com foco na produção ou no armazenamento de H2V, e as pesquisas que buscam implementar o uso do hidrogênio como insumo para geração de outras substâncias.

Por outro lado, no que tange às “inovações sustentáveis do tipo 2”, ao menos 10 dos projetos da UFC podem ser assim caracterizados (Quadro 25). Neste caso, os pesquisadores com maior número de projetos são as engenheiras Fernanda Lobo (n=2) e Carla Andrade (n=2), e o engenheiro Francisco Murilo Luna (n=2).

Quadro 25. Projetos da UFC segundo o conceito de inovação sustentável tipo 2

Pesquisadores (a)	Projetos	Impactos ambientais previstos
André Bueno	Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Eletrólise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar	Redução da emissão de GEE/Reutilização de águas de esgoto/Reutilização de resíduos da biomassa
Carla Andrade	Produção de hidrogênio renovável com sistema híbrido de geração eólico solar baseado na utilização de célula microbiana alimentada com substrato de microalgas e alcatrão da reforma a vapor do glicerol	Redução da emissão de GEE/Reutilização de águas de esgoto/Reutilização de resíduos da biomassa
Carla Andrade	Tecnologias eólico/solar térmica com regeneração industrial para produção de hidrogênio.	Redução da emissão de GEE/Reutilização de águas de

		esgoto/Reutilização de resíduos da biomassa
Diana Azevedo	Produção, purificação e armazenamento de H2 sustentável	Redução das emissões de GEE/Reutilização de resíduos da biomassa (bagaço de caju)
Fernanda Lobo	Novas Rotas para a produção de Hidrogênio verde usando par de células de eletrólise microbiana com ultrassom para tratamento de efluentes industriais.	Redução da emissão de GEE/Reutilização de águas de esgoto/Reutilização de resíduos da biomassa
Fernanda Lobo	Novos materiais de baixo custo para produção de hidrogênio em célula de eletrólise microbiana.	Redução da emissão de GEE/Reutilização de águas de esgoto/Reutilização de resíduos da biomassa
Luciana Rocha	Bioprocessos para Produção de Biohidrogênio (BioH2) por Microrganismos e Microalgas	Redução das emissões de GEE/Reutilização de resíduos da biomassa
Maria Valderez	Plataforma Integrada de Produção Biotecnológica de Biocombustíveis Sustentáveis utilizando Biomassa Residual da Agroindústria	Redução das emissões de GEE/Reutilização de resíduos da biomassa (caju)
Francisco Murilo Luna	Desenvolvimento e avaliação de materiais e processos inovadores para obtenção de SAF (querosene de aviação sustentável) e combustíveis sintéticos	Redução da emissão de GEE/Reutilização de resíduos da biomassa agroindustrial (Luna <i>et al.</i> , 2024, p.151)
Francisco Murilo Luna	Produção de hidrogênio verde utilizando células de eletrólise microbianas acopladas com ultrassom para tratamento de efluentes industriais	Redução da emissão de GEE/Reutilização de águas de esgoto/Reutilização de resíduos da biomassa

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Nessa direção, os projetos se organizam em dois grupos. O primeiro grupo abrange as pesquisas com potencial de reduzir as emissões de GEE juntamente com a reutilização de resíduos orgânicos. Este é o caso dos projetos das engenheiras Diana Azevedo, Luciana Rocha e Maria Valderez, e um dos projetos do engenheiro Francisco Murilo Luna. Já no segundo grupo, encontram-se as iniciativas que visam não apenas a redução das emissões de GEE e reutilização de resíduos da biomassa, mas também o reúso de águas de esgoto. É o caso dos projetos dos engenheiros André Bueno e Francisco Murilo Luna e das engenheiras Carla Andrade e Fernanda Lobo.

Por fim, é importante um destaque para os projetos das áreas de Administração, Ciências Sociais e Geografia. A rigor, os projetos não possuem no horizonte a entrega de “inovações tecnológicas” no sentido convencional do termo, ou seja, a criação de equipamentos ou de métodos novos para produção, armazenamento ou transporte de H2V, visando, assim, melhorar a competitividade das empresas, e impulsionar o desenvolvimento econômico. Em vez disso, projetos como o da professora Gorayeb, de nome “Desafios Sociais e Ambientais da Transição Energética no Ceará: implicações da

produção do Hidrogênio Verde”, e o do professor Cunha Filho, nomeado “Impactos e promessas do Hidrogênio Verde para o desenvolvimento brasileiro”, sinalizam um escopo social e ambiental, gerando, por assim dizer, impactos de caráter cognitivo ou epistêmico, ao propor uma abordagem crítica dos processos sociais, econômicos e políticos associados à cadeia produtiva do H2V.

Já projetos como “Mapeamento de Pesquisas, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H2V”, da pesquisadora Flávia Collaço, e “Inputs para monitoramento de políticas climáticas e cenários de transição energética em âmbito nacional”, da professora Mônica Cavalcanti Sá de Abreu, que envolvem, respectivamente, a construção de um *dashboard* das “Pesquisas, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H2V no Brasil”, e a elaboração de um “Sistema de Monitoramento da Transição Energética”, destacam-se pelo compromisso com os valores da sustentabilidade ambiental, da justiça social, além do incentivo a práticas de economia circular no processo de implantação do Hub do H2V, subsidiando, assim, a formulação de políticas públicas que assegurem uma transição energética justa no estado¹¹⁵.

4.3 Colaborações Universidade-Indústria da UFC na área de H2V

Ao considerar o exame das colaborações da UFC na área de H2V (Quadro 26), nosso estudo se apoia nos indicadores de UIC apresentados por Cruz (2019), buscando, assim, realizar uma melhor caracterização das parcerias identificadas. Os quatro indicadores são: 1) financiamento empresarial à pesquisa, 2) número de startup criadas por acadêmicos, 3) número de patentes e/ou licenciamentos, e 4) número de artigos em coautoria com empresas (Cruz, 2019).

¹¹⁵ A propósito, o projeto coordenado pela pesquisadora Flávia Collaço já realizou a sua principal entrega, sob a forma do livro “Altas do H2V no Brasil” (2024), que reúne os principais resultados do mapeamento dos Projetos, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H2V no Brasil. Já o projeto coordenado pela professora Mônica Cavalcanti Sá de Abreu liberou recentemente o acesso a um sistema de monitoramento da transição energética, que agrega, numa plataforma Power Bi, uma série de indicadores associados às dimensões da equidade energética, segurança energética e de bem-estar socioambiental (Lecos, 2025). Link para acessar a

plataforma:
<https://app.fabric.microsoft.com/view?r=eyJrIjojODIjYWY2YjQtNTQwMC00NDU4LTgxOTYtODRlZjhjYmM4OTM1liwidCI6ImI1OTFhZTU0LTMzYzItNDU4OS1iZTY2LTkwMjFhNDE5NmM3YyJ9&pageName=3f2af58b6cc9dbd8c7d4>.

Nesse sentido, não sendo tarefa simples encontrar dados sistematizados sobre as atividades de UIC da UFC, nossa pesquisa compilou informações sobre o assunto a partir das seguintes fontes: 1) o Atlas do H2V no Brasil (Collaço *et al.*, 2024), que reúne os projetos de H2V da UFC, 2) o Edital nº1/2023, voltado à seleção de novos pesquisadores para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFC, 3) os editais do programa “Pesquisador Empreendedor” (Funcap, 2023), do projeto “Tecnova III” (Funcap/Finep, 2024) e do programa “Empreende UFC” (UFC, 2023), 4) algumas matérias de jornal sobre o apoio da FIEC aos projetos da UFC na área de H2V, e 5) as matérias do portal da UFC tratando das parcerias da universidade com o setor empresarial.

4.3.1 Financiamento empresarial à pesquisa

No que tange ao primeiro indicador, o exame da matriz de dados do Atlas do H2V mostra que, dos 41 projetos de H2V existentes na UFC, apenas três contam explicitamente com o apoio financeiro de empresas¹¹⁶, incluindo o projeto “Gás Natural Renovável Via Metanação Do Co2 Com H2 Verde Por Água De Reuso”, coordenado pelo engenheiro William Magalhães Barcellos, em parceria com a Cegás e Cagece (BNB, 2023; UFC, 2024). Por sua vez, ao analisar o Edital nº1/2023 (UFC, 2023b), registra-se o projeto “Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde”, em colaboração com as empresas Hytron, Cegás e Britvic no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PEEM) da UFC¹¹⁷.

Quadro 26. Tipos de UIC nos projetos da UFC na área de H2V

Projetos	Tipos de UIC sugeridos	Empresas	Origem das	Elo da cadeia de H2V
----------	------------------------	----------	------------	----------------------

¹¹⁶ São eles, respectivamente, o projeto “Análise de Viabilidade Técnico-Econômico Da Injeção de Hidrogênio Verde nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da Cegás” (que conta com apoio da Cegás), do engenheiro André Bueno; o projeto “Membranas de troca de prótons para células de combustível” (que conta com apoio da Filtrar), do engenheiro Ênio Pontes, e o projeto “Carregadores rápidos de bateria para veículos elétricos” (que conta com apoio da WEG), do engenheiro Fernando Antunes.

¹¹⁷ Por exemplo, os projetos 1) “Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Eletrólise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar”, e 2) “Hidrogênio Sustentável no Transporte Pesado: um estudo de configuração envolvendo a reforma a vapor embarcada acoplada às células combustíveis ou aos motores de combustão avançada”, do engenheiro André Bueno; assim como aos projetos 3) “Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde”, e 4) “Análise de ciclo de vida da produção de hidrogênio verde no Ceará via eletrólise e eletrólise microbiana”, da engenheira Fernanda Lobo.

		parceiras	Empresas	
Análise de Viabilidade Técnico-Econômico Da Injeção de Hidrogênio Verde nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da Cegás	Financiamento empresarial à pesquisa	Cegás	Local	Transporte
Membranas de troca de prótons para células de combustível	Financiamento empresarial à pesquisa	Filtrar	Local	Insumos e equipamentos
Gás Natural Renovável Via Metanação Do Co2 Com H2 Verde Por Água De Reuso	Financiamento empresarial à pesquisa	Cegás e Cagece	Local	Produção
Avaliação Experimental das Condições Operacionais e de Segurança de um Grande Consumidor Utilizando Misturas entre o Gás Natural, Biometano e Hidrogênio Verde	N/I	Hytron* Cegás* Britvic*	Alemã Brasileira Inglesa	Uso final
* A participação das empresas nos projetos não é especificada, de modo que não é possível identificar com exatidão a correspondência entre as empresas parceiras e cada um dos projetos				

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Em conjunto, os dados apontam a existência de Colaborações Universidade-Indústria já em curso na UFC sobre o tema do H2V e assuntos relacionados. Assim, no caso dos três projetos registrados no Atlas, é fácil reconhecer os tipos de UIC que as iniciativas realizam com as empresas Cagece, Cegás e Filtrar. Por outro lado, em se tratando das iniciativas do edital nº1/2023, a escassez de detalhes sobre a natureza da participação empresarial nos projetos, inviabiliza uma caracterização precisa dos tipos de UIC realizados, de modo que não é possível afirmar, com base nos documentos, se a participação das empresas Cegás, Hytron, Britvic, ocorre por meio de “financiamento à pesquisa”, por meio do “licenciamento de patentes”, por meio da “coautoria em artigos”, ou mesmo através de todas as modalidades juntas.

É interessante reparar, por fim, que os projetos não se mostram concentrados num único elo da cadeia do H2V, mas, ao contrário, se encontram distribuídos pelos eixos de “produção”, de “transporte”, de “insumos e equipamentos” e até mesmo de “uso final”. Do mesmo modo, constata-se que as parcerias da UFC na área de H2V não estão sendo firmadas exclusivamente com empresas do setor privado, e tampouco somente com empresas localizadas no estado.

4.3.2 UFC e parcerias com a FIEC

Um outro meio de analisar as parcerias do setor empresarial com a UFC, no âmbito do H2V, pode ser realizado através do exame das ações da FIEC direcionadas à universidade (Quadro 27). Neste caso, é válido lembrar que, ao longo dos anos de 2022, 2023 e 2024, o grupo de representantes do setor industrial cearense realizou o FIEC Summit – um evento integralmente direcionado ao tema do H2V. Durante as três edições, a organização reservou um espaço para a premiação das “produções acadêmicas em duas categorias: evento científico e trabalho acadêmico” (UFC, 2023c).

Nesse contexto, a UFC teve 12 projetos selecionados, incluindo a conquista do primeiro lugar na edição de 2022, com o projeto “Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Dessalinização e Eletrolise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar”, coordenado pelo engenheiro André Bueno (FIEC, 2022a), e novamente o primeiro lugar na edição de 2024, com o trabalho “Previsão de propriedades de membranas de quitosana utilizando técnicas de IA e MEF”, coordenado pelo engenheiro Ênio Pontes, recebendo cada um a quantia de R\$10 mil reais da FIEC, sob a rubrica de “ajuda de custo para execução” das pesquisas (FIEC, 2024a). Com efeito, a iniciativa da FIEC parece sugerir, assim, o interesse dos industriais cearenses, reunidos na entidade, em apoiar financeiramente os esforços de pesquisa e inovação sobre o tema do H2V, considerando, especialmente, as pesquisas realizadas pelas universidades locais¹¹⁸.

Quadro 27. Pesquisas e projetos da UFC selecionados na premiação da FIEC

	Trabalhos da UFC premiados	Tipos de UIC	Apoio do setor privado	Elo da cadeia
	Análise da Viabilidade da Injeção de Hidrogênio nas Redes de Distribuição de Gás Canalizado da CEGÁS	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Transporte

¹¹⁸ Uma análise atenta dos editais do FIEC Summit para seleção de projetos de pesquisa sobre H2V, sugere que a ação de premiar as produções acadêmicas durante o evento não se reduzia apenas a uma mera solenidade, mas compartilhava do objetivo maior de “proporcionar a interação entre as empresas investidoras no Hub de Hidrogênio Verde do Ceará e os profissionais cearenses interessados em desenvolver pesquisa aplicada ao Hidrogênio Verde” (FIEC, 2022b), operando, assim, como uma vitrine para os trabalhos de pesquisa realizados localmente (FIEC, 2024b). Sob este aspecto, o próprio evento do Fiec Summit permite ser caracterizado, a partir da literatura sobre inovação, como uma espécie de *matchmaking* (Romani et al., 2020) com o objetivo de promover a articulação entre os representantes do governo, da indústria e da universidade. Ou seja, os três elementos fundamentais da Hélice Tríplice (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000).

Edição 2022	Sistema Híbrido de Produção de Hidrogênio Verde Utilizando Células de Dessalinização e Eletrolise Microbiana Acopladas à Reforma a Vapor do Glicerol com Força Solar	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Produção
	Nanocompósitos a Base de Magnésio para Armazenamento Químico de Hidrogênio	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Armazenamento
Edição 2023	Desenvolvimento de uma plataforma para avaliar o potencial de produção de hidrogênio a partir de energias renováveis	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Produção
	Produção de bio-hidrogênio usando biomassa do Ceará	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Produção
	Análise da produção de hidrogênio a partir da energia eólica onshore e offshore para o Nordeste do Brasil	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Produção
	Modelos dinâmicos lineares para a previsão da produção de hidrogênio a partir da geração eólico-elétrica	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Produção
Edição 2024	Previsão de propriedades de membranas de quitosana utilizando técnicas de IA e MEF	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Insumos e equipamentos
	Biohidrogênio do bagaço do caju: um processo inovador e alinhado aos objetivos do desenvolvimento sustentável	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Produção
	Membranas feitas com biopolímeros para eletrolisadores PEM: fluidodinâmica computacional e viabilidade comercial	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Insumos e equipamentos
	R2V Reciclagem para indústria do hidrogênio verde	Financiamento empresarial à pesquisa	FIEC	Reciclagem/reutilização
	Simulação computacional para	Financiamento empresarial à	FIEC	Armazenamento

	armazenamento seguro e eficiente na cadeia do hidrogênio verde	pesquisa		
--	---	----------	--	--

Fonte: elaboração própria, a partir de FIEC (2022a).

Desse modo, atesta-se que os projetos da UFC contemplados no FIEC Summit partiram, no geral, de iniciativas de pesquisadores da grande área de Engenharias, e cujas soluções propostas não se mostram necessariamente restritas ao tópico do hidrogênio “verde” (derivado de fonte solar ou eólica), mas abrangem também outras rotas tecnológicas, a exemplo do H₂ gerado a partir da biomassa. Já no que se refere aos elos da cadeia do H₂V, a análise evidencia que, apesar do maior número de projetos no elo de produção, as pesquisas tendem a contemplar também outros elos, como “armazenamento”, “insumos e equipamentos”, e “transporte”. Neste particular, chama atenção ainda a existência do projeto “R2V Reciclagem para indústria do hidrogênio verde”, uma vez que não se localiza nos elos convencionais da cadeia, mas se direciona, em vez disso, ao elo de “reciclagem/reutilização” dos produtos da indústria do H₂V, apresentando, assim, completo alinhamento com os princípios da economia circular.

4.3.3 UFC e as empresas do Hub de H₂V

Sob outro ângulo, quando se examina as parcerias da UFC com as corporações que já anunciaram interesse de aportar investimentos no Hub de H₂V, assim como com as empresas que, apesar de não integrar formalmente o Hub, já operam no CIPP e demonstram expresso interesse no setor de H₂V - como ArcelorMittal e Aeris -, os dados sinalizam a ocorrência de algumas aproximações nos últimos anos, mas que nem sempre avançaram para o *status* de cooperação formal (Quadro 28).

Por exemplo, já em setembro de 2021, poucos meses após o anúncio de criação do Hub de H₂V do Pecém, a UFC recebeu a visita de representantes da multinacional francesa Qair. No encontro, que reuniu pesquisadores e gestores da universidade, o diretor de operações da companhia realizou a apresentação dos projetos que a empresa mantém no Ceará no setor de energia eólica, tendo assinalado, na ocasião, o interesse de estreitar os laços de colaboração com a UFC em “áreas como H₂V, amônia verde e dessalinização da água do mar” (UFC, 2021).

Meses depois, em novembro de 2022, o então reitor da UFC, Cândido Albuquerque, organizou, no Condomínio de Empreendedorismo e Inovação (CEI), outro encontro, dessa vez com representantes da multinacional francesa TotalEnergies, empresa que já declarou interesse de investimento no Hub, visando apresentar os equipamentos e as pesquisas da universidade na área de H2V (UFC, 2022). O principal objetivo do reitor, e dos demais gestores e pesquisadores que participaram do encontro, segundo o documento consultado, foi o de atrair investimentos para criação de um “open lab” sobre o hidrogênio verde na UFC, buscando despertar, assim, o interesse da TotalEnergies para a abertura de parcerias de PD&I com a universidade. No entanto, até o momento, não se identificou a efetivação de nenhum tipo de UIC, formal ou informal, da multinacional com a UFC¹¹⁹.

Outrossim, em setembro de 2023, o CEO da subsidiária ArcelorMittal Pecém, Erik Torres, participou de uma reunião com o reitor da UFC, Custódio Almeida, com o objetivo de estabelecer parcerias com a universidade nas áreas de “engenharias, pesquisa e sustentabilidade” (UFC, 2023d), e visando “o desenvolvimento de novos produtos e sistemas (...) com foco em energias renováveis” (Kossling, 2023). Os documentos examinados não fornecem detalhes sobre as formas de colaboração a serem firmadas. No entanto, é possível identificar, entre outros tipos de UIC, a existência de troca informal de conhecimento, que ocorreu, por exemplo, a partir do “Workshop sobre Energias Renováveis”, organizado pela empresa em outubro de 2023, e que contou com a participação de “pesquisadores da UFC e colaboradores da ArcelorMittal Pecém”.

Na mesma direção, em janeiro de 2024, pesquisadores da UFC, junto com a vice-reitora Diana Azevedo, realizaram um encontro com a “gerente global de conteúdo local” da Fortescue, Danielle Maxwell, visando a prospecção de parcerias e apresentação das pesquisas em desenvolvimento na UFC sobre o tema do H2V (UFC, 2024b). Com efeito, parcerias da multinacional australiana com a UFC já ocorreram anteriormente, quando da elaboração do “Estudo Socioterritorial e Ambiental do Complexo Industrial e Portuário do Pecém”, o qual contou com a participação dos pesquisadores Alexandre Pereira e Jader Santos, do Departamento de Geografia. E, também em 2024, houve a assinatura de um acordo de pesquisa e inovação com a UFC para realização de um estudo geotécnico de

¹¹⁹ Este caso da UFC contrasta com as parcerias que a TotalEnergies tem firmado com outras universidades brasileiras na área de energias renováveis. Por exemplo, no ano de 2023, a empresa assinou convênios no valor de R\$134 milhões com universidades do Sudeste, como USP, UFRJ e Unicamp (TotalEnergies, 2023).

monitoramento do ecossistema marinho do entorno do CIPP, local no qual a empresa visa instalar sua planta de H2V (UFC, 2025).

Em novembro de 2024, por sua vez, dois projetos de pesquisa da UFC em colaboração com as empresas Aeris e Argo Soluções Tecnológicas Ltda foram selecionados no edital da Finep “Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis” (FINEP, 2024), recebendo em conjunto um valor superior a R\$20 milhões de reais. Os projetos “Carreta de Cilindros de Alta Performance em Compósitos para Armazenamento e Transporte de GNC e Biometano”, e “Desenvolvimento e Validação de um Sistema de Gestão de Energias Renováveis para Produção de Hidrogênio Verde”, encontram-se baseados numa parceria do Laboratório de Mecânica da Fratura e Fadiga (LAMEFF) com as empresas Aeris e Argo Soluções Tecnológicas Ltda, respectivamente (UFC, 2024c).

Quadro 28. Casos de aproximação da UFC com as empresas do Hub/CIPP na área de H2V (fevereiro 2021 a junho de 2025)

Ano	Empresas	Tipos de atividade	Tipos de UIC sugeridos	Acordo de cooperação assinado
2021	Qair	Encontro de apresentação	Pesquisas conjuntas; Uso compartilhado de laboratórios	Não
2022	TotalEnergies	Encontro de apresentação	Pesquisas conjuntas; Financiamento empresarial à pesquisa; Uso compartilhado de laboratórios	Não
2023	ArcelorMittal	Reunião com o reitor	Pesquisas conjuntas, Uso compartilhado de Laboratórios; Programa de estágio na empresa	Não
2024	Fortescue	Encontro de apresentação Estudo técnico de impacto social e ambiental Estudo técnico de monitoramento do ecossistema marinho	Pesquisa conjunta; Pesquisa conjunta; Pesquisa conjunta	Não Sim Sim
2024	Aeris	Evento do governo do estado	Parceria de inovação	Sim

Fonte: elaboração própria, a partir de UFC (2021); UFC (2022); Kossling (2023); UFC (2025); UFC (2024a).

Em síntese, a análise dos dados aponta um número ainda inexpressivo de aproximações das empresas do Hub/CIPP com a UFC, nos últimos anos, no sentido de estruturar parcerias na área de H2V. Neste quadro, entre os cinco tipos de atividades registradas, a maioria se deu sob a forma de “encontros de apresentação”, tendo, portanto,

apenas três casos de acordos de parcerias firmados – com as empresas Fortescue e Aeris, respectivamente. De igual modo, quanto ao perfil das empresas que estabeleceram contato com a universidade, a análise identificou a presença de quatro multinacionais (duas francesas, uma indiana, e uma australiana), e apenas uma brasileira, num total de 39 empresas que já assinaram MoUs com o Governo do Estado no âmbito do H2V. Dessa maneira, os dados analisados sugerem que o interesse de colaboração das empresas do Hub/CIPP que já se aproximaram da UFC até o momento, encontra-se mais direcionado às modalidades de UIC do tipo “pesquisas conjuntas” e o “uso compartilhado dos laboratórios” do que propriamente de “consultoria” ou “licenciamento de patentes”.

4.3.4 Patentes e licenciamento, artigos em coautoria e criação de startups por acadêmicos

Nessa perspectiva, levando em conta os indicadores de “patentes e licenciamento”, “artigos em coautoria” e “criação de *startups* por acadêmicos”, constata-se que a UFC ainda não apresenta patentes licenciadas na área de H2V¹²⁰, assim como não registra artigos publicados em coautoria com empresas. Por outro lado, no que se refere ao indicador de “criação de *startups*”, o exame dos editais do “Programa Pesquisador Empreendedor” (Funcap, 2023), do projeto “Tecnova III” (Funcap/Finep, 2024) e do “Programa Empreende UFC” (UFC, 2023a), evidencia que ações nesse sentido já estão ocorrendo, mesmo que de maneira ainda embrionária.

Por exemplo, no Programa Pesquisador Empreendedor, a UFC registrou a seleção de três projetos de *spin-offs* na área de energia¹²¹. Por sua vez, ao analisar o projeto Tecnova III – parceria da Funcap e da Finep -, identificou-se a seleção de apenas um projeto da UFC na área de energia. Trata-se do projeto “Plataforma Digital Integrada Para

¹²⁰ Neste ponto, os resultados são consistentes com os dados do *dashboard* do UFC Inova, que mostrar existir, até o momento, a existência de apenas duas tecnologias licenciadas na UFC: o capacete elmo e o natchup (UFCINOVA, 2025).

¹²¹ Um denominado “Monitoramento Da Integridade Física De Aerogeradores Utilizando Dados De Análise De Vibrações E Machine Learning”, do pesquisador George André Pereira Thé; outro chamado “Potia - Potência Com IA: Monitoramento De Inversores De Potência Com Inteligência Artificial E Eletrônica Embarcada”, do pesquisador Luiz Henrique Silva Colado Barreto; e um terceiro, voltado diretamente para a área de H2V, com o nome “Aperfeiçoar Produção De Hidrogênio Verde Por Corrente Pulsada A Partir Do Tratamento De Efluente Têxtil Para Fins De Reuso”, de autoria do pesquisador Ronaldo Ferreira Do Nascimento.

Comercialização e Investimento em Energia Renovável”, de autoria da *startup* “Virtutis Energy Ltda” incubada no Partec-UFC. Do mesmo modo, no que tange ao Programa Empreende UFC, uma iniciativa mais endógena da UFC voltada ao apoio de “propostas de empreendimentos inovadores, de negócios de impacto socioambiental e de negócios de base tecnológica” entre os docentes, técnicos e discentes da universidade (UFC, 2025b), o exame dos editais de 2021, 2022, 2023, e 2024 do Programa (UFC, 2021b; UFC, 2022b; UFC, 2023f; UFC, 2024c) assinala uma quantidade ainda incipiente de projetos de empreendedorismo na área de energias renováveis. Ao todo, identificou-se apenas dois empreendimentos no eixo de energia, o “Virtutis Energy”, coordenado pelo docente Francisco Crizanto de Barros Neto, e o “Walk-E: Geração de energia limpa a partir de células piezoelétricas”, do discente Francisco Prata Cavalcante Neto. Constatou-se, porém, que nenhum dos dois projetos se volta especificamente para o setor de H2V.

4.4 Projetos da UFC e grau de alinhamento com os desafios do H2V no estado

Atualmente, os principais desafios para estruturação da cadeia produtiva do H2V, em âmbito mundial, estão associados às dimensões econômica, política, tecnológica e socioambiental. Por exemplo, na dimensão econômica, Oliveira (2022) assinala os altos custos com eletricidade, eletrolisadores, logística, além da incerteza sobre a escala da demanda pelo H2V como significativos gargalos. Já na dimensão política, Siffert e Rocha (2023) chamam atenção para a necessidade de regulação, de certificação e de incentivos públicos que visem impulsionar os investimentos no setor.

Em se tratando da dimensão tecnológica, Puga e Asencios (2023) apontam a demanda por inovações que ajudem a melhorar a durabilidade e eficiência dos eletrolisadores, bem como para superação das dificuldades relacionadas ao armazenamento e ao transporte do H2V - processos que envolvem riscos de vazamento e explosão. Por sua vez, no caso das regiões do Sul Global, a exemplo do Brasil, e do estado do Ceará, em específico, é importante destacar, além das dificuldades já mencionadas, um outro conjunto de desafios, vinculado às injustiças sociais e ambientais que podem

ser agravadas pelo modelo hegemônico de transição energética estabelecido pelos países do Norte Global (Gorayeb e Brannstrom, 2022; Goldthau, Eicke e Weko, 2020).¹²²

Nessa direção, nosso estudo apresenta um exame dos projetos de H2V em curso na UFC, segundo a área de conhecimento e os elos da cadeia do H2V (Quadro 29). Na sequência, também se analisa de que maneira os projetos se relacionam com os principais gargalos para estruturação da cadeia produtiva do H2V no estado.

Quadro 29. Projetos de H2V segundo a área de conhecimento e o elo da cadeia

Ano	Projetos	Área	Elo da cadeia de H2V
2021	P1	Geografia	Impactos socioambientais
2022	P2	Gestão	Política/Regulação
2022	P3	Administração	Política/Regulação
2021	P4	Engenharia mecânica	Transporte
2022	P5	Física	Insumos e Equipamentos
2006	P6	Engenharia de Energias Renováveis	Produção
2023	P7	Engenharia mecânica	Uso final
2022	P8	Engenharia de Energias Renováveis	Produção
2022	P9	Engenharia Elétrica	Armazenamento
2022	P10	Engenharia Mecânica	Transporte
2022	P11	Engenharia Mecânica	Produção
2023	P12	Engenharia Mecânica	Produção
2024	P13	Engenharia Mecânica	Produção
2006	P14	Engenharia Química	Armazenamento
2022	P15	Engenharia Química	Armazenamento
2022	P16	Engenharia Química	Produção
2024	P17	Engenharia Química	Transporte
2024	P18	Engenharia Elétrica	Produção
2021	P19	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	Insumos e Equipamentos
2022	P20	Engenharia Química	Uso final
2022	P21	Engenharia Química	Produção
2022	P22	Engenharia Química	Produção
2022	P23	Engenharia Química	Insumos e Equipamentos
2022	P24	Engenharia Elétrica	Insumos e Equipamentos
2024	P25	Engenharia Elétrica	Produção
2022	P26	Engenharia Elétrica	Produção
2021	P27	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	Insumos e Equipamentos
2021	P28	Engenharia Química	Produção
2022	P29	Engenharia Química	Produção
2022	P30	Engenharia Química	Uso final
2024	P31	Química	Produção
2024	P32	Engenharia Química	Insumos e Equipamentos
2021	P33	Engenharia Química	Produção
2024	P34	Engenharia Mecânica	Armazenamento
2022	P35	Engenharia Química	Armazenamento

¹²² As discussões sobre as injustiças ambientais e sociais aprofundadas pelo modelo de transição energética atualmente em curso têm crescido nos últimos anos, e buscam problematizar, entre outros aspectos, os transtornos múltiplos que os processos de expansão capitalista dos empreendimentos de energia renovável acabam gerando sobre os territórios e o modo de vida das populações tradicionais (Faustino, Tupinambá e Meirelles, 2023), juntamente com os impactos causados sobre a biodiversidade local, e a poluição dos cursos d'água, a partir da intensificação das atividades mineradoras na região, no que alguns autores têm conceituado como “neoextrativismo” (Svampa, 2019), ou “extrativismo verde” (Furtado e Paim, 2024).

2024	P36	Engenharia Mecânica	Produção
2022	P37	Administração	Política/Regulação
2021	P38	Administração	Política/Regulação
2021	P39	Administração	Política/Regulação
2023	P40	Ciências Sociais	Impactos Socioambientais
2024	P41	Ciências Sociais	Política/Regulação

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Como se observa, os projetos da UFC se estendem, praticamente, por todos os elos da cadeia do H2V, manifestando, porém, uma evidente predominância no elo de “produção” (n=14), seguido dos elos de “insumo e equipamentos” (n=6), de “armazenamento” (n=5), de “política e regulação” (n=5), de “transporte” (n=4) e de “uso final” (n=3). Neste aspecto, o elo de “impactos socioambientais” (n=1) se mostra como o menos contemplado pelos projetos em curso na universidade.

De igual modo, ao estabelecer uma relação entre elos da cadeia e as respectivas áreas de conhecimento dos projetos, evidencia-se uma clara predominância da área de Engenharia Química. Assim, a área assume protagonismo entre os projetos associados ao elo de “produção” (n=6), ao elo de “armazenamento” (n=3), ao elo de “insumos e equipamentos” (n=2), e ao elo de “uso final” (n=2). Por sua vez, entre os projetos do elo de “transporte”, a área de Engenharia Mecânica é a que se destaca (n=2). Já entre os projetos do elo de “política/regulação”, o destaque reside na área de Administração/Gestão (n=5). E, por fim, no elo de impactos socioambientais, o único projeto existente na UFC provém da área de Geografia.

4.4.1 Projetos de H2V da UFC e gargalos técnico-econômicos do H2V

Nesse sentido, no que se refere ao grau de alinhamento dos projetos da UFC com a superação dos desafios tecnológicos e econômicos para estruturação da cadeia do H2V, o exame mostra que a maioria das iniciativas em curso na universidade se encontra ajustada ao referido escopo. Isto se manifesta, por exemplo, no projeto “Heteroestruturas de perovskitas de haleto metálicos aplicadas à geração fotocatalítica de hidrogênio verde”, do físico Pedro Ayala, que visa a melhoria da eficiência e a redução dos custos de produção dos painéis solares, com base no uso de novos materiais (perovskita) (Ayala *et al.*, 2024, p.86-87).

A esse respeito, ainda se observa o projeto “Novos materiais de baixo custo para produção de hidrogênio em célula de eletrólise microbiana”, da engenheira Fernanda Lobo, juntamente com os projetos “Sensoriamento no Armazenamento de Hidrogênio por Luminescência de Hidretos”, do engenheiro Antônio Sombra, e “Nanocompósitos a base de magnésio para armazenamento químico de hidrogênio”, da engenheira Diana Azevedo, que se voltam, cada um à sua maneira, para a melhoria da eficiência e diminuição dos riscos envolvidos nos processos de armazenamento do H₂.

4.4.2 Projetos de H₂V da UFC e gargalos político-regulatórios e socioambientais do H₂V

No que tange aos desafios políticos/regulatórios, a existência do projeto “Políticas públicas e respostas corporativas para promoção do desenvolvimento econômico sustentável no HUB do hidrogênio verde com ênfase na economia circular”, da pesquisadora Mônica Abreu, e do projeto “Mapeamento de Pesquisas, Grupos de Pesquisa e Laboratórios em H₂V”, da pesquisadora Flávia Collaço, que visam gerar subsídios técnicos e científicos para a “gestão de políticas públicas e a transferência de conhecimento, em articulação com gestores públicos, com a iniciativa privada e com a sociedade civil, em torno de temas estratégicos como o da transição energética, energias renováveis e Hidrogênio Verde (H₂V)” (LECOS, 2025b), mostra que a preocupação com a superação desse tipo de gargalo não está sendo negligenciada pelos projetos em curso na UFC. Por outro lado, a existência de um único projeto no elo dos impactos socioambientais, conforme observado no Quadro 29, sugere um nível de engajamento ainda reduzido dos pesquisadores da universidade com a elaboração de projetos voltados à superação dos gargalos de natureza ambiental e social.

4.5 Externalidades do Hub para a UFC

De acordo com a literatura discutida no Capítulo 1, os estudos sobre inovação reversa, por exemplo, mostram que nas últimas décadas as multinacionais deixaram de concentrar suas atividades de P&D exclusivamente nas matrizes, passando a apresentar,

ao contrário, o interesse de que as subsidiárias explorem o desenvolvimento de inovações nos mercados locais (Cortonesi, 2016). Do mesmo modo, a literatura sobre inovação aberta, chama atenção para emergência do paradigma da *open innovation* (Chesbrough, 2003), destacando o crescimento das atividades de P&D das empresas em colaboração com redes externas de inovação¹²³.

Nesse sentido, nosso objetivo aqui consiste em discutir os tipos de externalidades ou *spillovers* que as empresas do Hub de H2V podem gerar para o ecossistema local de inovação, particularmente, as universidades. Para tanto, realiza-se uma análise das empresas que já anunciaram interesse de se hospedar no Hub, procurando, a partir disso, caracterizar a intensidade tecnológica de suas atividades segundo a terminologia da OCDE, e seu alinhamento com as práticas de inovação aberta, podendo, assim, projetar possíveis tipos de externalidades dessas empresas para as universidades locais, em termos de melhoria da infraestrutura laboratorial, parcerias de inovação, licenciamento de tecnologia, capacitação de recursos humanos, ou mesmo através da realização de apoio financeiro.

4.6 Caracterização das empresas do Hub segundo a Taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE

A taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE (Quadro 30) consiste num método desenvolvido para mensurar o desempenho tecnológico dos setores econômicos, hierarquizando as atividades em quartis de alta, média-alta, média, média-baixa e baixa intensidade tecnológica. Neste caso, o cálculo do percentual de intensidade tecnológica se fundamenta na razão do volume de investimentos em P&D pelas receitas líquidas das empresas (Marques, Roselino e Mascarini, 2019).

Quadro 30. Tipos de setores econômicos de acordo com a intensidade tecnológica

Setores econômicos	Intensidade Tecnológica
<ul style="list-style-type: none"> • Informática, eletrônicos e produtos ópticos • Desenvolvimento de sistemas (softwares) 	Alta

¹²³ As práticas de *open innovation* se mostram, segundo Cortonesi (2016), como uma estratégia vantajosa para competitividade das empresas, visto atenuar os custos individuais com recursos humanos e financeiros de P&D, além de proporcionar a captação de subsídios de conhecimentos externos que aceleram o tempo de conclusão dos processos de inovação.

<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa e desenvolvimento científico 	
<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas e Equipamentos (M&Es) • Químicos • Máquinas e equipamentos elétricos • Veículos automotores e autopeças 	Média-Alta
<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção, reparação e instalação de M&Es • Metalurgia básica 	Média
<ul style="list-style-type: none"> • Refino de petróleo e biocombustíveis • Indústria extrativa 	Média-baixa
<ul style="list-style-type: none"> • Eletricidade e gás, energia, água, esgoto e limpeza urbana • Construção • Transporte, armazenagem e correio 	Baixa

Fonte: Adaptado de Morceiro (2019)

Com efeito, na última atualização do modelo taxonômico, realizada no ano de 2016, a OCDE enriqueceu o modelo, de modo a incorporar “praticamente todos os setores de atividade da economia” (Morceiro, 2019, p.8), incluindo as atividades de serviços e não-manufatureiras, como indústria extrativa e empresas de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana (Morceiro, 2019, p.9). Para fins de nosso estudo, realizou-se uma adaptação da tabela de atividades apresentada por Morceiro (2019), ao selecionar apenas os tipos que mantêm relação com as atividades desempenhadas pelas empresas do Hub (Quadro 31).

Quadro 31. Caracterização das empresas do Hub segundo a Taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE

Empresa	Atividade	Intensidade Tecnológica
EDP	Energia	Baixa
Fortescue	Mineração/Energia	Baixa
Casa dos Ventos / Comerc	Energia	Baixa
AES	Energia	Baixa
Cactus Energia	Energia	Baixa
Voltalia	Energia	Baixa
FRV	Energia	Baixa
Enegix Energy	Energia	Baixa
Qair	Energia	Baixa
Transhydrogen Alliance	Energia	Baixa
Engie	Energia	Baixa
Enel	Energia	Baixa
Go Verde	Energia	Baixa
Grupo Jepri	Energia	Baixa
Linde / White Martins	Energia	Baixa
Eletróbrás	Energia	Baixa
Alupar	Energia	Baixa
Diferencial Energia	Energia	Baixa
Eneva	Energia	Baixa
H2 Green Power Ltda.	Energia	Baixa
H2 Helium	Energia	Baixa
Nexway	Energia	Baixa
Energy Vault SA	Máquinas e Equipamentos	Média-Alta
Neoenergia / Iberdrola	Energia	Baixa
HDF Energy	Energia	Baixa

Total Eren	Energia	Baixa
EDF	Energia	Baixa
Platform Zero	N/A	N/A
CIPP/Porto de Roterdã	N/A	N/A
BP Energy	Energia	Baixa
Lightsource BP	Energia	Baixa
Hytron/NEA	Máquinas e Equipamentos	Média-Alta
Mitsui / Caetano Bus	Veículos automotores e autopeças	Média-Alta
Hitachi Energy	Máquinas e Equipamentos	Média-Alta
ABB Automation	Máquinas e Equipamentos	Média-Alta
Powerchina	Energia	Baixa
SPIC	Energia	Baixa
Gansu Science and Technology	Pesquisa e desenvolvimento científico	Alta
Goldwind	Máquinas e Equipamentos	Média-Alta
CIPP/ Porto de Sines	N/A	N/A
Grupo CGN	Energia	Baixa
N/A: não se aplica.		

Fonte: elaboração própria, a partir de Morceiro (2019) e Cunha Filho (2024).

Nota-se, assim, que a esmagadora maioria das empresas que já anunciaram interesse de investimento no Hub do Pecém se localiza num segmento econômico caracterizado como de “baixa intensidade tecnológica”. No entanto, isto não significa dizer que as empresas assim classificadas são estéreis na geração de inovação¹²⁴. Em vez disso, os dados mencionados indicam apenas que as empresas do setor de baixa intensidade tecnológica costumam investir um percentual menor de suas receitas em P&D (Furtado e Carvalho, 2005), comparativamente a outros setores. Assim, a radiografia da intensidade tecnológica dos setores se mostra um importante recurso para dimensionar o perfil de inovação das empresas do Hub, levando em conta o volume de investimentos que costumam realizar em P&D.

É preciso ter em vista, no entanto, a complexidade das atividades de inovação no âmbito empresarial, e mais do que isso, o grau de abertura das empresas para colaborações de inovação com atores externos, incluindo universidades. Por conta disso, do ponto de vista de nossa pesquisa, é interessante complementar o exame da intensidade tecnológica das empresas do Hub, com uma análise da adesão dessas empresas com as práticas de

¹²⁴ Isto pode ser percebido quando se analisa o desempenho de inovação das empresas de baixa intensidade tecnológica, não a partir do percentual de P&D investido, mas do indicador de patentes. De fato, apesar de ainda se situarem atrás de corporações dos setores farmacêuticos e de tecnologia, como Novartis, P&G, Microsoft e Whirlpool, empresas de setores de baixa e/ou média intensidade tecnológica, como a Petrobrás, a AkzoNobel e ADAMA não deixam de apresentar volumes razoáveis de depósitos de patentes (Correia, Basso e Porto, 2022).

inovação aberta (Chesbrough, 2003). Assim, a Tabela 1 mostra o perfil de inovação das empresas do Hub.

Tabela 1. Caracterização das empresas do Hub segundo o grau de inovação aberta¹²⁵

Empresa	Total de patentes no INPI	Patentes em cotitularidade	Grau de Inovação Aberta (%)
EDP	17	8	47%
Fortescue	7	0	0%
Casa dos Ventos / Comerc	N/E	N/E	N/E
AES	30 ¹²⁶	2	6,6%
Cactus Energia	N/E	N/E	N/E
Voltalia	N/E	N/E	N/E
FRV	N/E	N/E	N/E
Energix Energy	N/E	N/E	N/E
Qair	N/E	N/E	N/E
Transhydrogen Alliance	N/E	N/E	N/E
Engie	40	7	17,5%
Enel	31	2	6,4%
Go Verde	N/E	N/E	N/E
Grupo Jepri	N/E	N/E	N/E
Linde / White Martins	33	2	6%
Eletrobrás	31	14	45%
Alupar	N/E	N/E	N/E
Diferencial Energia	N/E	N/E	N/E
Eneva	2	1	50%
H2 Green Power Ltda.	N/E	N/E	N/E
H2 Helium	N/E	N/E	N/E
Nexway	N/E	N/E	N/E
Energy Vault SA	7	0	0%
Neoenergia / Iberdrola	10	6	60%
HDF Energy	N/E	N/E	N/E
Total Eren	N/E	N/E	N/E
EDF	5	4	80%
Platform Zero	N/E	N/E	N/E
CIPP/Porto de Roterdã	N/E	N/E	N/E
BP Energy	7	0	0%
Lightsource BP	N/E	N/E	N/E
Hytron/NEA	1	1	100%
Mitsui / Caetano Bus	594	77	12,9%
Hitachi Energy	184	0	0%
ABB Automation	6	0	0%
Powerchina	N/E	N/E	N/E
SPIC	N/E	N/E	N/E
Gansu Science and Technology	N/E	N/E	N/E

¹²⁵ O procedimento metodológico empregado para elaboração da tabela se baseou no modelo desenvolvido por Luqueze (2017), e na busca dos depósitos no repositório de patentes do INPI, de acordo com o nome da empresa depositante. Num primeiro momento, o procedimento foi reproduzido para as 38 empresas que já assinaram MoUs com o Governo Estadual, e, num segundo momento, realizamos a identificação do número de patentes em cotitularidade, a partir do número de patentes total encontrado para cada empresa.

¹²⁶ Nesse levantamento foram consideradas as patentes registradas sob o nome da RGE SUL DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A, uma vez que até o ano de 2016 a empresa era de propriedade da multinacional AES Corporation, sendo adquirida apenas em 2016 pela CPFL (CanalEnergia, 2016).

Goldwind	64	0	0%
CIPP/ Porto de Sines	N/E	N/E	N/E
Grupo CGN	N/E	N/E	N/E
*N/E: não encontrado.			

Fonte: elaboração própria, a partir de Luqueze (2017) e dados do INPI.

Com efeito, o “grau de inovação aberta”, mencionado na tabela, encontra-se fundamentado no “indicador do grau de inovação aberta”, elaborado por Luqueze (2017, p.68), e cuja mensuração ocorre a partir da razão entre o número de patentes em cotitularidade pelo número total de patentes depositado pelas empresas (Correia, Basso e Porto, 2022). Assim, na “matriz de classificação do grau de inovação aberta” (Luqueze, 2017, p.135), que resulta da aplicação do indicador, as empresas que demonstram um percentual de patentes em cotitularidade entre 0% e 25% se encaixam num perfil de “inovação fechada”. Já as empresas com percentual de cotitularidade entre 26% e 50% se inserem num padrão de “inovação parcialmente aberta”. Por fim, as empresas que dispõem de um percentual de cotitularidade entre 51% e 75% são reconhecidas como praticando “inovação aberta”; enquanto as empresas com percentual entre 76% e 100% se enquadram no perfil de “inovação extremamente aberta”.

Nessa perspectiva, ao analisar o perfil de inovação das empresas do Hub, com base no modelo de Luqueze (2017), observa-se o seguinte. Entre as 16 empresas que registram depósitos de patentes no INPI, a ampla maioria se enquadra na classificação de “inovação fechada” (n=11), com destaque para empresas que não registraram nenhuma patente em cooperação com atores externos, casos da chinesa Goldwind, da japonesa Hitachi Energy, da britânica BP Energy, da suíça Energy Vault SA, e da australiana Fortescue¹²⁷. Nesse grupo de empresas, a francesa Engie é a única que demonstra apresentar, entre as patentes em cotitularidade, a realização de parcerias com universidades, a exemplo da UFSC.

Por sua vez, a multinacional portuguesa EDP, sendo a única empresa do Hub a produzir uma molécula de H2V até o momento (CIPP-PECÉM, 2023), apresenta um grau de inovação considerado “parcialmente aberto”, aspecto que compartilha com as brasileiras Eletrobrás e Eneva. No caso da Eletrobrás, em especial, é interessante salientar que no conjunto de 14 patentes registradas em colaboração com atores externos, três delas

¹²⁷A Fortescue, aliás, tem sido anunciada como a empresa mais adiantada nos processos para construção de uma usina de H2V no Hub (Guimarães, 2024).

envolvem a parceria com universidades (uma com UFMG, uma com UFRJ e outra com UFRJ e CEFET).

Assim, entre as empresas listadas na tabela, a multinacional espanhola Neoenergia/Iberdrola consiste na única que, a rigor, dispõe realmente de um perfil de “inovação aberta”, com destaque para as parcerias que mantém com universidades locais, evidenciadas através das três patentes em cotitularidade com Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Sob este aspecto, não deixa de chamar atenção o desempenho da empresa francesa EDF e da alemã Hytron¹²⁸, que, apesar do baixo número de patentes registradas no INPI, apresentam uma proporção considerável de cotitularidade no total de patentes, o que leva a reconhecer suas atividades ocorrendo num “grau de inovação extremamente aberta” (Luqueze, 2017; Correia, Basso e Porto, 2022).

Por fim, num comparativo do perfil de intensidade tecnológica das empresas do Hub com o seu respectivo grau de inovação, percebe-se que as empresas localizadas nos setores de maior intensidade tecnológica (Energy Vault SA, Mitsui, Hitachi Energy, ABB Automation) demonstram compartilhar de um grau de inovação fechada. Neste caso, as únicas exceções são a Hytron, que dispõe de um perfil de inovação considerado “extremamente aberto”, e a corporação chinesa Gansu Science and Technology, que não registra depósitos de patentes no INPI, inviabilizando, assim, a caracterização de seu grau de inovação. Estes resultados coincidem, assim, com o que argumenta Luqueze (2017), ao mostrar em sua pesquisa que o paradigma da inovação aberta, ou seja, o desenvolvimento de patentes em cooperação com atores externos, não aparenta ser uma estratégia tão adotada pelas empresas de maior intensidade tecnológica (Luqueze, 2017, p.141).

4.7 Tipos de externalidades ou *spillovers* do Hub para a UFC

¹²⁸ O caso da Hytron é *sui generis*, por se tratar de uma empresa que nasceu a partir de uma *spin-off* criada por engenheiros da Unicamp, no ano de 2003 (USINAGEMBRASIL, 2024), vindo a ser comprada, somente em 2020, pela multinacional alemã Neuman & Esser. No entanto, a única patente da Hytron registrada no INPI é de 2005, ou seja, antes de fazer parte da Neuman & Esser, o que não garante, assim, que a empresa continue sendo caracterizada num “grau de inovação extremamente aberta”.

Com efeito, uma vez que a UFC integra formalmente o Hub de H2V do Pecém, é interessante realizar uma caracterização das possíveis externalidades ou *spillovers*¹²⁹ que as empresas do Hub podem gerar para a universidade, permitindo, assim, analisar de que modo tais empresas podem beneficiar as atividades de CT&I da UFC, em termos de melhoria da sua infraestrutura laboratorial, apoio financeiro, licenciamento de tecnologia, capacitação de recursos humanos, ou mesmo através da realização de parcerias de inovação.

Nesse sentido, ao consultar a literatura sobre *spillovers* no contexto dos *clusters* industriais¹³⁰, Vilela Júnior (2010) ressalta que a importância dos *spillovers* tecnológicos varia de acordo com o setor industrial, e assinala que o papel dos *spillovers* desse tipo costuma ser mais expressivo “em setores onde há uma grande intensidade de P&D e há necessidade de mão-de-obra altamente qualificada” (Vilela Júnior, 2010, p.50)¹³¹. Em seu estudo, Vilela Júnior (2015) ainda destaca que os fluxos de *spillovers* podem ocorrer tanto de modo formal quanto informal. Por exemplo, os transbordamentos realizados por meio de “licenciamento, parcerias, alianças ou contratos de fornecimento” (Vilela Júnior, 2015, p.56) são reconhecidos como “formais”; enquanto os que se dão sob a forma de “encontros comerciais ou sociais e pela mobilidade de empregados” (Vilela Júnior, 2015, p.56), são classificados como “informais”.

Em direção análoga, Correia e Pereira (2006), na esteira de Lenger e Taymaz (2005), mencionam outros três tipos de *spillovers*: 1) os *spillovers* horizontais, como sendo aqueles que transcorrem entre as empresas do mesmo setor econômico ou região,

¹²⁹ Em nossa pesquisa, os termos “externalidades” e “*spillovers*” são usados como sinônimos para se referir aos transbordamentos positivos que o Hub de H2V pode gerar para as universidades locais. A propósito, é válido ressaltar que o próprio economista Alfred Marshall (1842-1924), precursor dos estudos sobre *clusters* industriais, concebia *spillovers* como uma das formas de externalidades positivas geradas pelos *clusters* (Iammarino e McCann, 2006).

¹³⁰ O conceito de “*cluster* industrial” remete aos estudos do economista inglês Alfred Marshall sobre os “distritos industriais”. No entanto, o sentido atual do conceito se disseminou a partir do trabalho do economista norte-americano Michael Porter, que define um *cluster* industrial como “um agrupamento geograficamente concentrado de empresas inter-relacionadas e instituições correlatas numa determinada área, vinculadas por elementos comuns e complementares” (Porter *apud* Sato, 2002, p.9). Cabe esclarecer, assim, que no que se refere ao escopo de nosso estudo, o conceito de *cluster* industrial permite ser intercambiado, sem maiores complicações, com o de “Hub portuário”, a exemplo do Hub de H2V do Pecém.

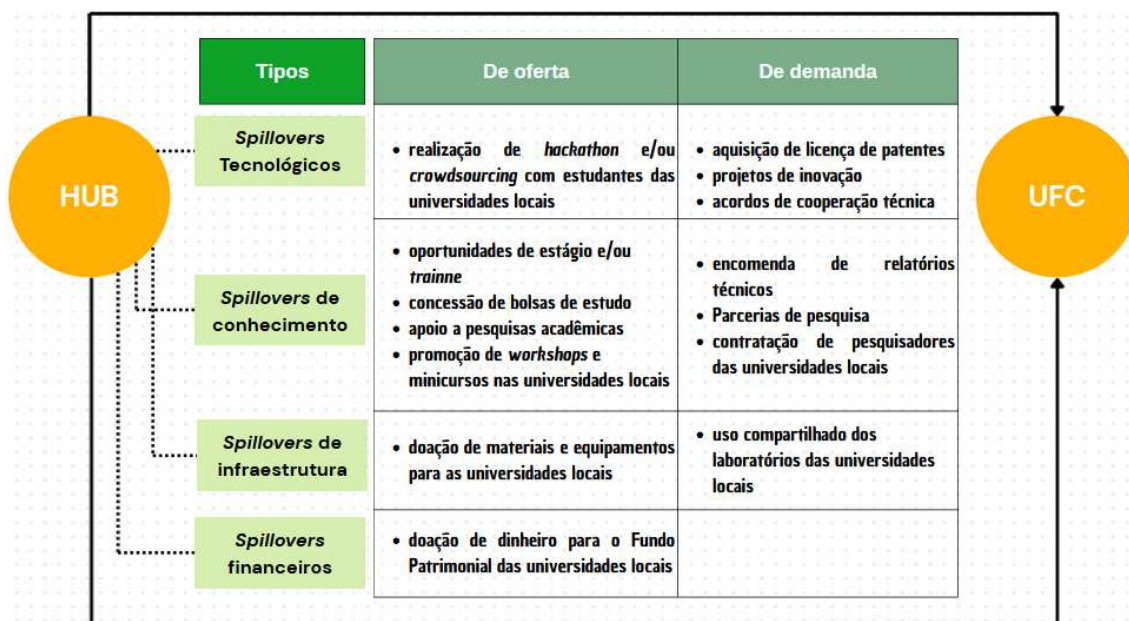
¹³¹ Sob este aspecto, o cruzamento dos apontamentos de Vilela Júnior (2010) com a caracterização da intensidade tecnológica das empresas do Hub (Quadro 30), permite sugerir que os fluxos de *spillovers* tecnológicos que podem se estabelecer entre as empresas do Hub não se projeta como tão intenso, visto que a maioria das corporações se localiza em setores de média ou baixa intensidade tecnológica.

e que se manifestam, geralmente a partir “da cooperação e das estratégias relacionais estabelecidas entre as empresas” (Correia e Pereira, 2006, p.72), 2) os *spillovers* verticais, que se referem aos transbordamentos ocorridos entre empresas de setores ou regiões diferentes, e 3) os *spillovers* de trabalho, os quais se dão a partir dos processos de rotatividade de trabalhadores entre as empresas (Correia e Pereira, 2006).

Por fim, Cristo-Andrade e Sidoncha (2019), ao abordar a evolução do conceito de *spillovers* de conhecimento, apresentam uma diversidade de estudos que tratam dos “fluxos de conhecimento não intencionais, contínuos e gratuitos que vão de um ponto ao outro de uma determinada rede” (Cristo-Andrade e Sidoncha, 2019, p.2), destacando suas diferentes contribuições. Em seu esforço de síntese, os pesquisadores sublinham a importância que a literatura atribui ao capital humano como vetor de difusão dos *spillovers* de conhecimento, a proximidade geográfica entre as empresas, e o papel do *spillovers* de conhecimento para geração de retornos positivos às empresas, sob a forma de “investimentos, criação de empregos e crescimento econômico” (Cristo-Andrade e Sidoncha, 2019, p.5).

Com base nessa literatura, pode-se notar que grande parte dos estudos sobre *spillovers* de conhecimento (Cristo-Andrade e Sidoncha, 2019), e mesmo das pesquisas que investigam a ocorrência dos *spillovers* no contexto dos *clusters* industriais (Vilela Júnior, 2015; Vilela Júnior, 2010), voltam-se a analisar mais a geração e difusão dos *spillovers* entre as empresas, do que propriamente entre as empresas e os atores que compõem ecossistema local de inovação, a exemplo das universidades. Sob este ponto, mesmo quando consideram a participação das universidades nos *clusters*, destacando sua relevância como “fonte de conhecimento para as empresas no desenvolvimento científico e tecnológico” (Vilela Júnior, 2015, p.55; Döring e Schnellenbach, 2004), os estudos se concentram apenas nos fluxos de *spillovers* que ocorrem das universidades para as empresas, não explorando, assim, a ocorrência de fluxos inversos, isto é, as externalidades que se dão das empresas para as universidades.

Por conta disso, apesar de não ignorar as considerações da literatura sobre o tema, nossa pesquisa se apropria dos seus apontamentos como subsídios para a elaboração de um modelo de classificação dos fluxos de *spillovers* adaptado ao estudo das relações do Hub de H2V com a UFC, permitindo, assim, a caracterização de suas possíveis externalidades para a universidade de acordo com os seus tipos (Figura 32).

Figura 32. Tipos possíveis de *spillovers* do Hub para a UFC

Fonte: elaboração própria, a partir de Villela Júnior (2010) e Tordoya (2025).

Em nosso modelo, portanto, os “*spillovers* tecnológicos”¹³² consistem nos transbordamentos que envolvem o estímulo às atividades de PD&I e o desenvolvimento de produtos ou serviços de inovação da universidade, a exemplo do licenciamento de patentes e da promoção de maratonas de inovação (*hackathon* e *crowdsourcing*¹³³, por exemplo). Enquanto isso, os “*spillovers* de conhecimento” são os transbordamentos que envolvem o estímulo à criação de conhecimento básico, sob a forma de pesquisa, relatório técnico, mas também de aprendizagem e capacitação dos recursos humanos da universidade, podendo se materializar, por exemplo, a partir de oportunidades de estágio nas empresas do Hub, de programas de *trainee*, e de bolsas de estudo para estudantes.

Já os “*spillovers* de infraestrutura” representam os transbordamentos que envolvem a concessão de equipamentos e/ou materiais de pesquisa para as universidades, proporcionando a melhoria dos laboratórios e de sua infraestrutura de CT&I. E, por fim,

¹³² A definição dos tipos de “*spillovers* tecnológicos” e “*spillovers* de conhecimento”, tal como usada em nosso modelo, foi elaborada com base nos apontamentos que Villela Júnior (2010) desenvolve acerca das dimensões do conhecimento criado nos *clusters* industriais (Villela Júnior, 2010, p.42). Na ocasião, o pesquisador define o conhecimento tecnológico como aquele que envolve esforços de P&D e conhecimento aplicado ao desenvolvimento de produtos ou serviços (Villela Júnior, 2010, p.42). Por contraste, o conhecimento científico básico é o que não envolve propriamente o desenvolvimento de produtos ou serviços.

¹³³ Os *hackathon* (Tordoya, 2025) e os *crowdsourcing* (Evermonte, 2025) se referem às atividades dinâmicas, organizadas com o propósito de captar *insights* e sugestões para desenvolvimento de soluções inovadoras, a partir do trabalho cooperativo e multidisciplinar de diferentes atores, podendo envolver tanto colaboradores das empresas, quanto pesquisadores, e estudantes das universidades.

os “*spillovers* financeiros” são os transbordamentos que envolvem o apoio financeiro para as universidades, sob a forma de donativos em dinheiro, por exemplo, a serem usados para despesas de custeio no geral, ou aplicadas a projetos específicos¹³⁴.

Em conjunto, os quatro tipos de *spillovers* mencionados ainda podem ser organizados entre os “*spillovers* de oferta”, isto é, os processos de transbordamento que as empresas realizam no sentido de fornecer determinados recursos às universidades locais, e os “*spillovers* de demanda”, ou seja, os processos de transbordamento que as empresas realizam a partir da solicitação/contratação de produtos e/ou serviços dessas universidades.

4.7.1 Casos de *spillovers* em andamento

Nessa perspectiva, com o objetivo de caracterizar os possíveis *spillovers* gerados pelo Hub para a UFC, com base no modelo de classificação então apresentado, realizou-se uma prospecção no portal da UFC, usando o nome das empresas como principal termo de busca¹³⁵. A aplicação do procedimento se deu conforme o nome das empresas que já assinaram MoUs com o Governo do Estado.

Assim, das 40 empresas que já assinaram MoUs com o Governo do Estado no âmbito do H2V, apenas três sinalizaram algum tipo de externalidade para a UFC (Quadro 32). São elas: Fortescue, Qair e Mingyang. Por exemplo, a Fortescue já demandou os serviços de pesquisadores da UFC em, pelo menos, duas ocasiões. A primeira se deu a partir da elaboração de um relatório técnico, chamado “Estudo socioterritorial e ambiental do Complexo Industrial e Portuário do Pecém” (UFC, 2024b), para avaliação dos impactos sociais e ambientais da implantação da usina de H2V sobre as comunidades do

¹³⁴ No que trata da legislação sobre as doações para universidades, no ano de 2023, foi aprovada no Senado a Lei 2.440/23, que busca impulsionar os donativos para as universidades por meio de incentivos tributários aos Fundos Patrimoniais (*endowments*) (IDIS, 2024). No mesmo ano, a UFC anunciou a RESOLUÇÃO Nº 03/CONSUNI (RESOLUÇÃO Nº 03, 2023g), que criou o Fundo Patrimonial da UFC, mecanismo legal para estimular a captação de recursos, possibilitando que “pessoas físicas e jurídicas façam doações financeiras destinadas a projetos de educação, ciência, tecnologia, inovação, cultura e demais ações de interesse público no âmbito da UFC” (UFC, 2023h). Como desdobramento dessa iniciativa, a UFC lançou um portal virtual para gestão de doações (<https://doacoes.fcpc.ufc.br/projects>), disponibilizando o passo a passo para realizar as doações, junto a uma lista dos projetos suscetíveis de serem apoiados.

¹³⁵ O portal da UFC, como se sabe, é o canal oficial que a universidade utiliza para divulgar suas notícias, proporcionando, assim, a verificação de quaisquer atividades que, porventura, tenham sido realizadas entre a UFC e as empresas do Hub.

entorno do CIPP, contando com a colaboração de pesquisadores do Departamento de Geografia da UFC. Já a segunda ocorreu através da assinatura de um acordo de pesquisa, em 2024, para realização de um estudo geotécnico de monitoramento da vida marinha na área em que a planta de H2V será construída¹³⁶.

Do mesmo modo, a palestra ministrada pelo “*chairman*” da empresa Fortescue, Andrew Forrest, durante os Encontros Universitários de 2023 (UFC, 2024b), pode ser caracterizada também como um exemplo de “*spillovers* de conhecimento”; mesmo que, neste caso, os transbordamentos tenham ocorrido de maneira informal (Vilela Júnior, 2015), ou seja, sem a assinatura de acordos de cooperação técnica ou de transferência de tecnologia.

A Qair, por sua vez, realizou em 2021, um encontro com pesquisadores e gestores da UFC para apresentar os principais projetos da empresa no Ceará. Na reunião, o diretor de operações da empresa assinalou o interesse de usar os laboratórios da universidade para realização de possíveis ensaios” (UFC, 2021a), juntamente com a estruturação de parcerias de pesquisa e inovação nas “áreas de H2V, amônia verde e dessalinização da água do mar”. A declaração do dirigente da empresa sugere a ocorrência de possíveis *spillovers* de conhecimento, tecnológicos e até mesmo de infraestrutura para a universidade. No entanto, até o momento, a promessa de cooperação entre a Qair e UFC ainda não se mostrou, de fato, efetivada.

Em uma aproximação de caráter mais formal, a empresa de energia Mingyang assinou com a UFC, no ano de 2021, um “protocolo de intenção” (UFC, 2021c). O MoU estabelecido, previa, entre outras ações, a visita de pesquisadores e discentes da pós-graduação da UFC nas plantas de produção da empresa na China, oportunidades de estágio nas unidades fabris e nos centros de pesquisa da empresa, juntamente com parcerias de pesquisa, e realização de palestras e seminários pelo presidente da Mingyang, Zhang Qiying, na condição de professor visitante.

Por fim, a ArcelorMittal¹³⁷, apesar de não registrar um MoU formalmente assinado com o Governo do Estado para produção de H2V, é uma das empresas que mais

¹³⁶ O estudo chamado “*Marine Environmental Baseline Studies (MEBS)*”, então em andamento, conta com a participação de mais de 30 pesquisadores da UFC, sendo coordenado pelo docente Marcelo Soares, do Labomar (UFC, 2025a).

¹³⁷ A ArcelorMittal é uma empresa que se mantém ativa nas movimentações para construção do Hub de H2V no Pecém, chegando, inclusive, a declarar expressamente o interesse de utilizar o H2V gerado no

se destaca no que se refere à geração de externalidades para a UFC. Isto se evidencia pelo número de encontros dos representantes da empresa com os gestores da universidade nos últimos anos, visando o encaminhamento de iniciativas conjuntas. Desde a criação de um programa de estágios e de *trainee* para estudantes de engenharia da UFC (UFC, 2023d), até o patrocínio de estudantes da UFC em competições internacionais na área de siderurgia, como a *SteelChallenge* (UFC, 2020), em 2020, e o Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica (Enemet), em 2023 (Kossling, 2023). Mais recentemente, uma equipe da empresa realizou um *workshop* sobre energias renováveis na UFC, chegando a sinalizar, na ocasião, o interesse de estabelecer parcerias de pesquisa com a universidade (Kossling, 2023).

Quadro 32. Empresas do Hub segundo os tipos de *spillovers* gerados para a UFC

Empresa	Atividades realizadas ou sugeridas	Tipos de <i>spillovers</i>	Status de implementação dos <i>spillovers</i>
Fortescue	Estudo técnico	De conhecimento [de demanda]	Realizado
	Estudo Técnico	De conhecimento [de demanda]	Em andamento
	Palestra	De conhecimento [de oferta]	Realizado
Qair	Encontro de apresentação	De conhecimento [de oferta]	Realizado
	Parcerias de pesquisa	De conhecimento [de demanda]	N/I
	Uso de laboratórios da universidade	De infraestrutura [de demanda]	N/I
Mingyang	Oportunidades de estágio na empresa	De conhecimento [de oferta]	N/I
	Intercâmbio de pesquisadores	De conhecimento [de oferta]	N/I
	Parcerias de pesquisa	De conhecimento [de demanda]	N/I
	Palestras e seminários	De conhecimento [de oferta]	N/I
ArcelorMittal	Oportunidades de estágio na empresa	De conhecimento [de oferta]	Realizado
	Parcerias de pesquisa	De conhecimento [de demanda]	N/I
	<i>Workshops</i>	De conhecimento	Realizado

Hub nos seus processos de fabricação de aço, o que se ratificou por meio do MoU firmado com a EDP, em 2023, visando estudar a viabilidade técnica e econômica de uma planta piloto de H2V (ARCELORMITTAL, 2023).

	Patrocinar a participação de estudantes em eventos	[de oferta] Financeiro [de oferta]	Realizado
--	--	--	-----------

Fonte: elaboração própria, a partir de dados de UFC (2024b); UFC (2021a); Vilela Júnior (2015); UFC (2021c); UFC (2020) e Kossling (2023).

De modo geral, os resultados sublinham o caráter ainda inexpressivo da ocorrência de *spillovers* das empresas do Hub para a UFC. Assim, no conjunto dos casos identificados, a maioria das externalidades geradas se caracteriza como sendo do tipo “*spillovers* de conhecimento”, e, em menor medida, de “*spillovers* de infraestrutura” e de “*spillovers* financeiros”. Sob este aspecto, chama atenção a escassez de *spillovers* propriamente tecnológicos, ou seja, transbordamentos que envolvam parcerias de inovação, visando o desenvolvimento de novos produtos ou serviços tecnológicos. Por fim, outro ponto de destaque se refere ao *status* de implementação da maioria dos *spillovers* mapeados, caracterizando-se como “não informados”, sugerindo a incerteza que circunda a maior parte dos acenos realizados até o momento entre as empresas do Hub e a UFC.

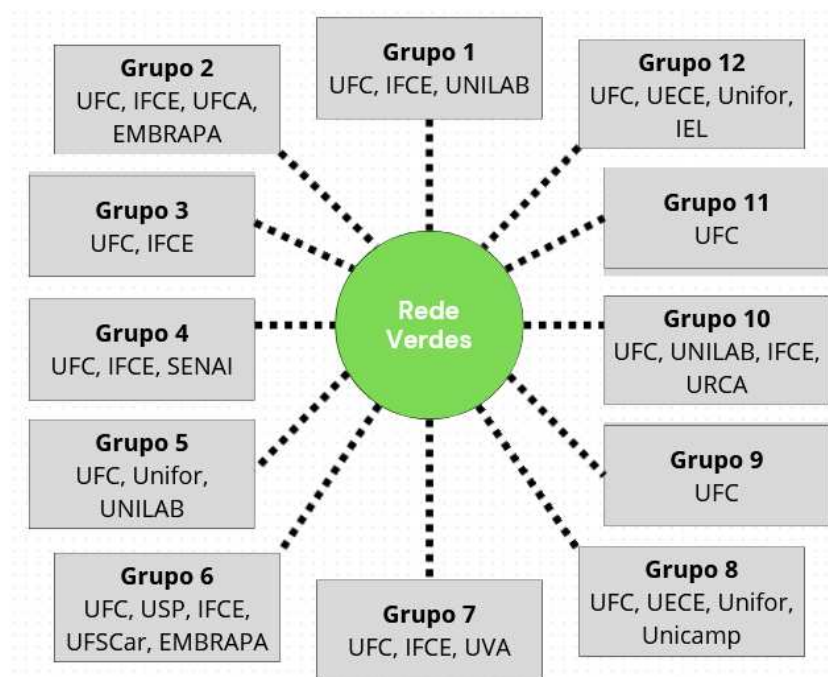
4.8 Participação da UFC na Rede Verdes

Conforme apresentado no Capítulo 2, a Funcap, por meio do edital nº 02/2023, lançou uma chamada pública objetivando selecionar um projeto de rede de pesquisa e inovação na área de energias renováveis, sendo capaz de articular “diferentes instituições e atores, como universidades locais, pesquisadores nacionais e internacionais (...) agências de fomento, empresas de diferentes portes e o Governo do Estado do Ceará” (Funcap, 2023, p.1). Neste cenário, a proposta selecionada se compõe de uma estrutura formada por 100 pesquisadores, 26 unidades de pesquisa (que engloba laboratórios, núcleos de PD&I e parques tecnológicos), 14 ICTs, e 12 projetos ou Grupos de Pesquisa direta ou indiretamente associados à cadeia produtiva do H2V, designada por “Rede Verdes” (Funcap, 2023).

A proposta, dotada de um aporte de R\$16 milhões da Funcap - a ser repassado ao longo de quatro anos -, declara ter como objetivos estratégicos 1) a formação de recursos humanos qualificados em PD&I na área das energias renováveis, 2) a prestação de

serviços tecnológicos, visando o aumento da competitividade das empresas locais, 3) a realização de parcerias com atores locais, nacionais e internacionais, visando a geração de soluções compartilhadas, e a propulsão de *startups* e *spin-offs* ligadas ao campo da transição energética (Cavalcante Júnior *et al.*, 2024, p.73). Por sua vez, os 12 Grupos de Pesquisa constitutivos da Rede (Figura 33) se encontram distribuídos em três grandes eixos temáticos: 1) energias renováveis e H2V, 2) aplicações industriais, e 3) transporte de combustíveis sintéticos (Cavalcante Júnior *et al.*, 2024, p.75).

Figura 33. Composição da Rede e a participação da UFC nos Grupos



Fonte: elaboração própria, a partir de dados de Collaço *et al.* (2024).

Ao todo, a Rede é composta por sete universidades (UFC, UECE, UNILAB, UFCA, URCA, UVA, Unifor), quatro institutos de pesquisa ou ensino (IFCE, IEL, SENAI, Instituto Atlântico), uma empresa de pesquisa (Embrapa), um núcleo de pesquisa (Nutec), uma entidade industrial (FIEC), e uma outra iniciativa de rede colaborativa, criada em 2021, a Rede de Energia Verde (Rever)¹³⁸. No que se refere, especificamente, à participação da UFC na Rede, nota-se que sua inserção é total; indo desde a elaboração da proposta original, submetida ao edital da Funcap, passando pela atuação de pesquisadores da UFC em todos os 12 Grupos, até o exercício da função de coordenação

¹³⁸ Acesso em: <https://redeenergiaverde.com.br/>

geral da Rede, responsabilidade dos engenheiros Célio Loureiro Cavalcante Júnior e Francisco Murilo Luna (Cavalcante Júnior *et al.*, 2024, p.72).

4.8.1 Dinâmica interinstitucional e parceiros externos

A realização de parcerias com grupos de pesquisa nacionais e internacionais representa uma das atribuições mais fundamentais da Rede, em tal medida que o próprio edital da Funcap reserva uma seção para discorrer sobre o assunto (Funcap, 2023). Neste ponto, ao examinar a proposta de Rede selecionada, constata-se a sua adequação com a exigência do programa, uma vez que os pesquisadores da Rede mantêm vínculos colaborativos com universidades da Europa, da América do Norte, e da América Latina, nomeadamente a Universidade de Tübingen (Alemanha), a Universidade de Málaga (Espanha), a Universidade Autônoma de Madrid (Espanha), o *Imperial College London* (Inglaterra), a Universidade de Edimburgo (Escócia), a Universidade do Missouri (EUA), a Universidade de Sherbrooke (Canadá), a Universidade de Santiago (Chile), o Instituto Superior Técnico (Portugal), e o Centro de Investigações Energéticas, Ambientais e Tecnológicas (Espanha) (Cavalcante Júnior *et al.*, 2024, p.77).

Já quando se considera apenas as 14 ICTs locais que compõem a Rede, as colaborações interinstitucionais se manifestam, sobretudo, a partir da composição dos Grupos de Pesquisa. Desse modo, dos 12 Grupos existentes, nove são formados por pesquisadores de pelo menos três instituições diferentes, sendo os Grupos 2, 6, 8 e 10 os mais diversos, ao contarem com a participação de pesquisadores de quatro instituições cada. A rigor, os Grupos 9 e 11 são os únicos que têm a participação exclusiva de pesquisadores da UFC.

4.8.2 Desafios da Gestão da inovação e dinâmica da Rede com o setor privado

Com efeito, apesar de ter sido originada a partir de recursos públicos (Funcap), a Rede possui em seu horizonte o escopo de autossustentabilidade financeira. De acordo com seus coordenadores, um dos pilares para consecução desse objetivo reside na prospecção de parcerias com o setor privado (Cavalcante Júnior *et al.*, 2004, p.78). A

estratégia pretende, assim, captar recursos por meio do 1) licenciamento de tecnologias geradas na Rede, 2 da prestação de serviços técnicos, como análise, testes e consultorias, e 3) da aproximação de empresas que se utilizam de incentivos fiscais para apoio à inovação, a exemplo da Lei da Informática (Lei nº 8.248/1991), e Lei da Inovação (Lei nº 10.973/2004), e Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005).

O compromisso da Rede com a gestão da inovação, com a transferência de tecnologia, e com a estruturação da cadeia produtiva do H2V no estado, pode ser constatado, por exemplo, quando se registra a existência de um Grupo na Rede exclusivamente dedicado ao assunto (o Grupo 12)¹³⁹, sendo composto por pesquisadores da UFC, UECE, Unifor, IFCE, e do Instituto Euvaldo Lodi (IEL) (Rocha *et al.*, 2024, p.161). Neste ponto, a participação orgânica do IEL no Grupo, isto é, de uma “Escola de Gestão e Aceleração de Negócios” (Rocha *et al.*, 2024, p.162) mantida por uma entidade representante das indústrias (CNI/FIEC), sugere que a colaboração com o setor privado, além de ser um objetivo estratégico a ser atingido, já se encontra inscrito na própria constituição da Rede.

De fato, o empenho dos membros da Rede em prospectar colaborações com o setor privado, já começou a se materializar; expressando-se, por exemplo, através do *Workshop* que o Grupo 12 promoveu na FIEC, em novembro de 2024, com representantes do setor de energia e pesquisadores, visando reunir “empresas estratégicas para uma rodada de trabalho com os líderes dos projetos de pesquisa da Rede” (FIEC, 2024b). No entanto, quando se leva em conta a participação efetiva das empresas do setor de H2V na Rede até o momento, ainda se observa um grau bastante incipiente, para não dizer inexistente.

4.9 Análise dos dados primários

¹³⁹ Numa perspectiva teórica, observa-se que o “fortalecimento da Hélice Tríplice” (Cavalcante Júnior *et al.*, 2024, p.72), a partir da integração entre academia, indústria e governo (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000), se configura num dos objetivos declarados da Rede. Do mesmo modo, a iniciativa demonstra ir ao encontro de uma das principais contribuições da abordagem sistêmica, isto é, a importância atribuída ao elemento interativo nos processos de inovação (Christensen, 2004).

Esta parte dos resultados se dedica a analisar os dados primários, obtidos a partir das entrevistas semiestruturadas, realizadas com gestores de inovação, com pesquisadores da UFC da área de H2V, com membros da Rede Verdes, e com um representante da FIEC, visando explorar sua percepção sobre as oportunidades e desafios para colaborações da UFC com o setor privado no contexto de estruturação da indústria do H2V no estado. Quatro das entrevistas foram realizadas *in loco*, no formato presencial, e outras quatro se deram de forma virtual, através do Google Meet.

Com o objetivo de assegurar o anonimato dos entrevistados, os participantes da pesquisa não foram identificados pelo nome original, optando-se, em vez disso, pelo uso dos seguintes pseudônimos¹⁴⁰, inspirados na terminologia das cores do hidrogênio (Blasio, 2024): Azul (para se referir ao interlocutor que integra a equipe do Núcleo de Inovação da UFC), Verde (para se referir ao interlocutor que ocupa o cargo de gestão no Parque Tecnológico da UFC), Turquesa (para se referir ao interlocutor que integra à Rede Verdes), Amarelo (para se referir ao segundo interlocutor que integra à Rede Verdes), Branco (para se referir ao terceiro interlocutor que compõe a Rede Verdes), Roxo (para se referir ao interlocutor que realiza pesquisas e coordena projetos sobre H2V na área de Engenharia Química da UFC), Laranja (para se referir ao interlocutor que realiza pesquisas e coordena projetos sobre H2V na área de Geografia da UFC), e Musgo (para se referir ao interlocutor da FIEC) (Quadro 33).

Quadro 33. Lista dos interlocutores da pesquisa segundo a área de formação e a função exercida

Pseudônimo	Área de formação	Função
Azul	Administração	Gestão da Inovação no NIT da UFC
Verde	Engenharia de Produção	Gestão da Inovação no Parque Tecnológico da UFC
Turquesa	Administração	Gestão da Inovação na Rede Verdes
Amarelo	Administração	Gestão da Inovação na Rede Verdes
Branco	Engenharia Química	Pesquisador da Rede Verdes
Roxo	Engenharia Química	Pesquisa e coordenação de projetos sobre H2V na UFC
Laranja	Geografia	Pesquisa e coordenação de projetos sobre H2V na UFC

¹⁴⁰ Além dos pseudônimos, também se optou pelo emprego dos termos no masculino, como forma de reforçar o anonimato.

Musgo	Engenharia Mecânica	Membro da FIEC
-------	---------------------	----------------

Fonte: elaboração própria

Assim, num primeiro momento, procura-se mapear as considerações dos entrevistados sobre as principais barreiras que impactam a relação da UFC com o setor privado local, e, num segundo momento, examina-se sua perspectiva sobre o *status* das colaborações da UFC, particularmente, com as empresas que já sinalizaram interesse de investimento no Hub de H2V. Por fim, num terceiro momento, explora-se a perspectiva de membros da Rede Verde sobre a dinâmica com o setor privado, as estratégias de gestão da inovação utilizadas, os desafios identificados, assim como as possibilidades de empreendedorismo acadêmico e inovação social com foco na superação dos impactos socioambientais.

4.9.1 Percepção sobre as barreiras que afetam as colaborações da UFC com o setor privado no estado

Com efeito, a compreensão das possibilidades de parceria da UFC com as empresas do setor de H2V, exige, antes de tudo, a identificação dos principais obstáculos que dificultam a realização dos processos de UIC no contexto local. Nesse sentido, Azul expõe uma percepção interessante sobre a realidade do ecossistema de inovação local. Segundo ele, “nós [o estado do Ceará] temos todos os agentes que o ecossistema de inovação tem, mas faltam as pontes, falta o crescer junto, falta trabalhar junto, falta unir forças” (Azul, entrevista virtual realizada em 17 de novembro de 2023).

Na condição de um profissional que atua diretamente com atividades de gestão da inovação na UFC, Azul sugere que as principais dificuldades que atingem o ecossistema de inovação no estado se dão menos pela falta dos atores capazes de realizar os processos de inovação (universidades, institutos de pesquisa, indústrias, agências financiadoras, governo), do que propriamente pela carência de sinergia, isto é, de conexões entre os atores que compõem o ecossistema.

Ao tratar particularmente dos obstáculos que afetam as colaborações da UFC com o setor privado no estado, o entrevistado é categórico. Desse modo, apesar de não desconsiderar as dificuldades do lado da universidade, visto que, segundo ele, a UFC

ainda se encontra num processo de amadurecimento dos mecanismos institucionais para a gestão da inovação, Azul assinala a existência de barreiras que emanam, sobretudo, do setor privado.

Eu comecei explicando isso para a gente também traçar um pouco do perfil do empresariado cearense. Em sua maioria, as grandes indústrias, elas são de família, são entre os familiares. Tem um estudo da década de 90, eu nunca mais vi a atualização dessa pesquisa, que falava que se uma empresa, uma empresa familiar, ela demorava até cinco vezes mais a mudar do que uma empresa não familiar. Então, quando eu falo que ela é familiar, eu quero dizer que todo mundo decide. Então, quanto mais gente para decidir algo, mais difícil você tem de implementar. E isso também perpassa pela inovação (...) é muito mais fácil comprar feito ou não investir em inovação, porque é muita gente para decidir e ainda não há experiência. Porque tem uma análise de uma burocracia, de uma coisa custosa, uma coisa demorada (Azul, entrevista virtual realizada em 17 de novembro de 2023).

Com efeito, além do “modelo de gestão familiar” de algumas empresas locais, elemento que se vincula ao processo de industrialização do Ceará, Azul destaca outros fatores que também atuam como significativos entraves às UIC no estado. Por exemplo, a baixa contratação de pós-graduados, a ausência de departamentos de P&D, e a baixa capacidade de absorção tecnológica das empresas locais.

Então, assim, eu acho que isso é nível Ceará de forma mais potente, mas também em todo o Brasil, as indústrias, elas não têm, indústrias e empresas, no geral, elas não têm setor de P&D, de pesquisa de desenvolvimento. Então, não adianta fazer o contrato de inovação se ela não tem profissional para absorver a tecnologia, porque entenda que inovação não é só sobre ter dinheiro e visão para investir. Eu preciso ter capital humano para que possa absorver a inovação. Aí eu vou linkar outro dado. Mais de 80% dos egressos de pós-graduação, que é quem está apto para trabalhar com isso em sua maioria, não estão nas indústrias. Eles ou estão de volta para a academia ou estão no exterior. Então, assim, a nossa indústria empresária do Ceará, eles não têm a cultura de contratar pós-graduando, nem pós-graduado, certo? Esse é um ponto” (Azul, entrevista virtual realizada em 17 de novembro de 2023).

Além disso, Azul aponta barreiras ligadas ao desconhecimento de alguns empresários sobre a legislação que trata da inovação, bem como de um hábito, segundo ele, arraigado nas empresas locais, de se utilizarem da estrutura de pesquisa e dos serviços das universidades sem qualquer pagamento, ou formalidade jurídica. Em sua visão, essa prática se tornou insustentável no contexto atual, marcado pela “era do conhecimento”, em que o conhecimento passou a representar um ativo de valor.

As exigências que chegam têm a ver com o não conhecimento da lei. Então, assim, senta-se um empresário, um advogado, querendo falar com a gente sobre a perspectiva do direito civil. Mas a gente não é um ente privado, a gente tem que falar sobre a perspectiva do direito público. Então, a gente tem que ensiná-los ainda como é a relação com a gente. Existe isso, existe a não perspectiva, a não construção de um ideal de cultura de inovação ainda. (...) E sem contar que ainda, por muitos anos, eram-se prestados serviços em universidades, teste de determinado produto químico, análise de uma molécula

e tudo mais, de forma gratuita. No entanto, hoje a gente está na era do conhecimento, porque conhecimento tem valor. Então, muitas empresas, principalmente os locais, se acostumavam a bater na porta de um grupo de pesquisa, num laboratório que tem estrutura e pedir testagem de graça sem nenhum contrato firmado. Então, a gente também está vencendo essa cultura” (Azul, entrevista virtual realizada em 17 de novembro de 2023).

Em um sentido diferente, o interlocutor Verde, que assume cargo de gestão no Parque Tecnológico da UFC (PARTEC), preocupa-se em ressaltar, antes de tudo, uma barreira de origem interna à universidade, associada às questões ideológicas e culturais, que, segundo ele, levam a tratar a realização de parcerias da UFC com o setor privado necessariamente como um expediente do processo de privatização e mercantilização da universidade.

Naturalmente é uma barreira cultural, a universidade tem cada vez mais aprendido, despertado pela importância da inovação, da interação com o setor produtivo, diminuir questões ideológicas, que isso não é privatizar, não é mercantilizar a universidade, é contribuir de fato ao desenvolvimento socioeconômico do nosso estado, do nosso país, que é um país pobre, em termos de PIB *per capita*, o Ceará é ainda mais pobre com relação ao resto do país, quando a gente faz essa aproximação gera riqueza e contribui com a revisão das desigualdades, que a gente acredita. Então tem uma barreira cultural interna aqui da universidade, a gente tem melhorado, como eu falei (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024).

Por outro lado, apesar de visualizar uma melhoria em curso nos últimos anos, Verde não perde de vista os entraves que também emanam do setor privado, reforçando, neste ponto, a histórica tendência das empresas locais em despender poucos recursos para atividades de P&D, o que impacta a expansão das parcerias com as universidades no estado.

Por parte das empresas também, há uma baixa cultura, pelo menos aqui em termos estaduais, mesmo as grandes empresas de pesquisa e desenvolvimento, elas têm começado a despertar, mas ainda é muito tímido, a própria Federação das Indústrias tem estimulado bastante isso, mais recentemente, o próprio Sebrae, falando das micro e pequenas empresas, tem estimulado bastante, porque ontem a gente teve uma reunião importante lá no Sebrae sobre isso, então é uma questão primeira de barreira cultural, tanto da universidade, como das empresas, que têm melhorado, isso não pode ser discurso de zona de conforto, mas ainda é uma limitação sim (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024).

Verde ainda chama atenção para as dificuldades de acesso a fontes de financiamento, envolvendo não apenas a disponibilidade de recursos, mas sobretudo as condições burocráticas, muitas vezes estabelecidas pelas agências financiadoras, que terminam, segundo ele, restringindo o uso desses recursos pelas universidades. Do mesmo modo, o interlocutor menciona as “incompreensões legais de alguns órgãos de controle” (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024), que acabam

prejudicando a operacionalização do Marco Legal da Inovação (Lei Nº 13.243, 2016), e gerando “inseguranças jurídicas” para que as empresas e as universidades se aproximem.

Outra limitação é de acesso à fonte de financiamento, que tem melhorado nos últimos anos, tanto por agências locais, como nacionalmente, mas ainda há muitas travas, há muitas restrições de uso, prestações de contas complexas e muitas vezes até irracionais, que precisam ser melhoradas. Há um ponto de vista legal, algumas inseguranças jurídicas, há o marco legal de ciência, tecnologia e inovação, que foi regulamentado em [20]18 (...) porém há algumas incompreensões por parte dos órgãos de controle, que tem aprendido também, evoluído com relação a operacionalização desse marco (...) Mas eu acredito que estamos avançando timidamente ainda para o potencial e a urgência que o Brasil precisa do Ceará (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024).

Já o integrante da FIEC, que mantém um vínculo orgânico com os empresários do estado, ao ser perguntado sobre as barreiras que costumam afetar as parcerias das empresas com a UFC, expressa uma percepção bastante positiva sobre a abertura do setor privado para esse tipo de colaboração. Musgo declara, assim, não haver obstáculos significativos que dificultam a conexão das indústrias locais com as universidades, sublinhando apenas que os empresários levam em conta, em qualquer projeto colaborativo, os riscos envolvidos, e sobretudo a possibilidade de retorno econômico.

Olha, a FIEC tem uma relação muito próxima da universidade. E a gente procura, sempre que está desenvolvendo projetos conjuntos, né? (...) Eu não tenho dúvida que qualquer empresário que vá aportar algum recurso, ele se preocupa com um retorno, certo? Mas é óbvio que todo mundo procura maximizar o seu retorno e escolher projetos que deem um retorno compatível com a expectativa da empresa. Mas não é a regra. Eu acho que pelo contrário, as empresas estão abertas a avaliarem os projetos. E vamos descartar, ou melhor, vamos escolher aqueles que se mostrarem, vamos dizer assim, mais viável do ponto de vista da aplicação (Musgo, entrevista presencial realizada em 27 de março de 2025).

Em contraste, o interlocutor Turquesa aponta a existência de alguns empecilhos ligados, principalmente, aos processos de transferência de tecnologia. Neste ponto, Turquesa menciona os problemas associados aos direitos de propriedade intelectual, assim como as incertezas sobre o modo com que as tecnologias desenvolvidas na universidade serão transferidas para o mercado. Mais do que isso, Turquesa chama atenção para um elemento interessante, associado às diferenças entre as rotinas institucionais de cada universidade, que passa a operar, segundo ele, como um “nó burocrático” que atrapalha os processos de transferência de tecnologia.

Eu acho que ainda tem um problema sério ligado à propriedade intelectual que não está bem resolvido ainda. O que vai ser criado, como é que ele vai ser transferido, como essa transferência tecnológica vai se dar do laboratório para o mercado (...) Outra coisa que complica ainda mais essa mesma área é quando você tem várias Universidades, ICTs, tipo UECE, IFCE, Unifor, trabalhando

na mesma tecnologia, mas cada uma dessas instituições tem rotinas diferentes em relação ao que vai ser, como a transferência tecnológica vai ser dada. Então isso ainda está sendo um nó que precisa ser desfeito, ainda estão trabalhando sim, mas ele existe ainda e é muito evidente esse nó burocrático da transferência tecnológica (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

Igualmente, Turquesa sinaliza outras duas barreiras internas às universidades locais. Uma que se associa à escassez de uma cultura de empreendedorismo acadêmico, capaz de estimular os pesquisadores na transformação de suas inovações tecnológicas em empreendimentos econômicos; e outra que se refere à existência, segundo ele, de uma “desconexão” entre os departamentos e unidades de pesquisa da própria universidade, impedindo, assim, uma melhor colaboração e intercâmbio de *expertises* entre engenheiros, bioquímicos, economistas e administradores, o que prejudica, por conseguinte, os processos de transferência de tecnologia da instituição.

Eu acho que existe uma cultura, se você consultar a literatura sobre empreendedorismo acadêmico e tal, ainda é muito difícil. E não só aqui, mas no mundo inteiro você tem esse pesquisador empreendedor, que é tanto um grande pesquisador quanto um empreendedor que leva a tecnologia dele para o mercado. Então isso a universidade também está trabalhando (...) Eu vejo assim, de certa forma, uma certa desconexão dentro da universidade que eu não vejo na Europa, porque tive uma experiência muito mais europeia do que brasileira. Que talvez na USP seja diferente. Mas os vínculos entre a Faculdade de Economia e Administração e as Faculdades de Engenharia e Medicina acho que eles são bem acoplados para facilitar a transformação de inovação em negócios. Eu acho que os engenheiros, os pesquisadores, os bioquímicos, eles ficam meio isolados. É uma pena isso (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

Por sua vez, o interlocutor Amarelo assinala a existência de dois tipos principais de barreiras. De um lado, estão as barreiras de linguagem, que, segundo ele, interferem diretamente na comunicação das universidades com as empresas, gerando incompreensões que inibem muitas vezes o interesse das empresas pelas pesquisas e inovações geradas nas universidades. E, de outro, encontram-se as barreiras de tempo, que se manifestam a partir da incompatibilidade entre os prazos mais céleres almejados pelas empresas, e os prazos mais longos necessários para o desenvolvimento das pesquisas e inovações nas universidades.

Existe uma dificuldade de comunicação. O setor privado se comunica de uma forma muito simples, usa uma linguagem muito simples, muito acessível, muito acessível de mercado, e a academia acaba usando uma linguagem muito técnica, que às vezes é um pouco inacessível para quem não entende do assunto, para os não especialistas. Então essa é uma barreira. Para que as empresas ou o mercado entendam o que está sendo feito dentro da universidade, que não pareça algo tão distante. Essa forma de se comunicar, ela tem que ser um pouco aperfeiçoada para algumas ocasiões, ou simplificada para algumas ocasiões. O segundo desafio eu acho que é muito do tempo. O mercado tem um preconceito contra a academia, de modo que entende que tudo

que é feito na academia é algo de muito longo prazo, que vai levar anos, e o tempo de mercado de lançamento de um produto é bem mais curto (Amarelo, entrevista virtual realizada em 7 de maio de 2025).

De acordo com Amarelo, ainda é possível identificar um terceiro tipo de barreira, originado dos riscos que muitas vezes acompanham as atividades de PD&I das universidades. Em sua percepção, as incertezas sobre as reais chances de êxito dos processos de inovação das universidades - algo comum, principalmente, nas pesquisas de fronteira -, acabam gerando inseguranças que desestimulam a aproximação das empresas. Por conta disso, uma das estratégias para atenuar esse problema, segundo ele, passa pela existência de modalidades de financiamento mais pacientes, isto é, recursos de fonte pública ou privada que considerem a possibilidade de fracasso das inovações que estão sendo desenvolvidas.

E aí vem o risco também, que é um pouco um efeito transversal das duas coisas juntas. Dentro da pesquisa, a gente tem uma margem de erro que precisa ser considerada, por isso a gente precisa de financiamento de capital paciente, e de um financiamento que permita a tentativa e erro até o acerto. Na indústria, para que essa aposta seja feita, ela precisa estar muito alinhada com a estratégia da empresa, ela precisa estar muito alinhada com o *roadmap* de tecnologia que ela está traçando, com os objetivos no curto, no médio e no longo prazo. Então esse é um efeito transversal que é difícil de conciliar (Amarelo, entrevista virtual realizada em 7 de maio de 2025).

Em linha com Amarelo, Branco ressalta a diferença de tempo como uma das principais barreiras que se estendem entre as colaborações das empresas com as universidades. Ou seja, segundo o interlocutor, o tempo de execução das pesquisas realizadas nas universidades transcorre num ritmo muito lento em comparação ao desejado pelas empresas.

uma coisa que há normalmente de barreira, é que na universidade, a gente trabalha em um tempo, e na empresa trabalha em outro tempo. Se a gente falar, eu estou falando aqui no *time* mesmo, a empresa é...as coisas para quando? Para ontem. É um problema que a gente está lá, que é para ser resolvido hoje, para amanhã, eu já tenho uma solução – (eu estou exagerando) -, e na universidade não, na universidade a gente tem um tempo aqui, que é o tempo, você não faz uma pesquisa da noite para o dia. Também é porque você tem que ter um conjunto de resultados para validar, para ser importante, para mostrar que aquilo realmente funciona, para ter as horas, as repetições, para entender que o que foi desenvolvido, chegar numa resposta, que é uma resposta importante para a empresa. Então isso aí é um problema (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

É interessante perceber, no entanto, que a barreira do tempo não é uma exclusividade das universidades locais. Segundo Branco, o problema pode ser identificado até mesmo no contexto de países desenvolvidos. Por conta disso, em sua percepção, as barreiras que mais prejudicam as UIC no contexto local, encontram-se

associadas à precariedade de infraestrutura e equipamentos, aos “custos burocráticos”, e à escassez de pessoal disponível para atuar integralmente nos projetos colaborativos.

E não é só no Brasil não, as minhas experiências internacionais, eu vejo que isso aí, tem em todo canto. Qual a diferença do Brasil, por exemplo, para a Alemanha, que a Alemanha tem... a Alemanha tem talvez um parque tecnológico, um desenvolvimento de tecnologia muito mais avançado do que a gente, porque as universidades lá estão no nível, não é que elas estão melhores do que a gente, mas eles estão no nível de equipamento, de aparelhamento, e de pessoal, de ter pessoal disponível, bem melhor do que a gente aqui, o nosso aqui, a gente tem que ter... vamos trabalhar num projeto com uma empresa tal, então tem que dimensionar, quem vão ser os pesquisadores, vai ter que contratar alguma pessoa, tão tendo todos os custos burocráticos, os custos que você vai pagar, de impostos para a contratação de uma pessoa. Ah, se for um aluno, você não paga impostos, é bom, mas em compensação o aluno não se dedica *full time*, o aluno vai ter que fazer disciplina, o aluno vai ter que estudar; se um aluno de graduação, se um aluno de pós, vai ter que estudar, fazer disciplina no mestrado, vai ter que fazer essa pesquisa, a gente não vai ter a dedicação dele *full time* para aquilo ali. Então aí são barreiras que existem (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

Assim como Turquesa, o interlocutor Roxo, um renomado pesquisador da UFC, sinaliza a falta de uma visão empreendedora dos pesquisadores da universidade como uma importante barreira às UIC.

É também dar essa formação ao professor de enxergar naquilo que ele faz uma oportunidade de negócio futuro. Ou seja, isso aqui pode ser um ativo intelectual da universidade. A gente dá um exemplo bem simples. A Petrobras estava com um problema nas plataformas lá, que um material que não era para se deteriorar tão rápido, estava se deteriorando rápido. Pediu nossa ajuda. A gente começou a fazer trabalho de tipo de autópsia, o que está acontecendo com esse material que se deteriorou. Descobrimos porque montamos um ensaio do que acontece no campo de forma acelerada. Ninguém nunca tinha montado esse ensaio. Por que a gente não patenteia esse ensaio aqui? E aí qualquer outra empresa que se depare com um problema parecido pode acessar aquilo ali e, obviamente, que vai dar os créditos a quem teve a ideia pela primeira vez (Roxo, entrevista presencial realizada em 5 de maio de 2025).

Roxo, no entanto, não perde de vista as barreiras de natureza burocrática, que muitas vezes atravessam as etapas para a realização de parcerias com o setor privado, assim como a falta de um suporte técnico mais coordenado por parte das universidades, capaz de auxiliar os pesquisadores e agilizar os trâmites jurídicos envolvendo os acordos de cooperação com as empresas.

Então fazer essa conexão e fazer a conexão também com o outro lado que a gente já fazia mais ou menos bem, que era de os pesquisadores captarem das empresas recursos para P&D. Só que a gente faz isso de uma maneira muito solo, eu falo por mim que há 30 anos estou nesse métier aí, e ao fazer isso de maneira muito solo a gente enfrentava uma série de barreiras burocráticas também, dentro da própria instituição, entre a primeira reunião que uma empresa manifesta o interesse de fazer alguma coisa conosco, até ser assinado o primeiro contrato, que vem um aporte financeiro, isso pode durar nove meses, seis meses, tem empresas que não estão, elas desistiam antes. Então

uma das coisas é a gente tentar também, junto com a Pró-Reitoria de Planejamento, junto com o setor jurídico, fazer com que esse trâmite seja, de fato, mais ágil (Roxo, entrevista presencial realizada em 5 de maio de 2025).

No geral, percebe-se no relato dos entrevistados um considerável equilíbrio na menção de “barreiras internas”, isto é, provenientes das universidades, e de “barreiras externas”, ou seja, oriundas dos atores empresariais que, em conjunto, impactam a realização de parcerias das universidades com as empresas no âmbito local. Outrossim, quando se analisa as barreiras mencionadas, a partir dos aportes conceituais da literatura especializada (Quadro 34), nota-se uma recorrência das barreiras do tipo “cultural”, que se relacionam aos problemas de distinção cultural entre as esferas, e a falta de cultura empreendedora nas universidades; barreiras do tipo “operacional”, envolvendo a falta de recursos humanos ou de experiência; barreiras do tipo infraestrutural ou “institucional”, que abrangem a falta de infraestrutura para cooperação (Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023); barreiras de “orientação”, que compreendem as divergências entre objetivos, expectativas, e a falta de compreensão mútua entre universidades e empresas; assim como barreiras de “transação”, ligadas ao excesso de burocracia, aos altos custos e à regulação (Salter, Bruneel e D’Este, 2010).

Quadro 34. Barreiras suscitadas pelos interlocutores segundo os tipos conceituais

Interlocutor (a)	Barreiras mencionadas	Caracterização conceitual das barreiras
Azul	<ul style="list-style-type: none"> Baixa contratação de pós-graduados por empresas locais Ausência de P&D nas empresas locais Baixa capacidade de absorção tecnológica das empresas locais Desconhecimento do setor privado sobre a legislação de inovação Hábito de utilização gratuita dos serviços da universidade 	<ul style="list-style-type: none"> Barreira operacional Barreira infraestrutural ou institucional Barreira operacional Barreira de desinformação Barreira cultural
Verde	<ul style="list-style-type: none"> Questões ideológicas das universidades que impedem a aproximação com as empresas Dificuldades de acesso a fontes de financiamento Complicações burocráticas no acesso a recursos Incompreensões dos órgãos de controle sobre a legislação de inovação 	<ul style="list-style-type: none"> Barreira ideológica ou de preconceito Barreira financeira Barreira de transação Barreiras de orientação
Turquesa	<ul style="list-style-type: none"> Problemas envolvendo direitos de propriedade intelectual Diferença entre as rotinas institucionais das universidades Escassez de cultura de empreendedorismo nas universidades 	<ul style="list-style-type: none"> Barreira de transação Barreira de desalinhamento Barreira cultural

	<ul style="list-style-type: none"> • Desconexão entre os departamentos e unidades de pesquisa das universidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Barreira de desalinhamento
Amarelo	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades de comunicação entre universidades e empresas • Divergências entre os prazos das universidades e das empresas • Incertezas sobre o êxito dos projetos de PD&I das universidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Barreira de linguagem ou comunicação • Barreira de tempo • Barreira de confiança
Branco	<ul style="list-style-type: none"> • Divergências entre os prazos das universidades e das empresas • Precariedade de infraestrutura e equipamentos de pesquisa • Falta de recursos humanos com dedicação exclusiva aos projetos colaborativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Barreira de tempo • Barreira infraestrutural ou institucional • Barreira operacional
Roxo	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades burocráticas • Escassez de visão empreendedora entre os pesquisadores das universidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Barreira de transação • Barreira cultural

Fonte: elaboração própria, a partir de Salter, Bruneel e D’Este (2010) e Rossoni, Vasconcellos e Rossoni (2023).

Sob este aspecto, não se pode desconsiderar também a recorrência das barreiras de desinformação, associadas ao desconhecimento ou incompreensão dos atores empresariais e, até mesmo dos “órgãos de controle” (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024), quanto às legislações sobre inovação – a exemplo do Marco Legal da Inovação (2016); das barreiras de linguagem, associadas às dificuldades de comunicação entre universidades e empresas (Dehghani; Denison e Stillman, 2018); das barreiras de confiança, envolvendo a contradição de expectativas entre os *stakeholders* e as incertezas sobre o êxito dos projetos de PD&I das universidades (Fernandes; O’Sullivan e Ferreira, 2022); das barreiras de tempo, que abrangem as divergências de tempo e prazos entre as universidades e empresas, e até mesmo das barreiras de preconceito (Gomes e Perin, 2022), compreendendo as questões ideológicas ou políticas de algumas universidades, que restringem qualquer aproximação com atores do setor privado.

Nesse sentido, constata-se uma inegável convergência entre algumas das barreiras suscitadas pelos interlocutores e os tipos de barreiras abordadas na literatura. As barreiras mencionadas por Azul, por exemplo, vão ao encontro do que a literatura aponta sobre as dificuldades dos processos de colaboração nos contextos periféricos, que se caracterizam pela escassez de cultura de inovação, a fraca presença de empresas com investimentos em P&D e a baixa capacidade de absorção tecnológica (Aparecido-Tomaz et al., 2022). Do mesmo modo, as barreiras expressas por Branco estão em confluência com o assinalado

no estudo de Aparecido-Tomaz *et al.* (2022), quanto à escassez de equipamentos de pesquisa, e a precariedade da infraestrutura das universidades nos países periféricos.

Por outro lado, é interessante observar que as barreiras de caráter propriamente orçamentário, isto é, dificuldades associadas à insuficiência de recursos para projetos colaborativos – tratadas comumente na literatura como um grande empecilho que atinge as UIC nos países periféricos (Guimón, 2013) -, quase não foram mencionadas pelos entrevistados, sendo assinaladas uma única vez na fala do interlocutor Verde, ao ressaltar as “dificuldades de acesso a fontes de financiamento”. E, mesmo neste caso, as considerações do interlocutor recaem menos sobre a “disponibilidade de recursos” do que, de fato, sobre as “complicações burocráticas” para que os pesquisadores consigam se utilizar dos recursos fornecidos para os projetos colaborativos.

Ademais, é digno de nota, em nosso estudo, a identificação de barreiras de tipo *sui generis*, ou seja, que não foram mencionadas pela literatura consultada no Capítulo 1, mas que se apresentam, de acordo com o relato dos interlocutores, como importantes obstáculos para a realização de parcerias das universidades locais com o setor privado. O primeiro tipo se refere ao “modelo de gestão familiar” de algumas empresas locais, o qual, segundo o interlocutor Azul, pode interferir nos processos de inovação e de colaboração com as universidades, uma vez que “quanto mais gente para decidir algo, mais difícil você tem de implementar”, sendo assim “mais fácil comprar feito ou não investir em inovação, porque é muita gente para decidir e ainda não há experiência”¹⁴¹.

O segundo tipo, por sua vez, trata-se do hábito, arraigado historicamente, das empresas locais “baterem na porta de um grupo de pesquisa, num laboratório que tem estrutura e pedir testagem de graça” (Azul, entrevista virtual realizada em 17 de novembro de 2023), ou seja, utilizarem-se dos serviços e equipamentos das universidades sem

¹⁴¹ Neste caso, ao consultar a literatura que investiga os desafios da inovação em empresas de gestão familiar, há estudos que mostram resultados ambíguos quanto à influência da composição familiar sobre o desempenho de inovação da empresa (Borges, Lima e Andrade, 2014). Trabalhos como o de Kammerlander (2017), por exemplo, sublinham que as empresas de gestão familiar costumam ser mais eficientes em seus processos de inovação, visto que os proprietários tendem a ser mais cautelosos com investimentos em P&D, dependendo recursos apenas para projetos com garantia de retorno para a empresa (Kammerlander, 2017). Já trabalhos como os de Padilla-Meléndez, Dieguez-Soto e Garrido-Moreno (2015) atestam a influência negativa da gestão familiar sobre os investimentos em P&D das empresas. Além disso, a partir da revisão integrativa de literatura realizada por Meléndez, Soto e Moreno (2015) sobre o tema, constata-se a escassez de estudos que analisem propriamente o impacto da gestão familiar sobre a predisposição colaborativa das empresas com as universidades. Por conta disso, para o caso do Ceará, seria interessante explorar, em pesquisas posteriores, a validade empírica dessa suposta relação entre modelo de gestão familiar e os processos de inovação e de colaboração das empresas locais com as universidades, conforme sugerido pelo entrevistado Azul.

nenhum pagamento ou “contrato firmado”. Tal hábito, segundo Azul, atua muitas vezes como um obstáculo para que as empresas locais realizem acordos formais de parcerias com as universidades no estado. Já o terceiro tipo, conforme suscitado por Turquesa, diz respeito à frequente “desconexão” entre os cursos, os departamentos e as unidades de pesquisas das universidades locais. Segundo ele, a carência de sinergia interna entre “a Faculdade de Economia e Administração e as Faculdades de Engenharia e Medicina” (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025), por exemplo, impacta negativamente os processos de inovação e de UIC das universidades, e, mais do que isso, dificulta “a transformação de inovação em negócios” (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

Por fim, cabe destacar que, ao realizar uma análise cruzada entre os dados primários, obtidos a partir dos relatos dos interlocutores, e os apontamentos da literatura especializada sobre “facilitadores às UIC”, os resultados corroboram a importância das organizações intermediárias, a exemplo da UFC Inova (o NIT da UFC) e do Parque Tecnológico da UFC, para o fortalecimento da proximidade cognitiva e social da universidade com as empresas com atuação no estado, tal como sublinhado por Villani *et al.* (apud Rossoni, Vasconcellos e Rossoni, 2023).

4.9.2 Percepção sobre as parcerias da UFC com as empresas do Hub de H2V

No que se refere aos processos colaborativos da UFC com as corporações que já anunciaram interesse de investimento no Hub do Pecém, Azul assinala que a UFC Inova, principal órgão de gestão da inovação da UFC, não chegou a receber nenhuma demanda formal dessas empresas tratando de parcerias de inovação com a universidade. Azul, no entanto, não descarta a possibilidade de que aproximações com a UFC venham ocorrendo através de outros canais, a exemplo dos Memorando de Entendimento (MoU) assinados diretamente com a Reitoria, não mobilizando, neste caso, os serviços da UFC Inova.

Pelo menos a UFC não. Assim, existe uma... Uma etapa, antes de um contrato propriamente dito, que é o memorando de entendimento. É assim, vamos conversar e ver o que é que a gente tem. Então, pode ser que esteja nessa etapa e eu não sei, porque não chega até o setor. Então, eu não estou dizendo que não há. Eu estou dizendo que eu não sei a complexidade em que etapa está (Azul, entrevista virtual realizada em 17 de novembro de 2023).

De fato, a resposta de Azul se mostra integralmente alinhada com o cenário do período. Até a data de realização da entrevista, em novembro de 2023, a UFC contava apenas com um registro de parceria com uma das empresas interessada em investir no Hub de H2V do Pecém, consistindo no MoU assinado, em 2021, com a empresa chinesa Mingyang *Smart Energy* (UFC, 2021c). Atualmente, porém, a UFC já conta com outros dois projetos colaborativos firmados, ambos com a empresa australiana Fortescue, para realização de estudos sobre os impactos sociais, ambientais e marinhos no entorno do Complexo do Pecém (UFC, 2024b).

Nesse sentido, apesar do relativo progresso em termos de parcerias que a UFC vem realizando nos últimos tempos, desde o anúncio de criação do Hub, em 2021, os resultados efetivos de colaboração da universidade com as empresas do Hub ainda se mostram bastante incipientes. Sob este aspecto, o interlocutor Roxo aponta que, no presente momento, a UFC ainda se encontra numa fase de prospectar diálogos com as empresas do Hub, assim como de assegurar o fortalecimento de sua infraestrutura laboratorial, visando o desenvolvimento das pesquisas sobre H2V.

Olha, das empresas que querem produzir hidrogênio verde, que assinaram os Memorandos de Entendimento, infelizmente a gente não teve tanta procura, não (...) Então, a gente ainda está nessa etapa de se fortalecer em termos de laboratórios e estabelecer esse diálogo com as empresas que eventualmente devem se instalar aqui (Roxo, entrevista presencial realizada em 5 de maio de 2025).

Com efeito, segundo a perspectiva de Roxo, o caráter ainda embrionário das colaborações da UFC com as empresas do Hub pode ser melhor compreendido a partir de três aspectos. Primeiro, as pesquisas desenvolvidas na universidade se encontram, via de regra, em um TRL baixo ou intermediário, contrastando com a preferência das empresas por “tecnologias que já estão na prateleira”, considerando a expectativa de retornos a curto prazo. Segundo, as universidades não possuem, na maior parte dos casos, estrutura adequada para realizar o escalonamento do TRL das pesquisas, permitindo testar, antecipar e resolver eventuais problemas que “não acontecem no nível do laboratório, mas acontecem no nível industrial”. Terceiro, conforme destaca Roxo, na medida em que o H2V ainda se projeta como uma alternativa energética e comercial emergente, carregada de incertezas e com uma cadeia produtiva em construção, as empresas que já sinalizaram interesse de aportar investimentos no Hub, naturalmente, estão mais preocupadas em cumprir, num primeiro momento, os procedimentos legais para construção das plantas de

H2V, do que propriamente em firmar laços de cooperação tecnológica com as universidades locais.

Isso, da relação com as empresas do Hub, acho que iniciou aí. Pois é, é muito fácil a gente também chegar e dizer assim, eles chegam aqui e não querem nem conversar, eles até querem, mas o empresário quer fazer o quê? Ele quer investir dinheiro e ter o retorno desse investimento o mais rápido possível. Então o mais simples pra eles, principalmente considerando que são empresas multinacionais, é chegar já com a sua tecnologia, então vai ser muito difícil (...) [ou então] eles vão para as tecnologias que já tão prontas na prateleira (...) A gente vai na universidade até [o TRL] 4 no máximo, já é uma tecnologia bem madura do ponto de vista acadêmico. Para saltar do 4 e até o 8 ou 9, que é quando a indústria está pronta para utilizar, eu preciso dessa infraestrutura de maior escala que vai dar conta de fenômenos que não acontecem lá no nível do laboratório, mas acontecem no nível industrial (...) Elas [as empresas] estão muito mais preocupadas em aprovar o EIA/RIMA, em se instalar em critérios operacionais. Nesse momento, essa aproximação efetiva [com a UFC], ainda não se deu. Quando eu digo essa aproximação, no sentido de eles de fato aportarem recursos para temas específicos. Mas a gente ainda está nessa” (Roxo, entrevista presencial realizada em 5 de maio de 2025).

Assim como Roxo, o interlocutor Verde, quando interpelado sobre a existência de alguma parceria das empresas do Hub com a UFC, relembra o acordo que a australiana Fortescue celebrou com a universidade para o desenvolvimento de estudos de impactos socioambientais no entorno do CIPP, sem esquecer de sublinhar também que a UFC faz parte do projeto original do Hub de H2V. O entrevistado, não obstante, vai além, e revela certo otimismo, ao ressaltar as enormes possibilidades de colaboração da UFC com as empresas do Hub.

Essa discussão de hidrogênio, do hub de hidrogênio. A gente [UFC] está acompanhando desde o nascedouro, foi ali final de [20]20, [20]21. Inclusive, o primeiro memorando de entendimento assinado teve a participação da UFC. De lá para cá, todas as discussões que envolvem o hub do hidrogênio verde, a UFC, tem protagonismo (...) Nós temos sim trabalhado, inclusive a empresa australiana, a Fortescue, ela assinou um acordo, um contrato com a Universidade para fazer todo o estudo de impacto ambiental, da eventual implantação de uma usina de produção de hidrogênio, já foi contratado, inclusive executado (...) Enquanto UFC, [poderia haver contribuições de] prestações de serviço, como já te dei um exemplo concreto, prestações de serviço, compartilhamento de infraestruturas laboratoriais para novos desenvolvimentos de pesquisa, inovação, buscando idealizar novos produtos, novas soluções tecnológicas, não só isso, mas os próprios estudos também que envolvem questões ambientais e sociais, isso está no nosso radar, já está acontecendo. No que diz respeito ao Partec em si, nós temos aquelas duas missões, a primeira a incubação e pré-incubação de empreendimentos inovadores, a gente pode servir como *locus* de incubação de empreendimentos que tocam as energias renováveis, que podem servir, no futuro, de base de fornecimento para as indústrias a serem instaladas na CIPP (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024).

Por sua vez, o interlocutor Laranja, que integra o departamento de Geografia da UFC, reitera o projeto colaborativo realizado por alguns de seus colegas de pesquisa com

a empresa Fortescue. No entanto, as considerações do pesquisador reforçam o caráter ainda exíguo das colaborações das empresas do Hub com a UFC.

Bem, nós fomos chamados enquanto UFC, o departamento de Geografia, nós fizemos parte de um estudo, que ela [a Fortescue] contratou a Universidade Federal do Ceará, aí o professor Jader, na verdade, do laboratório, também o professor Alexandre foram eles que, foi Alexandre, na verdade, que liderou esse projeto e o Jader fez algumas cartografias, né, da área que a Fortescue tinha interesse dentro do hub e nas áreas de entorno. [Mas] em relação ao HUB especificamente, na realidade, nós não temos, assim, uma operação direta no HUB, nem indireta, na verdade (Laranja, entrevista presencial realizada em 22 de janeiro de 2025).

Finalmente, o interlocutor Turquesa, num tom mais realista, sublinha a incerteza tecnológica e econômica do H2V como um dos aspectos a ser considerado, antes de se falar de qualquer tipo de colaboração mais efetiva das empresas com as universidades. Nesse sentido, quando interpelado sobre as possibilidades de parceria da UFC com as empresas do Hub, Turquesa destaca que as chances de colaboração existem e estão abertas. No entanto, antes de abordar a disposição dessas empresas para estabelecer algum tipo de parceria com atores locais, visando acelerar seus projetos de H2V no estado, é preciso levar em conta, segundo ele, fatores mais decisivos, a exemplo das fontes de financiamento para os projetos, da superação dos entraves regulatórios, e, mais do que tudo, da garantia de compradores para o H2V produzido.

O outro ponto é que ainda há muito caminho tecnológico a ser desenvolvido até que você possa colocar esse hidrogênio realmente no mercado (...) tem um risco competitivo muito grande, tem um risco político, tem a incerteza tecnológica, uma série de fatores que dificultam que realmente esse Hub venha (...) [No que se refere às parcerias do Hub com as universidades] Estou dizendo que tem possibilidades. As gigantes vão querer. Agora, a primeira pergunta, elas têm interesse em desenvolver aqui? Tem. Mas qual é a fonte de financiamento? Uma. Onde é que está a demanda? Duas. Já está resolvido tecnologicamente? Três. Sabe, quais impedimentos regulatórios você precisa vencer para isso? Quarta. Qual a fonte de energia que vai ser utilizada, se isso já está regulamentado ou não? Então, a aproximação existe e é possível, e ela está acontecendo. Mas se vai haver um casamento mesmo, um sinal de contrato para a aliança vencer, é outra coisa (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

De modo geral, as considerações dos entrevistados corroboram o caráter ainda incipiente das parcerias da UFC com as empresas do Hub, conforme já assinalado nas seções anteriores. Neste caso, porém, as evidências coletadas a partir dos dados primários enriquecem o diagnóstico, ao sugerir novos elementos que proporcionam uma melhor compreensão do cenário analisado.

Em resumo, segundo a percepção dos entrevistados, o quadro inexpressivo de colaborações das empresas do Hub com a UFC, pode estar ligado ao foco estratégico das

empresas, que, neste momento, se encontra direcionado à superação de gargalos econômicos e regulatórios, dando prioridade, assim, a processos como 1) a adequação dos projetos de H2V aos critérios do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da ANEEL para integração na rede elétrica nacional (Vargas, 2025), 2) as negociações com o Governo Estadual e Federal para criação de novas linhas de transmissão, e, sobretudo, 3) a prospecção de potenciais compradores para o H2V produzido no Hub. Por outro lado, o quadro descrito também pode ser entendido como uma variante do conjunto mais amplo de incertezas econômicas que espreitam o H2V na conjuntura atual, tornando o H2V uma grande incógnita como vetor econômico capaz de gerar retornos lucrativos para as empresas dispostas a investir no setor.

Apesar disso, constata-se que, na percepção dos entrevistados, existe não apenas a possibilidade de colaborações da UFC com as empresas do Hub, a se manifestar, por exemplo, sob a forma de “prestações de serviço, compartilhamento de infraestruturas laboratoriais para novos desenvolvimentos de pesquisa, inovação, buscando idealizar novos produtos, novas soluções tecnológicas” (Verde, entrevista virtual realizada em 17 de dezembro de 2024), mas também a expectativa de que “as gigantes [multinacionais] vão querer” (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025), e que já até se iniciaram conversas e aproximações com a UFC, que podem amadurecer para colaborações mais efetivas à medida que os investimentos no Hub, de fato, começarem a se concretizar.

Por fim, no que se refere aos três casos de parceria registrados até o momento, chama atenção que o MoU assinado com a chinesa Mingyang *Smart Energy*, em 2021, não chegou a ser mencionado sequer uma única vez pelos entrevistados. A nosso ver, isto sugere duas possibilidades. Uma, o andamento do MoU se mantém em sigilo, não sendo divulgado nem mesmo internamente na universidade. Duas, o MoU não prosperou, de modo que os processos de intercâmbio de pesquisadores e estágios previstos no documento não chegaram a se realizar na prática.

4.10 Perspectiva dos entrevistados sobre a Rede Verde

Como vimos nas seções anteriores, a Rede Verdes de Pesquisa em Energias Renováveis consiste na proposta selecionada pelo Edital N° 02/2023 da Funcap,

representando, até o momento, a iniciativa mais avançada no estado referente à pesquisa e inovação com foco nas energias renováveis. Assim, é interessante analisar a percepção dos entrevistados que integram a Rede, buscando compreender como está se estruturando a articulação dos projetos da Rede com o setor privado, as estratégias de gestão da inovação utilizadas, os desafios identificados, assim como as perspectivas sobre empreendedorismo acadêmico, inovações sociais e superação dos gargalos socioambientais da cadeia do H2V.

4.10.1 Dinâmica da Rede com o setor privado

Em se tratando, particularmente, das articulações da Rede com as empresas, Branco explica que as parcerias com o setor privado se inscrevem como um dos grandes motes da Rede, ao lado do objetivo principal de integrar as diferentes ICTs e Laboratórios do estado com projetos sobre energias renováveis, buscando, assim, acelerar a maturidade tecnológica de suas pesquisas para um nível mais próximo ao da aplicação comercial. No entanto, quando se analisa concretamente, as colaborações da Rede com as empresas, por mais que existam, ainda se mostram pontuais, variando de acordo com cada Grupo e projeto. Neste caso, vale destacar que, segundo Branco, as parcerias até agora existentes na Rede antecedem à sua criação, e foram estabelecidas com empresas que não necessariamente integram o Hub de H2V – caso, por exemplo, da Petrobrás.

A rede nasceu justamente da demanda, no ponto de vista da inovação, dentro da universidade, e interesse de algumas empresas, certo? Essa relação aí, de interesse da empresa, é uma coisa que é pontual, com cada projeto (...) no meu caso eu posso falar mais claramente dos desenvolvimentos que eu tenho feito com a Petrobras, eu tenho desenvolvido produtos, e tecnologias com a Petrobras que a gente chama de biolubrificantes (...) Então a rede surgiu disso, se você perguntar assim, a relação direta com as empresas do hub, não, não tem uma relação direta (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

No mesmo sentido, Amarelo reforça que a atração de empresas dispostas a investir nos projetos de inovação da Rede, de fato, representa um de seus objetivos estratégicos, a ser conquistado por meio da consolidação de um ecossistema de pesquisa e inovação robusto na área de energias renováveis. Segundo ele, a Rede consiste na força motriz capaz de impulsionar esse ecossistema, ao oferecer uma estrutura técnico-laboratorial e uma estratégia colaborativa que irá possibilitar uma maior celeridade para o

desenvolvimento dos projetos e a redução dos riscos de fracasso dos processos de inovação.

Sob este aspecto, Amarelo sublinha que, até o momento, os esforços da Rede têm se dado, principalmente, por meio das publicações, da promoção de *workshops*, da participação em eventos nacionais e internacionais, e da prospecção ativa de parcerias com o setor privado. No entanto, o interlocutor revela que, apesar das inúmeras conversas já realizadas com algumas empresas, como ArcelorMittal e Fortescue, ainda não se confirmou nenhuma parceria efetiva.

A Rede Verdes é um projeto de 4 anos (...) e a ideia é que trabalhando de uma forma multidisciplinar, oferecendo mais laboratórios, oferecendo uma rede de pesquisa mais concisa e focando os esforços, tanto os esforços dos pesquisadores, o esforço técnico da pesquisa, quanto os esforços financeiros, vou colocar assim, para que se trabalhem em conjunto, isso aproxima mais a Rede Verdes do mercado (...) E a ideia é a gente mostrar cada vez mais os resultados para o mercado, e atrair mais parcerias privadas das empresas, e que esses produtos sejam cada vez mais produtos aplicáveis no mercado (...) já houve alguns encontros na UFC, e sempre que há alguma procura das empresas assim, a gente tem a ArcelorMittal, que é muito próxima da UFC, já veio a Fortescue, algumas empresas já vieram para essa aproximação com a academia. Então existem sim algumas parcerias, algumas aproximações que têm atraído as empresas para buscar cada vez mais academia (Amarelo, entrevista virtual realizada em 7 de maio de 2025).

Tal como Amarelo, Turquesa reitera a fraqueza das conexões das empresas locais com os pesquisadores da Rede, assim como não esquece de destacar que a Rede vem se esforçando para fomentar essa aproximação por meio de eventos e *workshops*. No entanto, segundo ele, os esforços unilaterais da Rede não são suficientes para desencadear a integração necessária, sendo imprescindível também o empenho das empresas.

Mas há, no meu ponto de vista, uma certa dificuldade dos pesquisadores e da indústria local de criarem conexões fortes. Até porque as tecnologias desenvolvidas, os atores primordiais desse setor, eles são internacionais. Então essa ligação local ainda é muito fraca, mesmo que eu sou responsável de tentar fazer essa ligação (...) Mas não tem sido muito fácil, não. E a gente fez um workshop já tentando aproximar grandes empresas locais da Rede Verdes, mas até agora nem o noivado saiu. Então, a universidade está se empenhando muito em fazer isso. Mas é apenas um dos atores desse noivado, né? (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

Nesse sentido, ao se reconhecer como “institucionalista”¹⁴², Turquesa sugere a existência de uma *path dependence* associada ao perfil tecnológico da industrialização no

¹⁴² De acordo com Hall e Taylor (2003), o institucionalismo histórico surge na década de 1980, numa conjuntura teórica dominada pelo paradigma estrutural-funcionalista, argumentando que “a organização institucional da comunidade política ou da economia política era o principal fator a estruturar o comportamento coletivo e a estruturar resultados distintos” (Hall e Taylor, 2003, p.195). Nesse sentido, a abordagem institucionalista tem como principal foco a análise do papel desempenhado pelas instituições no condicionamento dos processos sociais e políticos ao longo da história.

Ceará, eminentemente marcada por setores de baixa intensidade tecnológica, a exemplo de têxtil e calçadista, como uma das causas para a debilidade das conexões entre a Rede e as empresas locais. Assim, visando ilustrar seu argumento, Turquesa realiza um comparativo com a indústria de energia eólica, que, segundo ele, já chegou no Ceará como um setor consolidado do ponto de vista tecnológico, não demandando grandes esforços de pesquisa e inovação para assegurar sua implantação, caso bastante diferente daquele do H2V, que atualmente se projeta como um segmento industrial ainda em estruturação.

Quando você pensa que a complexidade disso é muito grande. Eu sou institucionalista. Mas, se você pegar uma teoria institucional, você vai dizer, não, mas tem algum histórico de desenvolvimento tecnológico? O estado do Ceará não tem. Porque (...) quando a indústria eólica veio para cá, ela já era *plug and play*. Ela já tinha sido desenvolvida. O Ceará foi e implantou a tecnologia, e foram introduzindo aqui essa tecnologia já existente. E que sempre sofreu muitos altos e baixos no mercado. O que é completamente diferente para o caso do hidrogênio verde. Então, você precisa de muita pesquisa científica (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

Assim, no que se refere à dinâmica com o setor privado, os dados primários analisados confirmam o caráter ainda exploratório das articulações da Rede com as empresas do Hub. Por outro lado, constatou-se também a existência de algumas UIC já em andamento na Rede, mas com empresas que não necessariamente integram o Hub, a exemplo da Petrobrás. Do mesmo modo, o empenho atual da Rede em prospectar parcerias com as empresas da cadeia produtiva do H2V mostrou ser um aspecto ressaltado por todos os entrevistados.

4.10.2 Estratégias e Desafios da Rede para a gestão de inovação

A propósito das estratégias de gestão de inovação, Branco lembra que a Rede possui um grupo (o Grupo 12) inteiramente voltado à elaboração e implementação de mecanismos para facilitar e acelerar os processos de inovação. Neste caso, é válido mencionar que, antes de iniciar propriamente a entrevista, o interlocutor fez questão de nos mostrar um sistema Power BI que está sendo desenvolvido pelos pesquisadores da Rede, visando o acompanhamento das atividades e entregas realizadas pela iniciativa ao longo dos quatro anos.

A rede tem esse grupo de gestão de inovação, que é justamente para tentar acelerar esse processo (...) nós temos em desenvolvimento um sistema de gestão, que nesse sistema de gestão, a gente acompanha coisas importantes pro

nosso dia a dia (...) Por exemplo, tem um dashboard de TRL, que tem um comparativo previsto, que tem a parte de capacitação, a que tem a parte dos projetos, e as empresas que estão associadas aos projetos, que é justamente a gente fica mapeando (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

Nessa direção, Branco ressalta um elemento interessante. Segundo ele, a Rede busca adotar uma estratégia mais assertiva nos processos de patenteamento, de modo a operar um mapeamento prévio das empresas que possivelmente podem se interessar pelas tecnologias em desenvolvimento na Rede, antes de realizar propriamente os depósitos no INPI, visando, assim, reduzir os custos de tempo e dinheiro envolvidos nos processos de registro de propriedade intelectual.

Mas também a gente sempre tem aquela visão de qual é o interesse, qual é a empresa que pode ser parceira, qual é a empresa que pode produzir, porque se a gente faz uma patente de alguma coisa que ninguém tem interesse, fique lá patentado, se gasta dinheiro, gasta tudo, e não tem aplicação de nada, enquanto que você vai trabalhando com o desenvolvimento de tecnologia que tem alguma empresa interessada, que tem um potencial parceiro ou cliente, dependendo do que seja que tenha esse interesse, tem essa demanda, a gente vai para um caminho mais assertivo, às vezes demora, [mas] um dia dá certo (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

Em complemento, Amarelo destaca o caráter multidisciplinar dos projetos, a interação dos laboratórios e o trabalho colaborativo dos pesquisadores como pontos fortes da dinâmica de inovação da Rede. Segundo ele, tais características se mostram completamente alinhadas com a estratégia fundamental da Rede, de impulsionar o grau de prontidão tecnológica das pesquisas, e atrair parcerias do setor privado.

Eu fico muito bem impressionada com a interação que a rede verde está trazendo nesse campo de pesquisa aqui no Ceará (...) Realmente, você percebe como as pessoas estão aprendendo a trabalhar juntos, como os projetos estão, as conversas, assim, como as pessoas se ajudam, como os laboratórios se completam, como os investimentos estão mais colocados, e como as pesquisas estão mais integradas. Isso vai ajudar muito a ida ao mercado (...) Porque é muito comum você falar, eu estou aqui, mas eu chego aqui na minha limitação de pesquisa, opa, mas eu tenho um outro laboratório ali que vai avançar isso aqui dois níveis. Então eu já converso com a pessoa do outro laboratório e digo, olha, eu já estou preparando isso aqui, vou precisar da tua ajuda para a próxima fase, para o próximo estágio. E ao invés de essa pesquisa ficar muito tempo parada esperando para que esse laboratório se capacite, a gente está utilizando recursos de um outro. Os pesquisadores estão conversando e cada vez mais trabalhando em projetos multidisciplinares (Amarelo, entrevista virtual realizada em 7 de maio de 2025).

Já em relação aos desafios que a Rede tem enfrentado, até o momento, para garantir a sinergia entre os Grupos, Branco menciona um problema relacionado às diferenças de regimento entre os Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) das universidades que participam da Rede. Assim, uma vez que os NITs se configuram nos órgãos-chave da gestão de inovação das universidades, a existência dessas barreiras acaba

impactando negativamente a eficiência e a celeridade dos projetos desenvolvidos em conjunto.

Então com a dificuldade que a gente está tendo aí, fazer com que esses NITs se conversem. Porque cada um tem o seu regimento. Então o regimento do NIT da UFC é diferente da UECE, que é diferente do Instituto Federal, que é diferente da Unilab. Às vezes a Unilab é mais parecida com a nossa. É uma área mais diferente da UECE. Então fazer com que esses NITs conversem e a gente se entenda para não gerar problemas é um dos desafios que a gente está enfrentando agora (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

Do mesmo modo, Turquesa não visualiza grandes dificuldades de sinergia entre os pesquisadores das 14 ICTs que compõem a Rede. Com efeito, assim como Branco, Turquesa destaca que os principais desafios existentes na Rede, até o momento, se encontram associados aos trâmites burocráticos e às diferenças de regimento entre os órgãos de inovação das universidades participantes.

Eu vejo muito mais um entrave burocrático em relação à propriedade intelectual do que a relação entre os pesquisadores. Eu acho que há muita cooperação entre alguns pesquisadores do IFCE, da UFC e alguns setores, alguns laboratórios da UECE, tem vários projetos como os nossos. Não, eu não vejo muita dificuldade assim não (...) eu vejo muito mais uma dificuldade burocrática e regimental de rotinas que pega nas universidades (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

Em resumo, observa-se que os interlocutores se mostram confiantes com as estratégias que vêm sendo implementadas até o momento na Rede, destacando, neste caso, a elaboração de um sistema de monitoramento, a gestão assertiva dos processos de patenteamento, e o trabalho colaborativo entre os diferentes pesquisadores como importantes elementos de sua dinâmica de inovação. Em contrapartida, com exceção de Amarelo, os demais entrevistados são taxativos na identificação das diferenças de rotinas e regimentos dos NITs como reais desafios que precisam ser superados ao longo dos próximos anos da Rede.

4.10.3 Empreendedorismo acadêmico, inovações sociais e superação dos gargalos socioambientais

Por fim, outro ponto que merece destaque no exame da Rede diz respeito à sua visão quanto às possibilidades de empreendedorismo acadêmico no segmento de energias renováveis, assim como do estímulo aos projetos de inovação social, com foco na

mitigação dos impactos socioambientais gerados pelos empreendimentos de energia renovável no estado.

Nesse sentido, ao tratar da primeira questão, Branco assegura que o empreendedorismo acadêmico se estabelece como um dos objetivos estratégicos da Rede, de modo que os coordenadores, e especialmente os integrantes do Grupo 12, estão muito atentos às possibilidades e oportunidades de transformação dos projetos de inovação desenvolvidos em futuras *spin-offs* ou *startups* na área de energias renováveis.

O principal objetivo da Rede é diminuir o gap entre universidade, entre instituição e empresa, e segundo, que dessas inovações que estão surgindo vão ter inovações que podem gerar novas empresas, e isso o grupo da gestão de inovação também são muito atentos a isso, daquelas oportunidades, o que é que pode gerar uma empresa, o que é que pode gerar um desenvolvimento, que um grupo de participantes da Rede possam atuar em conjunto e montar uma startup, e, obviamente, avançar no desenvolvimento da tecnologia na utilização sempre focando nas energias renováveis (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

Enquanto isso, Amarelo acrescenta o interesse da Rede em despertar e aprimorar as habilidades de empreendedorismo dos pesquisadores, por meio de reuniões e *workshops*. No entanto, o interlocutor destaca que ações desse tipo serão melhor exploradas durante os anos finais da Rede, considerando que, nesse período, muitos dos projetos em desenvolvimento já estarão em um grau de maturidade mais elevado, passando a exigir, assim, um foco mais direcionado às estratégias de comercialização das inovações.

Sim, a gente tem feito workshops com todos os grupos de pesquisa e uma das nossas intenções, na medida que as pesquisas vão avançando de TRL e elas vão se aproximando do mercado, é a gente trabalhar com os grupos de pesquisa, com os próprios pesquisadores, outras habilidades focadas ao empreendedorismo. Já tivemos alguns workshops, começando a trabalhar alguns conceitos para cada grupo, já ouvimos o que cada grupo está entregando de potencial de pesquisa (...) A gente provoca muito isso, mas como você vai levar essa pesquisa para o mercado? (...) Então, vamos colocar que os primeiros dois anos são os dois anos de mais organização, de evolução das pesquisas do ponto de vista técnico, teórico, e que os próximos dois anos eles vão ser mais focados como comercializar essas tecnologias, como levar isso ao mercado, como elas podem ser aplicadas para o mercado para começar a desenvolver algo um pouco mais orientado (Amarelo, entrevista virtual realizada em 7 de maio de 2025).

Já no que tange aos esforços para impulsionar projetos de inovação social, com foco na mitigação dos impactos socioambientais vinculados às energias renováveis, Turquesa ressalta que essa questão representa, atualmente, um dos pontos fracos da Rede, visto não se encontrar no seu rol de projetos nenhuma pesquisa realmente orientada à promoção de soluções desse tipo. Não obstante, segundo ele, isso não significa uma

fragilidade intransponível. Ao contrário, esforços estão sendo realizados para incorporar novos projetos, de modo a explorar, assim, soluções inovadoras não apenas para os desafios técnicos e econômicos, mas também para os gargalos sociais e ambientais da cadeia produtiva do H2V e demais energias renováveis.

A Rede Verdes ainda não assimilou isso. Porque [isto] estava dentro do edital, mas não tem nenhum projeto ainda ligado a isso, mas a intenção da Rede Verdes é incorporar novas ideias, novos projetos, e isso é um algo extremamente importante, mas que tem sido (...) um pouco esquecido à medida que, em geral, são grupos de expertises que são bem distintos, né? (Turquesa, entrevista virtual realizada em 30 de abril de 2025).

De fato, tal debilidade da Rede fica exposta no relato de Branco, ao revelar que, embora a Rede considere importante e necessária a abordagem da questão, pesquisadores da UFC que desenvolvem há anos trabalhos sobre os impactos sociais e ambientais das eólicas no Nordeste, como Adryane Gorayeb, Jader Santos e Jeová Meirelles, não integram formalmente a Rede.

Dentro do grupo da gestão da inovação tem a parte lá da sustentabilidade, então é a equipe lá que pensa nessas questões, as questões dos impactos sociais (...) nós tivemos até uma participação inicial da professora da geografia (...) só que ela não está hoje dentro da rede como um projeto, ela tá mais, mais tangenciando, sabe, porque quem tá olhando mais isso aí, é o pessoal da gestão da inovação (Branco, entrevista presencial realizada em 1 de abril de 2025).

Por outro lado, Amarelo mostra que esforços para incorporação de novos pesquisadores, apesar de incipientes, já começaram a ser realizados. Mais do que isso, o interlocutor assinala o enorme potencial existente na Rede para que os pesquisadores explorem, a partir de suas respectivas *expertises*, as oportunidades de empreendedorismo e de inovação social dos projetos, considerando a necessidade de garantir justiça energética e acessibilidade das tecnologias renováveis para a população.

Recentemente nós agregamos mais dois bolsistas, acho que foi da professora Mônica, que estão focando nesse tema (...) Esses dois bolsistas estão exatamente estudando esse tema (...) Eu particularmente, dentro do meu mestrado também, que é lá na Unifor, que também faz parte da Rede Verdes, existe um núcleo que estuda exatamente isso também (...) Eu mesma tenho uma empresa também, a gente tem uma startup que faz parte do... ela não nasceu na Rede Verdes, mas a Rede Verdes de alguma forma, o professor Murilo e eu, a gente está envolvida nesse projeto também, que também trabalha esses aspectos de como levar a energia de forma justa e acessível, como a gente tornar a energia, alguns desenvolvimentos que eles sejam não só para grandes empresas, mas acessíveis à população (Amarelo, entrevista virtual realizada em 7 de maio de 2025).

Dessa forma, no que se refere às possibilidades de empreendedorismo acadêmico, a percepção dos entrevistados sugere que a questão já se encontra presente no horizonte estratégico da Rede, destacando, nesse sentido, o objetivo de aprimorar o senso de

empreendedorismo dos pesquisadores à medida que os projetos forem se aproximando do grau de prontidão tecnológica almejado. Por sua vez, ao se considerar a questão dos impactos socioambientais, o exame constatou que, apesar das “soluções para populações afetadas (...) especialmente as economias do mar e as populações costeiras” (Funcap, 2023, p.15) se estabelecer como uma das “áreas de foco” da proposta da Funcap, não se registra atualmente na Rede pesquisas com esse foco, mas que esforços já vêm sendo realizados no sentido de agregar novos projetos e pesquisadores, buscando, assim, fomentar as oportunidades de inovação social na cadeia das energias renováveis.

4.11 Síntese do capítulo

Neste capítulo, buscou-se investigar, num primeiro momento, as atividades de pesquisa da UFC na área de H2V, utilizando-se para isso de fontes bibliográficas (como o Atlas do H2V no Brasil), e documentais (como os editais e matérias de jornal) com foco no assunto abordado. Assim, os resultados analisados sublinham um volume considerável de artigos da UFC num comparativo com outras ICTS do país, bem como um crescimento do número de trabalhos realizados por discentes da universidade nos últimos anos, em especial nos níveis de graduação e mestrado. Em nosso entendimento, os resultados descritos expressam, de um lado, o protagonismo do estado do Ceará como um *locus* privilegiado dos planos de investimentos para o setor de H2V no Brasil, e, de outro lado, sugerem o engajamento dos pesquisadores da UFC em torno do tema. Sob este aspecto, os dados evidenciam uma maior concentração de trabalhos nas áreas de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, um tipo de distribuição que, curiosamente, não coincide com a área de concentração da maioria dos projetos da UFC na área de H2V – a Engenharia Química.

Num segundo momento, o capítulo tratou de analisar a produção de inovação da UFC na área de H2V. Neste caso, os dados examinados parecem sugerir dois cenários distintos. Por exemplo, uma vez que se estabeleça como indicador de inovação tão-somente o número de patentes depositadas, constata-se um desempenho muito inexpressivo da UFC na área de H2V, visto contar com um único depósito até o momento no INPI. Por outro lado, caso se considere também como indicador os projetos de PD&I da universidade, conclui-se que a UFC dispõe de uma performance de inovação bastante

formidável no cenário nacional. Outrossim, ao se perscrutar a fonte de financiamento dos projetos, o estudo constata a existência de projetos apoiados por mais de uma fonte, assim como de projetos dotados com recursos de fontes internacionais. Em nossa compreensão, tal fato pode indicar tanto a diligência dos coordenadores dos projetos, no sentido de captar recursos junto a diferentes órgãos de fomento à pesquisa, quanto pode insinuar o grau de relevância atribuída às pesquisas e inovações desenvolvidas pelos projetos.

Num terceiro momento, o capítulo buscou compreender o grau de alinhamento dos projetos de H2V da UFC com os principais desafios técnicos, econômicos e ambientais para consolidação do Hub de H2V no estado, além de propor um modelo para caracterizar os tipos de externalidades ou *spillovers* que as empresas do Hub podem gerar para a UFC. Os resultados encontrados mostram que grande parte dos projetos de inovação da UFC se aglutina, sobretudo, em torno da superação dos desafios técnicos e econômicos que dificultam a estruturação do setor de H2V atualmente. Neste caso, o baixo número de projetos da UFC voltados para a superação dos impactos sociais e ambientais sugere, de um lado, o fraco engajamento dos pesquisadores da universidade na elaboração de projetos com esse foco. De outro, o quadro também reflete a prioridade estratégica conferida atualmente à redução dos custos, visando transformar o H2V num vetor energético economicamente competitivo.

Num quarto momento, o capítulo imprimiu esforços de caracterização das formas de inovação subscritas nos projetos de PD&I. Sob este ângulo, os resultados mostram que grande parte dos projetos se destina ao desenvolvimento de inovações de processo e do tipo incremental. Outrossim, ao complexificar a análise, de modo a empreender a caracterização não apenas segundo a natureza ou o grau de novidade das inovações, mas também segundo a sua adequação ao conceito de inovação sustentável (Pinsky et al., 2015; Koeller, 2020, p. 27).), os resultados constataam a predominância de “inovações sustentáveis do tipo 1”, ou seja, inovações sustentáveis que buscam prevenir a geração de danos ao meio ambiente, sob a forma de redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), em detrimento das “inovações sustentáveis do tipo 2”, isto é, soluções tecnológicas que buscam mitigar os impactos ambientais, combinando, em um só tempo, a redução das emissões de GEE com o uso mais eficiente dos recursos naturais.

Num quinto momento, o capítulo procurou esquadrihar as formas de colaboração da UFC com as empresas do Hub ou com as empresas que já integram o CIPP. Assim, os dados examinados constataam a ocorrência de algumas aproximações nos últimos anos,

mas que nem sempre chegaram a amadurecer para a etapa de assinatura dos acordos de cooperação; de modo que os únicos três casos de parcerias realmente firmados ocorreram, respectivamente, com as empresas Aeris e Fortescue. Neste caso, os resultados sugerem que o interesse de colaboração das empresas do Hub/CIPP que já se aproximaram da UFC até o momento, se mostra mais direcionado às modalidades de UIC do tipo “pesquisas conjuntas” e o “uso compartilhado dos laboratórios” do que propriamente de “consultoria” ou “licenciamento de patentes”.

Num sexto momento, o capítulo intencionou explorar, com base nos dados primários coletados através de entrevistas semiestruturadas, os tipos de barreiras que costumam se interpor e restringir as colaborações universidade-indústria no estado do Ceará, considerando particularmente, a atuação da UFC com o setor privado local, assim como com as empresas que já anunciaram interesse de investimento no Hub de H2V do Pecém. Os resultados analisados constataam a existência de um grande número de “barreiras internas”, provenientes das universidades, e de “barreiras externas”, oriundas dos atores empresariais, que conjuntamente impactam a realização de parcerias das universidades com as empresas no âmbito local, e prejudicam, assim, o desenvolvimento de UIC no setor emergente do H2V.

Num sétimo e último momento, o capítulo abordou a participação da UFC na Rede Verdes de Energias Renováveis. Nesse processo, os dados examinados mostram que a participação da UFC na Rede ocorre de modo transversal, uma vez que se identifica pesquisadores da universidade em todos os grupos e projetos da Rede, assim como atestam o caráter ainda exploratório das articulações da Rede com as empresas do Hub. Por fim, os resultados analisados também evidenciam uma debilidade da Rede na condução de projetos com foco na mitigação dos impactos socioambientais.

5 CONCLUSÃO

Como se observou, a questão principal de nossa pesquisa consistiu em indagar de que modo a UFC está se inserindo no processo de estruturação da cadeia produtiva do H2V no Ceará, em termos de CT&I, com foco no Hub do Pecém, considerando, nesse processo, as limitações/restrições estruturais de um estado periférico no interior de um país dependente como o Brasil. Com base nessa pergunta central, estabeleceu-se como objetivo geral o exame da participação da UFC no desenvolvimento da cadeia produtiva do H2V no Ceará, seguido de outros nove objetivos específicos trabalhados ao longo da dissertação. Assim, a presente seção se dedica a apresentar os principais achados de nossa pesquisa, organizados de acordo com os respectivos objetivos pré-estabelecidos, bem como intenciona ressaltar as principais limitações da dissertação, considerando os pontos abordados ao longo dos seus três capítulos. E, por fim, num terceiro momento, expõe-se um quadro de sugestões e *insights* para pesquisas futuras no nexo universidade-inovação-H2V.

Nessa perspectiva, no que se refere ao objetivo de analisar os documentos do Governo Federal e do Governo Estadual, buscando identificar as principais estratégias do setor governamental com potencial de impactar o desempenho das universidades no contexto de estruturação da indústria do hidrogênio verde no estado, o nosso estudo proporcionou uma análise pormenorizada dos documentos, sendo possível, nesse processo, identificar e caracterizar os tipos de impactos que as estratégias anunciadas podem acarretar para as universidades. Assim, os achados da pesquisa sugerem a possibilidade de impactos do tipo financeiro, relacional, organizacional e infraestrutural para as universidades, que tendem a recair especialmente sobre as suas atividades de Pesquisa, de Ensino e de Inovação. Neste caso, é possível concluir também que a maioria dos documentos do GF e do GE carece de mecanismos ou instrumentos, visando impulsionar a geração de *spillovers* tecnológicos entre as empresas do Hub, assim como estimular suas externalidades para as universidades locais.

No que tange ao objetivo específico de mapear a distribuição dos projetos de H2V da UFC segundo as suas respectivas áreas de conhecimento, e do objetivo de identificar as fontes de financiamento dos projetos, nossa pesquisa revelou a fraca atuação de pesquisadores das Ciências Humanas e Sociais, assim como atestou a exígua participação do setor privado. Por outro lado, os achados também permitem concluir que a UFC vem

apresentando, até o momento, um desempenho científico interessante na área do H2V, e até mesmo perpetrando consideráveis esforços de inovação no tema, conforme evidenciado pela cifra de projetos de PD&I. No entanto, quando se considera o seu desempenho de inovação (medido a partir da quantidade de patentes), os resultados da pesquisa indicam que a UFC ainda não começou a transformar seus esforços de PD&I em inovações tecnológicas propriamente ditas¹⁴³.

Por seu turno, no que diz respeito ao objetivo de identificar e caracterizar os tipos de colaboração da UFC com empresas na área do H2V, nosso estudo registrou a recorrência de UIC do tipo “financiamento empresarial à pesquisa”, com destaque para empresas estatais, como Cegás e Cagece. Já no tocante às colaborações da UFC, particularmente, com as empresas do Hub, constatou-se a exclusividade de colaborações do tipo “pesquisas conjuntas”, sendo a Fortescue a principal empresa parceira. Neste caso, chama atenção o fato de que nenhuma das empresas locais do Hub, como a Casa dos Ventos, Cactus Energy e H2 Helium, chegou a sinalizar qualquer tipo de UIC com a UFC no período analisado. Sob este aspecto, conclui-se que a tímida parceria das empresas locais e nacionais com a UFC na área de H2V pode estar vinculada, por um lado, à certa prudência dos empresários em despenderem investimentos no setor de H2V, visto ser uma rota tecnológica ainda arriscada do ponto de vista econômico. Mas, por outro lado, também pode ser expressão de uma característica mais estrutural dos contextos periféricos e dependentes, em que *“el conocimiento avanzado juega un papel escaso en la economía latinoamericana y porque persiste la antigua tendencia a comprar afuera el conocimiento que se reputa necesario”* (Arocena, 2004, p.925).

Já quando se trata do objetivo de detectar e classificar os tipos de inovação da UFC no âmbito do H2V, os achados da pesquisa mostram que a única patente da UFC registrada até o momento na área de H2V se caracteriza como uma inovação de produto, de caráter incremental e com um perfil de sustentabilidade do tipo 2, conforme explorado no Capítulo 3. De igual modo, ao estender o esforço de caracterização para os projetos de PD&I da UFC na área de H2V, é possível concluir que a universidade apresenta, até o momento, uma quantidade expressiva de projetos de H2V com potencial de resultar em

¹⁴³ Em outras palavras, seria possível dizer, com base nos apontamentos de Albuquerque (1998) sobre sistemas imaturos de inovação, que a UFC não tem demonstrado atualmente um indicador de aproveitamento de oportunidades tecnológicas favorável na área de H2V.

inovações de processo, de caráter incremental e com um perfil de sustentabilidade do tipo 1. Similarmente, ao se levar em conta o objetivo de observar o grau de alinhamento dos projetos da UFC com os principais desafios técnicos, econômicos e ambientais da cadeia produtiva do H2V, os resultados de nosso estudo permitem concluir que a maior parte dos projetos de H2V da universidade tem-se dirigido à criação de soluções inovadoras com foco na superação dos gargalos técnicos e econômicos. E, em menor medida, para superação dos gargalos políticos, regulatórios e socioambientais, respectivamente.

Por sua vez, no que se refere ao objetivo de mapear e caracterizar as principais barreiras à colaboração da UFC com as empresas do setor de H2V no estado, o exame dos dados primários indicou a recorrência de barreiras dos tipos cultural e transacional, que se vinculam aos problemas de distinção cultural entre as esferas empresarial e acadêmica, a falta de cultura empreendedora nas universidades, e ao excesso de burocracia (Salter, Bruneel e D'Este, 2010), prejudicando, com isso, o desenvolvimento de UIC no setor emergente do H2V. Sob este ângulo, os achados da estudo permitem concluir que existe, no geral, uma convergência entre as barreiras suscitadas pelos interlocutores (ver Quadro 34) e os tipos de barreiras abordadas na literatura revisada; sublinhando, porém, a existência de barreiras contextuais, associadas, respectivamente, ao “modelo de gestão familiar” de algumas empresas locais, ao hábito das empresas locais de buscarem os serviços e equipamentos das universidades sem nenhum pagamento ou “contrato firmado”, e à carência de sinergia entre os cursos, os departamentos e as unidades de pesquisas das universidades locais.

Outrossim, no que tange ao objetivo de examinar os possíveis tipos de externalidades ou *spillovers* que as empresas do Hub podem gerar para a UFC, nosso estudo trouxe contribuições para a literatura, ao fornecer um modelo de classificação dos tipos de *spillovers* que tais empresas podem proporcionar não apenas para UFC, mas também para outras universidades locais (ver figura 11). Neste caso, os achados permitem concluir que as empresas do Hub não têm gerado significativas externalidades positivas para a UFC, de modo que a maioria dos *spillovers* gerados até o momento se caracteriza como sendo do tipo “*spillovers* de conhecimento”, e, em menor medida, de “*spillovers* de infraestrutura” e “*spillovers* financeiros”; chamando atenção, neste particular, a escassez de “*spillovers* propriamente tecnológicos”, ou seja, transbordamentos que envolvam parcerias de inovação, visando o desenvolvimento de novos produtos ou serviços tecnológicos.

Por fim, em se tratando do último objetivo, de examinar a participação da UFC na Rede de Pesquisa em Energias Renováveis (Rede Verdes), nosso estudo proporcionou uma melhor compreensão sobre a dinâmica da Rede com o setor privado, suas estratégias e desafios para gestão da inovação, assim como a perspectiva de alguns dos seus membros acerca do estímulo ao empreendedorismo acadêmico e inovações sociais com foco na superação dos gargalos socioambientais da cadeia produtiva do H2V no estado. Neste caso, os achados da investigação permitem concluir que a inserção da UFC na Rede Verdes ocorre de modo integral, com os pesquisadores da universidade compondo todos os 12 Grupos, além do cargo de coordenação geral da Rede.

Desse modo, enquanto uma pesquisa de escopo exploratório e descritivo, nossa dissertação atendeu aos objetivos específicos previamente estabelecidos, vindo a fornecer, além disso, contribuições adicionais, uma vez que realizou, por exemplo, 1) a caracterização das empresas que já anunciaram interesse de investimento no Hub de acordo com a sua intensidade tecnológica (ver Quadro 31), juntamente com 2) a caracterização das empresas conforme o perfil de inovação aberta (ver Tabela 1), assim como 3) a caracterização dos MoUs de H2V assinados com o Governo do Estado segundo a previsão ou não de parcerias de inovação das empresas signatárias com as universidades locais (ver Quadro 10)¹⁴⁴.

Com efeito, no que tange às limitações da pesquisa, é preciso considerar o seguinte. Apesar de nossa dissertação ter realizado uma revisão de literatura bastante extensa, que contemplou as principais abordagens da literatura sobre inovação, transferência de tecnologia, e colaborações universidade-indústria nos contextos periféricos, reconhece-se a existência de algumas insuficiências, que justificariam a incorporação de novas contribuições teóricas e empíricas, principalmente, ligadas à abordagem das “redes de inovação” (Rasera e Balbinot, 2010), visando compreender,

¹⁴⁴ A propósito, quando se cruza as evidências empíricas da pesquisa com os aportes teóricos da Teoria Marxista da Dependência (Marini, 1973; Santos, 2011), por exemplo, é possível observar que os dados reunidos no Quadro 31, uma vez que atestam o maior número de empresas localizadas nos setores de baixa intensidade tecnológica, demonstram corroborar a tese de que a inserção do Ceará na Divisão Internacional do Trabalho (DIT), ou nas Cadeias Globais de Valor (CGVs) do H2V (Matos e Bitencourt, 2023; Araújo, 2023), está ocorrendo eminentemente em setores menos intensivos em tecnologia, sugerindo, assim, o fortalecimento do padrão de especialização produtiva do capitalismo dependente brasileiro (Ferreira, Osório e Luce, 2012). Por outro lado, ao combinar os dados do Quadro 10 com os dados da Tabela 1, nosso estudo não conseguiu detectar, a partir das informações disponíveis até o momento, a existência de uma relação significativa entre “perfil de inovação aberta” de algumas empresas do Hub, e uma maior disposição ou interesse dessas empresas em estabelecer parcerias de inovação com as universidades locais, particularmente a UFC.

assim, a composição de arranjos mais dinâmicos nos processos de inovação, e as contribuições associadas aos esforços de pesquisa contemporâneos, que buscam sintetizar os achados da abordagem sistêmica da inovação com os aportes críticos da abordagem marxista, conforme ilustrado pelo conceito de “sistemas corporativos de inovação” (Rikap, 2022; Rikap e Lundvall, 2020), possibilitando, assim, esquadrihar o papel das grandes corporações multinacionais do setor de H2V na estruturação de redes globais de inovação, e, especialmente, na apropriação das rendas de monopólio, a partir da comercialização das inovações desenvolvidas.

Por sua vez, no que se refere às limitações metodológicas, reconhece-se, em primeiro lugar, a necessidade de expandir, em oportunidades futuras, o escopo de nossa pesquisa, de modo a incorporar as demais universidades e ICTs localizadas no estado, permitindo, assim, uma compreensão mais sistemática das colaborações das universidades locais com as empresas e sua inserção no processo de estruturação do setor de H2V no estado, e, particularmente, do Hub. De igual modo, reconhece-se a importância de aumentar o número de entrevistas realizadas, de modo a incorporar mais atores do setor público, como o gestor de inovação da Funcap, e, sobretudo, atores do setor privado, como os representantes da Fortescue, da Casa dos Ventos, da Qair, e o presidente do Complexo Portuário do Pecém, em razão do lugar estratégico que ocupam na cadeia produtiva do H2V, buscando, assim, captar sua percepção acerca das possibilidades de *spillovers* tecnológicos, assim como as oportunidades e desafios para realização de parcerias de inovação do Hub com as universidades locais, especialmente a UFC.

Cabe ressaltar ainda, neste caso, a necessidade de empreender, em pesquisas posteriores, uma codificação e categorização mais minuciosa dos dados primários coletados em nosso trabalho, de modo a explorar com maior profundidade suas contribuições e *insights* para a literatura sobre inovação e UIC no contexto de estruturação do setor de H2V no estado.

Em conclusão, no que se refere às sugestões para pesquisas futuras, um interessante *insight* a ser explorado sociologicamente, com base nos apontamentos dos Sistemas Inclusivos de Inovação (Arocena e Sutz, 2002; Arocena, 2020; Arocena, Göransson e Sutz, 2018), refere-se ao papel das universidades no desenvolvimento de inovações sociais e inclusivas no contexto da transição energética, em geral, e da estruturação do setor de H2V, em particular. Neste contexto, um ponto adicional a ser

analisado é de que forma a mobilização das comunidades tradicionais contra os impactos socioambientais dos empreendimentos de energia renovável no Ceará, impulsionaria o desenvolvimento de pesquisas e inovações sociais nas universidades locais, visando a solução desses desafios.

Por fim, um segundo *insight* a ser explorado sociologicamente, a partir dos apontamentos dos “sistemas corporativos de inovação” (Rikap e Lundvall, 2020), consiste em analisar a inserção da UFC nas redes internacionais de pesquisa em energias renováveis, buscando compreender, entre outros fenômenos, o processo de subordinação das universidades locais às “agendas e prioridades exógenas” de empresas e organizações estrangeiras na área de H2V (Rikap e Naidorf, 2020), e, mais do que isso, esquadrihar de que maneira as grandes corporações multinacionais do setor atuam na orquestração dessas redes de pesquisa, apropriando-se dos “ativos intangíveis” gerados nesse processo, a partir do monopólio das patentes (Rikap, 2022; Rikap, 2019). Do mesmo modo, caberia aprofundar a investigação em torno das assimetrias tecnológicas que se estabelecem entre as empresas locais e estrangeiras do setor de H2V, visando compreender a dependência tecnológica na área, que pode se manifestar, entre outras formas, através do pagamento de *royalties* e/ou da importação de máquinas e equipamentos (Breda, 2020; Farias, 2021).

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Cientistas desenvolvem reator que utiliza água e luz do Sol para produzir combustível do futuro – hidrogênio verde!** 2025. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/https-clickpetroleoegas-com-br-cientistas-desenvolvem-reator-que-utiliza-agua-e-luz-do-sol-para-produzir-hidrogenio-marcando-uma-revolucao/>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- AGÊNCIA BRASIL. **Aquecimento Global: EUA Abandonam Oficialmente O Acordo de Paris.** 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2020-11/aquecimento-global-eua-abandonam-oficialmente-o-acordo-de-paris>. Acesso em: 4 maio 2024.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. **Notas sobre os determinantes tecnológicos do catching up:** uma introdução à discussão sobre o papel dos sistemas nacionais de inovação na periferia. Minas Gerais: UFMG/Cedeplar. 1996. Disponível em: <https://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20104.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e *et al.* **Developing National Systems of Innovation:** university-industry interactions in the global south. Northampton: Edward Elgar Publishing, Inc, 2015.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Sistemas nacionais de inovação e desenvolvimento. **Diversa**, Minas Gerais, n. 10, out. 2006. Disponível em: <https://www.ufmg.br/diversa/10/artigo4.html>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 16, n. 3, p. 387-404, set. 1996. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0101-31571996-0891>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/yzBVHFHFVbqmwsZdKYbxWzd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. **Immature systems of innovation:** introductory notes about a comparison between South Africa, India, Mexico and Brazil based on science and technology statistics. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2003.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. National Systems of Innovation and Non-OECD Countries: notes about a rudimentary and tentative typology. **Brazilian Journal Of Political Economy**, v. 19, n. 4, p. 602-620, out. 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0101-31571999-1089>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/4B8fr3BXv6W6YFT4qQFXtbv/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Scientific Infrastructure and Catching-Up Process: notes about a relationship illustrated by science and technology statistics. **Revista Brasileira de Economia**, v. 55, n. 4, p. 545-566, set. 2001. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-71402001000400005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbe/a/LGN64Tsfww6BXVDMg4bW3ZG/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 5 nov. 2024.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Produção científica e sistema nacional de inovação. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 156-180, maio 1998. Disponível em:

<https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/ensaios/article/viewFile/1915/2290>.

Acesso em: 5 nov. 2024.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Apresentação: Christopher Freeman - The 'National System of Innovation' in Historical Perspective. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 9-34, 2004.

ALMEIDA, B. P.; GONÇALVES, Eduardo; REIS, R. C. Path dependence and regional lock-in: an analysis using patent self-citations. **Economics Bulletin**, Canadá, v. 39, p. 2865-2874, 2019.

ALOISE, Pedro Gilberto; NODARI, Cristine Hermann; DORION, Eric Charles Henri. Ecoinovações: um ensaio teórico sobre conceituação, determinantes e achados na literatura. **Interações (Campo Grande)**, v. 17, n. 2, p. 278-289, 3 jun. 2016.

Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/1984042x2016211>.

AMORA, Gabriel. UFC realiza primeira defesa de tese de doutorado sobre hidrogênio verde do Ceará. 2023. Disponível em: <https://focus.jor.br/ufc-realiza-primeira-defesa-de-tese-de-doutorado-sobre-hidrogenio-verde-do-ceara/>. Acesso em: 4 maio 2024.

ANDRADE, José Célio Silveira; COSTA, Paulo. MUDANÇA CLIMÁTICA, PROTOCOLO DE KYOTO E MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO: desafios à governança ambiental global. **Organizações & Sociedade**, Salvador, v. 15, n. 45, p. 29-45, abr. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4006/400638295004.pdf>.

Acesso em: 4 maio 2024.

ANDRADE, Carla Freitas de *et al.* Grupo 5 – Tecnologias eólico/solar térmica com regeneração industrial para produção de hidrogênio. *In*: COLLAÇO, Flávia de Almeida. **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 113-120.

ANDREASEN, Kristian Peter; SOVACOOOL, Benjamin K. Hydrogen technological innovation systems in practice: comparing danish and american approaches to fuel cell development. **Journal Of Cleaner Production**, v. 94, p. 359-368, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.056>.

ANEEL: chamada no 023/2024 projeto estratégico: hidrogênio no contexto do setor elétrico brasileiro. Brasília: ANEEL, 2024. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/adsp2024778_2.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

ANEEL: chamada no 023/2024 projeto estratégico: hidrogênio no contexto do setor elétrico brasileiro. Brasília: ANEEL, 2023.

APARECIDO-TOMAZ, Paulo; FISCHER, Bruno; MEISSNER, Dirk; RÜCKER-SCHAEFFER, Paola. The Dynamics of University-Industry Interactions in Peripheral Contexts: evidence from Brazil. **Foresight And Sti Governance**, v. 16, n. 4, p. 59-69, jun. 2022. National Research University, Higher School of Economics (HSE). <http://dx.doi.org/10.17323/2500-2597>.

ANTUNES, Fernando Luiz Marcelo *et al.* Grupo 4 – Integração à rede elétrica de produção de H2 a partir de plantas PV e eólica em larga escala. *In*: COLLAÇO, Flávia

de Almeida. **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 105-112.

ARAÚJO, Júlio César Holanda; TUPINAMBÁ, Soraya Vanini. **Cenários, desafios e oportunidades para a produção de hidrogênio verde no Brasil**: uma análise a partir do estado do Ceará. Rio de Janeiro: Heinrich Böll Stiftung, 2023. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/2023-06/hidrogenio_cenarios_desafios_oportunidades_boll-26.2023.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

ARCELORMITTAL. **ArcelorMittal e EDP assinam acordo para estudar uso de hidrogênio verde na produção do aço**. 2023. Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com/sala-imprensa/noticias/brasil/arcelormittal-e-edp-assinam-acordo-para-estudar-uso-de-hidrogenio-verde-na-producao-do-aco#:~:text=ArcelorMittal%20e%20EDP%20assinam%20acordo%20para%20estudar,d e%20hidrog%C3%AAnio%20verde%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20do%20a%C3%A7o.&text=A%20iniciativa%20faz%20parte%20dos%20esfor%C3%A7os%20d a,da%20Am%C3%A9rica%20Latina%20em%20dezembro%20de%202022>. Acesso em: 6 jun. 2025.

AROCENA, Rodrigo. Las reformas de la educación superior y los problemas del desarrollo en américa latina. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 25, n. 88, p. 915-936, out. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/v8CqsyxVQZHbsJFzq6KqTC/?format=pdf&lang=es>. Acesso em: 5 nov. 2024.

AROCENA, Rodrigo; SUTZ, Judith. Changing knowledge production and Latin American universities. **Research Policy**, v. 30, n. 8, p. 1221-1234, out. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(00\)00143-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(00)00143-8).

AROCENA, Rodrigo; GÖRANSSON, Bo; SUTZ, Judith. **Developmental Universities in Inclusive Innovation Systems**: alternatives for knowledge democratization in the global south. Uruguai: Palgrave McMillan, 2018. 284 p. Disponível em: <https://citinde.ei.udelar.edu.uy/uploads/bibliografia/e4871c848fa984cef857001fd3e8c0dc9206765e.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

AROCENA, Rodrigo; SUTZ, Judith. Innovation Systems and Developing Countries. **Druid Working Papers**, Copenhagen, p. 1-31, fev. 2002.

AROCENA, Rodrigo; SUTZ, Judith. The need for new theoretical conceptualizations on National Systems of Innovation, based on the experience of Latin America. **Economics Of Innovation and New Technology**, v. 29, n. 7, p. 814-829, 31 jan. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2020.1719640>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Pictures/10.1080@10438599.2020.1719640.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

AROCENA, Rodrigo; SUTZ, Judith. Evolutionary learning in underdevelopment. **International Journal Of Technology and Globalisation**, v. 1, n. 2, p. 209, 2005. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijtg.2005.007051>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Pictures/arocena2005.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

AROCENA, Rodrigo; GÖRANSSON, Bo; SUTZ, Judith. Towards making research evaluation more compatible with developmental goals. **Science And Public Policy**, [S.L.], v. 46, n. 2, p. 210-218, 3 ago. 2018. Oxford University Press (OUP).

<http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scy051>. Disponível em:
<file:///C:/Users/User/Downloads/oup-accepted-manuscript-2018.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

AROCENA, Rodrigo; SUTZ, Judith. Universities and social innovation for global sustainable development as seen from the south. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 162, p. 120399, jan. 2021. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120399>. Disponível em:
<file:///C:/Users/User/Pictures/arocena2021.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

ARRUDA, Danilo Raimundo; LIMA, Severino José de; BORIN, Elaine Cavalcante Peixoto. Ciência e Tecnologia: desigualdades regionais e estratégicas de políticas para o nordeste. **Espacios**, La Tahona, v. 37, n. 34, abr. 2016. Disponível em:

<https://www.revistaespacios.com/a16v37n34/16373432.html#:~:text=Os%20resultados%20apontam%20para%20os%20desequil%C3%ADbrios%20nos,entre%20as%20regi%C3%B5es%20podem%20ser%20superados%20a>. Acesso em: 5 abr. 2025.

AYALA, Alejandro Pedro *et al.* Grupo 1 – Novos Materiais para Células Fotovoltaicas para produção de energia solar. *In*: COLLAÇO, Flávia de Almeida. **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 81-88.

BABO, Pedro Filipe Prazeres de. **Sistema tecnológico de inovação e a difusão do Biodiesel em Portugal**: incertezas, oportunidades e desafios. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia e Gestão da Inovação, Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, 2022. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/145853/2/593804.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

BARCA, Stefania. Socioecological transitions and global change. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 2, p. 118-119, mar. 2012. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2012.01.005>.

BARKI, Edgard; COMINI, Graziella Maria; TORRES, Haroldo da Gama. **Negócios de impacto socioambiental no Brasil**: como empreender, financiar e apoiar. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2019. Disponível em: <https://ice.org.br/wp-content/uploads/2022/07/negocios-de-impacto-socioambiental-no-brasil-ebook.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

BARROS, Fernando Antônio F. de. Os desequilíbrios regionais da produção técnico-científica. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 3, n. 14, p. 14-19, maio 2000. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/spp/a/5M93h4T63wkpBJCNCfXyM9x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 maio 2024.

BARROSO, Liliane Cordeiro. **Pesquisa de Inovação (PINTEC 2008 a 2017)**: considerações sobre o desempenho do nordeste e seus estados. Ceará: Banco do Nordeste, 2020. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/882/1/2020_INET_11.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

BASTOS, Elisa Cordeiro; SENGIK, Aline Rossales; TELLO-GAMARRA, Jorge. Fifty years of university-industry collaboration: a global bibliometrics overview. **Science And Public Policy**, v. 48, n. 2, p. 177-199, 9 mar. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scaa077>.

BENVINDO, Janaina dos Santos; MOREIRA, Marcia Zabdiele. 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 quádrupla. **Administração de Empresas em Revista (Unicuritiba)**, Curitiba, v. 2, n. 36, p. 27-59, set. 2024.

BERNARDES, Américo Tristão; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries. **Research Policy**, v. 32, n. 5, p. 865-885, maio 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(02\)00089-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(02)00089-6).

BERNARDI, Bruno Boti. O conceito de dependência da trajetória (path dependence): definições e controvérsias teóricas. **Perspectivas**, São Paulo, v. 4, n. 00, p. 137-167, jul. 2012.

BLASIO, Nicola de. **The Colors of Hydrogen**. 2024. Disponível em: https://www-belfercenter-org.translate.goog/research-analysis/colors-hydrogen?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge. Acesso em: 6 jun. 2025.

BORGES, Alex Fernando; LIMA, Juvêncio Braga de; ANDRADE, Daniela Meirelles. Práticas de inovação em empresa familiar: estudo de caso. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 8, n. 3, p. 37, 30 set. 2014. Departamento de Empreendedorismo e Gestão da UFF. <http://dx.doi.org/10.12712/rpca.v8i3.357>.

BOURDIEU, Pierre. Actes de la recherche en sciences sociales: le capital social. **Persge**, v. 31, n. 00, p. 2-3, jan. 1980.

BNB. Edital FUNDECI 01/2023 – energias renováveis: pesquisa, desenvolvimento e inovação. BNB. 2023. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/45887/4930820/Resultado+Final+da+Segunda+Etapa+-+Sele%C3%A7%C3%A3o+dos+Projetos.pdf/289b27cb-af79-1bc5-6e3f-faa18439a529?t=1706726893733>. Acesso em: 16 jun. 2025.

BNDES: Chamada pública de Planos de Negócios para investimentos em combustíveis de aviação e navegação de baixo carbono. BNDES, 2024. Disponível em: https://bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/0ac9d055-90fc-4477-8170-0eeefcb21c88/Chamada+P%C3%BAblica+Biocombustiveis+BNDES_FINEP.pdf?MOD=AJPERES&CVID=p5Xd-tN. Acesso em: 05 abr. 2025.

BRANNSTROM, Christian; GORAYEB, Adryane. Geographical Implications of Brazil's Emerging Green Hydrogen Sector. **Journal Of Latin American Geography**, v. 21, n. 1, p. 185-194, maio 2022. Project MUSE. <http://dx.doi.org/10.1353/lag.2022.0006>. Disponível em: <https://muse.jhu.edu/pub/15/article/855961/pdf>. Acesso em: 6 jun. 2025.

BREDA, Diógenes Moura. **Dependencia tecnológica y reproducción del capital: américa latina en el paradigma electroinformático**. 2015. 228 f. Tese (Doutorado) - Curso de Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado En Estudios Latinoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 215. Disponível em: <http://132.248.9.195/ptd2015/mayo/0729818/0729818.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

BREDA, Diógenes Moura. **A transferência de valor no capitalismo dependente contemporâneo: o caso do Brasil entre 2000 e 2015**. 2020. 217f. Tese (Doutorado) -

Curso de Economia, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

BRUNEEL, Johan; D'ESTE, Pablo; SALTER, Ammon. Investigating the factors that diminish the barriers to university–industry collaboration. **Research Policy**, v. 39, n. 7, p. 858-868, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2010.03.006>. Disponível em: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/108157/1/university-industry%20collaboration.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

BUARQUE, Brenno *et al.* PROPENSÃO À COLABORAÇÃO DA INDÚSTRIA NO CEARÁ: uma análise entre a oferta e a demanda de tecnologias. **E&G Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 20, n. 56, p. 6-24, maio 2020. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/24174/17317>. Acesso em: 5 nov. 2024.

CASTRO, Nivalde de *et al.* **A Economia do Hidrogênio**: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais., 2023. Disponível em: https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2023/04/livro_economia_do_h2.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

CAMPOS, Isabella. Primeira molécula de Hidrogênio Verde produzida no Brasil é lançada no Ceará. 2023. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2023/01/19/primeira-molecula-de-hidrogenio-verde-produzida-no-brasil-e-lancada-no-ceara/>. Acesso em: 4 maio 2024.

CANALENERGIA. **CPFL Energia conclui a compra da AES Sul**: distribuidora gaúcha passa a se chamar RGE Sul e terá r\$ 1 bilhão em investimentos nos próximos anos. Distribuidora gaúcha passa a se chamar RGE Sul e terá R\$ 1 bilhão em investimentos nos próximos anos. 2016. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/32184368/cpfl-energia-conclui-a-compra-da-aes-sul#:~:text=A%20CPFL%20Energia%20anunciou%20nesta%20segunda%20feira%20%2031,1%20bilh%C3%A3o%20em%20d%C3%ADvidas%20assumidas%20da%20distribuidora>. Acesso em: 6 jun. 2025.

CAI, Yuzhuo; ETZKOWITZ, Henry. Theorizing the Triple Helix model: past, present, and future. **Triple Helix Journal**, p. 1-38, 27 jun. 2020. Brill. <http://dx.doi.org/10.1163/21971927-bja10003>.

CARDOSO, Alexander Herzog. **O Brasil na sociedade do conhecimento**: um diagnóstico a partir da metodologia do banco mundial. 2008. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CARAYANNIS, Elias G.; CAMPBELL, David F.J. Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): focus on the quintuple innovation helix framework as the integrative device. **Triple Helix**, v. 9, n. 1, p. 65-75, 4 abr. 2022. Brill. <http://dx.doi.org/10.1163/21971927-bja10028>.

- CARAYANNIS, Elias G.; CAMPBELL, David F.J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, v. 46, n. 3/4, p. 201, 2009. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijtm.2009.023374>.
- CARAYANNIS, Elias G; BARTH, Thorsten D; CAMPBELL, David Fj. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, v. 1, n. 1, p. 2, 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>.
- CARAYANNIS, Elias G.; MORAWSKA-JANCELEWICZ, Joanna. The Futures of Europe: society 5.0 and industry 5.0 as driving forces of future universities. **Journal of The Knowledge Economy**, v. 13, n. 4, p. 3445-3471, 5 jan. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2>.
- CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 1, n. 2, p. 93-118, jun. 1991. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf01224915>.
- CASALI, Giovana F. Rossi; SILVA, Orlando Monteiro da; CARVALHO, Fátima M. A. Sistema Regional de Inovação: estudo das regiões brasileiras. *Revista Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 515-550, set. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/3MXmJCGFTGVRbhNCjGVdWvm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 maio 2024.
- CASTRO, Nivalde de. et al. *Perspectivas da Economia do Hidrogênio no Setor Energético Brasileiro*. Rio de Janeiro: Gesel, 2021. Disponível em: https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/39_castro_2021_07_14.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.
- CASTRO, Alex S.; REGINATTO, Valeria; ANDRADE, Adalgisa R. de. Sistemas Bioeletroquímicos: célula eletrolítica microbiana para a produção de hidrogênio. **Revista Virtual de Química**, v. 16, n. 1, p. 157-172, jul. 2024. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20230055>.
- CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de Inovação E Desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 34-45, jul. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/9V95npkxV66Yg8vPJTpHfYh/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de Inovação: políticas e perspectivas. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 8, n. 0, p. 237-255, jan. 2000. Disponível em: <http://ridi.ibict.br/bitstream/123456789/236/1/LASTRESPE2000.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- CASSIOLATO, José *et al.* Indicadores de Inovação: uma análise crítica para os Brics. **Redesist**, p. 1-63, jul. 2008. RedeSist Economics Institute, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3558.8567>.
- CAVALCANTE, Luiz Ricardo. **Desigualdades Regionais em Ciência, Tecnologia e Inovação (Ct&I) no Brasil**: uma análise de sua evolução recente. Rio de Janeiro: Ipea,

2011. Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1470/1/TD_1574.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

CAVALCANTE JÚNIOR, Célio Loureiro *et al.* Rede de Pesquisa e Inovação em Energias Renováveis do Ceará – Rede Verdes. In: COLLAÇO, Flávia de Almeida. **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 71-80.

CEARÁ, Governo do Estado do. **Memorando de entendimento para implantação de um hub de hidrogênio verde no Ceará**. 2021. Disponível em:

<https://parquetecnologico.ufc.br/wp-content/uploads/2021/02/sim.-memorando-de-entendimento-hv-governo-fiec-ufc-e-cipp-22.12.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

CHANTRE, Caroline *et al.* Hydrogen economy development in Brazil: an analysis of stakeholders' perception. **Sustainable Production and Consumption**, v. 34, p. 26-41, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550922002342?via%3Dihub>. Acesso em: 25 abr. 2025.

CHRISTENSEN, Jesper L. Inter- and intraorganizational learning processes in the interaction between firms and patent offices. **Research On Technological Innovation, Management and Policy**, p. 309-340, 2004. Emerald (MCB UP).

[http://dx.doi.org/10.1016/s0737-1071\(04\)08013-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0737-1071(04)08013-8).

CIPP-PECÉM. **Primeira molécula de Hidrogênio Verde produzida no Brasil é lançada no Ceará**. 2023. Disponível em:

[https://www.complexodopecem.com.br/primeira-molecula-de-hidrogenio-verde-produzida-no-brasil-e-lancada-no-ceara/#:~:text=A%20planta%20de%20Hidrog%C3%AAnio%20Verde%20\(Pec%C3%A9m%20de%20produzir%2025%20Nm3/h%20do%20g%C3%A1s](https://www.complexodopecem.com.br/primeira-molecula-de-hidrogenio-verde-produzida-no-brasil-e-lancada-no-ceara/#:~:text=A%20planta%20de%20Hidrog%C3%AAnio%20Verde%20(Pec%C3%A9m%20de%20produzir%2025%20Nm3/h%20do%20g%C3%A1s). Acesso em: 6 jun. 2025.

CLIMAINFO. Sob Pressão da OPEP COP28 vive impasse sobre eliminação de combustíveis fósseis. 2023. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2023/12/10/sob-pressao-da-opep-cop28-vive-impasse-sobre-eliminacao-de-combustiveis-fosseis/>. Acesso em: 4 maio 2024.

CNPq. Chamada CNPq/MCTI/FNDCT N° 24/2022 - Apoio ao Sistema Brasileiro de Laboratórios de Hidrogênio - SisH2-MCTI. 2022. Disponível em:

http://memoria2.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=abertas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=11065. Acesso em: 5 abr. 2025.

CNPq. Chamada CNPq/MCTI/FNDCT N° 24/2022 – Apoio ao Sistema Brasileiro de Laboratórios de Hidrogênio – SisH2-MCTI. 2022. Disponível em:

https://static1.squarespace.com/static/615c321aa088244854a0d275/t/630a754a605a595076b7b2b4/1661629772164/Chamada+MCTI+CNPq+N+24+2022+-+Lab+H2_Anejos_12-08-22.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida; SOUZA, Danilo de. Três visões sobre Transição Energética: rapidez, lentidão e adição. 2023. Disponível em:

<https://pp.nexojournal.com.br/opiniaio/2023/12/20/tres-visoes-sobre-a-transicao-energetica-rapidez-lentidao-e-adicao-2>. Acesso em: 4 maio 2024.

COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida *et al.* **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2024. 181p.

COHEN, Wesley M.; NELSON, Richard R.; WALSH, John P. Links and Impacts: the influence of public research on industrial R&D. **Management Science**, v. 48, n. 1, p. 1-23, jan. 2002. Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.48.1.1.14273>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Documents/cohen2002.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

Conselho Federal de Biologia. COP27: o que você precisa saber sobre a Conferência do Clima da ONU. 2022. Disponível em: [https://cfbio.gov.br/2022/11/08/cop27-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-conferencia-do-clima-da-onu/#:~:text=Hist%C3%B3ria%20%E2%80%93%20As%20COPs%20s%C3%A3o%20as,sobre%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20\(UNFCCC\)](https://cfbio.gov.br/2022/11/08/cop27-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-conferencia-do-clima-da-onu/#:~:text=Hist%C3%B3ria%20%E2%80%93%20As%20COPs%20s%C3%A3o%20as,sobre%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20(UNFCCC)). Acesso em: 4 maio 2024.

CONSULTORIA, Cognito. **Relatório 3 - Oportunidades e Desafios de Fornecimento na Cadeia Produtiva de Hidrogênio Verde para as PME Cearenses**. Brasília: Cognito Consultoria, 2022. Disponível em: file:///C:/Users/PC/AppData/Local/Temp/baec55ee-a65b-4e49-b4cb-63802ebdff3_arquivos%20CEAR%C3%81%202050.zip/fd3/Relatorio_3_%20VF_Oportunidades_PME_Ceara.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

CORREIA, Gabriela Silva Sobral; BASSO, Fernanda Gisele; PORTO, Geciane Silveira. Adoção de inovação aberta pelas empresas instaladas no Brasil. In: **XLVI ENCONTRO DA ANPAD - ENANPAD 2**, 64., 2022, Online. Adoção de inovação aberta pelas empresas instaladas no Brasil. Enanpad, 2022. p. 1-18.

CORREIA, Isabel M.; PEREIRA, Orlando Petiz. Spillovers de conhecimento e desenvolvimento regional: evidência de Portugal. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, v. 13, n. 00, p. 67-82, jun. 2006.

CORTONESI, Pedro Paulo. **Inovação aberta como fator relevante para fluxos reversos de conhecimento**: uma investigação no setor de O&G no Brasil. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração. Faculdade de Administração. Centro Universitário FEI, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://repositorio-api.fei.edu.br/server/api/core/bitstreams/2b2fcb58-9936-4261-bc18-71060f387bcb/content>. Acesso em: 5 nov. 2024.

COSTA, Monique Silva. **Formação da economia brasileira e dependência tecnológica**: implicações no déficit da conta de serviços do Brasil. 2015. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/18331/1/Costa%2c%20Monique%20Silva.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

CRISTO-ANDRADE, Silveli; SIDONCHA, Idalina Proença Maia. A evolução do conceito dos spillovers do conhecimento. **Revista da Educação Superior do Senac-RS**, v. 12, n. 2, p. 1-7, dez. 2019.

CRUZ, Carlos Henrique de Brito. Benchmarking university/industry research collaboration in Brazil. **Innovation In Brazil**, p. 120-143, 15 mar. 2019. Routledge. <http://dx.doi.org/10.4324/9780429053092-6>. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4425937/mod_resource/content/1/Brito%20Benchmarking%20University-chbc20180507%20-EBR-chbc20180709-CLEAN.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

CUNHA FILHO, Clayton Mendonça. Reindustrialização Verde ou Arábia Saudita do Hidrogênio? Promessas e perspectivas do Hidrogênio Verde para o desenvolvimento do Ceará. In: XII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA POLÍTICA AMÉRICA LATINA COMO ACTOR EN LA RECONFIGURACIÓN GEOPOLÍTICA GLOBAL, 12., 2024, Lisboa. Alacip, 2024. p. 1-26. Disponível em: https://www.pt.congressoalacip2024.org/trabalho/view?ID_TRABALHO=240. Acesso em: 5 abr. 2025.

Decreto nº 11.648, de 16 de agosto de 2023. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11648.htm. Acesso em: 5 abr. 2025.

Decreto Nº 34.733 de 12 de maio De 2022. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ce/decreto-n-34733-2022-ceara-institui-o-plano-estadual-de-transicao-energetica-justa-do-ceara-ceara-verde-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 5 abr. 2025.

DEGHANI, Mozhdah; DENISON, Tom; STILLMAN, Larry. Shared collaborative spaces challenges in inter-organisational collaborative projects. In: PACIFIC ASIA CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (PACIS), 22. 2018, Japão. **Shared collaborative spaces challenges in inter-organisational collaborative projects**. Japão: Pacis, 2018. p. 1-8. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/301375980>. Acesso em: 5 nov. 2024.

DIAS, Alexandre Aparecido; PORTO, Geciane Silveira. Gestão de transferência de tecnologia na Inova Unicamp. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 17, n. 3, p. 263-284, jun. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-65552013000300002>.

DIAS, Leidijane da Silva. **O Papel da Universidade no Desenvolvimento de Tecnologias Sociais**: um estudo de caso na UFPE. 2016. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Administração, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/25490/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Leidijane%20da%20Silva%20Dias.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

DÖRING, Thomas; SCHNELLENBACH, Jan. What do we know about geographical knowledge spillovers and regional growth?: a survey of the literature. **Regional Studies**, v. 40, n. 3, p. 375-395, 1 maio 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00343400600632739>. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/21875/1/PROD0000000000180190.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2025.

DUBEUX, Rafael Ramalho. **Desenvolvimento e mudança climática**: estímulos à inovação em energia de baixo carbono em países de industrialização tardia (1997-2014). 2015. 362 f. Tese (Doutorado) - Curso de Relações Internacionais, Instituto de Relações Internacionais, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

EDENHOFER, Ottmar et al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: special report of the intergovernmental panel on climate change. New York: Cambridge University Press, 2012. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.

EDQUIST, Charles. Systems of Innovation: perspectives and challenges. **Oxford Handbooks Online**, p. 1-24, 19 jan. 2006. Oxford University Press. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007>.

EPALANGA, Hilquias Silva; CHIQUETE, Hilquias Silva Epalanga; GOULART, Diego Dorneles; PARQUI, Wilson Omar Ramos; SPERANDIO, Mauricio. Potencial de oferta do hidrogênio como vetor energético no Brasil com base na análise da técnica de dinâmica de sistemas. **Anais do 15Th Seminar on Power Electronics and Control, Sepoc 2023**, p. 1-7, 22 out. 2023. Sepocb. <http://dx.doi.org/10.53316/sepoc2023.017>.

EPBR. Só 2% dos projetos de hidrogênio no mundo estão em construção ou operação, diz Wood Mackenzie. 2024. Disponível em: [https://epbr.com.br/so-2-dos-projetos-de-hidrogenio-no-mundo-estao-em-construcao-ou-operacao-diz-wood-mackenzie/#:~:text=Apenas%20%25%20dos%20projetos%20de,hidrog%C3%AAnio%20por%20ano%20\(Mtpa\)](https://epbr.com.br/so-2-dos-projetos-de-hidrogenio-no-mundo-estao-em-construcao-ou-operacao-diz-wood-mackenzie/#:~:text=Apenas%20%25%20dos%20projetos%20de,hidrog%C3%AAnio%20por%20ano%20(Mtpa)). Acesso em: 4 maio 2024.

EPBR. Hidrogênio verde: conheça 10 projetos promissores em desenvolvimento no brasil. conheça 10 projetos promissores em desenvolvimento no Brasil. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/hidrogenio-verde-conheca-10-projetos-promissores-em-desenvolvimento-no-brasil/>. Acesso em: 4 maio 2024.

EPE. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. Brasília: EPE, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20%282%29.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.

EPE. **MME apresenta ao CNPE proposta de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2)**. S/D. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2->. Acesso em: 5 abr. 2025.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 23-48, maio 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4gMzWdcjVXCMp5XyNbGYDMQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 nov. 2024.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The dynamics of innovation: from national systems and “mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 109-123, fev. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(99\)00055-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(99)00055-4).

ETZKOWITZ, Henry; *et al.* The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 313-330, fev. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(99\)00069-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(99)00069-4).

ETZKOWITZ, Henry. The evolution of the entrepreneurial university. **International Journal of Technology and Globalisation**, v. 1, n. 1, p. 64, 2004. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijtg.2004.004551>.

ETZKOWITZ, Henry; MELLO, José Manoel Carvalho de; ALMEIDA, Mariza. Towards “meta-innovation” in Brazil: the evolution of the incubator and the emergence of a triple helix. **Research Policy**, v. 34, n. 4, p. 411-424, maio 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2005.01.011>.

ETZKOWITZ, Henry; MELLO, Jose Manoel Carvalho de. The rise of a triple helix culture: innovation in brazilian economic and social development. **International Journal of Technology Management & Sustainable Development**, v. 2, n. 3, p. 159-171, 1 dez. 2004. Intellect. <http://dx.doi.org/10.1386/ijtm.2.3.159/1>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240295315_The_rise_of_a_triple_helix_culture_innovation_in_brazilian_economic_and_social_development. Acesso em: 5 nov. 2024.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Triple Helix twins: innovation and sustainability. **Science And Public Policy**, v. 33, n. 1, p. 77-83, 1 fev. 2006. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.3152/147154306781779154>.

ETZKOWITZ, Henry; BRISOLLA, Sandra N. Failure and success: the fate of industrial policy in latin america and south east asia. **Research Policy**, v. 28, n. 4, p. 337-350, abr. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(98\)00077-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(98)00077-8).

EUROPEAN COMMISSION. REpowerEU transition: A Plan to Rapidly Reduce Dependence on Russian Fossil Fuels and Fast Forward the Green. 2022. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3131. Acesso em: 4 maio 2024.

EUROPEIA, Comissão. **Transição ecológica**. Disponível em: https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/green-transition_pt. Acesso em: 5 nov. 2024.

EVERMONTE. **O que é crowdsourcing e por que esse processo é tão importante?** 2024. Disponível em: <https://evermonte.com/o-que-e-crowdsourcing-e-por-que-esse-processo-e-tao-importante/#:~:text=Crowdsourcing%20%C3%A9%20um%20processo%20colaborativo,e%20ponderar%20resolu%C3%A7%C3%B5es%20em%20potencial>. Acesso em: 6 jun. 2025.

FAPEMIG. **Transferência de Tecnologia**. Disponível em: <http://www.fapemig.br/pt/menu-servicos/propriedade-intelectual/transferencia-de-tecnologia/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

FARIAS, Robson Ferreira. **Conhecimento e Subdesenvolvimento: uma análise da universidade nos marcos do capitalismo dependente brasileiro (2003-2017)**. 2021. 174 f. Monografia - Curso de Ciências Sociais, Departamento de Ciências Sociais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

FARIAS, Robson Ferreira. Mapeamento e Descrição das Pesquisas e Centros de Pesquisas em H2V no Brasil. In: COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida *et al.* **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 41-70.

FAUSTINO, Cristiane; TUPINAMBÁ, Soraya Vanini; MEIRELLES, Elena. **Impactos e danos socioambientais da energia eólica no ambiente marinho-costeiro no Ceará**.

2023. Disponível em: <https://rosalux.org.br/impactos-e-danos-socioambientais-da-energia-eolica-no-ambiente-marinho-costeiro-no-ceara/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

FERNANDES, Gabriela; O’SULLIVAN, David; FERREIRA, Luís Miguel D.F. Addressing the Challenges to Successfully Manage University-Industry R&D Collaborations. **Procedia Computer Science**, v. 196, p. 724-731, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.069>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Documents/Fax/Drafts/sobre%20desafios%20a%20UIC.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

FIEC. **HUB de Hidrogênio Verde é lançado no Ceará com a parceria da FIEC**. 2021. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/sites/numa/?st=noticia&id=139592>. Acesso em: 4 maio 2024.

FIEC. Edital SESI e SENAI de trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa – 2024. FIEC. 2024b.

FIEC. Fiec Summit 2022 - hidrogênio verde edital de seleção de trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa. FIEC. 2022b.

FIEC. **FIEC Summit premia trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa sobre Hidrogênio Verde**. 2022a. Disponível em: [https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/149723/fiec-summit-premia-trabalhos-academicos-e-projetos-de-pesquisa-sobre-hidrogenio-verde#:~:text=ESG:%20Environmental%2C%20Social%20and%20Corporate%20Governance%20\(Ambiental%2C,Corporativa\)%20*%20Ambiental.%20*%20Social.%20*%20Governan%C3%A7a](https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/149723/fiec-summit-premia-trabalhos-academicos-e-projetos-de-pesquisa-sobre-hidrogenio-verde#:~:text=ESG:%20Environmental%2C%20Social%20and%20Corporate%20Governance%20(Ambiental%2C,Corporativa)%20*%20Ambiental.%20*%20Social.%20*%20Governan%C3%A7a). Acesso em: 16 jun. 2025.

FIEC. **Trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa relacionados a hidrogênio verde são premiados no FIEC Summit 2024**. 2024a. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/162029/trabalhos-academicos-e-projetos-de-pesquisa-relacionados-a-hidrogenio-verde-sao-premiados-no-fiec-summit-2024#:~:text=Os%20projetos%20de%20pesquisa%20selecionados,alunos%20do%20Centro%20Universit%C3%A1rio%20Fametro>. Acesso em: 16 jun. 2025.

FIEC. **Workshop da Rede VERDES discute parcerias entre empresas e pesquisadores para impulsionar o Hidrogênio Verde no Ceará**. 2024b. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/163647/workshop-da-rede-verdes-discute-parcerias-entre-empresas-e-pesquisadores-para-impulsionar-o-hidrogenio-verde-no-ceara>. Acesso em: 6 jun. 2025.

FERREIRA, Carla; OSORIO, Jaime; LUCE, Mathias (org.). **Padrão de reprodução do capital: contribuições da teoria marxista da dependência**. São Paulo: Boitempo Editorial, 2012.

FIGUEIREDO, Natalia; FERNANDES, Cristina. Cooperation University–Industry: a systematic literature review. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 17, n. 08, p. 1-37, dez. 2020. World Scientific Pub Co Pte Ltd. <http://dx.doi.org/10.1142/s0219877021300019>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/CooperationU-I-RSL.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

FILGUEIRAS, Luiz. Padrão de reprodução do capital e capitalismo dependente no Brasil atual. **Caderno CRH**, [S.L.], v. 31, n. 84, p. 519-534, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-49792018000300006>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ccrh/a/prNZGxT4CTRnq5B7yQxbp7P/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 nov. 2024.

FINEP: Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT - Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis. Rio de Janeiro: Finep, 2024. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2024/04_03_2024_ER_Anexo_1_Rerratificado.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

FINEP: Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT - Mais Inovação Brasil – Aviação Sustentável. Rio de Janeiro: Finep, 2024. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2025/07_03_2025_3a_Rerratificacao_Regulamento.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

FINEP: Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT - Inovações Radicais Setor Elétrico. Rio de Janeiro: Finep, 2022. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2024/20_02_2024_4_rerratificacao_IR.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025. Acesso em: 05 abr. 2025.

FOUQUET, Roger et al. Historical energy transitions: speed, prices and system transformation. *Energy Research & Social Science*, v. 22, p. 7-12, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629616301979>. Acesso em: 4 maio 2024.

Funcap. Edital N° 02/2023 Funcap Energias Renováveis Rede de Pesquisa em Energias Renováveis no Estado do Ceará. Funcap. 2023. Disponível em: <https://montenegro.funcap.ce.gov.br/sugba/edital/531.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

Funcap. Seleção Simplificada para Cursos de Formação de Profissionais para Atender Demandas do Plano De Capacitação e Fortalecimento da Cadeia Produtiva em Energias Renováveis no Ceará (Projeto H-Tec). Funcap. 2024. Disponível em: <https://www.centec.org.br/wp-content/uploads/2024/08/Edital-Formacao-Alunos-para-Projeto-H-TEC-05.08.24.docx-1.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

Funcap. Edital Funcap N° 05/2023 Programa Pesquisador Empreendedor Formação de Spin-Offs Acadêmicas. Funcap. 2023.

Funcap/Finep. Seleção Pública- Programa Finep–Tecnova III CE Edital FUNCAP/FINEP N° 10/2024. Funcap/Finep. 2024.

FURTADO, Fabrina Pontes; PAIM, Elisângela. Energia renovável e extrativismo verde: transição ou reconfiguração? *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 26, n. 1, p. 1-28, 5 jun. 2024. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)**. <http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202416pt>.

FURTADO, Gustavo Guedes. **Transferência de Tecnologia no Brasil:** uma análise de condições contratuais restritivas. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FURTADO, André Tosi; CARVALHO, Ruy de Quadros. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 70-84, jun. 2005.

GALINA, Décio. **Como Mario e Lucas Araripe transformaram a Casa dos Ventos em potência da energia renovável**. 2025. Disponível em:

<https://forbes.com.br/forbesesg/2025/03/os-donos-do-vento/#:~:text=Como%20Mario%20e%20Lucas%20Araripe,em%20pot%C3%Aancia%20da%20energia%20renov%C3%A1vel>. Acesso em: 25 abr. 2025.

GARCIA, Renato de Castro; SUZIGAN, Wilson. **As Relações Universidade-Empresa**. Campinas: Unicamp, 2021. Disponível em:

<https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/TD/TD405.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

GARCIA, Renato de Castro; *et al.* Revisitando os Sistemas Regionais de Inovação: teoria, prática, políticas e agenda para o Brasil. **Nova Economia**, v. 32, n. 3, p. 617-645, set. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/6932>.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/neco/a/L3dysjpb9GmWhmsBbMBRtfk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 nov. 2024.

GESEL. **Pecém H2V – EDP**. S/D. Disponível em:

<https://gesel.ie.ufrj.br/pesquisas/28780/>. Acesso em: 5 abr. 2025.

GIZ. Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: panorama atual e potenciais para o hidrogênio verde. Brasília. 2021. Disponível em:

https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.

GOLDTHAU, Andreas; EICKE, Laima; WEKO, Silvia. The Global Energy Transition and the Global South. *Lecture Notes in Energy*, p. 319-339, 2020. **Springer International Publishing**. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_14.

GOMES, Myller Augusto Santos; PERIN, Eloni Santos. A relação universidade-empresa: barreiras e facilitadores no processo de geração de inovação. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 22, n. 3, p. 244-267, 16 out. 2022. Fundação Pedro Leopoldo - **Revista Gestão and Tecnologia**. <http://dx.doi.org/10.20397/2177-6652/2022.v22i3.1998>.

Disponível em: <https://revistagt.fpl.emnuvens.com.br/get/article/view/1998/1348>.

Acesso em: 6 jun. 2025.

GONTIJO, Juliana. **1ª planta de hidrogênio verde do País entra em operação**. 2023.

Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/primeira-planta-hidrogenio-verde-brasil-entra-operacao/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade (org.). **Impactos Socioambientais da implantação dos Parques de Energia Eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019. Disponível em:

https://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/wp-content/uploads/2019/07/livro_web.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

GOV.BR. **Solicitar Transferência de Tecnologia - IFC (PI)**. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/pt-br/servicos/transferencia-de-propriedade-intelectual>. Acesso em: 5 nov. 2024.

GUIMARÃES, Yanna. **Complexo do Pecém assina parceria para acelerar inovação em hidrogênio verde**. 2023a. Disponível em:

<https://www.ceara.gov.br/2023/05/10/complexo-do-pecem-assina-parceria-para-acelerar-inovacao-em-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 5 abr. 2025.

GUIMARÃES, Yanna. **Governo do Ceará assina acordo de cooperação técnica com conglomerado chinês**. 2023b. Disponível em:

<https://www.sde.ce.gov.br/2023/03/29/governo-do-ceara-assina-acordo-de-cooperacao-tecnica-com-conglomerado-chines/>. Acesso em: 5 abr. 2025.

GUIMARÃES, Yanna. **Terraplanagem para planta de H2V da Fortescue no Complexo do Pecém deve começar até o fim deste ano**. 2024. Disponível em:

<https://www.ceara.gov.br/2024/07/18/terraplanagem-para-planta-de-h2v-da-fortescue-no-complexo-do-pecem-deve-comecar-ate-o-fim-deste-ano/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

GUIMÓN, José. Promoting university-industry collaboration in developing countries (Innovation Policy Platform, OECD and World Bank). **The Innovation Policy Platform**, p. 1-11, 2013. Unpublished. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.5176.8488>. Disponível em:

<file:///C:/Users/User/Downloads/PromotingUniversityIndustryCollaborationInDevelopingCountries.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

GURGEL JÚNIOR, Lúcio Alves. **A economia do hidrogênio verde e o campesinato cearense**. 2012. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

HABERL, Helmut; *et al.* A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation. **Sustainable Development**, v. 19, n. 1, p. 1-14, jan. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.410>.

HALL, Peter A.; TAYLOR, Rosemary C. R. As três versões do neo-institucionalismo. Lua Nova: **Revista de Cultura e Política**, n. 58, p. 193-223, 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-64452003000100010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ln/a/Vpr4gJNNdjPfnMPr4fj75gb>. Acesso em: 6 jun. 2025.

HEKKERT, M.P. *et al.* Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 4, p. 413-432, maio 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>. Disponível em:

<file:///C:/Users/User/AppData/Roaming/Microsoft/Windows/Network%20Shortcuts/Sistemas%20de%20INOVa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Fun%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

HEKKERT, Marko P.; NEGRO, Simona O. Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: empirical evidence for earlier claims. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 4, p. 584-594, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.013>.

HYTRON. Hytron é adquirida pelo GRUPO NEA. 2020. Disponível em:

<https://www.hytron.com.br/single-post/hytron-%C3%A9-adquirida-pelo-grupo-nea>. Acesso em: 4 maio 2024.

IAMMARINO, Simona; MCCANN, Philip. The structure and evolution of industrial clusters: transactions, technology and knowledge spillovers. **Research Policy**, v. 35, n. 7, p. 1018-1036, set. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2006.05.004>.

IDIS. **PL sobre tributação de fundos patrimoniais é aprovado no Senado**. 2024. Disponível em: <https://www.idis.org.br/pl-sobre-tributacao-de-fundos-patrimoniais-e-aprovado-no-senado/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

IEA. Energy And Climate Are Inextricably Linked. Disponível em: <https://www.iea.org/topics/climate-change>. Acesso em: 4 maio 2024.

INOVAÇÃO, Bússola da. **Perfil da Inovação Industrial**: bússola da inovação. Fortaleza: Fiec, 2019. Disponível em: <https://arquivos.sfiec.org.br/nucleoeconomia/files/files/Bussola%202018/bussolaestadua12018.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

INFOMONEY. “Nossa resposta foi longe de perfeita”, diz CEO da Emirates após dilúvio em Dubai. 2024. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/mundo/nossa-resposta-foi-longo-de-perfeita-diz-ceo-da-emirates-apos-diluvio-em-dubai/>. Acesso em: 4 maio 2024.

INTEIRO, Política por. **Plano de Transformação Ecológica**: do que se trata além de uma boa intenção. Rio de Janeiro: 2024. Disponível em: <https://politicaporinteiro.org/wp-content/uploads/2024/03/Plano-de-Transformacao-Ecologica-do-que-se-trata-politica-por-inteiro-20240328.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

IXL-CENTER. **Masterplan Hidrogênio Verde Ceará**: construindo o hub de hidrogênio verde do Ceará. Cambridge: IXL Center, 2024.

JACOBSSON, Staffan; JOHNSON, Anna. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy Policy**, v. 28, n. 9, p. 625-640, jul. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00041-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00041-0).

JONBEKOVA, Dilrabo *et al.* Development of university–industry partnerships in Kazakhstan: innovation under constraint. **International Journal of Educational Development**, v. 79, p. 0-0, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102291>.

KAMMERLANDER, Nadine. Research: family firms are more innovative than other companies. **Harvard Business Review**, Massachusetts, v. 0, n. 0, p. 1-6, jul. 2017.

KHOLIYAVKO, Nataliia; *et al.* Quintuple Helix Model: investment aspects of higher education impact on sustainability. **Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development**, v. 43, n. 1, p. 111-128, 16 jun. 2021. Vytautas Magnus University. <http://dx.doi.org/10.15544/mts.2021.10>.

KLAUMANN, Ana Paula. **Quais os papéis das universidades na inovação social? Análises a partir da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 2021. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/225712/001129529.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 abr. 2025.

KLAUMANN, Ana Paula; TATSCH, Ana Lúcia. A extensão Universitária como um caminho para a Inovação Social. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 22, p. 1-34, 4 set. 2023. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8669995>. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8669995/33134>. Acesso em: 5 abr. 2025.

KLIASS, Paulo. O Debate sobre a Atuação Empresarial Estatal no País: principais argumentos. **Boletim de Análise Político-Institucional**, v. 0, n. 15, p. 28-31, jun. 2018. Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8619/5/Bapi_15_debate.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

KOELLER, Priscila *et al.* **ECOINOVAÇÃO**: revisitando o conceito. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9960/1/td_2556.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

KOERICH, Grazielle Ventura; CANCELLIER, Éverton Luís Pellizzaro de Lorenzi. Inovação Frugal: origens, evolução e perspectivas futuras. **Cadernos Ebape.Br**, v. 17, n. 4, p. 1079-1093, out. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395174424>.

KOSSLING, Carol. **ArcelorMittal inicia parceria com UFC com foco em energias renováveis**. 2023.

LEAL, Carlos Ivan Simonsen; FIGUEIREDO, Paulo N. Inovação tecnológica no Brasil: desafios e insumos para políticas públicas. *Revista de Administração Pública*, v. 55, n. 3, p. 512-537, maio 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220200583>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rap/a/th4kPMNYksKfKZDwSdWs7Zj/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 4 maio 2024.

LECOS. **Sistema de Monitoramento da Transição Energética**. 2025a. Disponível em: <https://lecos.ufc.br/pt/banco-de-dados/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

LECOS. **Políticas Públicas e respostas corporativas para promoção do desenvolvimento econômico sustentável no HUB do hidrogênio verde com ênfase na economia circular**. 2025b. Disponível em: <https://lecos.ufc.br/pt/pagina-exemplo/projeto-de-pesquisa-politicas-publicas-e-respostas-corporativas-para-promocao-do-desenvolvimento-economico-sustentavel-no-hub-do-hidrogenio-verde-com-enfase-na-economia-circular/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

Lei Nº 15.103 de 22 de janeiro De 2025. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/lei/L15103.htm. Acesso em: 5 abr. 2025.

Lei Nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 5 abr. 2025.

Lei No 9.991 de 24 de julho de 2000. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm. Acesso em: 5 abr. 2025.

Lei nº 18.459 de 07 setembro de 2023. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/meio-ambiente-e-desenvolvimento-do-semiarido/item/8476-lei-n-18-459-de-07-09-23-d-o-11-09-23>. Acesso em: 5 abr. 2025.

Lei Complementar Nº 314 de 07 de setembro de 2023. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: <https://bela.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/meio-ambiente-e-desenvolvimento-do-semiarido/item/8473-lei-complementar-n-314-de-07-09-23-d-o-11-09-23>. Acesso em: 5 abr. 2025.

Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm. Acesso em: 5 abr. 2025.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira. CODETEC – Companhia de Desenvolvimento Tecnológico. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 7, p. 483-489, dez. 2008. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648972/15519>. Acesso em: 5 nov. 2024.

LENGER, Aykut; TAYMAZ, Erol. To innovate or to transfer? *Journal Of Evolutionary Economics*, v. 16, n. 1-2, p. 137-153, 11 out. 2005. **Springer Science and Business Media LLC**. <http://dx.doi.org/10.1007/s00191-005-0002-4>.

LEPINSKI, Willian, BARCAT, Iuri Michelan; PINTO, Geraldo Augusto. Ruy Mauro Marini e a categoria da superexploração do trabalho na América Latina: essência e historicidade. In: Martins, Carlos Eduardo; Duarte, Joana das Flores; Menezes, Roberto Goulart (Org.). **REORIENTE: dossiê Ruy Mauro Marini**. Rio de Janeiro: 2022. P. 111-140.

LIMA NETO, Pedro de *et al.* Grupo 2 - tecnologia (foto)eletroquímicas para a produção de hidrogênio verde. In: COLLAÇO, Flávia de Almeida. **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 89-96.

LEZANA, A. G. R. (Org.); MENDONÇA, A. K. S. (Org.); VAZ, C. R. (Org.); Uriona Maldonado, Mauricio (Org.). **Empreendedorismo, inovação e sustentabilidade: origem, evolução e tendências**. 1. ed. Florianópolis: UFSC, 2017. 393p.

LUNA, Francisco Murilo Tavares *et al.* Grupo 10 – Desenvolvimento e avaliação de materiais e processos inovadores para obtenção de SAF (querosene de aviação sustentável) e combustíveis sintéticos. In: COLLAÇO, Flávia de Almeida. **Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil**. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 147-152.

LUCE, Mathias Seibel. A economia política do subimperialismo em Ruy Mauro Marini: uma história conceitual. In: ANAIS DO XXVI SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 26. 2011, São Paulo: 2011. p. 1-15. Disponível em: http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1300921521_ARQUIVO_MathiasLu ceArtigoAnpuhFinal.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

LUNDEVALL, Bengt-Åke; *et al.* National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 213-231, fev. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333\(01\)00137-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0048-7333(01)00137-8).

LUQUEZE, Maria Angélica Oliveira. **A inovação aberta nas empresas do Índice Nasdaq-100: um estudo das redes de cooperação formadas a partir das patentes**. 2017. 266 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-25012018-101832/publico/MariaAOLuqueze_Corrigida.pdf. Acesso em: 6 jun. 2025.

MACHADO, Maria Clara. **Paten é aprovado no Senado e volta à Câmara dos Deputados**. 2024. Disponível em: <https://megawhat.energy/economia-e-politica/congresso/paten-e-aprovado-no-senado-e-volta-a-camara-dos-deputados/>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MAGALHÃES, Sammer Dahir Siman. O Brasil nos marcos do novo padrão exportador de especialização produtiva: uma verificação a partir dos dados de financiamento do BNDES e do orçamento de investimento da união no período de 2003 a 2014. 2016. 121 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Política Social, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/255237d2-4cef-466f-bdf7-3e0e2896bbca/content>. Acesso em: 4 maio 2024.

MANOTUNGVORAPUN, Nisit; GERDSRI, Nathasit. Positioning academic partners to align with proper modes of university-industry collaboration. **International Journal of Business Innovation and Research**, v. 24, n. 2, p. 261, 2021. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijbir.2021.112815>. Disponível em: <https://www.insighttrm.com/storage/publication/2021/EsINjbgBcE0hGHwntdyTFKUGcEuFZD7nHGAbxFQM.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

MARKARD, Jochen; HEKKERT, Marko; JACOBSSON, Staffan. The technological innovation systems framework: response to six criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 16, p. 76-86, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.006>.

MARINI, Ruy Mauro. Dialética da Dependência. **Revista Latinoamericana de Ciências Sociais**, Santiago do Chile, v. 0, n. 5, p. 1-43, jun. 1973.

MARINI, Ruy Mauro. A acumulação capitalista mundial e o subimperialismo. **Outubro**, n. 20, p. 30-67, 2012.

MARQUES, Mabel Diz; ROSELINO, José Eduardo; MASCARINI, Suelene. Taxonomias tecnológicas e setoriais da indústria de transformação brasileira. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 2, n. 18, p. 417-448, jul. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi>.

MATOS, Janara de Camargo; BITENCOURT, Guilherme Ferreira. Os investimentos em hidrogênio verde no mundo e o papel do Brasil nesta cadeia produtiva. *Revista Processando O Saber, Praia Grande*, v. 15, p. 98-112, 2023.

MATTOS, Mariana. **Políticas públicas no Brasil associadas ao hidrogênio e suas tecnologias**. 2022. Disponível em: <https://brasilenergia.com.br/energia/opiniao/politicas-publicas-no-brasil-associadas-ao-hidrogenio-e-suas-tecnologias#:~:text=Enquanto%20isso%2C%20o%20mercado%20continua%20aguardando%20a,2002%2C%20pelo%20Minist%C3%A9rio%20de%20Ci%C3%Aancia%20e%20Tecnologia>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MAZZOLENI, Roberto. Catching Up and Academic Institutions: a comparative study of past national experiences. **The Journal of Development Studies**, v. 44, n. 5, p. 678-700, maio 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00220380802009175>.

MAZZUCATO, Mariana; PENNA, Caetano. **The Brazilian Innovation System: A Mission-Oriented Policy Proposal**. Brasília: CGEE, 2016.

MCTIC. **Plano de ciência, tecnologia e inovação para energias renováveis e biocombustíveis**: 2018-2022. Brasília: Governo Federal, 2018. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Plano-de-Ciencia-Tecnologia-e-Inovacao-Para-Energias-Renovaveis-e-Biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MDIC. **Nova Indústria Brasil é marco para a retomada do setor**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/janeiro/nova-industria-brasil-e-marco-para-a-retomada-do-setor>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MDIC. **Nova Indústria Brasil**: plano de ação para a neointustrialização 2024-2026. Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao-2024-2026-1.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MELO, Santino Loruan Silvestre de. **Compósitos De Quitosana Aditivados Com Nanocelulose E Óxido De Grafeno (Go) Para Eletrolisadores PEM**. 2023. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

MELLO, Cristiane Marques de; ROSSONI, Luciano. O Papel do Capital Social na Construção da Confiança Interorganizacional no Setor Moveleiro. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social (Rigs)**, Bahia, v. 7, n. 3, p. 133-157, dez. 2018.

MELLO, José Manoel Carvalho de; ETZKOWITZ, Henry. Universidade e desenvolvimento econômico. **Revista Inteligência Empresarial**, v. 0, n. 27, p. 1-45, 2006.

MELLO, José Manoel Carvalho de; ETZKOWITZ, Henry. New directions in Latin American university-industry-government interactions. **International Journal of Technology Management & Sustainable Development**, v. 7, n. 3, p. 193-204, 1 dez. 2008. Intellect. http://dx.doi.org/10.1386/ijtm.7.3.193_1.

MENDES, Emilia Davi; SAMPAIO, Rárisson Jardiel Santos; COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida. Justice or just plans? Reviewing the energy transition strategy of Brazil's Ceará state. **Energy Research & Social Science**, v. 119, p. 103865, jan. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2024.103865>.

MF. **Plano de Transformação Ecológica do Brasil é lançado na COP 28**. 2023. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202312/plano-de-transformacao-ecologica-do-brasil-e-lancado-na-cop-28#:~:text=Haddad%20anunciou%20os%20avan%C3%A7os%20em,para%20a%20reiven%C3%A7%C3%A3o%20do%20Brasil.&text=registrado%20em>: Acesso em: 5 abr. 2025.

MF. **Plano de Transformação Ecológica**. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/transformacao-ecologica-pagina-antiga/saiba-mais>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MF. **Novo Brasil**: plano de transformação ecológica. Brasília: Governo Federal, 2024b. 106 p. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica-novo-brasil/cartilha/novo-brasil-completo.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MME. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. Brasília: Governo Federal, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20\(2\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20(2).pdf). Acesso em: 5 abr. 2025.

MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: proposta de diretrizes. Brasília: Governo Federal, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/PublishingImages/Paginas/MME-apresenta-ao-CNPE-proposta-de-diretrizes-para-o-Programa-Nacional-do-Hidrogenio-PNH2/HidrognoRelatriodiretrizes.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MME. **Resolução institui o Programa Nacional do Hidrogênio**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/resolucao-institui-o-programa-nacional-do-hidrogenio>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MME. **Programa Nacional de Hidrogênio**: plano trienal 2023-2025. Brasília: Governo Federal, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/planodetrabalhotrienalpnh2.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MME. **Termo De Manifestação de Interesse Para Seleção de Hubs de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono para Descarbonização da Indústria**. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/iii-planejamento-energetico/chamada-publica-de-hubs-de-h2/20241004-termo-de-manifestacao-de-interesse-para-selecao-de-hubs-de-hidrogenio.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MME. **Resultado da Chamada de Hubs de Hidrogênio para Descarbonização da Indústria**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1/iii-planejamento-energetico/chamada-publica-de-hubs-de-h2/20241220-resultado-chamada-hubs-h2.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2024.

MME. **H2Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde**. s/d. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/h2-brasil>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MONTEIRO, Alcides. O que é a Inovação Social? Maleabilidade Conceitual e Implicações Práticas. **Dados**, v. 62, n. 3, p. 1-34, abr. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/001152582019187>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dados/a/TgyQQ73yL9qF5R3xvSS3J9L/?lang=pt>. Acesso em: 05 abr. 2025.

MORAES, Luanna Lima de. **O cenário do hidrogênio verde: uma revisão como suporte ao recente interesse surgido em indústrias e governos na região**. 2022. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, 2022. Disponível em: <https://repository.ufpe.br/bitstream/123456789/4225/1/TCC%20-%20LUANNA%20LIMA%20DE%20MORAES.pdf>. Acesso em: 4 maio 2024.

MORCEIRO, Paulo César. Nova Classificação de Intensidade Tecnológica da OCDE e a Posição do Brasil. São Paulo: **Fipe**, 2019. Disponível em: <https://downloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif461-8-13.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2025.

- MOURA, Pollyanna Paganoto. Propriedade intelectual e acumulação de capital. **Pesquisa & Debate. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política**, v. 30, n. 254, p. 181-285, 5 fev. 2019. Pontifical Catholic University of São Paulo (PUC-SP). <http://dx.doi.org/10.23925/1806-9029.2018v30i2p181-205>.
- MUNHOZ, Fábio. Calor sufocante: com 60,1°C, rio atinge recorde de sensação térmica. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/calor-sufocante-com-601oc-rio-atinge-recorde-de-sensacao-termica/>. Acesso em: 4 maio 2024.
- NAÇÕES UNIDAS. Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas. 2023. Disponível em: <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>. Acesso em: 4 maio 2024.
- NAHAPIET, Janine; GHOSHAL, Sumantra. Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage. **The Academy of Management Review**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 242, abr. 1998. Academy of Management. <http://dx.doi.org/10.2307/259373>.
- NEUBERGER, Daniele; MARIN, Solange Regina. A problemática do sistema nacional de inovação brasileiro. In: seminário de jovens pesquisadores em economia e desenvolvimento, 1. 2013, Santa Maria. Seminário de Jovens Pesquisadores em Economia e Desenvolvimento. Santa Maria: UFSM, 2013. p. 1-19. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/533/2019/05/1_A-PROBLEMTICA-DO-SISTEMA-NACIONAL-DE-INOVAO-BRASILEIRO.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.
- NÓBREGA, Mariana Furtado Ribeiro de *et al.* Hidrogênio Verde: uma revisão de processos de produção do hidrogênio oriundos de fontes renováveis de energia. **Natural Resources**, v. 12, n. 2, p. 75-85, nov. 2022.
- NOGUEIRA, Leilyanne Viana; ARRAES, Ronaldo de Albuquerque e. Efeito das instituições públicas de ensino superior sobre o crescimento econômico local. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 46. 2018, Rio de Janeiro. ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. Rio de Janeiro: Anpec, 2018. p. 1-20. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files_I/i6-ec781425e7290b0ea8897027643d24f8.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.
- NONATO, Lívia. **Transferência de tecnologia**: o que é e quais as categorias. o que é e quais as categorias. 2024. Disponível em: <https://blog.aevo.com.br/transferecia-de-tecnologia>. Acesso em: 05 nov. 2024.
- OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Rio Janeiro: Finep, 2004.
- O'DWYER, Michele; FILIERI, Raffaele; O'MALLEY, Lisa. Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed. **The Journal of Technology Transfer**, [S.L.], v. 48, n. 3, p. 900-931, 30 mar. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10961-022-09932-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-022-09932-2#Tab1>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- OLIVEIRA JUNIOR, Antônio de. A universidade como polo de desenvolvimento local-regional / The university as a center for local-regional developing - DOI 10.5752/P.2318-2962.2014v24nespp1. Caderno de Geografia, Minas Gerais, v. 24, n. 1, p. 1-12, 5 jul. 2014. Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais.

<http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2014v24nespp1>. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/7581>. Acesso em: 4 maio 2024.

OLIVEIRA, Elizabeth Moura Germano. **A economia do conhecimento e uma nova forma de dependência no capitalismo brasileiro**. 2017. 237 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado e Doutorado em Economia, Universidade Federal da Bahia Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/26071/1/Elizabeth%20Moura%20Germano%20Oliveira.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do Hidrogênio no Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf. Acesso em: 05 abr. 2025.

PADILLA-MELÉNDEZ, Antonio; DIEGUEZ-SOTO, Julio; GARRIDO-MORENO, Aurora. Empirical research on Innovation in Family Business: literature review and proposal of an integrative framework. **Review Of Business Management**, p. 1064-1089, 24 nov. 2015. FECAP Fundacao Escola de Comercio Alvares. <http://dx.doi.org/10.7819/rbgn.v17i56.1915>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbgn/a/pjjyGGmPntDFNLtHBJkkyxw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 6 jun. 2025.

PAIVA, Matheus Silva de; *et al.* Inovação e os efeitos sobre a dinâmica de mercado: uma síntese teórica de smith e schumpeter. **Interações (Campo Grande)**, p. 155-170, 16 fev. 2018. Universidade Catolica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v19i1.1561>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/DVkwShDFG99PSxN3tjrndcq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 nov. 2024.

PESSINI, Leo; SGANZERLA, Anor. Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da ONU sobre o clima e meio ambiente. *Revista Iberoamericana de Bioética*, Comillas, v. /, n. 1, p. 01-14, 19 maio 2016. Universidad Pontificia Comillas. <http://dx.doi.org/10.14422/rib.i01.y2016.009>. Disponível em: <https://revistas.comillas.edu/index.php/bioetica-revista-iberoamericana/article/view/6772>. Acesso em: 2 maio 2024.

PINHO, Marcelo. Mais do que se supõe, menos do que se precisa: relações entre universidades e empresas no Brasil. In: GARCIA, Renato de Castro; RAPINI, Márcia Siqueira; CÁRIO, Silvio Antônio Ferraz (Org.). *Estudos de caso da interação universidade-empresa no Brasil*. Belo Horizonte: FACE/UFMG, 2018. P. 35-60.

PINSKY, Vanessa Cuzziol et al. INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: uma perspectiva comparada da literatura internacional e nacional. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 226-250, jul. 2015.

PINTO, Eduardo Costa; FIANI, Ronaldo; CORRÊA, Ludmila Macedo. **Dimensões da abordagem da cadeia global de valor: upgrading, governança, políticas governamentais e propriedade intelectual**. Brasília: Ipea, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8752/1/Dimens%c3%b5es%20da%20abordagem.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

PODCAMENI, Maria Gabriela. Elementos para uma análise da inserção da energia eólica no Brasil a partir de uma perspectiva da política industrial. **Revista Econômica**, v. 16, n. 2, 8 set. 2015. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/economica.16i2.p234>.

PORTAL DO HIDROGÊNIO VERDE. Inovação na Cadeia de Valor do Hidrogênio. 2023. Disponível em: <https://www.h2verdebrasil.com.br/noticia/inovacao-na-cadeia-de-valor-do-hidrogenio/>. Acesso em: 4 maio 2024.

PORTAL DO HIDROGÊNIO VERDE. O Que é o Projeto H2Brasil? 2021. Disponível em: <https://www.h2verdebrasil.com.br/h2brasil/>. Acesso em: 4 maio 2024.

Portaria MCTI nº 6.100, de 11.07.2022. GOVERNO FEDERAL. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_6100_de_11072022.html. Acesso em: 5 abr. 2025.

Portaria/INPI/PR Nº 054 de 15 de dezembro de 2021. INPI. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/legislacao/legislacao/PriorIIPortaria54de15.12.21RPI2662de11.01.22.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

PÓVOA, Luciano Martins Costa. A crescente importância das universidades e institutos públicos de pesquisa no processo de catching-up tecnológico. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 12, n. 2, p. 273-300, ago. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-98482008000200004>. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rec/a/GDy9GTjvcLx8vMBk3ymyYbr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 nov. 2024.

PRIM, Márcia Aparecida; AGUIAR, Ranieri R. Silva de; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida. Inovação Social: diferentes perspectivas para um mesmo conceito. *In: X CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN*, 10. 2020, Panamá: 2020. p. 1-17.

PUGA, Mariana dos Santos; ASECNOS, Yvan Jesus Olortiga. Avanços e limitações da produção, armazenamento e transporte de hidrogênio verde. *Latin American Journal of Energy Research*, v. 10, n. 2, p. 74-93, 28 dez. 2023. **Latin American Journal of Energy Research**. <http://dx.doi.org/10.21712/lajer.2023.v10.n2.p74-93>. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/lajer/article/view/41777/29365>. Acesso em: 6 jun. 2025.

QUANDT, Carlos Olavo; PEREIRA JUNIOR, Paulo Roberto. Relações entre o Capital Social, o Compartilhamento de Conhecimento Interorganizacional e a Inovação em Empresas de Desenvolvimento de Softwares. **International Journal of Knowledge Engineering and Management**, v. 3, n. 7, p. 136, 2014. Even3. <http://dx.doi.org/10.47916/ijkem-vol3n7-2014-7>.

QUARESMA, Fernando, *et al.* Modelos de hélices tripla, quádrupla e quántupla: o papel das universidades. p. 1-14, 5 mar. 2024. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/scielopreprints.8086>.

RAPHAEL, Ellen *et al.* Células solares de perovskitas: uma nova tecnologia emergente. **Química Nova**, v. 41, n. 1, p. 61-74, ago. 2017. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170127>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/7fGqwhXzFzWLMr8X6vMhVZR/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RAPINI, Marcia Siqueira; CHIARINI, Tulio; STEIN, Alexandre de Queiroz. Universities in inclusive regional innovation systems: academic engagement and uneven knowledge use in Brazil. **Journal of Regional Science**, v. 64, n. 1, p. 108-135, 4 set. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jors.12667>.

RAPINI, Márcia Siqueira; ANTIGO, Mariângela Furlan; ESPERIDIÃO, Fernanda. Escolaridade e inserção em setores por intensidade tecnológica: uma análise a partir da PNADC no período de 2012 a 2019. **Textos de Economia**, v. 25, n. 2, p. 01-29, 16 fev. 2023. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8085.2022.e86941>.

RAPOSO, Bruna Ferraz, ALMEIDA FILHO, Niemeyer; AMARAL, Marisa Silva. The Pattern of Capital Reproduction in Dependent and Financialized Capitalism. *Latin American Perspectives*, v. 49, n. 1, p. 166-181, 29 Nov. 2021. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0094582x211061878>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0094582X211061878>. Acesso em: 4 maio 2024.

REIS, Paulo. **Desenvolvimento e Catching-up**. Rio de Janeiro: Agência UFRJ de Inovação, 2018.

RELVA, Stefania et al. 12 Insights sobre Hidrogênio: edição brasil. Instituto E+ Transição Energética, 2024. Disponível em: <https://emaisenergia.org/publicacao/12-insights-sobre-hidrogenio-edicao-brasil/>. Acesso em: 4 maio 2024.

RENNINGS, Klaus. Towards a Theory and Policy of Eco-Innovation: neoclassical and (co-)evolutionary perspectives. **Zew Discussion Papers**, Leibniz, v. 0, n. 0, p. 1-22, jul. 1998.

Resolução nº 4, de 20 de março de 2023. **Programa Energias da Amazônia**. Brasília, 16 ago. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2023/ResolucaoCNPE4_2023.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

Resolução Nº 06/Cepe, de 23 de fevereiro de 2024. Ministério da Educação. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: https://www.ufc.br/images/files/a_universidade/cepe/resolucao_cepe_2024/Resolucao_06_Cepe_23-02-24.pdf.

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. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 1, p. 1531-1553, 9 jan. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv9n1-106>.

RIBEIRO, Cássio Garcia; INÁCIO JÚNIOR, Edmundo. **Política de offset em compras governamentais: uma análise exploratória**. Brasília: Ipea, 2019. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9216/1/td_2473.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

ROCHA, Robson Silva Soe *et al.* Grupo 12 – Gestão da Inovação: transferência de tecnologia e fortalecimento da cadeia produtiva das energias renováveis com ênfase no H2V no estado do Ceará. *In: COLLAÇO, Flávia de Almeida. Atlas do Hidrogênio Verde no Brasil*. Fortaleza: Editora da UFC, 2024. p. 161-171.

RODRIGUES, Renato. **How the tragedy in Rio Grande do Sul is linked to climate change**. 2024. Disponível em: <https://planetacampo.canalrural.com.br/colunistas/como-a-tragedia-no-rio-grande-do-sul-esta-ligada-a-mudanca-do-clima/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

ROMA, Júlio César. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1, p. 33-39, jan. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602019000100011>.

ROMANI, Luciana Alvim Santos et al. **Ecosistema de inovação em agricultura: evolução e contribuições da Embrapa**. In: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. *Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília: Embrapa, 2020. p. 278-304.

ROSSONI, André Luis; VASCONCELLOS, Eduardo Pinheiro Gondim de; ROSSONI, Renata Luiza de Castilho. Barriers and facilitators of university-industry collaboration for research, development and innovation: a systematic review. **Management Review Quarterly**, v. 74, n. 3, p. 1841-1877, 26 abr. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11301-023-00349-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11301-023-00349-1>. Acesso em: 5 nov. 2024.

RYBNICEK, Robert; KÖNIGSGRUBER, Roland. What makes industry–university collaboration succeed? A systematic review of the literature. **Journal of Business Economics**, v. 89, n. 2, p. 221-250, 12 set. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11573-018-0916-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11573-018-0916-6>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SÁBATO, Jorge; BOTANA, Natalio. La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina. **Revista de La Integración**, Itália, v. 0, n. 3, p. 3-13, 1968. Disponível em: <https://repositorio.esocite.la/346/1/Sabato-Botana1970-LaCienciaYLaTecnologiaEnElDesarrollodeAL.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SALAS, Nadia Albis; ÁLVAREZ, Isabel. Estimating technological spillover effects in presence of knowledge heterogeneous foreign subsidiaries: evidence from colombia. **Unpublished**, [S.L.], p. 5-32, 2017. Unpublished. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21465.03681>.

SANTOS, Priscila Rohem dos; GANDARA, Sabrina da Silva Santos. **Mapeamento de Patentes Depositadas no Brasil sobre Tecnologias Relacionadas à Produção de Hidrogênio, com Enfoque em Hidrogênio Verde**. Brasília: Inpi, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/05_2023_Radar_ProduodeHidrognio.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

SANTOS, Adriana B. A. dos; FAZION, Cíntia B.; MEROE, Giuliano P. s de. INOVAÇÃO: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. **Caderno de Administração**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 1-16, maio 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/caadm/article/view/9014/6623>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SANTOS, Gesmar Rosa dos. Características Da Infraestrutura de Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil. In: NEGRI, Fernanda de; SQUEFF, Flávia de Holanda Schmidt

- (org.). **Sistemas Setoriais de Inovação e Infraestrutura de Pesquisa no Brasil**. Brasília: Ipea, 2016. p. 7-617.
- SANTOS, Gesmar Rosa dos. **Financiamento Público da Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil**: a contribuição dos fundos setoriais de inovação tecnológica. Brasília: Ipea, 2015. 59 p.
- SANTOS, Theotônio dos. A estrutura da dependência. **Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 30, p. 5-18, out. 2011.
- SANTOS, Theotônio dos. **Revolução Científico-Técnica e Capitalismo Contemporâneo**. Petrópolis: Vozes, 1983.
- SANTOS, Victoria; OHARA, Amanda. Desafios e oportunidades para o Brasil com o hidrogênio verde. Colônia: Heinrich Böll Stiftung, 2021. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/2021-05/Relatorio_Hidrogenio_Verde_Boll_FINAL.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.
- SANTOS, Igor Felipe. **Tragédia no Rio Grande do Sul**: é preciso apontar as causas e responsáveis: é preciso apontar as causas e responsáveis. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/05/23/tragedia-no-rio-grande-do-sul-e-preciso-apontar-as-causas-e-responsaveis#:~:text=A%20trag%C3%A9dia%20no%20Rio%20Grande,e%2088%20ainda%20est%C3%A3o%20desaparecidas>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- SANTOS, Anna Luzia Martins Silva et al. O Conceito de Economia Circular: uma nova abordagem para a sustentabilidade econômica e ambiental. **Revista Reiva**, Vale do Araguaia, v. 6, n. 4, p. 1-7, maio 2023.
- SATO, Fábio Ricardo Loureiro. Problemas e métodos decisórios de localização de empresas. **Rae Eletrônica**, v. 1, n. 2, p. 02-13, dez. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-56482002000200011>.
- SCHMIDT, Tobias S.; HUENTELER, Joern. Anticipating industry localization effects of clean technology deployment policies in developing countries. **Global Environmental Change**, v. 38, p. 8-20, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.02.005>.
- SCHUMPETER, Joseph Alois. **TEORIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda, 1997. 229 p. Tradução de Maria Sílvia Possas. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/economia/files/Schumpeter.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.
- SDE. **Governo do Ceará assina memorando com empresa Hitachi para fornecimento de equipamentos para energia renovável**. 2023. Disponível em: <https://www.sde.ce.gov.br/2023/10/26/governo-do-ceara-assina-memorando-com-empresa-hitachi-para-fornecimento-de-equipamentos-para-energia-renovavel/>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- SEGUNDO, Gesil Sampaio Amarante; GOULART, Luciane Aparecida. Desequilíbrios no Investimento Federal em Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação entre os Estados e as Consequências para os Sistemas Locais e Regionais de Inovação. **Cadernos de Prospecção**, v. 18, n. 1, p. 70-88, 1 jan. 2025. Universidade Federal da Bahia.

<http://dx.doi.org/10.9771/cp.v18i1.61026>. Disponível em:
<https://revbaianaenferm.ufba.br/index.php/nit/article/view/61026/35938>. Acesso em: 5 abr. 2025.

SKUTE, Igors, *et al.* Mapping the field: a bibliometric analysis of the literature on university-industry collaborations. **The Journal of Technology Transfer**, v. 44, n. 3, p. 916-947, 7 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10961-017-9637-1>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-017-9637-1#Tab1>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SIFFERT, Nelson; ROCHA, Katia. Estratégias para o desenvolvimento do mercado de hidrogênio: o leilão de compra de derivados de hidrogênio verde h2global. Brasília: **IPEA**, 2023. Disponível em:
https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12755/1/TD_2954_Web.pdf. Acesso em: 6 jun. 2025.

SILVA, Janaina Aparecida da; SARTORI, Rejane. Motivations and barriers of university-industry cooperation: a comparison between brazil and ireland. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 17, n. 2, p. 49-58, set. 2022. SciELO Agencia Nacional de Investigacion y Desarrollo (ANID).
<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-27242022000200049>.

SILVA, Luís Matheus Tavares. **Avaliação das fontes de água para abastecimento de um hub de hidrogênio verde no Ceará por meio de dinâmica de sistemas**. 2023. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração e Controladoria, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SILVA, Wagner Pires da. EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: um conceito em construção. **Revista Extensão & Sociedade**, Rio Grande do Norte, p. 21-32, abr. 2020.

SIQUEIRA, Julia Pessanha. **Internacionalização de empresas brasileiras: um estudo da expansão, consolidação e internacionalização do grupo ultra**. 2020. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2020. Disponível em:
https://geografiacampos.uff.br/wp-content/uploads/sites/234/2020/11/TCC_Final-Julia.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

SVAMPA, Maristella. **As fronteiras do neoeextrativismo na América Latina: conflitos socioambientais, giro ecoterritorial e novas dependências**. São Paulo: Elefante, 2019.

SUZIGAN, Wilson; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. The underestimated role of universities for the Brazilian system of innovation. **Revista de Economia Política**, v. 31, n. 1, p. 03-30, mar. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31572011000100001>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rep/a/VncTrdHsv6b6MfCvwr5wLdt/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SZAPIRO, Marina; DE MATOS, Marcelo Gerson Pessoa; CASSIOLATO, José Eduardo. Sistemas de inovação e desenvolvimento: essência e historicidade. *In*: Rapini *et al.* (Org.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação Fundamentos teóricos e a economia global**. Belo Horizonte: FACE/UFMG: 2021. P. 323-351.

TAVARES, Válter Cardoso; ARRUDA, Ítalo Rodrigo Paulino de; SILVA, Danielle Gomes da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 25 mar. 2019. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p385>. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/administrador,+56447-+PRONTO.pdf>. Acesso em: 4 maio 2024.

TELES, Gabriela Caramuru. **A tecnologia no capitalismo dependente: a superexploração da força de trabalho em Karl Marx e Ruy Mauro Marini**. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/CT_PPGTE_M_Teles,%20Gabriela%20Caramuru_2017.pdf. Acesso em: 5 nov. 2024.

TEIXEIRA, André Luiz da Silva *et al.* Dimensões da capacidade de absorção, qualificação da mão de obra, P&D e desempenho inovativo. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 0, n. 0, p. 138-164, jun. 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8649123/15672>. Acesso em: 5 abr. 2025.

THOMKE, Stefan. Building a Culture of Experimentation: it takes more than good tools. it takes a complete change of attitude. **Harvard Business Review**, Massachusetts, p. 40-47, mar. 2020.

TIRONI, Luís F.; CRUZ, Bruno de O. **Inovação incremental ou radical: há motivos para diferenciar? uma abordagem com dados da PINTEC**. Rio de Janeiro: Ipea, 2008.

TORDOYA, Richard. **O que é hackathon? "O maior desafio não é hackear os outros, é hackear a si mesmo"**. 2025. Disponível em: <https://hackathonbrasil.com.br/o-que-e-hackathon/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

TOLEDO, Demétrio Gaspari Cirne de. Aspectos históricos e conceituais da dependência tecnológica da América Latina sob o novo neocolonialismo. **Oikos**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 42-56, maio 2019.

TOREZANI, Tomás Amaral. Desenvolvimento econômico, instituições e inovação: a interação entre as abordagens institucionalista e evolucionária. **Perspectiva Econômica**, v. 10, n. 2, p. 67-79, 20 out. 2014. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/pe.2014.102.01>.

TOTALENERGIES. **TotalEnergies assina convênios de R\$ 134 milhões com universidades para projetos em energias renováveis**. 2023. Disponível em: <https://totalenergies.com.br/totalenergies-assina-convenios-de-r-134-milhoes-com-universidades-para-projetos-em-energias#:~:text=Foram%20disponibilizados%20para%20a%20institui%C3%A7%C3%A3o%20um%20valor,contar%C3%A1%20com%20a%20colabora%C3%A7%C3%A3o%20de%2040%20pesquisadores>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. **Estudantes da UFC se destacam em etapas regionais de competição mundial de siderurgia**. 2020. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2020/14148-estudantes-da-ufc-se-destacam-em-etapas-regionais-de-competicao-mundial-de-siderurgia>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. Hidrogênio verde: UFC assina protocolo de intenções com empresa chinesa de energia. 2021c. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2021/16172-hidrogenio-verde-ufc-assina-protocolo-de-intencoes-com-empresa-chinesa-de-energia>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. Resolução Nº 03/CONSUNI, de 09 de fevereiro de 2023. UFC. 2023g.

UFC. Resolução cria o Fundo Patrimonial da UFC, para doações de pessoas físicas e jurídicas à Universidade; entenda como vai funcionar. 2023h. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2023/17584-resolucao-cria-o-fundo-patrimonial-da-ufc-para-doacoes-de-pessoas-fisicas-e-juridicas-a-universidade-entenda-como-vai-funcionar>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. Edital do Programa Empreende UFC 2025 vai selecionar projetos de inovação, com concessão de 87 bolsas para estudantes de graduação. 2025b. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/19259-edital-do-programa-empreende-ufc-2025-vai-selecionar-projetos-de-inovacao-com-concessao-de-87-bolsas-para-estudantes-de-graduacao>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. Edital Nº 01/2023 Seleção para o Mestrado em Engenharia Mecânica - Turma 2023. UFC. 2023b.

UFC. Edital PIBI/UFC nº 02/2021b - Programa Empreende UFC. UFC. 2021. Disponível em: <https://prointer.ufc.br/wp-content/uploads/2021/03/resultado-empreende-ufc-2021-editado-final.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. Edital PIBI/UFC nº 02/2022 - Programa Empreende UFC. UFC. 2022b. Disponível em: <https://prointer.ufc.br/wp-content/uploads/2022/04/resultado-empreende-ufc-2022.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. Edital PIBI/UFC nº 07/2023 - Programa Empreende UFC. UFC. 2023a.

UFC. Edital PIBI/UFC nº 07/2023 - Programa Empreende UFC. UFC. 2023f. Disponível em: <https://prointer.ufc.br/wp-content/uploads/2023/04/resultado-empreende-ufc-2023.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. Edital PIBI/UFC nº 07/2024c - Programa Empreende UFC. UFC. 2024. Disponível em: <https://prointer.ufc.br/wp-content/uploads/2024/04/resultado-final-empreende-2024.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. Em parceria com empresas locais, UFC aprova mais de R\$ 20 milhões em financiamento para dois projetos na área de energias alternativas. 2024c. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/19100-m-parceria-com-empresas-locais-ufc-aprova-mais-de-r-20-milhoes-em-financiamento-para-dois-projetos-na-area-de-energias-alternativas#:~:text=de%20energias%20alternativas-.Em%20parceria%20com%20empresas%20locais%2C%20UFC%20aprova%20mais%20de%20R,na%20%20C3%A1rea%20de%20energias%20alternativas>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. Labomar e Fortescue realizam monitoramento ambiental no entorno de futura planta de hidrogênio verde no Pecém. 2025a. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/19409-labomar-e-fortescue-realizam-monitoramento-ambiental-no-entorno-de-futura-planta-de-hidrogenio-verde-no-pecem>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. **No FIEC Summit, vice-reitora da UFC destaca importância da pesquisa ao falar das expectativas do hub de hidrogênio verde no Ceará.** 2023c. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/18297-no-fiec-summit-vice-reitora-da-ufc-destaca-importancia-da-pesquisa-ao-falar-das-expectativas-do-hub-de-hidrogenio-verde-no-ceara?fbclid=PAaAZJRiY4Nwqb2XACm40WX9OoCx-NDIwPuhuygLcaZNSi6a8s591TatekZIE>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. **Projeto de parceria entre UFC, CEGÁS e CAGECE, para produção de gás natural renovável no Ceará, é aprovado pelo BNB.** 2024a. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2024/18520-projeto-de-parceria-entre-ufc-cegas-e-cagece-para-producao-de-gas-natural-renovavel-no-ceara-e-aprovado-pelo-bnb>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. **Reunião aproxima UFC e multinacional ArcelorMittal, nova dona da Companhia Siderúrgica do Pecém.** 2023d. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-da-reitoria/18165-reuniao-aproxima-ufc-e-multinacional-arcelormittal-nova-dona-da-companhia-siderurgica-do-pecem>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. **UFC apresenta equipamentos e pesquisas com hidrogênio verde para empresa francesa Total Energies.** 2022. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2022/17279-ufc-apresenta-equipamentos-e-pesquisas-com-hidrogenio-verde-para-empresa-francesa-total-energies>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFC. **UFC realiza encontro com gestores de multinacional para mapear parcerias em projetos de tecnologias verdes.** 2024b. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/18541-ufc-realiza-encontro-com-gestores-da-multinacional-fortescue-objetivo-e-mapear-parcerias-em-projetos-de-tecnologias-verdes>. Acesso em: 6 jun. 2025.

UFC. **UFC recebe visita de representantes de multinacional francesa para discutir projetos de geração de energia.** 2021a. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2021/16093-ufc-recebe-visita-de-representantes-de-multinacional-francesa-para-discutir-projetos-de-geracao-de-energia>. Acesso em: 16 jun. 2025.

UFCINOVA. **Painel da UFC INOVA.** 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNDkxNjhlhZGZEtYmJlMjM0ODJmLWUyODQyZDA2YjlkNzIxMzIiwiwiCI6ImI1OTFhZTU0LTZmZyZltdNDU4OS1iZTY2LTkwMjFhNDE5NmM3YyJ9&pageName=ReportSection>. Acesso em: 6 jun. 2025.

USINAGEMBRASIL. **Hytron investe em centro de inovação em Campinas.** 2024. Disponível em: <https://www.usinagem-brasil.com.br/58521-hytron-investe-em-centro-de-inovacao-em-campinas/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

VARGAS, Paloma. **Sem acesso à rede elétrica, projetos com investimentos de R\$ 115 bilhões ficam travados no Ceará.** 2025. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/sem-acesso-a-rede-eletrica-projetos-com-investimentos-de-r-115-bilhoes-ficam-travados-no-ceara-1.3637561>. Acesso em: 6 jun. 2025.

VASCONCELOS, Yuri. Brasil avança cinco posições em ranking global de inovação. 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/brasil-avanca-cinco-posicoes-em-ranking-global-de-inovacao/>. Acesso em: 4 maio 2024.

VAN VOSSOLE, Jonas. La crise de légitimité de la gouvernance climatique globale. Association d'une perspective marxiste et polanyienne. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 100, p. 153-176, 1 maio 2013. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/rccs.5275>.

VILELA JÚNIOR, Dalton Chaves. Os Spillovers e a sua Influência na Criação de Conhecimento em Clusters In. **Gestão e Desenvolvimento**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 1, p. 50-69, jan. 2015.

VILELA JÚNIOR, Dalton Chaves. **A Criação de Conhecimento em Clusters Industriais**. 2010. 254 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VIOTTI, Eduardo B. National Learning Systems. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 69, n. 7, p. 653-680, set. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625\(01\)00167-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625(01)00167-6).

VIOTTI, Eduardo Baumgratz. **Technological learning systems, competitiveness and development**. Brasília: Ipea, 2004.

XIMENES, Robert Dias. **Aproveitamento do biogás como fonte energética: uma revisão sobre as principais barreiras à difusão do sistema tecnológico de inovação do biogás no Brasil**. 2024. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, Centro de Ciências e Tecnologia Para A Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2024.

YANG, Yu et al. Energy transition: connotations, mechanisms and effects. *Energy Strategy Reviews*, v. 52, p. 101320, mar. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esr.2024.101320>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X24000270>. Acesso em: 4 maio 2024.

YORK, Richard. Do alternative energy sources displace fossil fuels? *Nature Climate Change*, v. 2, n. 6, p. 441-443, 18 mar. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1451>.

ZACARI, Lucas. **O que é hidrogênio verde e qual seu potencial energético**. 2023. Disponível em: <https://www.nexojournal.com.br/expresso/2023/01/07/o-que-e-hidrogenio-verde-e-qual-seu-potencial-energetico>. Acesso em: 5 nov. 2024.

ZAVALE, Nelson Casimiro; MACAMO, Elísio. How and what knowledge do universities and academics transfer to industry in African low-income countries? Evidence from the stage of university-industry linkages in Mozambique. **International Journal of Educational Development**, v. 49, p. 247-261, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijedudev.2016.04.001>.

ZHOU, Chunyan; ETZKOWITZ, Henry. Triple Helix Twins: a framework for achieving innovation and un sustainable development goals. **Sustainability**, v. 13, n. 12, p. 6535, 8 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13126535>.

APÊNDICE 1 – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM AZUL (INTEGRANTE DO NIT DA UFC)

- 1) A senhora poderia falar um pouco como funciona na prática as atividades da Divisão de Suporte à Propriedade Intelectual e da UFCINOVA?
- 2) Poderia falar mais sobre como se dá a relação da UFCINOVA com o setor privado?
- 3) O site da UFCINOVA informa que o órgão já obteve cerca de 195mi em acordo de PD&I entre 2018-2022. Como funciona na prática essa captação de recurso do setor privado?
- 4) Geralmente, empresas de quais setores costumam estabelecer esse tipo de acordo com a UFCINOVA? [É possível ter acesso aos documentos do acordo, ou são sigilosos?]
- 5) No minicurso de Gestão de Inovação, ouvi a senhora falar que é preciso "desburocratizar mas sem negligenciar", poderia explicar melhor isso?
- 6) Com base em sua experiência, quais as principais exigências que as empresas que buscam os serviços da UFCINOVA costumam fazer?
- 7) Na sua visão, quais as principais dificuldades para o setor empresarial fortalecer seus vínculos de parceria com a inovação gerada na UFC?
- 8) O que a senhora acredita que a UFC (e a UFCINOVA, em particular) poderia fazer para superar essas dificuldades relacionadas à Transferência de Tecnologia para o setor privado?
- 9) Saberá me informar se alguma empresa procurou a UFCINOVA para acordos/parcerias exclusivamente sobre Hidrogênio Verde?
- 10) Como você definiria a relação da UFCINOVA com as empresas que preveem se instalar no Hub de H2V no Pecém? (Fortescue, Casa dos Ventos, Eneva, ArcelloMittal, Cactus Energia, etc.)
- 11) Houve algum tipo de contato dessas empresas com a UFCINOVA para parcerias de inovação?
- 12) Há algum projeto/política/regulamento sendo pensado pela UFCINOVA para incentivar a Transferência de Tecnologia diretamente para o setor de Hidrogênio Verde/Energias Renováveis?

APÊNDICE 2 – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM MUSGO (INTEGRANTE DA FIEC)

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA EMPRESA (C.F)

1. Poderia nos contar um pouco sobre a função do Núcleo de Energia da FIEC?
2. Como o senhor avalia a participação das empresas cearenses no desenvolvimento do Hub de H2V no estado?
3. Como o setor empresarial cearense tem se comportado frente às oportunidades de investimento na cadeia produtiva do H2V no estado (produção/transporte/armazenamento/uso final)?
4. Na sua visão, quais os principais desafios para a criação de uma indústria de H2V no estado?
5. Em sua avaliação, as universidades locais estão preparadas para atender as demandas tecnológicas Hub do H2V no Ceará?
6. Com base em sua experiência, os empresários locais têm o costume de financiar projetos de inovação em parceria com as universidades?
7. Que tipo de parceria a FIEC costuma realizar com as universidades no estado?
8. Existe algum projeto de inovação da FIEC em parceria com a UFC na área de H2V? Qual?
9. Em sua avaliação, quais as principais dificuldades/barreiras para que o setor empresarial expanda suas relações de parceria e inovação com as universidades locais (UFC, particularmente)?
10. Na sua visão, quais contribuições ou soluções as universidades locais (UFC, particularmente) poderiam gerar para o Hub de H2V?
11. Na sua visão, o que poderia ser feito para superar as barreiras, e expandir as parcerias das universidades locais com o Hub de H2V?
12. Em sua avaliação, as empresas do Hub podem trazer algum tipo de desenvolvimento para as universidades locais? De que tipo?

APÊNDICE 3 – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM LARANJA (PESQUISADOR DA UFC)

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA (G)

1. Você poderia explicar como funcionam as atividades do Labocart?
2. Como você definiria a relação do Labocart com o setor empresarial? Existe alguma parceria?
3. E sobre a relação do Labocart com o Hub de H2V do Pecém, alguma empresa já procurou o Labocart para estabelecer alguma parceria?
4. Como você avalia as possibilidades de colaboração do laboratório com esse Hub?
5. Há algum projeto em andamento no laboratório especificamente sobre o tema do H2V? Qual o seu foco?
6. O Labocart já desenvolveu algum projeto em colaboração com ONGs ou comunidades tradicionais? Se sim, quais?
7. O laboratório realiza alguma atividade de inovação e empreendedorismo? Quais?
8. O Labocart recebe algum recurso de fontes privadas? Se sim, quais?
9. O Laboratório possui alguma parceria internacional? Poderia falar melhor sobre o tipo de parceiros (universidades, instituições públicas, empresas)?
10. Com base na sua experiência, quais as principais dificuldades/barreiras para que a UFC expanda suas relações de colaboração com o setor empresarial?
11. Da mesma forma, quais as principais dificuldades/barreiras para que a UFC expanda suas colaborações com as comunidades tradicionais?
12. Quais contribuições ou soluções a UFC poderia gerar para as comunidades tradicionais impactadas social e ambientalmente pelos empreendimentos de energia renovável/H2V?

APÊNDICE 4 – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM ROXO (PESQUISADOR DA UFC)

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA (D.A)

1. Atualmente, quantos projetos de pesquisa estão em andamento na UFC especificamente sobre o H2V? Qual o seu foco?
2. Saberá dizer qual estágio de maturidade tecnológica as pesquisas da UFC sobre H2V se encontram (etapa básica/conceitual, etapa intermediária, etapa de aplicação tecnológica)?
3. Os laboratórios da UFC com pesquisas sobre H2V estão recebendo algum recurso de fontes privadas? Se sim, quais?
4. A UFC possui alguma parceria internacional de inovação na área do H2V? Poderá falar melhor sobre o tipo de parceiros (universidades, instituições públicas, empresas)?
5. Como você avalia a relação dos projetos de pesquisa sobre H2V da UFC com os desafios técnicos, econômicos e ambientais ligados à criação da indústria de H2V no estado¹? Existe algum alinhamento estratégico?
6. Como você avalia a relação da UFC com o setor empresarial? Existe alguma parceria? De que tipo?
7. Quais as principais dificuldades/barreiras para que a UFC expanda suas relações de colaboração e inovação com o setor empresarial?
8. E sobre a relação da UFC com o Hub de H2V do Pecém, alguma empresa já procurou a universidade para estabelecer alguma parceria? De que tipo?
9. Na sua visão, quais contribuições ou soluções a UFC poderia gerar para o Hub de H2V?
10. Com base na sua experiência, o que a UFC poderia realizar para superar as barreiras, e expandir suas parcerias com o Hub de H2V?
11. Na condição de vice-reitoria, saberá dizer se a UFC planeja implementar alguma política de incentivo à inovação e ao empreendedorismo acadêmico, com foco na cadeia produtiva do H2V no Ceará?

¹ Por exemplo, o desafio de aumento da eficiência dos processos de eletrólise; o desafio econômico de reduzir os custos de produção do Hidrogênio verde, com vista a torná-lo mais competitivo no mercado global; o desafio de uso excessivo de água no processo de eletrólise em um estado com histórico de crise hídrica como o Ceará, etc.

APÊNDICE 5 – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM VERDE (INTEGRANTE DO PARTEC/UFC)

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA GESTOR (A.S)

1. Você poderia explicar como funcionam as atividades do Condomínio de Empreendedorismo e Inovação e do PARTEC?
2. Como você definiria a relação do CEI/PARTEC com o setor empresarial? Quais os tipos de parceria que se estabelecem?
3. E sobre a relação do CEI/PARTEC com o Hub de H2V do Pecém, alguma empresa já se aproximou para estabelecer alguma parceria?
4. Como você avalia as possibilidades de colaboração do CEI/PARTEC com esse Hub?
5. Atualmente, quantos projetos de inovação e empreendedorismo estão em andamento no CEI/PARTEC especificamente sobre o H2V? Qual o seu foco?
6. Como você avalia a relação dos projetos da UFC na área de H2V com os desafios técnicos, econômicos e ambientais ligados à criação da indústria de H2V no estado¹? Existe algum alinhamento estratégico?
7. O CEI e o PARTEC recebem algum recurso de fontes privadas? Se sim, quais?
8. O CEI e o PARTEC possuem alguma parceria internacional? Poderia falar melhor sobre o tipo de parceiros (universidades, instituições públicas, empresas)?
9. Com base na sua experiência, quais as principais dificuldades/barreiras para que a UFC expanda suas relações de inovação e empreendedorismo com o setor empresarial?
10. Na sua visão, quais contribuições ou soluções o CEI e o PARTEC poderiam gerar para o Hub de H2V?
11. Com base na sua experiência, o que a UFC poderia realizar para superar as barreiras, e expandir suas parcerias com o Hub de H2V?

¹ Por exemplo, o desafio de aumento da eficiência dos processos de eletrólise; o desafio econômico de reduzir os custos de produção do Hidrogênio verde, com vista a torná-lo mais competitivo no mercado global; o desafio de uso excessivo de água no processo de eletrólise em um estado com histórico de crise hídrica como o Ceará, etc.

APÊNDICE 6 – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM BRANCO (PESQUISADOR DA REDE VERDES)

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA GESTOR (Rede Verdes)

1. Você poderia explicar como funcionam as atividades da Rede Verdes?
2. Como você definiria a relação da Rede Verdes com o setor empresarial? Quais os tipos de parceria que se estabelecem?
3. E sobre a relação da Rede Verdes com o Hub de H2V do Pecém, alguma empresa já se aproximou para estabelecer alguma parceria?
4. Como você avalia as possibilidades de colaboração da Rede Verdes com esse Hub?
5. Atualmente, quantos projetos estão em andamento na Rede Verdes, especificamente sobre o H2V? E qual o seu foco?
6. Saberá dizer em qual estágio de maturidade tecnológica as pesquisas da Rede Verdes se encontram (etapa básica/conceitual, etapa intermediária, etapa de aplicação tecnológica)?
7. Como você avalia a relação dos projetos da Rede Verdes com os desafios técnicos, econômicos e ambientais ligados à criação da indústria de H2V no estado¹? Existe algum alinhamento estratégico?
8. A Rede Verdes possui alguma parceria internacional? Se sim, poderia falar melhor sobre o tipo de parceiros (universidades, instituições públicas, empresas)?
9. A Rede Verdes recebe algum apoio do setor privado? Se sim, de que tipo?
10. Com base na sua experiência, quais as principais dificuldades/barreiras para que as universidades (UFC, particularmente) expandam suas relações parceria e inovação com o setor empresarial?
11. Na sua visão, quais contribuições ou soluções a Rede Verdes poderia gerar para o Hub de H2V?
12. Na sua visão, o que as universidades locais (UFC, particularmente) poderia realizar para superar as barreiras, e expandir suas parcerias com o Hub de H2V?

¹ Por exemplo, o desafio de aumento da eficiência dos processos de eletrólise; o desafio econômico de reduzir os custos de produção do Hidrogênio verde, com vista a torná-lo mais competitivo no mercado global; o desafio de uso excessivo de água no processo de eletrólise em um estado com histórico de crise hídrica como o Ceará, etc.