

## MAPEAMENTO DE OPORTUNIDADES DE INOVAÇÃO PARA A INDÚSTRIA 5.0

### NO CEARÁ: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA

### MAPPING INNOVATION OPPORTUNITIES FOR INDUSTRY 5.0 IN CEARÁ: AN

#### ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF ECONOMIC COMPLEXITY.

### MAPEO DE OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA 5.0 EN

#### CEARÁ: UN ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA COMPLEJIDAD

#### ECONÓMICA

Moésio da Costa Bastos<sup>1</sup>

Leticia Maria Pontes Rodrigues<sup>2</sup>

Paulo Torres Junior<sup>3</sup>

Fernando Fanezi Niemeyer<sup>4</sup>

### RESUMO

Este artigo analisa oportunidades para o redesenho da política industrial cearense à luz dos princípios da Indústria 5.0, articulando a abordagem da complexidade econômica com o mapeamento das capacidades científico-tecnológicas regionais. O objetivo é identificar trajetórias de diversificação produtiva e de sofisticação tecnológica que possam orientar a formulação, implementação e avaliação de políticas públicas voltadas à reindustrialização sustentável do Estado do Ceará. Metodologicamente, trata-se de um estudo exploratório-descritivo, baseado em dados secundários. A dimensão da demanda utiliza indicadores de Vantagem Comparativa Revelada (VCR) e o Product Complexity Index (PCI) para identificar rotas tecnológicas ascendentes a partir da estrutura exportadora cearense. A dimensão da oferta combina levantamento documental e análise bibliométrica da produção científica regional em eixos estratégicos (inteligência artificial, automação industrial, energias renováveis e gestão de resíduos), além do mapeamento de grupos de pesquisa, laboratórios e startups. Os resultados evidenciam a existência de setores com potencial de evolução rumo a produtos de maior complexidade, especialmente em agroindústria, têxtil técnico, química fina, máquinas e equipamentos e eletrônicos, bem como uma base científica em expansão, ainda subaproveitada pelo tecido produtivo. Conclui-se que a integração entre inteligência produtiva e capacidades científicas oferece subsídios concretos para o desenho de instrumentos de política industrial baseados em evidências, alinhados às agendas de desenvolvimento regional, sustentabilidade e Indústria 5.0.

**Palavras-chave:** Políticas públicas; Política industrial; Indústria 5.0; Complexidade econômica; Inovação.

<sup>1</sup>Mestrando em Administração (UECE); pós-graduação em Estratégia e Gestão (UECE) e em Negócios & Inovação (Uni7); bacharel em Hotelaria (IFCE);

<sup>2</sup>Graduada em Administração (UECE);

<sup>3</sup>Doutor em Administração (UECE); mestre em Avaliação de Políticas Públicas (UFC); bacharel em Direito (UFC) e Administração (UECE);

<sup>4</sup> Mestre em Administração (UECE); pós-graduação em Eng. de Produção e Serviços (ULBRA); bacharel em Administração (UFRGS).

## ABSTRACT

This article analyses opportunities for redesigning Ceará's industrial policy in light of Industry 5.0 principles, combining the economic complexity approach with a mapping of regional scientific and technological capabilities. The aim is to identify trajectories of productive diversification and technological upgrading that can guide the formulation, implementation and evaluation of public policies for sustainable reindustrialization in the state of Ceará. Methodologically, this is an exploratory-descriptive study based on secondary data. The demand-side dimension uses Revealed Comparative Advantage (RCA) indicators and the Product Complexity Index (PCI) to identify upward technological pathways from Ceará's export structure. The supply-side dimension combines documentary survey and bibliometric analysis of regional scientific production in strategic areas (artificial intelligence, industrial automation, renewable energy and waste management), as well as the mapping of research groups, laboratories and startups. The results show sectors with potential to move towards more complex products, especially in agribusiness, technical textiles, fine chemicals, machinery and equipment and electronics, as well as a growing scientific base that is still underutilized by the productive system. The article concludes that the integration between productive intelligence and scientific capabilities provides concrete inputs for the design of evidence-based industrial policy instruments aligned with regional development, sustainability and Industry 5.0 agendas.

**Keywords:** Public policies; Industrial policy; Industry 5.0; Economic complexity; Innovation.

## RESUMEN

Este artículo analiza oportunidades para el rediseño de la política industrial de Ceará a la luz de los principios de la Industria 5.0, articulando el enfoque de la complejidad económica con el mapeo de las capacidades científico-tecnológicas regionales. El objetivo es identificar trayectorias de diversificación productiva y de sofisticación tecnológica que puedan orientar la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas dirigidas a la reindustrialización sostenible del estado de Ceará. Metodológicamente, se trata de un estudio exploratorio-descriptivo basado en datos secundarios. La dimensión de la demanda utiliza indicadores de Ventaja Comparativa Revelada (VCR) y el Product Complexity Index (PCI) para identificar rutas tecnológicas ascendentes a partir de la estructura exportadora cearense. La dimensión de la oferta combina levantamiento documental y análisis bibliométrico de la producción científica regional en ejes estratégicos (inteligencia artificial, automatización industrial, energías renovables y gestión de residuos), además del mapeo de grupos de investigación, laboratorios y startups. Los resultados evidencian la existencia de sectores con potencial de avanzar hacia productos de mayor complejidad, especialmente en agroindustria, textil técnico, química fina, maquinaria y equipos y electrónicos, así como una base científica en expansión aún subaprovechada por el tejido productivo. Se concluye que la integración entre inteligencia productiva y capacidades científicas

ofrece insumos concretos para el diseño de instrumentos de política industrial basados en evidencias, alineados con las agendas de desarrollo regional, sostenibilidad e Industria 5.0.

**Palabras clave:** Políticas públicas; Política industrial; Industria 5.0; Complejidad económica; Innovación.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor industrial brasileiro encontra-se diante de uma transição estratégica impulsionada pelas transformações tecnológicas da Indústria 5.0. Esta nova fase, distinta da Indústria 4.0, conforme inferem Demartini, Tonelli e Bertani (2021) e Xu, David e Kim (2021), não se limita à digitalização e automação dos processos produtivos, mas incorpora aspectos humanocêntricos, como sustentabilidade ambiental, bem-estar social e inclusão produtiva. No contexto cearense, a inserção efetiva nessa agenda de modernização enfrenta desafios históricos como baixa densidade tecnológica, escassez de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e limitada articulação entre os atores do ecossistema de inovação (Silva & Suzigan, 2014). Contudo, ao mesmo tempo, surgem oportunidades significativas para reconfigurar a estrutura produtiva regional, a partir de uma estratégia baseada na complexidade econômica, integração institucional e desenvolvimento sustentável.

A literatura sobre inovação industrial nos países periféricos e semiperiféricos destaca que a adoção de tecnologias emergentes por si só não garante processos sustentáveis de transformação econômica (Cortés, Guix & Carbonell, 2021; Talebzadehhosseini, Scheinert & Garibay, 2019; Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). É necessário um arranjo institucional que articule políticas públicas, empresas e instituições de pesquisa em torno de um projeto industrial de longo prazo. Essa lacuna estratégica é visível no Ceará, cuja matriz industrial é marcada por baixa diversificação produtiva, limitada presença de setores intensivos em conhecimento e pouca inserção em cadeias globais de valor (IPECE, 2022; SEPLAG, 2019). Ainda assim, o estado apresenta um conjunto promissor de ativos estratégicos, como polos universitários consolidados, potencial em energias renováveis e ambiente favorável à inovação aberta, que podem ser catalisadores de uma nova trajetória industrial.

Dante desse cenário, este artigo propõe-se a responder à seguinte pergunta de pesquisa: quais são as principais oportunidades de inovação para a indústria cearense à luz das diretrizes da Indústria 5.0, considerando as capacidades locais e os vetores de complexidade tecnológica? Para isso, o objetivo central deste estudo é mapear e analisar essas oportunidades com base em duas dimensões complementares: (i) a demanda industrial, com foco na evolução da estrutura produtiva local em direção a setores de maior sofisticação tecnológica, e (ii) a oferta científica e tecnológica disponível no estado, representada por grupos de pesquisa, laboratórios, startups e demais instituições do ecossistema de inovação.

O presente artigo justifica-se pela necessidade premente de consolidar uma política industrial cearense baseada em evidências, ancorada em ferramentas analíticas robustas como a teoria da complexidade econômica e a análise bibliométrica da produção científica. O uso combinado dessas abordagens permite não apenas diagnosticar gargalos, mas também identificar trajetórias tecnológicas viáveis para a indústria local, a partir das suas próprias capacidades e potencialidades. Em adição, o estudo dialoga com o programa Ceará 2050 e os compromissos globais de sustentabilidade e inovação, oferecendo subsídios concretos para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais mais eficientes.

Ademais, a relevância científica deste trabalho reside na contribuição que oferece ao debate sobre reindustrialização em contextos regionais com estrutura produtiva frágil, demonstrando que a articulação entre conhecimento científico e inteligência produtiva pode gerar soluções criativas e transformadoras. No campo prático, o estudo propõe-se a subsidiar decisões de investimento público e privado, orientar o redesenho de currículos profissionais alinhados às competências da Indústria 5.0 e estimular a formação de redes de colaboração interinstitucional com foco em inovação e sustentabilidade.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Indústria 5.0 e o Desafio de Economias Emergentes

A Indústria 4.0 foi marcada pela integração de tecnologias digitais como

inteligência artificial (IA), big data, internet das coisas (IoT) e sistemas ciberfísicos. Apesar de seus avanços, críticas crescentes apontam suas limitações no que se refere à valorização do fator humano, à sustentabilidade ambiental e à inclusão social. É nesse contexto que surge a Indústria 5.0, como proposta que busca equilibrar eficiência tecnológica com objetivos sociais e ambientais.

De acordo com Demartini, Tonelli e Bertani (2021), a Indústria 5.0 propõe uma reconfiguração das cadeias produtivas, enfatizando a colaboração entre humanos e máquinas, a personalização de produtos, o bem-estar do trabalhador e a sustentabilidade. Trata-se de uma abordagem orientada não apenas ao lucro, mas à geração de valor social e ecológico.

A transição para esse novo modelo demanda ruptura com a lógica linear da inovação, tradicionalmente entendida como uma sequência de etapas (pesquisa → desenvolvimento → difusão). Em seu lugar, emergem modelos circulares e interativos, como os Sistemas Regionais de Inovação (Lundvall, 1992), que valorizam os processos colaborativos entre governo, empresas, universidades e sociedade civil. A tríplice hélice da inovação, proposta por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), torna- se uma referência central ao destacar a importância das interações entre universidade, indústria e governo como motor da inovação sustentável. Na perspectiva da Indústria 5.0, essas interações devem ser reconfiguradas para incorporar também preocupações ambientais e de inclusão social.

Em países em desenvolvimento ou de Economias emergentes, o processo de inovação não ocorre de forma isenta de barreiras estruturais. De acordo com Kaplinsky e Cooper (1989), a Terceira Revolução Industrial trouxe consigo profundas desigualdades tecnológicas, agravando a dependência tecnológica do Sul Global. A questão central passa a ser como inovar de maneira sustentável em contextos periféricos. Estudo de Cortés, Guix e Carbonell (2021) evidencia que as dinâmicas de inovação no Sul Global vêm se diversificando, com maior ênfase em soluções adaptadas às condições locais, embora ainda fortemente dependentes de políticas públicas eficazes e instituições sólidas.

As transições sustentáveis, como mostram Talebzadehhosseini, Scheinert e

Garibay (2019), são fortemente impactadas pela dependência de trajetórias (path dependency), isto é, pelas decisões e estruturas do passado que moldam as possibilidades futuras. Nos países em desenvolvimento, essa dependência dificulta a ruptura com tecnologias poluentes e o investimento em soluções verdes.

A pesquisa publicada em *Frontiers in Environmental Science* (2023) aponta que o sucesso de transições tecnológicas sustentáveis na Ásia-Pacífico está diretamente relacionado à qualidade das instituições locais e à capacidade de promover políticas públicas integradas que fomentem inovação verde, mesmo em contextos com limitações financeiras.

A teoria da complexidade econômica, proposta por Hidalgo e Hausmann (2009), rompe com a noção de que o crescimento está vinculado apenas à abundância de recursos naturais. Para os autores e Cavalcante et al. (2020) o que realmente impulsiona o desenvolvimento é a capacidade de uma economia combinar e aplicar conhecimentos produtivos complexos, refletidos nos bens que ela consegue produzir e exportar, ou seja, o índice de complexidade econômica estando positivamente correlacionado com produto interno bruto, renda e grau de escolaridade, inferindo que a complexidade caminha na direção do desenvolvimento. O Índice de Complexidade Econômica (ECI) e o Índice de Complexidade dos Produtos (PCI) são usados para medir o grau de sofisticação das economias e identificar setores com alto potencial de inovação e diversificação.

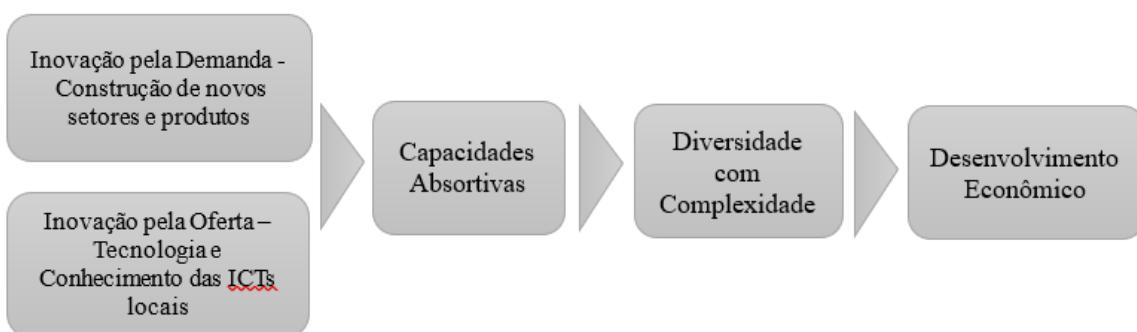
No caso do Ceará, uma economia local emergente que contribui para uma economia nacional emergente (Brasil), a abordagem do estímulo ao desenvolvimento econômico pela complexidade tecnológica permite identificar caminhos estratégicos para a diversificação produtiva. Conforme apontado por Hausmann, Hidalgo e Coscia (2014), essas ferramentas são fundamentais para regiões em desenvolvimento, pois oferecem base objetiva para políticas industriais baseadas em evidências. Economias periféricas, posicionadas nos extremos do espaço de produtos, enfrentam trajetórias de desenvolvimento mais restritas, o que ajuda a explicar sua dificuldade em convergir para níveis de renda mais altos. A aplicação prática dos indicadores ECI e PCI ao Ceará pode indicar setores prioritários para alavancar a inovação e inserir a economia local

em cadeias produtivas mais sofisticadas, como energias renováveis e tecnologias ambientais.

Assim, resta uma questão relevante: Como os países e regiões de economia emergentes, podem proceder em seus processos de desenvolvimento para alcançar maiores níveis de sofisticação ou maior complexidade tecnológica. A literatura distingue entre dois vetores principais da inovação: pela demanda (resposta a desafios sociais e do mercado) e pela oferta (a partir da geração de conhecimento científico). Mowery e Rosenberg (1979) sustentam que ambos são essenciais, especialmente em países como o Brasil, onde o distanciamento entre ciência e indústria ainda é acentuado, em ambas as abordagens em preciso estabelecer uma lógica de produção e internalização corporativa do conhecimento. Segundo Cohen e Levinthal (1990), a capacidade absorviva — isto é, a habilidade das empresas de identificar, internalizar e utilizar conhecimento externo — é crucial para o sucesso da inovação. Essa perspectiva reforça a importância de políticas públicas que estimulem a formação de capital humano e a cultura de inovação aberta.

Desta forma, considerando a diversificação industrial em direção a maiores níveis de complexidade tecnológica do setor industrial, pode ser estimulado, ao mesmo tempo, pelo lado da oferta e pelo lado da demanda. Intermediado pela evolução das capacidades tecnológicas das industriais locais. Desta forma, a abordagem metodológica deste estudo é ilustrada pelo framework teórico apresentado na Figura 1 a seguir:

**Figura 1 – Framework teórico Analítico**



Fonte: Elaboração própria

### 3. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi desenhada com o objetivo de mapear, de forma sistemática e fundamentada, as oportunidades de inovação para o setor industrial do Estado do Ceará, a partir de uma abordagem que considera tanto a sofisticação da estrutura produtiva local quanto o potencial científico-tecnológico disponível. Para isso, o percurso metodológico adotado articula técnicas quantitativas e qualitativas, fundamentando-se em duas dimensões complementares de análise: a oportunidade pela demanda e a oportunidade pela oferta.

A investigação caracteriza-se como um estudo exploratório-descritivo de natureza aplicada, tendo como base a análise de dados secundários provenientes de fontes oficiais, bancos de dados internacionais e plataformas especializadas em complexidade econômica e inovação tecnológica. Segundo Gil (2008), pesquisas exploratórias são apropriadas quando o objetivo é proporcionar maior familiaridade com determinado tema, enquanto as descritivas buscam observar, registrar e interpretar fenômenos sem a intenção de interferir sobre eles. No presente caso, o enfoque metodológico permite compreender a dinâmica industrial cearense e identificar vetores de transformação tecnológica com potencial de impacto em médio e longo prazo.

A primeira dimensão metodológica - denominada “oportunidade pela demanda”, parte do pressuposto de que a inovação industrial pode ser impulsionada a partir da sofisticação gradual da base produtiva existente no estado. Essa perspectiva está ancorada nos conceitos da complexidade econômica (Hidalgo & Hausmann, 2009), segundo os quais é possível traçar trajetórias de desenvolvimento tecnológico a partir da identificação de produtos já exportados com competitividade, que possam ser sucedidos por outros de maior complexidade e valor agregado. Para operacionalizar essa análise, foi utilizado o índice de Vantagem Comparativa Revelada (VCR), conforme proposto por Balassa (1965), com dados extraídos da plataforma COMEXSTAT, considerando o ano de 2024 como referência. O índice VCR foi calculado com base na fórmula:

$$VCR_{ij} = \frac{(X_{ij} / X_i)}{(X_{zj} / X_z)} \quad Eq. (1)$$

Onde,  $j$  representa o produto analisado;  $i$  representa o local de referência; e  $z$  é a zona de referência. Portanto,  $X_{ij}$  é o valor das exportações do local de referência do produto  $j$ ;  $X_i$  é o valor total das exportações do local de referência;  $X_{jz}$  é o valor das exportações da zona de referência do produto  $j$ ; e  $X_z$  é o valor total das exportações da zona de referência.

Assim, Quando  $VCR_{ij} > 1$ , o local de referência apresenta vantagem comparativa revelada para as exportações do produto ( $j$ ); caso contrário, o local de referência apresenta desvantagem comparativa revelada para as exportações do produto ( $j$ ). É importante destacar que para se ter uma junção das bases, para este estudo foi utilizado o sistema harmonizado de quatro dígitos (SH4) para classificação dos produtos. É importante destacar que o código HS é estruturado hierarquicamente em dígitos progressivos: os primeiros dois dígitos representam a categoria geral do produto (HS2), os dois seguintes detalham subcategorias (HS4). Produto com HS2, isto é os dois primeiros dígitos, entre 16 e 96 são em geral produtos industrializados.

A partir dessa fórmula foi calculada a VCR dos setores para o Ceará. Logo, tem-se que: local de referência = Ceará, zona de referência = Brasil.

Considerou-se que produtos com VCR superior a 1 possuem vantagem comparativa revelada, e, portanto, representam setores com base produtiva consolidada ou em ascensão. A partir da seleção de 150 produtos com  $VCR > 1$ , foi realizada uma análise de proximidade tecnológica e complexidade incremental, com base nos dados do Atlas of Economic Complexity (2023). Esse procedimento resultou na identificação de 600 novos produtos, distribuídos em quatro níveis de complexidade tecnológica, avaliados por meio do Product Complexity Index (PCI).

Para o cálculo da proximidade entre os produtos, utilizou-se a estrutura hierárquica do sistema harmonizado de classificação comercial (HS4), atribuindo-se pesos conforme o número de dígitos coincidentes entre os códigos HS. A média de proximidade permite estimar o quanto “central” ou “periférico” um determinado produto é no espaço produtivo. Esse indicador, associado ao PCI, possibilita construir trajetórias

tecnológicas plausíveis para o Ceará, evitando saltos abruptos em relação às capacidades existentes e promovendo uma evolução tecnológica incremental e realista.

A segunda dimensão da análise, denominada “oportunidade pela oferta”, concentra-se no mapeamento da infraestrutura científica, tecnológica e institucional do Ceará, com vistas a identificar áreas de conhecimento com potencial de alavancagem da Indústria 5.0. Essa etapa metodológica adota uma abordagem documental e bibliométrica, estruturada em três eixos complementares: (i) levantamento de grupos de pesquisa e laboratórios universitários; (ii) identificação de startups e iniciativas empreendedoras vinculadas à inovação industrial; e (iii) análise da produção científica regional por meio de bibliometria.

No levantamento da oferta de conhecimento tecnológico, foram utilizadas fontes como o Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, a Plataforma Lattes, os relatórios da FUNCAP e os sites institucionais de universidades cearenses, como a Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto Federal do Ceará (IFCE), Universidade Estadual do Ceará (UECE) e Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Também foram considerados os parques tecnológicos, núcleos de inovação tecnológica (NITs) e instituições de fomento à ciência e tecnologia no estado.

A análise bibliométrica, por sua vez, foi conduzida com o uso da ferramenta Biblioshiny, da biblioteca Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017), operada no ambiente estatístico R. As publicações científicas produzidas no Ceará entre 1995 e 2025 foram coletadas nas bases internacionais Scopus e Web of Science (WoS), com foco nos quatro eixos temáticos centrais deste estudo: inteligência artificial, automação industrial, energias renováveis e gestão de resíduos. Foram extraídos indicadores como número de publicações, crescimento anual, redes de coautoria, densidade colaborativa, mapas temáticos, nuvens de palavras-chave e análise de tendências emergentes.

A triangulação entre os dados de produção científica e os indicadores da estrutura produtiva permitiu identificar áreas de sinergia e gargalos críticos entre o sistema de conhecimento e o setor industrial cearense. A análise foi complementada com dados econômicos e setoriais extraídos de fontes como IBGE, Ministério de Minas e Energia

(MME) e plataformas como Statista e McKinsey Insights, de modo a alinhar os achados científicos com a realidade socioeconômica local.

Dessa forma, a metodologia adotada neste estudo permite construir uma visão integrada da inovação industrial, ancorada simultaneamente na estrutura produtiva real e nas capacidades científicas latentes. Essa abordagem fornece subsídios robustos para a formulação de políticas públicas, estratégias empresariais e ações coordenadas de reindustrialização do Ceará, tendo como horizonte a consolidação de uma indústria 5.0 mais inteligente, sustentável e inclusiva.

#### **4. RESULTADOS E ANÁLISES**

Os resultados do presente estudo foram organizados em duas frentes complementares de investigação: (i) a análise das oportunidades de inovação derivadas da estrutura de demanda industrial, com base na evolução da complexidade produtiva do Ceará; e (ii) a identificação das capacidades científicas, tecnológicas e institucionais disponíveis no estado, entendidas como vetores de oferta de inovação em setores estratégicos. Essa abordagem permite traçar um panorama robusto sobre as possibilidades reais de desenvolvimento industrial alinhado à Indústria 5.0.

##### **4.1. Oportunidades pela demanda: rotas de diversificação e sofisticação produtiva**

A análise da estrutura produtiva cearense com base no índice de Vantagem Comparativa Revelada (VCR) indicou um conjunto inicial de 150 produtos com desempenho competitivo internacional, os quais foram utilizados como ponto de partida para a construção de rotas tecnológicas ascendentes, fundamentadas no índice de complexidade dos produtos (PCI).

A partir desses produtos-alvo, utilizando a base de dados do Atlas of Economic Complexity (2023), foram identificados 600 novos produtos adjacentes, distribuídos em quatro níveis crescentes de complexidade tecnológica. Essa estrutura progressiva permite visualizar trajetórias realistas de inovação, evitando saltos disruptivos e promovendo um acúmulo incremental de capacidades produtivas.

Por exemplo, no setor da Agroindústria, observou-se que produtos com VCR

elevado, como o óleo de soja e conservas de peixe, podem evoluir em direção a segmentos mais sofisticados, como óleos especiais (girassol, cártamo), preparados alimentícios funcionais, ou produtos de alta agregação nutricional. Já no setor de Confecção e Têxtil, os fios e tecidos de algodão representam um ponto de partida para a incorporação de fibras técnicas, nanotêxteis e tecidos inteligentes, com aplicações em moda sustentável e tecnologia vestível.

As Tabelas de Rotas Tecnológicas presentes no relatório original Mapeamento de Oportunidades de Inovação para a Indústria Cearense (IEL Ceará, 2025) demonstram como a estrutura produtiva do estado pode se expandir tanto horizontalmente (com base na diversificação setorial adjacente), quanto verticalmente (a partir do incremento da complexidade tecnológica). A lógica de transição é orientada pela busca por produtos com Product Complexity Index (PCI) igual ou superior a 0,50, o que indica um patamar mínimo de sofisticação tecnológica desejável. A seguir, apresenta-se uma amostra expandida composta por 28 produtos, distribuídos entre sete setores industriais estratégicos.

Cada linha exemplifica uma rota de evolução tecnológica possível, partindo de produtos com Vantagem Comparativa Revelada (VCR) no estado do Ceará em direção a produtos de maior complexidade tecnológica. A tabela sintetiza, portanto, cenários prioritários de diversificação produtiva com potencial para alavancar a sofisticação industrial da base produtiva cearense.

**Tabela 1. Amostra Expandida das Rotas Tecnológicas com suas Oportunidades por Setor Industrial com Base em Produtos de Maior Complexidade (PCI)**

Setor Industrial	Produto Alvo Exemplar	Produto Evoluído (PCI alto)	PCI
Agroindústria	Óleo de soja	Óleos de girassol e cártamo	0.336
Agroindústria	Preparações de peixe	Enchidos de peixe e conservas sofisticadas	0.458
Agroindústria	Frutas congeladas	Frutas cristalizadas e conservadas com açúcar	0.427
Agroindústria	Farinha de mandioca	Misturas instantâneas para panificação	0.391
Agroindústria	Mel natural	Produtos de confeitoraria com mel	0.469
Confecção e Têxtil	Fios de algodão	Tecidos técnicos inteligentes	0.512
Confecção e Têxtil	Tecidos planos	Tecidos técnicos inteligentes	0.545
Confecção e Têxtil	Roupas básicas	Vestuário técnico e esportivo	0.583
Confecção e Têxtil	Tecidos tingidos	Materiais têxteis de proteção UV	0.562
Química e Fármacos	Sabões em barra	Preparações farmacêuticas complexas	0.648
Química e Fármacos	Fertilizantes simples	Biofertilizantes com nanotecnologia	0.611
Química e Fármacos	Cosméticos básicos	Cosmecêuticos com princípios ativos	0.623

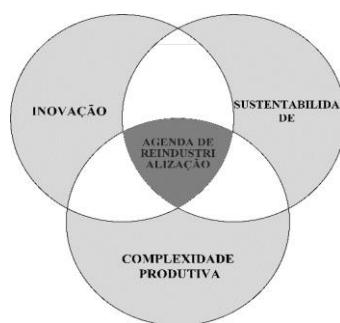
Química e Fármacos	Tintas industriais	Tintas ecológicas e funcionais	0.587
Eletrônicos	Cabos e fios elétricos	Componentes de circuitos integrados	0.702
Eletrônicos	Fontes de alimentação	Placas controladoras de energia	0.673
Eletrônicos	Luminárias LED simples	Sistemas inteligentes de iluminação	0.688
Eletrônicos	Transformadores compactos	Módulos de conversão energética	0.659
Máquinas e Equipamentos	Peças de máquinas	Máquinas para automação industrial	0.689
Máquinas e Equipamentos	Equipamentos de refrigeração	Sistemas de climatização inteligentes	0.671
Máquinas e Equipamentos	Máquinas agrícolas básicas	Tratores com telemetria integrada	0.648
Máquinas e Equipamentos	Bombas industriais	Sistemas automatizados de bombeamento	0.637
Produtos Minerais	Argilas calcinadas	Revestimentos cerâmicos técnicos	0.498
Produtos Minerais	Blocos de granito	Superfícies técnicas compostas	0.519
Produtos Minerais	Areia industrial	Vidros especiais para construção	0.481
Produtos Minerais	Calcário moído	Materiais cimentícios inovadores	0.512
Couro e Calçados	Calçados simples	Calçados com sensores embutidos	0.558
Couro e Calçados	Couros tratados	Materiais bioativos para calçados funcionais	0.532
Couro e Calçados	Palmilhas comuns	Palmilhas com memória e absorção de impacto	0.546
Couro e Calçados	Bolsas de couro	Acessórios wearables com conectividade	0.571

Fonte: Elaboração própria com base no Relatório Técnico "Mapeamento de Oportunidades de Inovação para a Indústria Cearense" (IEL Ceará, 2025) e indicadores VCR e PCI.

Essa estratégia está alinhada à proposta de uma reindustrialização inteligente, orientada pela articulação entre a densidade tecnológica dos territórios e as capacidades produtivas já consolidadas no contexto local. Em vez de promover uma substituição estrutural abrupta, essa abordagem prioriza trajetórias de sofisticação produtiva progressiva, ancoradas na inovação, na sustentabilidade e na diversificação qualificada das atividades industriais.

A Figura 2, disponibilizada na sequência, sintetiza essa agenda de reindustrialização, representando visualmente os três pilares estratégicos que sustentam esse processo:

**Figura 2. Agenda de Reindustrialização**



Fonte: Elaboração Própria

Além disso, a análise revelou uma forte concentração de oportunidades nos seguintes setores: agroindústria e alimentos processados, confecção e têxtil técnico, fármacos e química fina, máquinas e equipamentos industriais e produtos minerais e metalmecânica leve. Tais setores apresentam potencial de evolução por meio da incorporação de tecnologias digitais, bioengenharia, automação e materiais avançados, o que os torna compatíveis com os princípios da Indústria 5.0 e com as diretrizes do programa Ceará 2050.

**Tabela 2. Síntese dos setores industriais com pela média complexidade tecnológica**

Setor	Curto Prazo		Médio Prazo		Total
	N1	N2	N3	N4	
Agroindústria	0	0	0	1	1
Confecção e Têxtil	0	0	1	3	4
Química e Fármacos	0	1	3	6	10
Eletrônicos	3	11	12	12	38
Máquinas e Equipamentos	2	7	15	24	48
Couro e Calçados	0	1	1	4	6

Fonte: Relatório sobre sugestões de setores para ZPE – Projeto Cientista Chefe (ZPE-Lab)

A Tabela 2, apresentada acima, ilustra a distribuição das oportunidades identificadas em cada setor segundo o horizonte temporal (curto e médio prazo), evidenciando a expressiva concentração de possibilidades nas áreas de Máquinas e Equipamentos (48 ocorrências) e Eletrônicos (38 ocorrências). Esses dois setores somam mais da metade das oportunidades mapeadas, demonstrando seu papel estratégico na transformação industrial do estado.

#### **4.2 Oportunidades pela oferta: capacidades científicas e infraestrutura tecnológica**

No que diz respeito à oferta de inovação, a análise documental e bibliométrica evidenciou uma infraestrutura científica significativa no estado do Ceará, capaz de contribuir de forma decisiva para a transição rumo à Indústria 5.0. O mapeamento identificou a existência de grupos de pesquisa consolidados, laboratórios especializados e startups tecnológicas atuando nos quatro eixos temáticos estratégicos

deste estudo: inteligência artificial, automação industrial, energias renováveis e gestão de resíduos. O potencial de atuação desses grupos para impulsionar a Indústria 5.0 cearense é visualizado na tabela disponível a seguir:

**Tabela 3. Quadro-Resumo por Área Temática: Grupos de Pesquisa Universitários e Indústria 5.0 no Ceará**

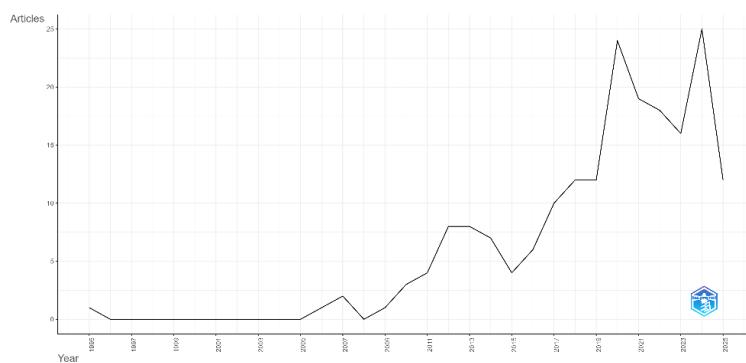
Área Temática	Grupos Representativos	Instituições Envolvidas	Potencial de Aplicação para Indústria 5.0
<b>Inteligência Artificial e Sistemas Inteligentes</b>	PRAIA, LogIA, LICA, LDS, INETSYS, Grupo de Sistemas Inteligentes, NUVEN, NETS	IFCE, UFC, UFCA, UECE, UNIFOR	Apoio à decisão, IA explicável, automação industrial, cidades inteligentes, visão computacional
<b>Automação e Mecatrônica</b>	GPEM, GERA, Grupo de Soluções e Inovação, GPREB, Grupo de Simulação Computacional	IFCE, UFC, UNILAB, URCA	Robótica colaborativa, automação de processos industriais e agrícolas, protótipos adaptativos
<b>Energias Renováveis e Redes Inteligentes</b>	Observatório de Energia Eólica, GREI, GPEC, Processamento de Energia, GEPEMA, Núcleo de Energia Solar, INPEC	UFC, IFCE, UVA, UNILAB, CENTEC, URCA	Geração distribuída, microrredes, eficiência energética, energias híbridas e armazenamento inteligente
<b>Resíduos Sólidos, Sustentabilidade e Meio Ambiente</b>	GPBIO, Environmental Technology Group, LPT, QSQA, GTQA, GRINTEQUI, Inova Pecém, GRUPO MULTPROSANB	UFC, IFCE, UFCA, UECE, CENTEC	Reúso de água, biorremediação, reaproveitamento de resíduos, bioeconomia circular, biotecnologia ambiental
<b>Ciências Agrárias e Semiárido</b>	MASSA, Convivência com o Semiárido, NERAA, GAMA-DT, Avaliação Nutricional de Ovinos, Manejo de Solo e Água	UFC, IFCE, URCA, UNILAB	Irrigação inteligente, agricultura de precisão, automação rural, sensores em solo e clima, produção animal
<b>Ciências Exatas e Computacionais</b>	Física Teórica, CMCLIS, Física da Atmosfera, LogIA, Grupo de Processamento de Imagens, G5IMCO, ART	UFC, IFCE, UECE, URCA	Modelagem, simulação, sensoriamento remoto, tecnologias digitais aplicadas ao controle de processos
<b>Direitos, Ética e Sociedade Digital</b>	E-TICa, NETS, JET, Neurodireito, Grupo de Mídias Digitais, Diálogo Ambiental, GETIS	UFC, UNIFOR, IFCE	Governança digital, ética na IA, tecnologias para cidadania, regulação e direito digital

Fonte: Elaboração Própria

A produção científica do Ceará entre 1995 e 2025, conforme dados das bases Scopus e Web of Science, demonstrou um crescimento expressivo, tanto em volume quanto em diversidade temática. Os indicadores extraídos por meio da ferramenta Biblioshiny revelam:

- Crescimento médio anual de 7,8% nas publicações científicas, conforme exemplifica o gráfico 1.

**Gráfico 1. Crescimento da Produção Científica Anual**

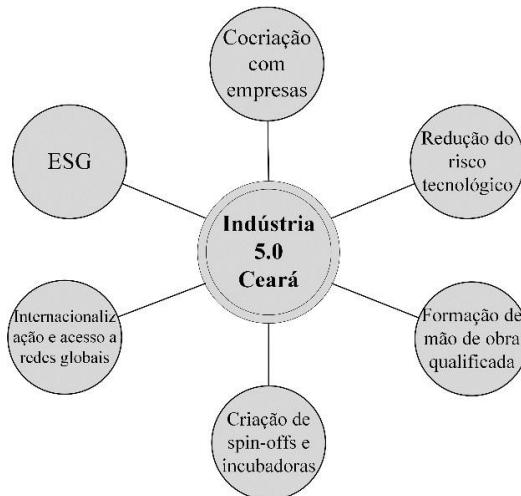


Fonte: Elaboração própria

- Redes de coautoria consolidadas, com destaque para colaborações entre UFC, IFCE e UECE;
- Alta densidade colaborativa em áreas como energias limpas, sustentabilidade e inteligência computacional;
- Presença de clusters conceituais bem definidos, especialmente em temas emergentes como economia circular, eficiência energética e IA aplicada à indústria.

Além da produção acadêmica, o levantamento institucional identificou mais de 40 grupos de pesquisa diretamente vinculados aos temas da Indústria 5.0, distribuídos nas principais instituições de ensino superior do estado. Muitos desses grupos operam em interface com laboratórios de inovação tecnológica e incubadoras de empresas, o que representa um ativo estratégico para fomentar inovação aberta e cooperação universidade- empresa.

A figura 3 a seguir, apresenta alguns pontos de como referidos grupos podem atuar criando oportunidades para a trajetória da indústria cearense 5.0.

**Figura 3. Oportunidades para a indústria cearense 5.0**

Fonte: Elaboração própria.

O mapeamento de startups cearenses também indicou uma crescente mobilização em torno da inovação industrial. Foram identificadas iniciativas em áreas como automação industrial, energias alternativas, sensores inteligentes, análise de dados e reaproveitamento de resíduos sólidos. Essas startups, muitas delas vinculadas a parques tecnológicos e aceleradoras locais, apresentam elevado grau de dinamismo e potencial de escalar soluções aplicáveis a setores industriais diversos.

Em síntese, os dados consolidados indicam que o Ceará dispõe de uma base científica sólida e em expansão, com capacidade para sustentar projetos industriais inovadores. No entanto, a efetivação desse potencial depende da criação de condições institucionais, financeiras e regulatórias adequadas. Um dos principais entraves observados é o descompasso entre a produção científica (oferta) e sua apropriação pelo setor produtivo (demanda), o que se deve, em grande medida, a fragilidades institucionais e à baixa taxa de transferência tecnológica (Dutrénit & Katz, 2005; Fischer & Queiroz, 2016). Nesse contexto, a Capacidade Absortiva (ACAP) das organizações, compreendida como a habilidade de identificar, assimilar e aplicar conhecimento externo (Cohen & Levinthal, 1990), assume papel central como mecanismo de mediação entre oferta e demanda de conhecimento, sendo essencial para que indústrias em economias emergentes superem limitações estruturais e

avancem em direção à inovação efetiva.

Sua eficácia é influenciada pela intensidade dos vínculos externos com os ecossistemas locais de conhecimento e negócios, bem como por fatores internos, como rotinas organizacionais e comunicação clara (Camisón & Forés, 2010; Ávila, 2022). Segundo Oh et al. (2016) e Autio et al. (2018), universidades e centros científicos, representando o lado da oferta, são fundamentais para a transferência de saberes complexos e estruturados, contribuindo especialmente para a dimensão de assimilação da ACAP. Por outro lado, os ambientes empresariais, associados à demanda, oferecem soluções mais pragmáticas e incrementais, embora, em economias periféricas, sua contribuição para a absorção de conhecimento estruturado possa ser limitada (Fischer & Queiroz, 2016). Assim concluindo que, a articulação eficaz entre esses atores é essencial para o fortalecimento das capacidades dinâmicas organizacionais, favorecendo a diversificação industrial e o avanço em complexidade tecnológica.

## 5. DISCUSSÃO

A análise integrada das dimensões de demanda e oferta indica que o Ceará dispõe de vetores promissores de diversificação produtiva e de ativos científico-tecnológicos relevantes para uma estratégia de reindustrialização alinhada à Indústria 5.0. Contudo, há um descompasso entre a base científica existente e sua apropriação pelo setor produtivo, expresso na baixa taxa de transferência tecnológica, na fragilidade institucional e na falta de políticas de inovação coordenadas e de canais estáveis de interação universidade–empresa. As competências científicas concentram-se sobretudo em instituições como UFC e IFCE, o que reforça a necessidade de descentralizar capacidades técnico-científicas e ampliar o alcance territorial dos investimentos em inovação. Soma-se a isso o desafio da formação de capital humano qualificado para setores intensivos em tecnologia, exigindo currículos e programas de capacitação alinhados às novas demandas industriais. Do lado da demanda, embora existam setores com vantagem comparativa revelada, muitos ainda se apoiam em produtos de baixa ou média complexidade, o que torna estratégica a identificação de rotas tecnológicas ascendentes que orientem, de forma coordenada, investimentos em

pesquisa, desenvolvimento e qualificação focados na geração de maior valor agregado local.

A adoção de instrumentos de política industrial baseados em evidências, como VCR, PCI e análises bibliométricas, é central para alinhar decisões públicas e privadas, identificando nichos tecnológicos promissores e orientando chamadas de pesquisa, redes de cooperação e atração de investimentos. A agenda da Indústria 5.0 no Ceará deve apoiar-se em cinco eixos integrados: sofisticação e diversificação produtiva em setores de alta complexidade; fortalecimento da infraestrutura científica e tecnológica; capacitação profissional e inclusão tecnológica; integração entre ciência, tecnologia e mercado por meio de plataformas de inovação aberta e incentivos à transferência de conhecimento; e uma governança colaborativa que articule governo, empresas, academia e sociedade em torno de um projeto comum de desenvolvimento industrial sustentável.

Para tal é sugerido cinco ações que não são iniciativas isoladas, mas eixos integradores de uma política industrial moderna, que articula ciência, tecnologia e desenvolvimento territorial. Elas atuam sinergicamente para elevar a complexidade econômica do Ceará (Hidalgo & Hausmann, 2009), fomentar proximidades setoriais estratégicas (Tessarin et al., 2020) e conectar a base científica regional a cadeias de valor produtivas locais, nacionais e internacionais.

**Tabela 4. Sugestões Estratégicas**

Eixo Estratégico	Objetivo Central	Atores-Chave	Justificativa Técnica
<b>1. Hubs de Inovação 5.0</b>	Integrar universidades, startups e indústria em ambientes colaborativos de inovação.	FUNCAP, FIEC, SEDET, universidades, hubs locais.	Acelera o ciclo de inovação e facilita a transferência tecnológica (Mazzucato, 2018).
<b>2. Laboratórios de Experimentação Aplicada</b>	Criar testbeds para validação de tecnologias 5.0 (IA, energia, resíduos).	IFCE, UFC, UECE, UNIFOR, setor privado.	Reduz o custo de inovação e amplia o acesso a testes industriais (OECD, 2021).

<b>3. Formação Técnica Dual e Requalificação</b>	Capacitar mão de obra em áreas de alta complexidade tecnológica.	SENAI, IFCE, IDT, SEDET.	Supre o déficit estrutural de técnicos qualificados (IBGE, 2017).
<b>4. Internacionalização e Projetos Binacionais</b>	Inserir grupos locais em redes de pesquisa e inovação globais.	FUNCAP, CAPES, Embaixadas, ICTs.	Facilita acesso a financiamento e transferência de conhecimento.
<b>5. Verticalização Produtiva Sustentável</b>	Transformar resíduos, energia e biomassa em	Indústrias locais, startups,	Eleva a complexidade econômica regional

Fonte: Elaboração Própria

Ao considerar essas dimensões e sugestões estratégicas, o Ceará poderá superar a lógica da industrialização dependente e avançar na construção de um modelo produtivo mais resiliente, sofisticado e alinhado aos desafios contemporâneos. A Indústria 5.0, ao integrar inovação com valores humanos e ambientais, oferece o referencial estratégico necessário para orientar esse reposicionamento. A próxima seção apresenta as considerações finais e as contribuições concretas deste estudo.

## 6. CONCLUSÃO E CONTRIBUIÇÕES

Este estudo teve como objetivo mapear e analisar as oportunidades de inovação para a indústria cearense à luz dos princípios da Indústria 5.0, articulando as dimensões da complexidade produtiva e da capacidade científico-tecnológica regional. A partir de uma abordagem metodológica que combinou análise de vantagem comparativa revelada, índices de complexidade econômica e estudos bibliométricos, foi possível evidenciar os setores com maior potencial de evolução tecnológica e os ativos institucionais disponíveis para apoiar essa transformação.

A análise da demanda demonstrou que o Ceará possui um conjunto expressivo de produtos com competitividade internacional, os quais podem servir como base para trajetórias de diversificação produtiva rumo a segmentos de maior complexidade e valor agregado. A aplicação do índice PCI possibilitou identificar rotas tecnológicas ascendentes, especialmente nos setores de agroindústria, têxtil, química fina e metalmecânica. Essas rotas constituem caminhos viáveis para a transição do estado

para um modelo industrial mais sofisticado, desde que apoiadas por políticas públicas e incentivos direcionados. Do ponto de vista da oferta, o levantamento da produção científica e da infraestrutura de pesquisa revelou a presença de um ecossistema acadêmico-científico em expansão, com grupos de pesquisa, laboratórios e startups atuando nos quatro eixos temáticos centrais da Indústria 5.0: inteligência artificial, automação industrial, energias renováveis e gestão de resíduos. No entanto, persistem lacunas estruturais, especialmente no que diz respeito à transferência de conhecimento, articulação universidade-empresa e capacitação profissional.

A principal contribuição deste estudo é a proposição de uma agenda integrada de reindustrialização para o Ceará, baseada em evidências e alinhada aos paradigmas contemporâneos da inovação. Tal agenda deve contemplar não apenas o incentivo à pesquisa e à modernização tecnológica, mas também a valorização de princípios humanocêntricos, como sustentabilidade, inclusão produtiva e bem-estar social, elementos centrais da Indústria 5.0.

Entre as recomendações estratégicas decorrentes dos achados, destacam-se o desenvolvimento de programas de fomento à inovação setorial, com base nas rotas de complexidade produtiva; a criação de plataformas regionais de inovação aberta, que aproximem universidades, empresas e governo; a ampliação dos investimentos em educação técnica e superior, alinhados às novas demandas industriais; a formulação de políticas industriais orientadas por dados, utilizando ferramentas como VCR, PCI e análise bibliométrica para guiar decisões.

Do ponto de vista acadêmico, o estudo oferece uma contribuição metodológica relevante ao integrar diferentes abordagens analíticas em um modelo de planejamento industrial aplicável a contextos regionais. Além disso, reforça a importância de tratar a inovação não apenas como resultado de processos tecnológicos, mas como expressão de articulações sociais, políticas e institucionais.

Por fim, reconhece-se que esta pesquisa possui limitações. Entre elas, destaca-se a dependência de bases secundárias de dados e a não realização de entrevistas com atores-chave do ecossistema de inovação cearense. Sugere-se, como continuidade, a realização de estudos qualitativos de campo, que possam aprofundar

o entendimento das barreiras e potencialidades locais, bem como a aplicação deste modelo analítico em outras regiões do Brasil, contribuindo para o debate nacional sobre estratégias de reindustrialização inteligente e sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. BIBLIOMETRIX: AN R-TOOL FOR COMPREHENSIVE SCIENCE MAPPING ANALYSIS. *JOURNAL OF INFORMETRICS*, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007.
- AUTIO, E.; NAMBISAN, S.; THOMAS, L. D. W.; WRIGHT, M. DIGITAL AFFORDANCES, SPATIAL AFFORDANCES, AND THE GENESIS OF ENTREPRENEURIAL ECOSYSTEMS. *STRATEGIC ENTREPRENEURSHIP JOURNAL*, v. 12, n. 1, p. 72-95, 2018.
- ÁVILA, M. M. COMPETITIVE ADVANTAGE AND KNOWLEDGE ABSORPTIVE CAPACITY: THE MEDIATING ROLE OF INNOVATIVE CAPABILITY. *JOURNAL OF THE KNOWLEDGE ECONOMY*, v. 13, n. 1, p. 185-210, 2022.
- BALASSA, B. TRADE LIBERALIZATION AND "REVEALED" COMPARATIVE ADVANTAGE. *THE MANCHESTER SCHOOL*, v. 33, n. 2, p. 99-123, 1965. DOI: 10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x.
- CAMISÓN, C.; FORÉS, B. KNOWLEDGE ABSORPTIVE CAPACITY: NEW INSIGHTS FOR ITS CONCEPTUALIZATION AND MEASUREMENT. *JOURNAL OF BUSINESS RESEARCH*, v. 63, n. 7, p. 707-715, 2010.
- CAVALCANTE, L.; MONEA, G. K. A.; FERREIRA, F. F. RANKING DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA DOS ESTADOS BRASILEIROS. *REDECA – REVISTA ELETRÔNICA DO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS & DEPARTAMENTO DE ATUÁRIA E MÉTODOS QUANTITATIVOS DA FEA-PUC/SP*, v. 7, n. 2, p. 143-157, 2020.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *PANORAMA DOS RESÍDUOS INDUSTRIAS NO BRASIL*. BRASÍLIA: CNI, 2023.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. ABSORPTIVE CAPACITY: A NEW PERSPECTIVE ON LEARNING AND INNOVATION. *ADMINISTRATIVE SCIENCE QUARTERLY*, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990. DOI: 10.2307/2393553.

- CORTÉS, P.; GUIX, M.; CARBONELL, R. INNOVATION FOR SUSTAINABILITY IN THE GLOBAL SOUTH: A BIBLIOMETRIC REVIEW. *SSRN*, 2021. DOI: 10.2139/ssrn.3836396.
- DEMARTINI, C.; TONELLI, F.; BERTANI, F. INDUSTRY 5.0: TOWARDS A HUMAN-CENTRIC SOLUTION. *PROCEDIA COMPUTER SCIENCE*, v. 180, p. 845-851, 2021. DOI: 10.1016/j.procs.2021.01.349.
- DEMARTINI, C.; TONELLI, F.; BERTANI, F. INDUSTRY 5.0: A HUMAN-CENTRIC SOLUTION. *PROCEDIA COMPUTER SCIENCE*, v. 200, p. 507-512, 2021. DOI: 10.1016/j.procs.2021.01.349.
- DUTRÉNIT, G.; KATZ, J. INTRODUCTION: INNOVATION, GROWTH AND DEVELOPMENT IN LATIN-AMERICA: STYLIZED FACTS AND A POLICY AGENDA. *INNOVATION*, v. 7, n. 2-3, p. 105-130, 2005.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. *MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA 2023*. BRASÍLIA: EPE, 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.EPE.GOV.BR](https://www.epe.gov.br). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. THE DYNAMICS OF INNOVATION: FROM NATIONAL SYSTEMS AND “MODE 2” TO A TRIPLE HELIX OF UNIVERSITY–INDUSTRY–GOVERNMENT RELATIONS. *RESEARCH POLICY*, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000. DOI: 10.1016/S0048-7333(99)00055-4.
- FATEC. *ESTUDO SOBRE O MERCADO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL: PERSPECTIVAS ATÉ 2029*. SÃO PAULO: FUNDAÇÃO DE APOIO À TECNOLOGIA, 2023.
- FATEC. *PANORAMA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL: RELATÓRIO TÉCNICO*. SÃO PAULO: CENTRO PAULA SOUZA, 2023.
- FREITAS, F. M. CADEIAS PRODUTIVAS SUSTENTÁVEIS E INOVAÇÃO INDUSTRIAL NO BRASIL: PROPOSTAS PARA POLÍTICAS PÚBLICAS. *REVISTA BRASILEIRA DE INOVAÇÃO*, v. 18, n. 1, p. 157-182, 2019.
- FISCHER, B. B.; QUEIROZ, S. ON THE MEDIATING ROLE OF SYSTEMIC ABSORPTIVE CAPACITY: AN ASSESSMENT OF FDI EFFECTS IN DEVELOPING COUNTRIES’ INNOVATION SYSTEMS. *REVISTA BRASILEIRA DE INOVAÇÃO*, v. 15, n. 2, 2016.
- TECHNOLOGICAL INNOVATION, GREEN GROWTH, AND QUALITY OF INSTITUTIONS IN DEVELOPING COUNTRIES: EMPIRICAL EVIDENCE FROM THE ASIA-PACIFIC REGION. *FRONTIERS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE*, 2023. DISPONÍVEL EM:  
[HTTPS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/ARTICLES/10.3389/FENVs.2023.1174827/FULL](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2023.1174827/full). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.

- GIL, A. C. *MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA SOCIAL*. 6. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2008.
- HAUSMANN, R. ET AL. *THE ATLAS OF ECONOMIC COMPLEXITY: MAPPING PATHS TO PROSPERITY*. 2. ED. CAMBRIDGE: MIT PRESS, 2014.
- HIDALGO, C. A. ET AL. THE PRODUCT SPACE CONDITIONS THE DEVELOPMENT OF NATIONS. *SCIENCE*, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.
- HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. THE BUILDING BLOCKS OF ECONOMIC COMPLEXITY. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009. DOI: 10.1073/pnas.0900943106.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *PESQUISA DE INOVAÇÃO NAS EMPRESAS INDUSTRIAS*. BRASÍLIA: IBGE, 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.IBGE.GOV.BR](https://www.ibge.gov.br). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.
- KAPLINSKY, R.; COOPER, C. *TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT IN THE THIRD INDUSTRIAL REVOLUTION*. LONDON: ROUTLEDGE, 1989.
- LUNDVALL, B.-Å. *NATIONAL SYSTEMS OF INNOVATION: TOWARDS A THEORY OF INNOVATION AND INTERACTIVE LEARNING*. LONDON: PINTER, 1992.
- MAZZUCATO, M. *THE VALUE OF EVERYTHING: MAKING AND TAKING IN THE GLOBAL ECONOMY*. LONDON: PENGUIN BOOKS, 2018.
- MAZZUCATO, M. *MISSION ECONOMY: A MOONSHOT GUIDE TO CHANGING CAPITALISM*. LONDON: ALLEN LANE, 2021.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2050*. BRASÍLIA: MME, 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.GOV.BR/MME](https://www.gov.br/mme). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.
- MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. THE INFLUENCE OF MARKET DEMAND UPON INNOVATION: A CRITICAL REVIEW OF SOME RECENT EMPIRICAL STUDIES. *RESEARCH POLICY*, v. 8, n. 2, p. 102-153, 1979.
- NIEMEYER, F. F. ET AL. ECOSISTEMAS LOCAIS DE CONHECIMENTO E DE NEGÓCIOS/INOVAÇÃO E AS CAPACIDADES ABSORTIVAS DE INDÚSTRIAS DE REGIÕES DE ECONOMIA EMERGENTE. IN: XXI CONGRESO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA INNOVACIÓN – ALTEC, 2025, SANTIAGO, CHILE. *PROCEEDINGS...* SANTIAGO, 2025.
- OH, D.-S.; PHILLIPS, F.; PARK, S.; LEE, E. INNOVATION ECOSYSTEMS: A CRITICAL EXAMINATION. *TECHNOVATION*, v. 54, p. 1-6, 2016.

- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. *SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION OUTLOOK 2021*. PARIS: OECD PUBLISHING, 2021. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.OECD.ORG](https://www.oecd.org). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.
- PEREZ, C. TECHNOLOGICAL REVOLUTIONS AND TECHNO-ECONOMIC PARADIGMS. *CAMBRIDGE JOURNAL OF ECONOMICS*, V. 34, N. 1, P. 185-202, 2010.
- QUEIROZ, L. A.; ROMERO, D.; FREITAS, W. M. INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL E INDÚSTRIA 5.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA. *REVISTA GESTÃO & TECNOLOGIA*, V. 23, N. 1, P. 99-117, 2023.
- STATISTA. INDUSTRIAL AUTOMATION MARKET IN BRAZIL – FORECAST 2024–2029. 2024. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.STATISTA.COM](https://www.statista.com). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.
- TALEBZADEHHOSSEINI, M.; SCHEINERT, M.; GARIBAY, C. GROWING GREEN: THE ROLE OF PATH DEPENDENCY IN SUSTAINABLE TRANSITIONS IN DEVELOPING COUNTRIES. *ARXIV*, 2019. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://ARXIV.ORG/ABS/1906.05269](https://arxiv.org/abs/1906.05269). ACESSO EM: 26 NOV. 2025.
- TORRES JÚNIOR, P.; CÂMARA, S. F.; SANTOS, A. N. M. *RELATÓRIO FINAL: MAPEAMENTO DE OPORTUNIDADES EM PROJETOS DE INOVAÇÃO INDÚSTRIA 5.0 CEARÁ – 2025*. [S.L.]: INSTITUTO EUVALDO LODI – NÚCLEO CEARÁ (IEL CEARÁ); SEBRAE-CE, 2024.
- XU, X.; DAVID, S.; KIM, H. INDUSTRY 5.0: HUMAN-CENTRIC SOLUTIONS AND SUSTAINABILITY. *JOURNAL OF MANUFACTURING SYSTEMS*, V. 61, P. 53-62, 2021.
- ZAHRA, S. A.; GEORGE, G. ABSORPTIVE CAPACITY: A REVIEW, RECONCEPTUALIZATION, AND EXTENSION. *ACADEMY OF MANAGEMENT REVIEW*, V. 27, N. 2, P. 185-203, 2002.

**Data de submissão:** dezembro de 2025

**Data de aceite:** dezembro de 2025