

SUSTAINABLE BUSINESS

INTERNATIONAL JOURNAL



REVISTA CIENTÍFICA – ISSN 1807-5908

V. 1 N. 101 (2026): Edição SBIJOURNAL (JAN-ABR)

RUA MARIO SANTOS BRAGA, 30 – CENTRO

PRÉDIO 1

VALONGUINHO – NITERÓI – RIO DE JANEIRO

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE





About the Journal

The electronic scientific journal **SBIJ – Sustainable Business International Journal** has the mission of contributing to an in-depth understanding of **Knowledge Management in organizations** through the dissemination of empirical research and theoretical analyses that may support academic activities and managerial practice in both public and private institutions.

Its target audience comprises scholars and professionals from academic institutions, as well as practitioners from public and private organizations, who are interested in dialogue and innovation in the field of Knowledge Management. Clarity, conciseness, and objectivity in writing are essential, considering the intended readership and compliance with scientific international guidelines.

Reviewers are responsible exclusively for evaluating the submitted manuscripts. Personal remarks concerning the authors, as well as biased positions that may restrict the production of multidisciplinary knowledge, freedom of expression, or the researcher's autonomy, are strictly prohibited. The content of the manuscripts and all information related to the authors are the sole responsibility of the authors themselves. The Journal assumes no liability for inaccurate or false information regarding the author(s), their academic background, institutional affiliation, or any other related data.

Articles, documents, research notes, and bibliographic reviews submitted to SBIJ must be original and unpublished, both nationally and internationally, and must not be under consideration for publication in any other outlet. Papers previously published in conference proceedings may be considered by the Editorial Board, provided they are submitted in full article format. Articles and documents may be written in Portuguese, English, or Spanish.



Partnership:





Editorial Board

CHIEF EXECUTIVE EDITOR

Dr. Martius Vicente Rodriguez y Rodriguez, Universidade Federal Fluminense, Brasil

EXECUTIVE EDITOR

PhD Maria Carolina Martins Rodrigues, Universidade do Algarve-CinTurs, Portugal

ASSOCIATED EDITORS

PhD Mario Ribeiro Dantas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

PhD Marcos Cavalcanti, Fundação de Amparo a Pesquisa (FAPERJ), Brasil

DSc. Nelson Ebecken, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

DSC Osvaldo Quelhas, Universidade Federal Fluminense (UFF)

PhD Antonio Monteiro Oliveira, Politécnico do Porto (ISCAP), Portugal

PhD Orlando Lima Rua, Politécnico do Porto (ISCAP), Portugal

PhD Mario Raposo, Universidade da Beira Interior, Portugal

EMERITUS EDITOR

PhD Maria José Sousa, Instituto Universitário de Lisboa, Portugal

EDITORIAL COMMITTEE

PhD Maria José Sousa, Instituto Universitário de Lisboa, Portugal

PhD Maria Carolina Martins Rodrigues, Universidade do Algarve-CinTurs, Portugal

PhD António Monteiro Oliveira, Politécnico do Porto (ISCAP), Portugal

PhD Orlando Lima Rua, Politécnico do Porto (ISCAP), Portugal

PhD Mário Raposo, Universidade da Beira Interior, Portugal

Dr. André Luís Azevedo Guedes, Centro Universitário Augusto Motta, UNISUAM, Brasil.



EDITORIAL TEAM

EDITORIAL COORDINATOR

MSc. Iris Jordão Lessa, Universidade Federal Fluminense, Brasil

EDITORIAL DESIGN

Maria Clara Araújo da Silva Calazans, Universidade Federal Fluminense, Brasil

PEER REVIEWERS FOR THIS ISSUE

PhD Amaia Yurrebaso Macho, Universidad de Salamanca, Espanha

PhD Andreia de Bem Machado, Centro Universitário Leonardo da Vinci, Brasil

PhD António Moreira Teixeira, Universidade Aberta, Portugal

PhD Carlos Navarro Fontanillas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

PhD Carlos Rafael Branco, Universidade Aberta, Portugal

PhD Carlos Pedro Ramos dos Santos Pinho, Universidade Aberta, Portugal

PhD Fernanda Maria Santos Pereira, Instituto Politécnico da Beja, Portugal

PhD David Ferraz, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE), Portugal

PhD João Salis Gomes, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE), Portugal

PhD José Duarte Moleiro Martins, Instituto S. Contabilidade e Adm. de Lisboa, Portugal

PHD Luciana Aparecida Barbieri da Rosa, Instituto Federal de Rondônia, PUC-RJ – Brazil

PhD Luísa Cagica Carvalho, Instituto Politécnico de Setúbal, IPS - Portugal

PhD María José López Rey, Universidad de Extremadura, Espanha

PhD Marlene Amorim, Universidade de Aveiro

PhD Marta Ferreira Dias, Universidade de Aveiro, GOVCOPP, DEGEIT, Portugal



PUBLICATION SYSTEM

The Journal uses **Open Journal Systems (OJS 3.2.1.0)**, a free and open-source software platform for the management and publication of scholarly journals. The system is developed, supported, and distributed by the **Public Knowledge Project (PKP)** under the terms of the **GNU General Public License (GPL)**.

The editorial workflow of the system is presented below.

AUTHOR

- Submission – Upload manuscript and enter metadata (OAI indexing).
- Submission Review – Track process, revise and resubmit as requested.
- Submission Editing – Review edits and approve final proofs.

EDITOR / SECTION EDITOR

- 1. Submission Queue – Assign Section Editor and monitor process.
- 2. Peer Review – Verify submission, select reviewers, issue editorial decision.
- 3. Editing Stage – Copyediting, layout (HTML/PDF), proofreading.
- 4. Issue Management – Create issue, schedule articles, organize table of contents.
- 5. Publication – Immediate or delayed access; subscription control (if applicable).

ARCHIVING

- Submission Archive – Complete record of accepted and rejected submissions.
- Journal Archive – Indexed via OAI protocol and search systems (e.g., Google).



Editorial

É com grande satisfação que apresentamos esta nova edição da **SBIJOURNAL**, que reafirma seu compromisso com a disseminação de pesquisas científicas de alta qualidade nas áreas de gestão, inovação, tecnologia e desenvolvimento organizacional. Em um cenário global marcado por profundas transformações tecnológicas, desafios socioeconômicos e crescente demanda por soluções sustentáveis e inovadoras, a produção científica torna-se um instrumento essencial para orientar decisões estratégicas, políticas públicas e práticas organizacionais.

Esta edição reúne um conjunto diversificado de estudos que abordam temas contemporâneos e de grande relevância para a comunidade acadêmica e profissional. Os artigos publicados exploram diferentes dimensões da inovação, da gestão do conhecimento, da transformação digital e da sustentabilidade, evidenciando a natureza interdisciplinar que caracteriza os estudos em negócios e inovação.

Abrindo esta edição, o artigo **“Logistics Challenges and Mitigation Alternatives in Hospital Supply Chain Management: a Systematic Literature Review”**, que apresenta uma análise sistemática da literatura sobre os desafios logísticos na cadeia de suprimentos hospitalar, oferecendo alternativas de mitigação que podem contribuir para maior eficiência e resiliência nos sistemas de saúde.

Na sequência são discutidos avanços no uso de técnicas de inteligência artificial aplicadas ao processamento de dados visuais em operações críticas de busca e resgate, demonstrando o potencial das tecnologias emergentes em contextos operacionais complexos.

O terceiro artigo, investiga as dinâmicas de relacionamento entre consumidores e marcas durante a pandemia de COVID-19, analisando o fenômeno do free-riding a partir de registros de marcas no Brasil.

No campo da sustentabilidade e da inovação, o artigo seguinte propõe uma matriz analítica que integra princípios de ESG (Environmental, Social and Governance) e inteligência artificial, contribuindo para o fortalecimento de ecossistemas de inovação orientados à sustentabilidade.



Os três artigos seguintes concentram-se na área de gestão do conhecimento e suas aplicações estratégicas.

Desta forma, os trabalhos aqui reunidos refletem a diversidade temática, metodológica e geográfica da produção científica contemporânea, reforçando a importância da colaboração entre pesquisadores e instituições na construção de conhecimento relevante para a sociedade. A variedade de abordagens presentes nesta edição demonstra como a integração entre tecnologia, gestão e sustentabilidade tem se tornado fundamental para enfrentar os desafios do século XXI.

Agradecemos aos autores por suas valiosas contribuições, aos pareceristas pelo rigor e dedicação no processo de avaliação científica e aos membros do conselho editorial pelo compromisso contínuo com a qualidade e a integridade acadêmica da revista.

Esperamos que esta edição da **SBIJOURNAL** estimule novas pesquisas, inspire colaborações interdisciplinares e contribua para o avanço do conhecimento nas áreas de negócios, inovação e gestão.

Desejamos a todos uma excelente leitura.



Martius Vicente Rodriguez y Rodriguez
Editor Executivo-Chefe SBIJournal
martiusrodriguez@id.uff.br
<http://lattes.cnpq.br/7037188590027119>
<https://orcid.org/00000001-8270-7488>





Sumário

1. **Logistics Challenges and Mitigation Alternatives in Hospital Supply Chain Management: a systematic literature review**

Julio Carlos Morandi (p. 1 -26)

2. **Um Estudo Comparativo de Autoencoders para Redução de Dados Visuais de Veículos Aéreos Não Tripulados (UAVs) em Missões de Busca e Resgate (SAR)**

Samuel Cotta, Mário Antônio Ribeiro Dantas, Marco Antônio Pereira Araújo (p. 27 -48)

3. **Free-riding Effect on Consumer Branding Relationships During the COVID-19 Pandemic: evidence from trademark registrations in Brazil**

Edmilson Gomes, Gabriel Marcuzzo do Canto Cavalheiro (p. 49- 63)

4. **An ESG-AI Matrix for Innovation Ecosystems**

Gustavo Simas da Silva, Vânia Ribas Ulbricht (p. 64 – 85)

5. **Knowledge Management in Energy Efficiency Actions in Brazilian Industry: an integrative study**

Natália Caoduro, Daniel Fernandes, Alessandro Alves, Douglas Cassiano (p. 86 -114)

6. **Knowledge Management as an Enabler of Sustainable Industry 5.0: Connections with the SDGs and Sociotechnical Transformation**

Jurema Suely de Araújo Nery Ribeiro, Fabiana Paula Moreira do Carmo Furtado, Renata de Souza França, Frederico Giffoni de Carvalho Dutra, Helton Junio Da Silva (p. 115 – 142)



7. Knowledge Management Maturity at the Rectory of the Federal Institute of Amapá: An Analysis Based on the OKA Method

Maria Orismar Nascimento Aires, André Yves Cribb (p.143 – 167)



**DESAFIOS LOGÍSTICOS E ALTERNATIVAS DE MITIGAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA
DE SUPRIMENTOS HOSPITALAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE
LITERATURA**

***LOGISTICS CHALLENGES AND MITIGATION ALTERNATIVES IN HOSPITAL SUPPLY
CHAIN MANAGEMENT: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW***

Julio Carlos Morandi
jmorandi49@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0819-2185>



Resumo

Esta revisão sistemática de literatura (RSL) analisa os principais desafios das operações logísticas na cadeia de suprimentos hospitalar (SCM) e as alternativas de mitigação que foram propostas na literatura científica entre 2020 e 2025. Foram selecionados artigos em bases reconhecidas (*PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*) que abordam explicitamente as dificuldades logísticas e estratégias de enfrentamento no contexto hospitalar. Os desafios recorrentes incluem gestão de estoques, previsão de demanda, processos de compras, distribuição, tecnologia da informação e resiliência frente a riscos. A pandemia de COVID-19 intensificou as vulnerabilidades e impulsionou inovações como digitalização, automação de processos e parcerias colaborativas. As alternativas de mitigação mais citadas envolvem adoção de sistemas inteligentes, integração de dados, planejamento colaborativo e fortalecimento da gestão de riscos. A análise revelou avanços na resiliência logística e conclui que a SCM hospitalar demanda abordagens adaptativas, baseadas em evidências e colaboração multissetorial para superar os desafios crescentes e garantir a continuidade e qualidade do atendimento em saúde.

Palavras-chave: Cadeia de suprimentos hospitalar; logística hospitalar; Gestão de suprimentos; Resiliência; Desafios logísticos; Mitigação de riscos.

Abstract

This systematic literature review (SLR) analyzes the main challenges of logistics operations in the hospital supply chain (SCM) and the mitigation alternatives proposed in the scientific literature between 2020 and 2025. Articles were selected from recognized databases (*PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*) that explicitly address logistical difficulties and coping strategies in the hospital context. The recurring challenges include inventory management, demand forecasting, purchasing processes, distribution, information technology, and resilience to risks. The COVID-19 pandemic intensified vulnerabilities, driving innovations such as digitization, process automation, and collaborative partnerships. The most cited mitigation alternatives involve the adoption of intelligent systems, data integration, collaborative planning, and strengthening risk management. The analysis revealed advances in logistical resilience, and it is concluded that hospital SCM demands adaptive approaches, based on evidence and multisectoral collaboration to overcome growing challenges and ensure the continuity and quality of healthcare services.

Keywords: Hospital supply chain; hospital logistics; Supply management; Resilience; Logistical challenges; Risk mitigation



1 INTRODUÇÃO

A gestão da cadeia de suprimentos (SCM) hospitalar é um elemento importante para garantir o funcionamento eficiente e eficaz dos sistemas de saúde. O ambiente hospitalar possui características únicas que tornam sua cadeia de suprimentos complexa e desafiadora. Essa complexidade resulta da diversidade de itens gerenciados, como medicamentos, materiais médico-hospitalares e equipamentos de alta tecnologia. O gerenciamento inadequado desses suprimentos pode afetar diretamente a vida e o bem-estar dos pacientes (Wright et al., 2023).

Nos últimos anos, a cadeia de suprimentos hospitalar enfrentou desafios inéditos. A pandemia de COVID-19 revelou vulnerabilidades e fragilidades estruturais que existiam anteriormente, mas foram ampliadas pela crise sanitária global (Sathiya et al., 2023).

Além disso, fatores como mudanças demográficas, aumento dos custos assistenciais, pressões regulatórias e novas tecnologias intensificaram os desafios para os administradores hospitalares (Nematipour, Razmi, & Parsanejad, 2022).

Nesse contexto, a busca por alternativas de mitigação dos desafios logísticos tornou-se um tema relevante para pesquisadores e profissionais. A literatura recente explora estratégias inovadoras de gestão, uso de tecnologias emergentes, reconfiguração de processos e abordagens colaborativas (Rahman et al., 2022).

A cadeia de suprimentos hospitalar é um sistema complexo, que envolve atividades, organizações, recursos, informações e tecnologias para aquisição, armazenamento, distribuição e gestão dos insumos necessários à prestação de serviços de saúde (Burmester, Fernandes & Hermini, 2013).

Esse sistema é crítico para garantir que os recursos estejam disponíveis no momento e local certos, atendendo às necessidades de pacientes e profissionais de saúde (Fallahnezhad, Langerizadeh & Vahabzadeh, 2024).

A importância do tema se revela em vários aspectos. O impacto financeiro é significativo, pois é estimado que os gastos com a cadeia de suprimentos representem de 30% a 40% do orçamento operacional dos hospitais, sendo o segundo maior centro de custos, atrás apenas das despesas com pessoal (Sinha et al., 2023).

Outro aspecto é a criticidade operacional. Falhas na cadeia de suprimentos podem causar cancelamentos de procedimentos, atrasos no atendimento, queda na qualidade assistencial e, em casos extremos, aumento da morbimortalidade (Wright et al., 2023).

A pandemia de COVID-19 foi um marco que evidenciou a necessidade de maior resiliência nas cadeias de suprimentos hospitalares (Arji et al., 2023).



A presente Revisão Sistemática de Literatura (RSL) se justifica pela fragmentação do conhecimento existente. Há poucos estudos que sintetizam de forma abrangente e sistemática os principais desafios e soluções dos últimos anos, especialmente no contexto pós-pandêmico (Rahman et al., 2022).

Outro motivo é o cenário de aceleração da SCM hospitalar provocado pelas inovações tecnológicas, mudanças regulatórias e novos aprendizados (Li et al., 2024).

Além disso, gestores hospitalares enfrentam decisões complexas sobre SCM em ambientes de recursos limitados, demandas crescentes e alta variabilidade (Murphy, 2025).

1.1 Problema e Objetivos

Esta RSL busca responder à seguinte questão norteadora: Quais são os principais desafios das operações logísticas na SCM hospitalar e quais alternativas de mitigação foram propostas na literatura científica recente? O objetivo geral é analisar sistematicamente a literatura científica publicada entre 2020 e 2025 sobre os desafios das operações logísticas e alternativas de mitigação na gestão da cadeia de suprimentos hospitalar, visando sintetizar o conhecimento existente e identificar tendências e oportunidades de pesquisa. Os objetivos específicos são: a) Identificar e categorizar os principais desafios das operações logísticas enfrentados na SCM hospitalar; b) Mapear e analisar criticamente as alternativas de mitigação propostas para esses desafios, considerando sua fundamentação teórica, aplicabilidade prática e evidências de eficácia; c) Identificar tendências emergentes e oportunidades para pesquisas futuras.

1.2 Estrutura

O artigo está estruturado em cinco seções. A seção 1- Introdução, contextualiza o tema, apresenta a relevância, justifica a pesquisa e define os objetivos, a seção 2 – Metodologia, detalha os métodos empregados, incluindo critérios de inclusão e exclusão, as bases de dados consultadas, as estratégias de busca e o processo de análise dos dados coletados. A seção 3 – Resultados, está organizada em duas subseções: (3.1) análise dos principais desafios das operações logísticas na cadeia de suprimentos hospitalar identificados na literatura; e (i) síntese das alternativas de mitigação propostas para esses desafios. A seção 4 - D i s c u s s ã o, aprofunda o debate dos resultados, analisando criticamente as alternativas de mitigação, suas potencialidades e limitações. Por fim, a seção 5 – Conclusões, apresenta as conclusões do estudo, sintetiza as principais contribuições, reconhecendo limitações e sugerindo linhas de pesquisas futuras.



2. METODOLOGIA

O artigo caracteriza-se como uma RSL¹ e, diferentemente das revisões tradicionais, seguem um protocolo que visa minimizar vieses e proporcionar resultados confiáveis para auxiliar a tomada de decisão (Rahman et al., 2022).

A questão norteadora (seção 1.1) foi estruturada de forma a contemplar dois componentes: (i) identificação dos desafios logísticos específicos do contexto hospitalar e (ii) mapeamento das alternativas de mitigação propostas para esses desafios.

A estratégia de busca adotada teve como objetivo identificar estudos publicados em bases de dados reconhecidas por sua credibilidade e abrangência, tais como *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*. Para a construção das *strings* de busca, foram identificados termos-chave relacionados ao tema de pesquisa, considerando possíveis variações terminológicas e combinações relevantes.

Os termos utilizados incluem: "*hospital supply chain*", "*healthcare logistics*", "*medical supplies management*", "*hospital inventory management*", "*healthcare procurement*", "*hospital supply chain challenges*", "*healthcare supply chain resilience*", "*hospital logistics optimization*". Estes termos foram combinados utilizando-se operadores booleanos (*AND*, *OR*) para refinar os resultados. As buscas foram realizadas entre fevereiro e abril de 2025 e os resultados exportados para um *software* de gestão de referências para posterior triagem e análise. Os critérios de inclusão de artigos foram definidos conforme Quadro 1 a seguir:

¹ RSL - Revisão Sistemática de Literatura é uma metodologia de pesquisa rigorosa que identifica, avalia e sintetiza de forma transparente e reprodutível todos os estudos relevantes sobre uma questão específica, minimizando vieses por meio de protocolos pré-definidos (Levy & Ellys, 2006).

Quadro 1: Critérios de Inclusão de estudos

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	
Recorte Temporal	Artigos publicados entre janeiro de 2020 e abril de 2025, período que engloba os anos mais recentes e inclui publicações relacionadas aos impactos e aprendizados da pandemia de COVID-19 sobre a SCM hospitalar.
Tipo de Publicação	Artigos científicos completos publicados em periódicos revisados por pares, garantindo a qualidade e rigor científico das publicações incluídas.
Idioma	Artigos publicados em qualquer idioma, desde que apresentassem resumo em inglês, português ou espanhol, permitindo a avaliação inicial de sua relevância.
Escopo Temático	Estudos que abordassem explicitamente desafios e/ou alternativas de mitigação relacionados à SCM no contexto hospitalar.
Tipo de Estudo	Foram considerados elegíveis estudos empíricos (quantitativos, qualitativos ou mistos), revisões sistemáticas, meta-análises e estudos teóricos com contribuições significativas para o tema.

Foram excluídos: a) Artigos que, apesar de mencionarem a cadeia de suprimentos hospitalar, não abordassem especificamente desafios logísticos ou alternativas de mitigação; b) Estudos focados exclusivamente em aspectos clínicos, sem considerações sobre a dimensão logística ou de gestão de suprimentos; c) Artigos duplicados ou com sobreposição significativa de conteúdo em relação a outros já incluídos.

O processo de seleção dos estudos seguiu quatro etapas sequenciais, conforme Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Etapas sequenciais de seleção dos artigos

ETAPAS SEQUENCIAIS DA SELEÇÃO	
Identificação	Busca inicial nas bases de dados selecionadas utilizando as <i>strings</i> predefinidas, resultando em um conjunto preliminar de referências.
Triagem	Remoção de duplicatas e aplicação dos critérios de elegibilidade com base na leitura de títulos e resumos, resultando em um subconjunto de artigos potencialmente relevantes.
Elegibilidade	Avaliação do texto completo dos artigos pré-selecionados, aplicando novamente os critérios de inclusão e exclusão de forma mais detalhada.
Inclusão	Seleção final dos artigos mais relevantes para compor o corpus da RSL, priorizando estudos com maior robustez metodológica, relevância temática e contribuição para a compreensão dos desafios e alternativas de mitigação na SCM hospitalar.



O processo de seleção foi documentado utilizando o diagrama de fluxo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), registrando-se o número de estudos em cada etapa e os motivos de exclusão.

Para cada artigo selecionado foram extraídos dados organizados em uma matriz de síntese, para facilitar a comparação entre os estudos e a identificação de padrões, convergências e divergências. A análise dos dados seguiu uma abordagem mista, com a combinação de elementos de análise temática para categorização dos desafios e alternativas de mitigação, e análise de conteúdo para interpretação dos achados e identificação de tendências emergentes. Os desafios logísticos foram categorizados em seis dimensões: (1) gestão de estoques, (2) previsão de demanda, (3) aquisição e compras, (4) distribuição e transporte, (5) tecnologia e sistemas de informação, e (6) resiliência e gestão de riscos. De forma similar, as alternativas de mitigação foram organizadas em categorias correspondentes, para análise integrada dos problemas e soluções identificados na literatura.

3. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados organizados em duas subseções: (3.1) Principais desafios das operações logísticas e; (3.2) Alternativas de mitigação propostas na literatura.

3.1 Principais Desafios das Operações Logísticas

A análise dos artigos selecionados permitiu identificar e categorizar os desafios das operações logísticas enfrentados na SCM hospitalar, que foram agrupados em seis categorias.

3.1.1 Gestão de Estoques

A gestão de estoques é consistentemente apontada como uma das áreas mais desafiadoras na cadeia de suprimentos hospitalar. Os desafios identificados nesta categoria incluem a **complexidade e diversidade do inventário**, visto que hospitais gerenciam uma vasta gama de itens com características distintas (medicamentos, materiais médico-hospitalares, equipamentos etc.), cada um com requisitos específicos de armazenamento, manuseio e controle (Sinha et al., 2023).

Esta heterogeneidade dificulta a padronização de processos e a otimização do estoque. Outro dilema central é o **equilíbrio entre disponibilidade e custos**, um *trade-off* constante entre garantir a disponibilidade de itens críticos para o cuidado ao paciente e minimizar os custos de manutenção do estoque (Mittal et al., 2023).

Este desafio é particularmente acentuado para itens de alto valor e baixa rotatividade. Adicionalmente, a **obsolescência e perecibilidade** de muitos itens hospitalares, que



possuem prazo de validade limitado ou estão sujeitos à obsolescência tecnológica, exigem estratégias específicas para minimizar perdas e desperdícios (Mittal et al., 2023).

A **fragmentação e descentralização** dos estoques, com múltiplos pontos de armazenamento distribuídos pelos diferentes departamentos e unidades, é uma realidade em muitos hospitais (Pang et al., 2022), o que dificulta a visibilidade global do inventário e pode levar à duplicação de estoques e ineficiências.

Por fim, a **falta de padronização e codificação** dos itens representa um obstáculo significativo para a gestão eficiente, comprometendo a integração de sistemas, a análise comparativa e a colaboração entre diferentes organizações (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024).

3.1.2 Previsão de Demanda

A previsão de demanda é outro desafio proeminente na literatura. A **alta variabilidade e imprevisibilidade** da demanda por suprimentos, influenciada por fatores como sazonalidade de doenças, emergências de saúde pública, mudanças nas práticas clínicas e flutuações demográficas (Barbieri & Machline, 2017), dificulta a aplicação de métodos tradicionais de previsão.

Muitos hospitais enfrentam dificuldades relacionadas à **qualidade, completude e acessibilidade dos dados** necessários para previsões acuradas (Sathiya et al., 2023), com problemas como registros manuais e sistemas legados não integrados comprometendo a eficácia dos modelos preditivos.

A **complexidade das interdependências** entre diferentes itens hospitalares, onde o consumo de um produto influencia a necessidade de outros (Nematipour, Razmi, & Parsanejad, 2022), nem sempre é capturada adequadamente pelos modelos tradicionais.

Além disso, **eventos disruptivos**, como a pandemia de COVID-19, demonstraram a vulnerabilidade dos métodos convencionais de previsão (Arji et al., 2023).

No contexto brasileiro, a gestão de suprimentos na farmácia hospitalar durante a pandemia evidenciou a necessidade de maior investimento e valorização de todas as etapas logísticas, desde a seleção até a distribuição, para garantir o acesso a medicamentos essenciais (Barros, 2022).

Por fim, **barreiras organizacionais** e a falta de alinhamento entre os departamentos (clínico, financeiro, logístico) comprometem a qualidade das previsões e sua utilização efetiva no planejamento logístico (Murphy, 2025).

3.1.3 Aquisição e Compras

Os processos de aquisição e compras são marcados por desafios específicos. A **complexidade regulatória** do setor de saúde, com exigências específicas para a aquisição



de insumos (Wright et al., 2023), aumenta os tempos de ciclo de compra e impõe requisitos de documentação e conformidade.

A **fragmentação das compras**, comum em hospitais de maior porte, onde diferentes departamentos realizam aquisições com pouca coordenação central (Pang et al., 2022), dificulta a consolidação de volumes e reduz o poder de negociação, elevando os custos.

O **equilíbrio entre custo e qualidade** é um desafio constante, pois a pressão por redução de custos, intensificada pelo cenário de restrições orçamentárias, entra em conflito com a necessidade de garantir a qualidade e segurança dos produtos adquiridos (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024).

A **falta de transparência na cadeia de fornecimento** *upstream* limita a visibilidade e dificulta a identificação antecipada de riscos e a implementação de estratégias preventivas (Rahman, Hossain & Islam, 2022).

3.1.4 Distribuição e Transporte

Os processos de distribuição e transporte de suprimentos são desafiadores devido à **complexidade da logística interna** em hospitais, que são ambientes com múltiplos departamentos e pontos de consumo distribuídos em grandes áreas físicas (Sinha et al., 2023). Esta complexidade dificulta a otimização dos fluxos logísticos internos e aumenta os custos de distribuição.

Os **requisitos especiais de transporte** e manuseio para muitos produtos hospitalares, como controle de temperatura para medicamentos termolábeis (Mittal et al., 2023), aumentam a complexidade e os custos logísticos.

A **urgência e criticidade** dos suprimentos impõem requisitos de velocidade e confiabilidade que nem sempre são compatíveis com estratégias de otimização de custos (Wright et al., 2023).

A **infraestrutura inadequada** de muitos hospitais, projetados sem considerar as necessidades logísticas modernas, resulta em limitações de espaço e restrições infraestruturais que dificultam a movimentação de materiais (Sinha et al., 2023).

Por fim, a **coordenação com fornecedores externos** frequentemente apresenta falhas, causando congestionamentos e ineficiências nas áreas de recebimento (Murphy, 2025).

3.1.5 Tecnologia e Sistemas de Informação

A dimensão de tecnologia e sistemas de informação é crítica, sendo abordada na maioria dos artigos. A qualidade e padronização de dados são desafios centrais, pois a ausência de padrões para codificação e registro de transações resulta em bases de dados inconsistentes (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024), comprometendo a eficácia de análises



avanzadas. A resistência à adoção tecnológica por parte dos usuários, devido à falta de capacitação ou receio de mudanças, retarda a modernização (Sathiya et al., 2023).

Investimentos limitados em sistemas de informação para a SCM, devido a restrições orçamentárias e priorização do cuidado clínico (Nadeau, 2025), dificultam a adoção de soluções avançadas.

A **complexidade da implementação** de novos sistemas, que exige integração com múltiplos sistemas e não pode interromper operações críticas (Arji et al., 2023), aumenta os custos e riscos associados a projetos de transformação digital.

3.1.6 Resiliência e Gestão de Riscos

A construção de resiliência e a gestão eficaz de riscos são temas constantes. A **identificação e avaliação de riscos** são dificultadas pela complexidade e dinamismo do ambiente de saúde Rahman, Hossain & Islam, 2022).

A **dependência de cadeias globais**, com concentração da produção de insumos críticos em regiões específicas, aumenta a vulnerabilidade a eventos disruptivos (Nematipour, Razmi, & Parsanejad, 2022), como evidenciado durante a crise da COVID-19.

O **balanceamento entre eficiência e redundância** é um desafio, pois a busca por eficiência resulta na eliminação de reservas que poderiam servir como amortecedores em crises (Wright et al., 2023).

A **capacidade de resposta rápida** é limitada pela falta de sistemas de alerta antecipado e processos decisórios burocráticos (Sharma, Singh & Mittal, 2020).

A **colaboração interorganizacional**, essencial para a resiliência, esbarra em barreiras como competição e falta de confiança (Li et al., 2024).

3.1.7 Contextualização Brasileira em Gestão de Riscos

A realidade da SCM hospitalar brasileira, especialmente no setor público, apresenta desafios adicionais no que tange à gestão de riscos. Um estudo de caso realizado no Rio de Janeiro (Senna et al., 2022), revelou que a **Gestão de Riscos da Cadeia de Suprimentos (GRCS)** é um conceito amplamente desconhecido entre os gestores.

Embora os profissionais possuam conhecimento empírico dos riscos e consigam identificar os mais perigosos, as soluções implementadas são frequentemente **locais e isoladas**, sem considerar o contexto mais amplo da cadeia de suprimentos. Essa abordagem fragmentada pode ser ineficaz e, potencialmente, gerar novos riscos, destacando a necessidade de adoção de uma abordagem sistemática e integrada de GRCS no país (Senna et al., 2022).



3.2 Alternativas de Mitigação Propostas na Literatura

A análise dos artigos permitiu identificar diversas alternativas de mitigação dos desafios logísticos, as quais foram organizadas nas mesmas categorias correspondentes aos desafios identificados na seção (3.1).

3.2.1 Gestão de Estoques

Para aprimorar a gestão de estoques hospitalares, os estudos propõem a **implementação de sistemas avançados de gestão de inventário**, como *Warehouse Management Systems* (WMS) e sistemas de ponto de uso com tecnologias de captura automática de dados (Códigos de Barras, RFID), (Sinha et al., 2023).

Recomenda-se a **adoção de modelos de inventário baseados em consumo real** (*demand-driven replenishment*) para aumentar a precisão e reduzir excessos de estoque (Mittal et al., 2023).

A **centralização e consolidação de estoques** em farmácias e almoxarifados centrais, complementada por sistemas eficientes de distribuição interna, é uma estratégia para reduzir a fragmentação (Pang et al., 2022).

A **implementação de sistemas *kanban***, adaptados do setor industrial, é sugerida para a gestão visual de estoques em unidades de cuidado, minimizando riscos de desabastecimento (Sinha et al., 2023).

Por fim, a **estratificação de inventário (ABC/VED)** é recomendada para priorizar esforços de gestão e definir políticas diferenciadas por categoria de item (Sinha et al., 2023).

3.2.2 Previsão de Demanda

Para enfrentar os desafios de previsão de demanda, a literatura sugere a **implementação de técnicas avançadas de *analytics***, como *machine learning* e modelos preditivos, para aumentar a acurácia das previsões (Arji et al., 2023).

A **integração de múltiplas fontes de dados**, incluindo dados externos (epidemiológicos, demográficos) e informações clínicas, é proposta para capturar fatores que influenciam a demanda além do histórico de consumo (Sathiya et al., 2023).

A **implementação de processos colaborativos (*S&OP*)**, adaptados ao contexto hospitalar, é recomendada para alinhar as perspectivas clínicas, financeiras e logísticas no planejamento da demanda (Murphy, 2025).

O **desenvolvimento de cenários e análises de sensibilidade** é proposto como estratégia para lidar com a incerteza (Nematipour, Razmi, & Parsanejad, 2022).

Por fim, a **revisão frequente e ajustes dinâmicos** das previsões, apoiados por sistemas de monitoramento em tempo real, são recomendados para responder rapidamente a desvios e tendências emergentes (Nadeau, 2025).



3.2.3 Otimização de Compras

Para mitigar os desafios de compras e aquisições, os estudos propõem a **implementação de compras estratégicas** (*strategic sourcing*) para superar a visão transacional tradicional (Queiroz et al., 2023).

O **desenvolvimento de parcerias com fornecedores-chave**, baseado em confiança e compartilhamento de informações, é recomendado como alternativa ao modelo transacional Nadeau, 2025; Murphy, 2025).

A **adoção de tecnologias de e-procurement** é sugerida para automatizar e otimizar o processo de compras, reduzindo custos e aumentando a transparência (Arji et al., 2023).

A **diversificação de fontes de fornecimento** para itens críticos é recomendada como estratégia para aumentar a resiliência a interrupções (Rahman, Hossain & Islam, 2022; Wright et al., 2023).

3.2.4 Diretrizes Nacionais para Gestão de Suprimentos

No Brasil, a necessidade de aprimoramento na gestão de suprimentos levou à proposição de diretrizes específicas para o setor de saúde (Riguette et al., 2023).

Essas diretrizes, baseadas em uma RSL reforçam a importância de uma gestão que englobe não apenas a eficiência operacional, mas também a **gestão de riscos**, a elaboração de **planos de contingência**, o fomento à **resiliência** e a **valorização dos profissionais** envolvidos. A adoção dessas diretrizes contribui para que as organizações hospitalares brasileiras possam atender às demandas de forma eficiente, especialmente em cenários de crise (Riguette et al., 2023).

3.2.5 Distribuição e Transporte

Para enfrentar os desafios de distribuição e transporte, os estudos propõem a **implementação de sistemas de distribuição programada**, que substituem o atendimento *ad hoc* de requisições, aumentando a eficiência (Sinha et al., 2023).

A **utilização de tecnologias de automação**, como veículos guiados automaticamente (AGVs) e robôs de entrega, é sugerida para aumentar a eficiência e minimizar erros na movimentação de materiais (Sathiya et al., 2023).

O **redesenho de layouts e fluxos logísticos**, aplicando princípios de *lean logistics*, é indicado para reduzir distâncias percorridas e melhorar a ergonomia das operações (Mittal et al., 2023). A **implementação de cross-docking** é proposta como estratégia para reduzir tempos de ciclo e aumentar a velocidade de resposta a demandas urgentes (Pang et al., 2022).



Por fim, a **terceirização de atividades logísticas (3PL)** é sugerida como alternativa para acessar *expertise* e economias de escala (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024; Nadeau, 2025).

3.2.6 Tecnologias de Informação

Para mitigar os desafios de tecnologia e sistemas de informação, a literatura sugere a **adoção de padrões globais de identificação** (Códigos de Barras) para a interoperabilidade de sistemas e rastreabilidade (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024; Sathiya et al., 2023).

O **desenvolvimento de capacidades analíticas avançadas** (*analytics* e *business intelligence*) é recomendado para transformar dados brutos em *insights* acionáveis para a SCM (Li et al., 2024).

A **adoção de tecnologias emergentes**, como *blockchain*, IOT e inteligência artificial, é proposta para endereçar desafios específicos (Arji et al., 2023; Sathiya et al., 2023).

Por fim, a **abordagem sociotécnica para implementação**, que considera fatores humanos e organizacionais, é recomendada para aumentar as chances de sucesso na implementação de novas tecnologias (Murphy, 2025).

3.2.7 Resiliência e Gestão de Riscos

Para a resiliência e gestão de riscos, os estudos propõem a **implementação de programas formais de gestão de riscos** (Rahman, Hossain & Islam, 2022; Wright et al., 2023).

O **desenvolvimento de redundâncias estratégicas** (fornecedores alternativos, estoques de segurança) é sugerido para aumentar a robustez (Nematipour, Razmi, & Parsanejad, 2022); Li et al., 2024).

A **implementação de sistemas de alerta antecipado** é recomendada para detectar precocemente sinais de potenciais disrupções (Sharma, Singh & Mittal, 2020; Nadeau, 2025).

O **desenvolvimento de planos de contingência** detalhados é proposto como elemento essencial da preparação para crises (Wright, et al. 2023; Arji et al., 2023).

A experiência brasileira durante a pandemia de COVID-19 reforça a importância de planos de contingência bem definidos, especialmente no que tange à **gestão de suprimentos na farmácia hospitalar**, que exige a valorização de todas as etapas logísticas para garantir o acesso a itens críticos (Barros, 2022).

Por fim, o **fomento à colaboração interorganizacional** é recomendado como estratégia para aumentar a resiliência coletiva do sistema (Li et al., 2024; Nadeau, 2025).



4. DISCUSSÃO

Esta seção apresenta uma análise crítica e interpretativa dos resultados obtidos, para sintetizar os principais achados, identificar padrões e tendências emergentes, avaliar criticamente as alternativas de mitigação propostas na literatura e discutir as implicações teóricas e práticas.

4.1 Síntese dos Principais Achados

A análise dos artigos selecionados revela um panorama complexo e alguns padrões e tendências emergentes merecem destaque:

Primeiramente, observou-se uma evolução na abordagem do tema no período (2020-2025). Os estudos iniciais, publicados durante a pandemia de COVID-19, apresentam foco predominantemente reativo e concentram-se na identificação de vulnerabilidades expostas pela crise e em respostas emergenciais (Sharma et al., 2020; Wright et al., 2023). Os estudos mais recentes adotam uma perspectiva estratégica e prospectiva, e enfatizam a necessidade de transformações estruturais e o desenvolvimento de capacidades de resiliência de longo prazo (Li et al., 2024; Nadeau, 2025; Murphy, 2025).

Esta evolução reflete um processo de aprendizagem coletiva, no qual as lições extraídas da experiência pandêmica são gradualmente incorporadas ao conhecimento teórico e às práticas organizacionais, conforme observado por (Nematipour, Razmi, & Parsanejad, (2022, p. 15):

"... a pandemia de COVID-19 funcionou como um catalisador para a reavaliação de paradigmas estabelecidos na gestão da cadeia de suprimentos hospitalar, acelerando tendências que já estavam em curso e revelando a necessidade urgente de novos modelos mais adaptáveis e resilientes".

Um segundo padrão significativo é a crescente integração entre perspectivas operacionais e estratégicas. Tradicionalmente, a SCM hospitalar era tratada como uma função puramente operacional, focada em eficiência e redução de custos. Os estudos analisados, no entanto, evidenciam uma mudança de paradigma, com o reconhecimento da dimensão estratégica desta função e sua contribuição para objetivos organizacionais mais amplos, como qualidade assistencial, segurança do paciente e sustentabilidade (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024).

Esta integração manifesta-se na proposição de abordagens amplas que conectam decisões operacionais (como políticas de estoque e estratégias de compra) a objetivos estratégicos e resultados clínicos, conforme destacado por Murphy (2025, p. 8):

"... a verdadeira transformação da cadeia de suprimentos hospitalar requer uma visão que transcenda silos funcionais e estabeleça conexões claras entre decisões logísticas e desfechos assistenciais, posicionando a gestão de suprimentos como um componente estratégico da entrega de valor em saúde".



Um terceiro padrão é a ênfase em abordagens colaborativas e ecossistêmicas. Os estudos reconhecem as limitações de soluções puramente organizacionais e destacam a necessidade de colaboração entre múltiplos atores do sistema de saúde, hospitais, fornecedores, distribuidores, órgãos reguladores e formuladores de políticas, para enfrentar desafios complexos e construir resiliência sistêmica (Li et al., 2024; Nadeau, 2025; Rahman et al., 2022).

Esta perspectiva ecossistêmica representa uma evolução em relação a abordagens tradicionais centradas em otimizações locais e competição por recursos, conforme observado por Li et al. (2024, p. 12):

"... a resiliência da cadeia de suprimentos hospitalar não pode ser construída isoladamente; ela emerge das interações, interdependências e mecanismos de coordenação entre múltiplos atores que compõem o ecossistema de saúde".

O Quadro 3, a seguir apresenta as seis dimensões, detalhando os principais desafios identificados na literatura (2020-2025) e as alternativas de mitigação propostas, com base nas informações extraídas das fontes:

QUADRO 3 – Matriz das Categorias: Principais Desafios x Alternativas de Mitigação

CATEGORIA	PRINCIPAIS DESAFIOS	ALTERNATIVAS DE MITIGAÇÃO
Gestão de Estoques	Complexidade e diversidade do inventário.	Implementação de sistemas avançados de gestão de inventário (<i>WMS</i> , ponto de uso, tecnologias de captura automática)
	Equilíbrio entre disponibilidade e custos (<i>trade-off</i>)	Adoção de modelos de inventário baseados em consumo real (<i>demand-driven</i>)
	Obsolescência e perecibilidade	Implementação de sistemas <i>kanban</i> Centralização e consolidação de estoques
	Fragmentação e descentralização dos estoques	Estratificação de inventário (<i>ABC/VED</i>)
	Falta de padronização e codificação	Abordagens híbridas combinando padronização e flexibilidade controlada
Previsão de Demanda	Alta variabilidade e imprevisibilidade	Implementação de técnicas avançadas de analytics (<i>machine learning</i> , séries temporais)
	Dados incompletos ou de baixa qualidade	Integração de múltiplas fontes de dados (externos, clínicos)
	Complexidade das interdependências entre itens	Implementação de processos colaborativos
	Eventos disruptivos (ex: COVID-19)	Desenvolvimento de cenários e análises de sensibilidade
	Barreiras organizacionais e culturais	Revisão frequente e ajustes dinâmicos das previsões Combinação de algoritmos com expertise clínica/operacional (abordagem sociotécnica)
Aquisição e Compras	Complexidade regulatória	Centralização e profissionalização da função compras
	Fragmentação das compras- Equilíbrio entre custo e qualidade (<i>trade-off</i>)	Implementação de compras estratégicas (<i>strategic sourcing</i>)
	Falta de transparência na cadeia de fornecimento upstream	Desenvolvimento de parcerias com fornecedores (relações colaborativas) Adoção de tecnologias de <i>e-procurement</i> Diversificação de fontes de fornecimento Modelos híbridos combinando centralização estratégica e flexibilidade tática
Distribuição e Transporte	Complexidade da logística interna hospitalar	Implementação de sistemas de distribuição programada
	Requisitos especiais de transporte e manuseio	Utilização de tecnologias de automação (<i>AGVs</i> , transporte pneumático, robôs)
	Urgência e criticidade dos suprimentos (<i>trade-off</i> eficiência/responsividade)	Redesenho de <i>layouts</i> e fluxos logísticos (<i>lean logistics</i>)
	Infraestrutura física inadequada	Implementação de <i>cross-docking</i> Terceirização de atividades logísticas (<i>3PL</i>)
	Coordenação com fornecedores externos	Alinhamento entre soluções logísticas e realidades operacionais clínicas (abordagem colaborativa)
Tecnologia e Sistemas de Informação	Qualidade e padronização de dados	Adoção de padrões globais de identificação (códigos de barras)
	Resistência à adoção tecnológica pelos usuários	Implementação de <i>analytics e business intelligence</i>
	Investimentos limitados em sistemas de SCM	Adoção de tecnologias emergentes (<i>Blockchain, IoT, IA</i>)
	Complexidade da implementação de sistemas (integração, criticidade, segurança)	Abordagem sociotécnica para implementação Priorização de interoperabilidade e padronização de dados
Resiliência e Gestão de Riscos	Identificação e avaliação de riscos	Implementação de programas formais de gestão de riscos
	Dependência de cadeias globais de suprimentos	Desenvolvimento de redundâncias estratégicas
	Balanço entre eficiência e redundância (<i>trade-off</i>)	Implementação de sistemas de alerta antecipado
	Capacidade de resposta rápida a disrupções	Desenvolvimento de planos de contingência
	Colaboração interorganizacional limitada	Fomento à colaboração interorganizacional (ecossistema) Perspectiva de longo prazo na avaliação de investimentos em resiliência

Fonte: Elaborado pelo autor.



4.2 Análise crítica das propostas de mitigação

As alternativas de mitigação identificadas apresentam diferentes níveis de maturidade, aplicabilidade e evidência de eficácia. A seguir, discutem-se essas propostas integrando exemplos reais de implementação.

4.2.1 Estratégias de Gestão de Estoques

As estratégias para aprimorar a gestão de estoques variam de abordagens de baixo custo a soluções tecnologicamente sofisticadas. Um exemplo de sucesso é a *Mayo Clinic*, que implementou tecnologias de Identificação por Radiofrequência (*RFID*) para o rastreamento de ativos e espécimes laboratoriais. Esta solução permitiu reduzir drasticamente os erros pré-analíticos e otimizar a visibilidade do inventário em tempo real, demonstrando que a automação da captura de dados proporciona maior segurança do paciente (Norgan et al., 2020).

Um aspecto observado é que a eficácia destas estratégias depende do contexto organizacional e da maturidade dos processos existentes. Como destacado por Sinha et al. (2023, p. 7):

"a implementação bem-sucedida de sistemas avançados de gestão de estoques requer não apenas investimento tecnológico, mas também redesenho de processos, capacitação de pessoal e alinhamento com a cultura organizacional".

Esta observação sugere a necessidade de uma abordagem contingencial, que considere fatores contextuais na seleção e adaptação de estratégias de gestão de estoques. Outro ponto refere-se ao equilíbrio entre padronização e flexibilidade. Enquanto a padronização de processos e políticas de estoque pode trazer ganhos significativos de eficiência e controle, a heterogeneidade dos itens gerenciados e a variabilidade das necessidades clínicas demandam certo grau de flexibilidade. Este dilema é particularmente evidente em hospitais de grande porte e alta complexidade, que gerenciam milhares de itens com características e criticidades distintas. A literatura analisada sugere que abordagens híbridas, que combinam elementos de padronização com mecanismos de flexibilidade controlada, tendem a apresentar melhores resultados. Como observado por Mittal et al. (2023, p. 14):

"a segmentação estratégica do inventário, com políticas diferenciadas por categoria de item e nível de criticidade, permite conciliar objetivos aparentemente conflitantes de eficiência e responsividade".

4.2.2 Métodos de Previsão de Demanda

A análise revela um contraste entre o potencial do *analytics* e a realidade prática das



organizações. Um caso emblemático é o da *Cleveland Clinic*, que adotou uma estratégia digital robusta integrando Inteligência Artificial (IA) e *Machine Learning* para transformar sua logística de suprimentos. A instituição utiliza modelos preditivos para automatizar a gestão de contratos e prever a demanda com base em desfechos clínicos, resultando em uma coordenação superior entre a logística e a entrega de valor em saúde (Kumar et al., 2022).

Outro aspecto refere-se à integração entre previsões quantitativas e conhecimento contextual. Os estudos analisados indicam que as abordagens mais eficazes combinam o poder dos algoritmos com a *expertise* clínica e operacional dos profissionais de saúde, conforme observado por Murphy (2025, p. 11):

"os modelos preditivos mais precisos são aqueles que conseguem incorporar não apenas padrões históricos de consumo, mas também o conhecimento tácito dos profissionais sobre tendências clínicas, protocolos emergentes e fatores contextuais que influenciam a demanda".

Esta perspectiva sociotécnica, que reconhece a complementaridade entre tecnologia e *expertise* humana, representa uma evolução em relação a abordagens tecnológicas ou baseadas em julgamento. Sua implementação efetiva requer mecanismos formais de colaboração interdisciplinar e cultura organizacional que valorize tanto o rigor analítico quanto o conhecimento experiencial.

4.2.3 Otimização de Compras e Aquisições

As alternativas propostas para otimização de compras e aquisições refletem uma tendência de evolução de modelos transacionais, focados primordialmente em preço, para abordagens mais estratégicas e colaborativas, que consideram valor total, qualidade de relacionamento e objetivos de longo prazo. Esta evolução é particularmente evidente na ênfase crescente em parcerias estratégicas com fornecedores, contratos baseados em valor e modelos colaborativos de gestão de categoria, como destacado por Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, (2024, p. 8):

"a transição de relações adversariais para parcerias colaborativas com fornecedores-chave representa uma mudança paradigmática na função de compras hospitalares, alinhando-a com a tendência mais ampla de cuidado baseado em valor".

Um aspecto crítico desta transformação é o desenvolvimento de novas competências e estruturas organizacionais. A implementação efetiva de abordagens estratégicas de compras requer profissionais com habilidades que vão além da negociação transacional, incluem análise de mercado, gestão de relacionamentos, avaliação de valor total e alinhamento estratégico. Como observado por Queiroz et al. (2023, p. 13):



"a profissionalização da função de compras hospitalares, com desenvolvimento de competências especializadas e estruturas organizacionais adequadas, é um pré-requisito para a implementação bem-sucedida de modelos avançados de strategic sourcing".

Outro ponto refere-se ao equilíbrio entre centralização e autonomia local. Enquanto a centralização de compras oferece benefícios significativos em termos de poder de negociação, especialização e padronização, é necessário certo grau de autonomia local para atender necessidades específicas e garantir agilidade. Os estudos analisados sugerem que modelos híbridos, que combinam elementos de centralização estratégica com flexibilidade tática, tendem a apresentar melhores resultados.

Na prática, sistemas de saúde como o *NHS (National Health Service)* no Reino Unido têm buscado a transição para o *Strategic Sourcing* e parcerias colaborativas com fornecedores-chave. Esta mudança permitiu alinhar a função de compras com o cuidado baseado em valor, garantindo a resiliência no fornecimento de itens críticos durante períodos de alta volatilidade (Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, 2024,

4.2.4 Soluções para Distribuição e Transporte

A análise das soluções propostas para distribuição e transporte revela uma diversidade de abordagens. Um aspecto observado é a necessidade de alinhamento entre soluções logísticas e realidades operacionais do ambiente clínico. Como destacado por Sinha et al. (2023, p. 10):

"o sucesso de sistemas de distribuição hospitalar depende não apenas de sua eficiência logística intrínseca, mas também de sua compatibilidade com fluxos de trabalho clínicos, restrições de espaço e cultura organizacional".

Esta observação sugere a importância de abordagens colaborativas no *design* de soluções logísticas, envolvendo ativamente profissionais clínicos e administrativos. Outro ponto refere-se à avaliação de custo-benefício de tecnologias avançadas de automação. Enquanto sistemas como AGVs, robôs de entrega e transporte pneumático oferecem benefícios potenciais significativos, sua implementação requer investimentos substanciais e adaptações infraestruturais que podem não ser viáveis. Como observado por Sathiya et al. (2023, p. 15):

"a decisão de investir em tecnologias avançadas de automação logística deve considerar não apenas benefícios operacionais diretos, mas também fatores como custo total de propriedade, requisitos de manutenção, flexibilidade para adaptação futura e alinhamento com a estratégia organizacional".



Esta perspectiva sugere a necessidade de uma abordagem contingencial, que considere o contexto de cada organização na seleção e implementação de soluções logísticas. Para hospitais de menor porte ou com restrições orçamentárias, otimizações incrementais de processos existentes podem oferecer melhor relação custo-benefício do que investimentos em tecnologias avançadas de automação.

4.2.5 Implementação de Tecnologias e Sistemas de Informação

A análise das alternativas tecnológicas revela um contraste entre o potencial transformador de tecnologias emergentes (*Blockchain, IoT, IA*) e desafios práticos de implementação em ambientes hospitalares, caracterizados por sistemas legados, restrições orçamentárias e resistência à mudança. Como destacado por Arji et al. (2023, p. 9):

"a lacuna entre o potencial teórico de tecnologias emergentes e sua aplicação prática na cadeia de suprimentos hospitalar permanece significativa, refletindo não apenas desafios técnicos, mas também barreiras organizacionais, culturais e econômicas".

Um aspecto negligenciado é a importância da interoperabilidade e padronização como fundamentos para a transformação digital, conforme observado por Fallahnezhad, Langarizadeh & Vahabzadeh, (2024, p. 11):

"investimentos em tecnologias avançadas sem uma base sólida de padronização de dados e interoperabilidade de sistemas tendem a criar ilhas de automação que perpetuam silos informacionais e limitam o valor realizável".

Esta perspectiva sugere a necessidade de uma abordagem arquitetural coerente, que priorize fundamentos como padronização, integração e qualidade de dados antes da implementação dessas tecnologias. Os estudos analisados indicam que fatores como capacitação, gestão de mudanças e alinhamento com a cultura organizacional são igualmente importantes para o sucesso dessas iniciativas tecnológicas quanto a qualidade técnica das soluções implementadas. Como destacado por Murphy (2025, p. 14):

"a transformação digital bem-sucedida da cadeia de suprimentos hospitalar requer uma abordagem sociotécnica equilibrada, que reconheça a interdependência entre tecnologia, processos, pessoas e cultura organizacional".

4.2.6 Estratégias para Aumento da Resiliência e Gestão de Riscos

A análise das estratégias propostas para aumento da resiliência e gestão de riscos revela uma evolução de abordagens reativas, focadas em planos de contingência e resposta a



crises, para modelos proativos e integrados, que enfatizam preparação, adaptabilidade e aprendizagem organizacional. Um ponto importante é o desafio de equilibrar resiliência e eficiência operacional. Como destacado por Rahman et al. (2022, p. 17):

"a construção de resiliência frequentemente requer investimentos em redundâncias, flexibilidade e capacidades que podem parecer ineficientes sob uma perspectiva de curto prazo, mas que se provam valiosos quando ocorrem disrupções significativas".

Esta observação sugere a necessidade de perspectiva de longo prazo na avaliação de investimentos em resiliência, que considere não apenas custos imediatos, mas também o valor da mitigação de riscos e da continuidade operacional em cenários adversos. Outro ponto refere-se à dimensão interorganizacional da resiliência. Os estudos indicam que a resiliência da cadeia de suprimentos hospitalar depende não apenas de capacidades organizacionais internas, mas também de características do ecossistema mais amplo em que a organização está inserida. Como observado por Li et al. (2024, p. 19):

"a verdadeira resiliência emerge não de organizações isoladas, mas de redes colaborativas caracterizadas por confiança, transparência, objetivos compartilhados e mecanismos eficazes de coordenação".

Esta perspectiva ecossistêmica representa um desafio significativo, pois transcende o controle direto de organizações individuais e requer a construção de novas formas de governança colaborativa. Sua implementação demanda mudanças em práticas organizacionais e evoluções em políticas setoriais, marcos regulatórios e normas culturais que moldam as interações entre diferentes atores do sistema.

A resiliência evoluiu de planos de contingência reativos para modelos proativos de adaptabilidade. Um exemplo pode ser observado em redes hospitalares em economias emergentes, como na Índia, onde a integração de IA e IoT tem sido utilizada para criar visibilidade sistêmica e coordenação entre múltiplos atores do ecossistema de saúde. Esta abordagem ecossistêmica faz a resiliência nascer a partir das interações e mecanismos de coordenação, e não apenas de esforços isolados (Kumar et al., 2022)

5. CONCLUSÃO

Os resultados destacam os desafios logísticos na gestão da cadeia de suprimentos hospitalar e as alternativas propostas para mitigá-los. Os desafios são multidimensionais, abrangendo aspectos técnicos, organizacionais, informacionais e relacionais. A abordagem ao tema evoluiu ao longo do período analisado. Estudos iniciais focaram em respostas emergenciais durante a pandemia de COVID-19, enquanto estudos mais recentes adotam uma perspectiva estratégica, enfatizando transformações estruturais e desenvolvimento de resiliência a longo prazo. Observou-

se uma crescente integração entre perspectivas operacionais e estratégicas, reconhecendo a gestão da cadeia de suprimentos como um componente estratégico que contribui para objetivos organizacionais mais amplos, como qualidade assistencial e segurança do paciente. Além disso, há uma ênfase crescente em abordagens colaborativas e ecossistêmicas, destacando a necessidade de colaboração entre múltiplos atores do sistema de saúde.

Identificou-se ainda, diversas alternativas de mitigação, desde abordagens simples e de baixo custo até soluções tecnologicamente sofisticadas. A eficácia dessas alternativas depende do contexto organizacional e da maturidade dos processos existentes, sugerindo a necessidade de uma abordagem contingencial. As abordagens mais promissoras integram elementos técnicos, organizacionais e humanos, reconhecendo a natureza sociotécnica dos sistemas de cadeia de suprimentos hospitalar.

5.1 Limitações

Algumas limitações desta revisão sistemática que devem ser consideradas na interpretação de seus resultados, dentre elas, a heterogeneidade dos estudos incluídos em termos de desenho metodológico, contexto geográfico e foco temático impõe desafios para a comparabilidade e generalização dos achados. Embora esta diversidade enriqueça a análise ao oferecer múltiplas perspectivas, ela também limita a possibilidade de sínteses quantitativas e conclusões definitivas sobre a eficácia de diferentes intervenções.

Outra limitação está na subjetividade inerente ao processo de categorização temática e interpretação dos resultados, apesar dos esforços para garantir rigor e transparência metodológica, deve-se reconhecer como uma limitação potencial.

5.2 Recomendações para Pesquisas Futuras

Recomenda-se que pesquisas futuras considerem as seguintes direções:

Desenvolvimento de estudos empíricos: Há necessidade de pesquisas com desenhos metodológicos que permitam avaliar a eficácia de intervenções para mitigar desafios logísticos no contexto hospitalar.

Integração de perspectivas logísticas e clínicas: Estudos que explorem as conexões entre decisões logísticas e resultados assistenciais, bem como o papel da cadeia de suprimentos na criação de valor em saúde, podem contribuir para superar silos tradicionais e promover uma visão integrada e orientada a valor.

Exploração de dimensões sociais e comportamentais: Pesquisas que adotem perspectivas sociotécnicas, que explorem a interação entre aspectos técnicos e sociais da SCM hospitalar, podem oferecer *insights* valiosos sobre fatores frequentemente negligenciados, como cultura organizacional, dinâmicas de poder, identidades



profissionais e processos informais.

5.3 Considerações Finais

A SCM hospitalar enfrenta um momento crítico de transformação, impulsionada por lições aprendidas durante a pandemia de COVID-19, pressões crescentes por eficiência e qualidade, e oportunidades oferecidas pelas novas tecnologias e modelos organizacionais. Os resultados apresentados evidenciam a complexidade e multidimensionalidade dos desafios enfrentados, bem como a diversidade de abordagens propostas para sua mitigação. Mais importante, destacam a necessidade de perspectivas integradas, contextualizadas e sociotécnicas, que reconheçam tanto a especificidade do ambiente hospitalar quanto a interdependência entre aspectos técnicos, organizacionais e humanos da gestão da cadeia de suprimentos.



REFERÊNCIAS

- Ardi, G., Ahmadi, H., Avazpoor, P., & Hemmat, M. (2023). Identifying resilience strategies for disruption management in the healthcare supply chain during COVID-19 by digital innovations: A systematic literature review. *Informatics in Medicine Unlocked*, 41, 01199. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101199>.
- Barbieri, J. C., Machline. (2017). Logística hospitalar: Teoria e Prática. São Paulo. Saraiva.
- Barros, D. S. L. (2022). Gestão de suprimentos na pandemia da COVID-19: uma discussão no cenário da farmácia hospitalar. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 25(2), 1-12. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/1244>
- Burmester, H., Fernandes, J. A. L., Hermini, A. H. (2013). Gestão de materiais e Equipamentos hospitalares. São Paulo. Saraiva.
- Fallahnezhad, M., Langarizadeh, M., & Vahabzadeh, A. (2024). Key performance indicators of hospital supply chain: A systematic review. *BMC Health Services Research*, 24(1), 1610. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-11954-5>
- Kumar, A., Mani, V., Jain, V., Gupta, H., & Venkatesh, V. G. (2022). Managing healthcare supply chain through artificial intelligence (AI): A study of critical success factors. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108815. | <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108815>
- Levy, Y., & Ellis, T. J. (2006). A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 9, 181-212. <https://www.inform.nu/Articles/Vol9/V9p181-212Levy99.pdf>
- Li, C., Ke, Y., Lu, L., Xu, K., (2024). Healthcare Supply Chain Resilience Investment Strategy Analysis Based on Evolutionary Game Theory. *Symmetry*, 16(7), 787. <https://doi.org/10.3390/sym16070787>.
- Mittal, A., Slaughter, S., Zonneveld, J., Waller, M., Dayama, P. (2023). A literature review of healthcare supply chain management: Operational challenges and applied solutions. *F1000Research*, 12, 759. <https://doi.org/10.12688/f1000research.131440.1>
- Murphy, A. (2025). How health systems are tackling 2025's biggest supply chain challenges. *Becker's Hospital Review*. Disponível em <https://www.beckershospitalreview.com/supply-chain/how-health-systems-are-tackling-2025s-biggest-supply-chain-challenges/>. Acesso em 25/05/2025.
- Nadeau, K. L. (2025). Top 10 Healthcare Supply Chain Predictions for 2025. *GHX Healthcare Hub*. Disponível em <https://www.ghx.com/the-healthcare-hub/top-10-healthcare-supply-chain-predictions-for-2025/>. Acesso em 23/05/2025.
- Nematipour, M., Razmi, J., & Parsanejad, M. R. (2022). Supply chain resilience in the COVID-19 pandemic: a systematic literature review. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 12(2), 222-254. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-01-2022-0003>.



Norgan, A. P., Simon, K. E., Feehan, B. A., Saari, L. L., Doppler, J. M., Welder, G. S., Sedarski, J. A., Yoch, C. T., Comfere, N. I., Martin, J. A., Bartholmai, B. J., & Reichard, R. R. (2020). Radio-frequency identification specimen tracking to improve quality in anatomic pathology. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 144(2), 189-195. <https://doi.org/10.5858/arpa.2019-0011-OA>

Pang, Z., Ren, H., Sun, W., & Zhao, L. (2022). Healthcare Supply Chain Management in China: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6695. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116695>.

Queiroz, M. M., Fosso Wamba, S., Raut, R. D., & Pappas, I. O. (2023). Does Resilience Matter for Supply Chain Performance in Disruptive Crises with Scarce Resources? *British Journal of Management*. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12748>.

Rahman, T., Paul, S. K., Shukla, N., Agarwal, R., & Taghikhah, F. (2022). Supply chain resilience initiatives and strategies: A systematic review. *Computers & Industrial Engineering*, 170, 108317. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108317>.

Riguette, T. O., de Stefano, E., Freitag, A. E. B., Maia, R. M., Santana, W. A., Barreto, J. C., Picoli, M. A., & Braga, S. M. (2023). Proposta de diretrizes para uma boa gestão de suprimentos no setor de saúde. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(6), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2347>

Sathiya, V., Nagalakshmi, K., Jeevamalar, J., Anand Babu, R., Karthi, R., Acevedo-Duque, Á., Lavanya, R., & Ramabalan, S. (2023). Reshaping healthcare supply chain using chain- of-things technology and key lessons experienced from COVID-19 pandemic. *Socioeconomic Planning Sciences*, 86, 101510. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101510>

Senna, P., Reis, A. C., Santos, I. L., & Dias, A. C. (2022). Healthcare supply chain risk management in Rio de Janeiro, Brazil: What is the current situation? *Work*, 72(2), 511-527. DOI: <https://doi.org/10.3233/WOR-205216>

Sharma, A., Adhikary, A., & Borah, S. B. (2020). Covid-19's impact on supply chain decisions: Strategic insights from NASDAQ 100 firms using Twitter data. *Journal of Business Research*, 117, 443-449. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.035>.

Sinha, P., Esaulova, N., Häckl, D., & Becker, P. (2023). Improving supply chain management in hospitals: A systematic review of interventions and their effects. *PLOS ONE*, 18(4), e0291294. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291294>.

Wright, A. M., Snowdon, A., Saunders, M., & Trampas, D. (2023). The necessity of healthcare supply chain resilience for crisis preparedness. *Healthcare Management Forum*, 36(5), 207-211. <https://doi.org/10.1177/08404704231207386>.



Artigo submetido em: 26/06/2025

Avaliação (cega) 1a rodada concluída em: 08/01/2026

Avaliação (cega) 2a rodada concluída em: 22/01/2026



Estudo Comparativo de *Autoencoders* para Redução de Dados Visuais de Veículos Aéreos Não Tripulados (UAVs) em Missões de Busca e Resgate (SAR)

Samuel Cotta

samuel.cotta@estudante.ufjf.br

<https://orcid.org/0000-0003-2140-1340>

Mário Antônio Ribeiro Dantas

mario.dantas@ufjf.br

<https://orcid.org/0000-0002-2312-7042>

Marco Antônio Pereira Araújo

marco.araujo@ufjf.br

<https://orcid.org/0000-0001-9504-6463>



RESUMO

Este estudo avalia a eficácia de autoencoders (convencional, variacional e penalizado por redundância) na compressão de imagens aéreas de VANTs (UAVs), focando em aplicações embarcadas com restrições de latência. Utilizando o conjunto de dados SARD 2, os modelos foram analisados quanto à qualidade de reconstrução (PSNR, SSIM e MS-SSIM) e ao tempo de processamento. Os resultados refutaram a hipótese central, demonstrando que o autoencoder convencional otimizado superou os modelos mais complexos, atingindo a melhor qualidade de imagem e mantendo latência competitiva. O trabalho conclui que, em ambientes restritos, a simplicidade estrutural otimizada pode ser mais eficaz do que a complexidade teórica.

Palavras-chave: compressão de imagens; autoencoder; UAV; reconstrução visual; eficiência computacional; sustentabilidade computacional.

ABSTRACT

This study evaluates the effectiveness of autoencoders (conventional, variational, and redundancy-penalized) in compressing aerial UAV images, focusing on latency-constrained embedded applications. Using the SARD 2 dataset, the models were analyzed for reconstruction quality (PSNR, SSIM, and MS-SSIM) and processing time. The results refuted the central hypothesis, demonstrating that the optimized conventional autoencoder outperformed more complex models, achieving the best image quality while maintaining competitive latency. The work concludes that, in constrained environments, optimized structural simplicity can be more effective than theoretical complexity.

Keywords: image compression; autoencoders; UAV; visual reconstruction; computational efficiency; computational sustainability.



1 INTRODUÇÃO

A crescente utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (UAVs) – ou drones – em diversos contextos (agricultura, segurança pública e busca/salvamento) gera grandes volumes de dados visuais. Nesses cenários, a latência (atraso na transmissão) e a qualidade da imagem são fatores críticos, afetando a rapidez na tomada de decisão. (Ramos et al., 2023; Teng et al., 2025).

Embora JPEG e JPEG2000 sejam amplamente utilizados, em cenários de tempo real e alta compressão, eles podem introduzir artefatos e degradar regiões de interesse (ROI), devido a aplicação de transformações e quantização uniformes. Isso ocorre porque técnicas baseadas em transformadas matemáticas, como a Transformada Discreta de Cosseno (DCT) e a Transformada Wavelet Discreta (DWT), tendem a descartar informações consideradas menos relevantes, o que pode resultar em artefatos visuais e degradação perceptível da imagem (Potlapalli & Khetavath, 2025; Laakom et al., 2024; Huang & Wu, 2024). Além disso, em aplicações críticas, a necessidade de preservar regiões de interesse com alta qualidade torna os métodos clássicos ainda menos adequados.

Por essa razão, abordagens baseadas em aprendizado de máquina, como autoencoders e abordagens sensíveis à Região de Interesse (ROI), têm demonstrado melhor preservação de detalhes sob restrições de *bitrate*. *Autoencoders* com complexidade reduzida, por exemplo, já foram aplicados com sucesso em compressão de imagens de satélite, superando padrões tradicionais e mantendo desempenho competitivo mesmo sob restrições de tempo e memória. (Alves de Oliveira et al., 2021). De fato, abordagens mais recentes, baseadas em aprendizado de máquina (autoencoders, Redes Adversárias Generativas - GANs) e compressão por região de interesse (ROI), têm se destacado por oferecer melhor preservação de detalhes e maior eficiência, especialmente em baixas taxas de bits. No entanto, a aplicação em cenários de tempo real ainda pode ser limitada pelo custo computacional dessas técnicas (Marchenko et al., 2024; Ungureanu et al., 2024).

Nestes ambientes, a operação de redução de dados pode se basear em técnicas de inteligência artificial e aprendizado profundo, especificamente o uso dos *autoencoders*. (Laakom et al., 2024; Huang & Wu, 2024). É fundamental salientar que o foco deste trabalho é a comparação entre as arquiteturas de *autoencoders*. Isso se justifica pelas limitações do JPEG e JPEG2000 em cenários de *edge computing* com alta compressão crítica, que as tornam inerentemente subótimas.

O presente estudo se justifica pela crescente demanda por soluções que conciliam qualidade visual, desempenho computacional e aplicabilidade em contextos restritos, como sistemas embarcados em robôs aéreos. Conforme o levantamento realizado na literatura, percebem-se lacunas de análises abrangentes e integradas, que avaliem os principais indicadores de desempenho que são essenciais para aplicações de veículos aéreos autônomos. Nesse sentido, este artigo propõe ampliar o conhecimento científico sobre compressão de imagens, indicando caminhos práticos para melhorias na eficiência energética e na de redução de tráfego dos dados, apoiando-se no conhecimento geral acerca da eficiência em sistemas *edge* e Internet das Coisas (IoT). (Barbutto et al., 2023; Pioli et al., 2024).



Embora estudos recentes tenham avançado na proposição de arquiteturas específicas, como *autoencoders* variacionais (VAE), *denoising* e com penalização de redundância latente (Subburaj & Bhavana, 2024; Zhu, 2024), revisões sistemáticas e meta-análises, indicam a escassez de comparações que avaliem, conjuntamente, o impacto dessas arquiteturas nos principais aspectos de desempenho. Além disso, os trabalhos existentes costumam privilegiar cenários genéricos de IoT, com poucos focados especificamente nos ambientes operacionais críticos de drones, onde restrições energéticas, limitações no enlace de comunicação e variabilidade ambiental tornam ainda mais complexos esses desafios. (Pioli Junior, 2024; Teng et al., 2025).

Diante desse panorama, o presente estudo propõe investigar a seguinte questão de pesquisa: dentre os modelos de *autoencoders*, especificamente, os convencionais, VAE e com penalização de redundância, existe algum que resulte em um desempenho superior, sob a perspectiva das principais métricas operacionais na transmissão de imagens de UAVs em missões de busca e resgate (SAR)?

Como hipótese central, supõe-se que *autoencoders* com penalização de redundância latente apresentem melhor equilíbrio entre compressão, fidelidade e tempo de processamento em ambientes SAR.

A fim de responder a essa questão e testar a hipótese formulada, este trabalho pretende analisar comparativamente o desempenho de diferentes arquiteturas de *autoencoders* na transmissão de imagens de robôs aéreos, considerando-se a latência de ponta a ponta, a taxa de compressão e a qualidade de reconstrução.

Para operacionalizar esse propósito, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- OE1: investigar os fundamentos teóricos e as abordagens existentes de compressão de imagens baseadas em *autoencoders* aplicadas a sistemas de drones.
- OE2: implementar versões funcionais de *autoencoders* convencionais, VAE e com penalização de redundância em um ambiente controlado de simulação.
- OE3: interpretar os resultados obtidos quanto ao impacto das diferentes arquiteturas sobre a eficiência da compressão e a qualidade visual das imagens reconstruídas.

As principais contribuições deste trabalho são:

- Avaliação experimental comparativa de três arquiteturas de *autoencoders* aplicadas à compressão de imagens de UAVs;
- Análise multifatorial baseada em latência, taxa de compressão e qualidade de reconstrução;

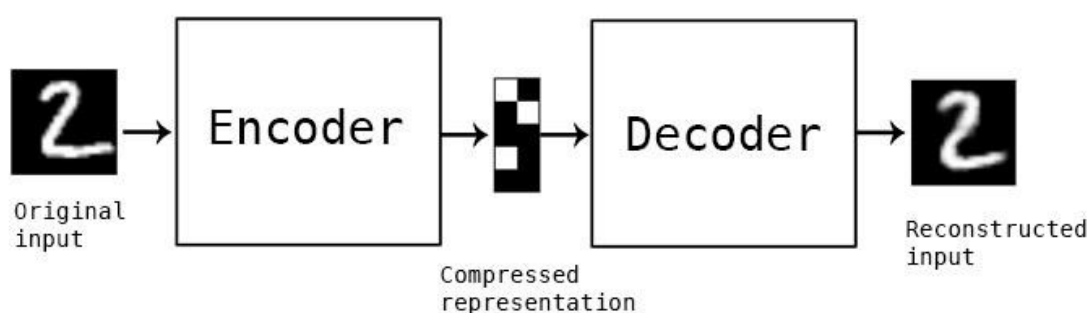
— Proposição de um pipeline metodológico replicável para pesquisas futuras na área.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Fundamentos de *autoencoders*

Autoencoders são redes neurais não supervisionadas projetadas para aprender representações compactas dos dados por meio de uma arquitetura composta por duas partes principais: o encoder, responsável por reduzir a dimensionalidade da entrada e gerar um vetor latente, e o decoder, que reconstrói a entrada original a partir desse vetor. O objetivo do treinamento é minimizar a diferença entre a entrada e sua reconstrução, promovendo compressão e retenção das características essenciais do conjunto de dados (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016). Variações modernas, como *autoencoders* esparsos, *denoising* e variacionais (VAE), expandem esse princípio ao introduzir penalidades adicionais ou ruídos durante o treinamento, criando representações latentes mais robustas e apropriadas para diferentes finalidades (Goodfellow et al., 2016), conforme apresentado na Figura 1 abaixo.

Figura 1: Estrutura básica de um *autoencoder*



Fonte: Keras Blog

2.2. Compressão de Imagens com *Autoencoders*

No contexto da compressão de imagens, os *autoencoders* vêm ganhando destaque pela flexibilidade de suas arquiteturas e pela capacidade de adaptação a diferentes requisitos de aplicação. Estudos recentes detalham o desempenho de variantes como as convencionais, VAE e penalizadas, em cenários com alta dinâmica de conteúdo visual. (Zhu, 2024; Armand et. al, 2024; Duan et al., 2023; Tyagi et al., 2023)

Aplicações recentes demonstram que a escolha da arquitetura do *autoencoder* influencia diretamente o equilíbrio entre taxa de compressão e fidelidade visual das imagens reconstruídas. Enquanto modelos convencionais priorizam a minimização do erro de



reconstrução, variantes como o VAE buscam maior generalização, já os modelos penalizados por redundância focam na capacidade informacional, como evidenciado em experimentos recentes. (Armand et. al, 2024; Xiao et al., 2024; Duan et al., 2023)

2.3. Latência, Qualidade de Reconstrução e Métricas de Avaliação

No contexto de aplicações com UAVs, a eficiência de transmissão de imagens não pode ser avaliada exclusivamente pela taxa de compressão. A latência ponta a ponta, definida como o tempo total entre a aquisição, compressão, transmissão, descompressão e entrega da imagem reconstruída, é um fator crítico em aplicações em tempo real, como resgates e monitoramento ambiental (Ramos et al., 2023; Teng et al., 2025).

Para avaliar o desempenho das arquiteturas de compressão, utilizam-se métricas objetivas como o PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*), SSIM (*Structural Similarity Index*) e o MS-SSIM (*Multi-Scale Structural Similarity*), que mensuram, respectivamente, a intensidade do ruído introduzido, a similaridade estrutural entre imagem original e a reconstruída e a similaridade em múltiplas escalas. Estas fornecem uma avaliação mais robusta da qualidade da imagem (Ramos et al., 2023). Por sua vez, a taxa de compressão, definida como a razão entre o tamanho do arquivo original e do arquivo comprimido e o tempo de processamento por imagem, também são parâmetros centrais em estudos comparativos (Subburaj & Bhavana, 2024; Zhu, 2024). A combinação dessas métricas permite uma análise multifatorial da eficiência de cada modelo em contextos práticos.

2.4. Redução de Dados em Drones: Sustentabilidade Computacional

As operações com robôs aéreos impõem restrições significativas de energia, capacidade computacional embarcada e largura de banda. Como apontam Pioli et al. (2024), a aplicação de técnicas de redução de dados no ambiente de borda pode contribuir para a diminuição da carga de transmissão, resultando em ganhos operacionais e energéticos importantes. A compressão inteligente em robôs aéreos pode, assim, atuar como fator de sustentabilidade computacional, ampliando a autonomia de voo e a cobertura operacional.

Estudos recentes, como o de Barbuto et al. (2023), apontam que, apesar dos avanços consideráveis na área de *edge computing*, persistem lacunas significativas quanto à análise integrada de latência, compactação e qualidade/reconstrução visual, especialmente em ambientes autônomos críticos. Já Pioli Junior (2024) destaca que propostas de compressão sensível ao contexto, embora promissoras, ainda carecem de validação prática em cenários como, por exemplo, em redes de drones. Essas constatações reforçam a necessidade de estudos comparativos focados na avaliação experimental de arquiteturas otimizadas para tais ambientes. Estudos complementares também discutem estratégias de aceleração de inferência em dispositivos de borda, como *edge-cloud collaborative inference e network*



pruning, que podem ser integradas a futuros modelos (Li et al., 2023; Liu et al., 2023; Shuvo et al., 2022)

Dessa forma, embora avanços significativos tenham sido observados, ainda faltam estudos comparativos experimentais voltados a UAVs com restrições computacionais reais, justificando o presente trabalho.

3 METODOLOGIA

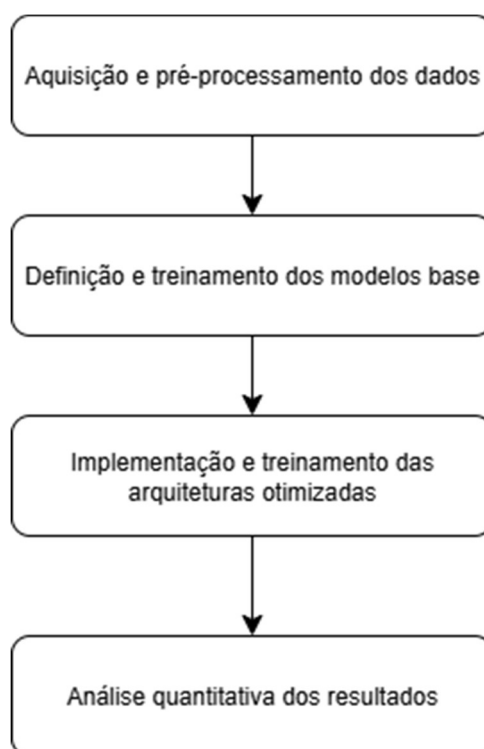
Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental aplicada, voltada à comparação do desempenho de diferentes arquiteturas de *autoencoders* em tarefas de compressão de imagens oriundas de drones. A abordagem experimental foi selecionada por permitir a implementação prática dos modelos, o controle das variáveis e a mensuração objetiva dos resultados, possibilitando a geração de evidências empíricas com potencial aplicabilidade em cenários reais de monitoramento aéreo.

As etapas metodológicas seguem uma sequência estruturada que contempla desde o pré-processamento dos dados até a análise crítica dos resultados. Inicialmente, as imagens são submetidas ao pré-processamento, incluindo redimensionamento e normalização. Em seguida, são implementadas três arquiteturas distintas de *autoencoder*: convencional, variacional (VAE) e com penalização de redundância. Cada modelo é treinado até a convergência da função de perda, e as imagens de teste são então comprimidas e reconstruídas por cada arquitetura. São registradas métricas de taxa de compressão, PSNR, SSIM, MS-SSIM e latência média de processamento para comparação quantitativa. Foram realizados ajustes estruturais e de regularização nos modelos para garantir estabilidade

econvergência. Por fim, análise experimental dos resultados, considerando aspectos estatísticos e operacionais.

O fluxo metodológico completo pode ser visualizado na Figura 2, que ilustra as principais etapas do experimento, desde o recebimento dos dados de entrada até a análise final dos resultados.

Figura 2: *Pipeline metodológico para avaliação comparativa das arquiteturas de autoencoders*



Fonte: elaborado pelo autor

3.1. Tipo de Pesquisa

A pesquisa é classificada como experimental, com delineamento quantitativo comparativo, fundamentado na reprodução de experimentos e na análise quantitativa de métricas de desempenho. Para a contextualização conceitual e a demonstração da relevância do tema, foi realizada uma pesquisa bibliográfica seletiva e crítica, baseada em revisões sistemáticas sobre inteligência de borda e redução de dados em sistemas distribuídos (Barbuto et al., 2023; Pioli et al., 2024), que destacam a necessidade de soluções eficientes e inteligentes de processamento de dados em ambientes de *edge computing*. Por outro lado, referências específicas de estudos experimentais sobre compressão e arquiteturas de *autoencoders*



foram utilizadas para embasar o desenho experimental, tais como Ramos et al. (2023), Laakom et al. (2024) e Zhu (2024).

3.2. Aquisição de Dados

A coleta dos dados foi realizada a partir do *dataset SARD 2* – “*Search and Rescue Dataset, Extra Classes*”, disponibilizado por Nikolas Gegenava (Gegenava, 2025), sob licença MIT, dentro do site Kaggle. Este conjunto de dados contém imagens de alta resolução capturadas por drones em ambientes reais, com encenações simuladas de emergências, disponibilizadas em conjuntos de treino, validação e teste com múltiplas classes de movimento humano. O conjunto de dados coletados possui 1386 imagens na base de treinamento, 196 de teste e 396 de validação. Para garantir consistência e comparabilidade entre as diferentes arquiteturas, serão selecionadas amostras balanceadas entre as classes e cada imagem será redimensionada e normalizada conforme os requisitos dos modelos.

3.3. Pré-processamento dos dados

Para adequar o dataset SARD 2 ao cenário de *edge computing* com restrições de *hardware* em UAVs, o pré-processamento das imagens originais (1920x1080 px) envolveu três etapas. Primeiramente, as imagens foram redimensionadas (*downscaling*) para a dimensão de entrada de 128x128x3 px. Esta escolha é fundamental para simular as restrições de *hardware* e memória de sistemas embarcados, sendo compatível com a faixa de dimensões adotadas em estudos restritivos (Alves de Oliveira et al., 2021). Testes exploratórios confirmaram a escolha de 128x128 px, pois resoluções maiores não justificavam o acréscimo de complexidade e latência. Em seguida, o ordenamento dos canais de cor foi ajustado de BGR para RGB. Por fim, os dados foram submetidos à Normalização Min-Max (divisão por 255), um procedimento crucial para garantir a estabilidade e a velocidade de convergência do treinamento.

3.4. Ambiente e procedimentos de implementação

A implementação dos experimentos iniciais, contemplando o treinamento dos modelos e avaliação dos resultados, foi realizada em ambiente virtual de nuvem, que possui maior capacidade computacional. Essa escolha se deve à indisponibilidade de infraestrutura de borda com recursos computacionais e de rede restritos, como largura de banda limitada, latência variável e processamento local reduzido, características típicas desses ambientes (Zhang et al., 2024). Assim, em trabalhos futuros, a inferência será direcionada para ambientes de borda, visando eficiência computacional e redução de tráfego de dados, conforme abordado na literatura relacionada (Azizian & Bajić, 2024; Bao et al., 2023; Yamazaki et al., 2022). Devido às limitações do ambiente de nuvem, como a impossibilidade de controlar a largura de banda e a latência de rede de forma realista, a latência real de transmissão não pôde ser mensurada; por isso, utilizou-se o tempo de

compressão e reconstrução como proxy da latência ponta a ponta, prática adotada em estudos similares (Zhang et al., 2024; Ramos et al., 2023).

A tabela abaixo apresenta um resumo com as principais configurações do ambiente para facilitar a reprodutibilidade dos experimentos, as demais bibliotecas utilizadas (Tensorflow, Keras, Numpy, etc) podem ser consultadas diretamente no *notebook* disponível no Github.

Tabela 1: Resumo das Configurações do servidor de aplicação

Sistema Operacional	Processador (CPU)	Memória Ram	Armazenamento	GPU	Linguagem/Ambiente
22.04.5 LTS x86_64	4 Cpus físicas e 4 cpus lógicas	32 Gb	100gb	GPU: 1x NVIDIA A30 24 GBs VRAM	Python 3.10.12 / Jupyter Colab

Fonte: do autor

Foram implementadas as arquiteturas de *autoencoder* (convencional, VAE e com penalização de redundância latente), treinamento até convergência e avaliação experimental. Os hiperparâmetros iniciais estão detalhados na Tabela 2. Os resultados são analisados com base nas principais métricas encontradas na literatura, taxa de compressão, PSNR, SSIM, MS-SSIM e latência de processamento, e apresentados em gráficos e tabelas para comparação quantitativa entre as arquiteturas no próximo item. Para a reprodutibilidade completa do estudo, a implementação detalhada dos modelos, incluindo a configuração de todos os hiperparâmetros comuns (ex: *batch size*, otimizador e número de épocas), está disponível no código fonte público: {removido para blind review}.

Tabela 2: Hiperparâmetros usados nos modelos iniciais de *autoencoders*

Hiperparâmetro	Convencional	Variacional (VAE)	Penalização de Redundância
Input shape	(128×128×3)	(128×128×3)	(128×128×3)
Arquitetura Encoder	Conv2D 32 → MaxPool → Conv2D 16 → MaxPool → Conv2D 16	Conv2D 32 → MaxPool → Conv2D 16 → MaxPool → Flatten	Conv2D 32 → MaxPool → Conv2D 16 → MaxPool
Camadas extras	Upsampling → Conv2D 16 → Upsampling	Flatten → Dense(μ , log_var) → Lambda (sampling)	Flatten → Dense(256, L1=1e-5)
Latent space	Bottleneck espacial (implícito)	Dense(64) + Sampling estocástico	Dense(256) com L1
Decoder / Rebuild	Upsampling → Conv2D 16 → Upsampling → Conv2D 3	Dense → Reshape → Upsampling → Conv2D 3	Dense → Reshape → Upsampling → Conv2D 3
Função de ativação	ReLU (interm.) + Sigmoid (saída)	ReLU (interm.) + Sigmoid (saída)	ReLU (interm.) + Sigmoid (saída)
Regularização	—	—	L1 (1e-5) na Dense
Latent dim / penal dim	implícito via pooling	64	256
Optimizer	Adam (lr=1e-3)	Adam (lr=1e-3)	Adam (lr=1e-3)
Loss	MSE	MSE	MSE

Fonte: do autor

A Tabela 2 detalha os principais hiperparâmetros e arquiteturas iniciais dos modelos avaliados. Estruturalmente, o encoder utiliza duas camadas convolucionais seguidas de *MaxPooling*, e o decoder emprega *Upsampling* e *Conv2D* para a reconstrução. O espaço latente foi modelado implicitamente no autoencoder convencional, com 64 neurônios no VAE (acompanhado de amostragem estocástica) e 256 neurônios no modelo penalizado por redundância, que inclui regularização L1 ($\lambda=1e-5$). As funções de ativação foram ReLU (intermediárias) e Sigmoid (saída). A otimização dos modelos foi realizada utilizando o algoritmo Adam com taxa de aprendizado de $1e-3$ e função de perda MSE, seguindo as práticas comuns da literatura (Goodfellow et al., 2016; Laakom et al., 2024)

4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição dos resultados

Os experimentos realizados permitiram avaliar o desempenho das arquiteturas de *autoencoders* na tarefa de compressão e reconstrução de imagens provenientes de drones em cenários de busca e salvamento. Os resultados quantitativos das métricas analisadas, PSNR médio, SSIM médio, MS-SSIM médio e tempo médio de processamento, são apresentados na Tabela 3, sendo ilustrados comparativamente na Figura 3 a seguir.

Esses indicadores foram escolhidos não apenas pelo valor técnico, mas pela relevância direta para missões reais de busca e salvamento, em que cada milissegundo de latência e cada ganho de fidelidade visual podem significar uma resposta mais rápida e eficaz em campo.

Tabela 3: Resultados Comparativos para as arquiteturas avaliadas

Modelo	PSNR	SSI M	MS- SSI M	Te mp o (s)	Principais parâmetros de Otimização
Convencional (Base)	17.668	0.5466	0.8675	0.2507	---
VAE (Base)	15.0193	0.1373	0.4428	0.2656	---
Redundância (Base)	12.2808	0.0609	0.2114	0.27	---
Convencional Otimizado (FINAL)	20.7116	0.801	0.9359	0.2654	filter_max: 64 Batch Normalization kernel_regularizer=l2(1e-4) Conv2DTranspose Arquitetura assimétrica
VAE Otimizado (FINAL)	13.4047	0.0743	0.2615	0.28	beta=0.01, L=128
Redundância Otimizado (FINAL)	14.2196	0.0983	0.3329	0.2868	l1_reg=1e-6, L=512

Fonte: do autor

As otimizações dos modelos se concentraram em três pilares: capacidade/estabilidade, regularização estrutural e ajuste do espaço latente. O parâmetro filter_max: 64 dobrou a capacidade do encoder para extrair características da imagem. A introdução de BatchNormalization (normalização em lotes) e kernel_regularizer=l2(1e-4) aumentou a estabilidade do treinamento e preveniu o overfitting. No decoder, o uso de Conv2DTranspose em uma arquitetura assimétrica (encoder e decoder com profundidades diferentes), permitiu a reconstrução de imagens com maior fidelidade.

Nos modelos específicos, o ajuste de beta=0,01 no VAE priorizou a qualidade de reconstrução sobre a suavidade do espaço latente, enquanto a combinação de um baixo fator de penalidade l1_reg=1e-6 com uma grande Dimensão Latente (L=512) no modelo



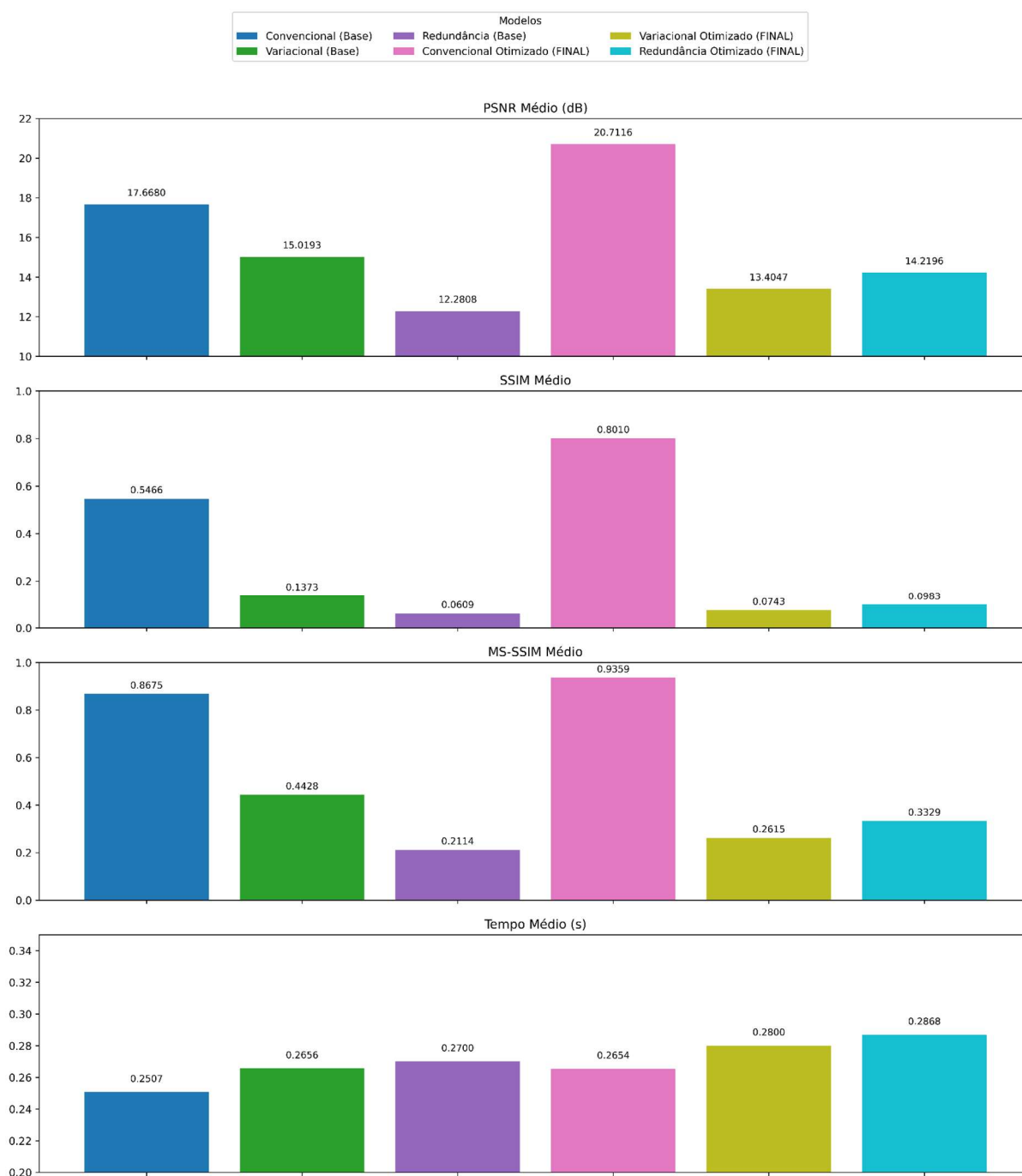
de Redundância foi necessária para tentar manter alguma qualidade de imagem, mitigando a perda de informação imposta pela penalidade de redundância.

No treinamento o aumento do número de épocas para 800 foi o mais assertivo para os modelos, foram utilizados *callbacks* (*Learning Rate Scheduler* e *EarlyStopping*) para ajustar dinamicamente a taxa de aprendizado e interromper o treinamento quando não houvesse mais melhoria na validação, prevenindo overfitting e otimizando o tempo computacional.

Esses hiperparâmetros foram ajustados com base em suas funções específicas em cada arquitetura: no VAE, o parâmetro beta controla o equilíbrio entre a fidelidade da reconstrução e a regularização do espaço latente (quanto maior o beta, mais suave e generalizado o espaço, porém com perda de detalhes visuais). Já a dimensão latente (L) define a capacidade de representação do *bottleneck* — valores maiores tendem a capturar mais variabilidade, mas aumentam o custo computacional.

Por fim, no modelo com penalização de redundância, o coeficiente “l1_reg” atua como fator de esparsidade, induzindo o modelo a eliminar redundâncias no vetor latente. Esses ajustes visam encontrar o ponto de equilíbrio entre qualidade perceptiva e eficiência de compressão, conforme observado na Tabela 3.

Figura 3: Comparação gráfica das métricas entre os modelos base e otimizados



Fonte: do autor

A avaliação comparativa dos modelos de autoencoders revelou diferenças significativas entre as arquiteturas-base e suas versões otimizadas, especialmente em termos de qualidade de reconstrução e eficiência de processamento. Vale destacar, que antes de se chegar aos



resultados da Tabela 3, foram testados, os seguintes parâmetros ($\beta=0.1, L=128$; $\beta=0.01, L=256$) para o modelo VAE e ($l1_reg=1e-6, L=512$; $l1_reg=5e-7, L=512$; $l1_reg=1e-6, L=1024$) com resultados menores do indicados na Tabela 3 que foram desconsiderados. Além disso testes com a função de perda combinada (MSE + SSIM) e o uso de (Keras Tuner/Optuna) foram explorados na busca de hiperparâmetros, mas não foram considerados na análise final, devido a dificuldades de salvamento e carregamento dos modelos VAE. Todos os resultados estão no repositório do experimento dentro da pasta results.

4.2. Análise de desempenho em qualidade de reconstrução (PSNR, SSIM e MS-SSIM)

O desempenho em qualidade de imagem é dominado pela arquitetura Convencional Otimizada (FINAL). O modelo alcançou os melhores resultados em todas as métricas de qualidade: PSNR: 20,7116 dB (significativamente superior aos demais), SSIM: 0,8010. MS-SSIM: 0,9359. Em contraste, os modelos VAE e Redundância (tanto nas versões base quanto nas otimizadas) apresentaram uma qualidade de reconstrução notavelmente inferior. O modelo Redundância (Base) obteve o pior desempenho, com um PSNR de apenas 12,2808 dB, indicando que, embora a otimização penalize a redundância do manifold, ela comprometeu severamente a fidelidade da imagem. A otimização implementada na arquitetura Convencional (que subiu de 17,6680 dB para 20,7116 dB) foi a que teve mais ganho de qualidade expressivo. Apesar de ser o melhor entre os modelos testados, o valor ainda é um resultado preliminar para este contexto, podendo refletir, entre outros, o *downscaling*, tornando a qualidade final apenas aceitável para inspeção humana, podendo ser evoluída em estudos complementares.

Trabalhos conduzidos em condições distintas de dataset, resolução e taxa de bits reportam PSNR absolutos mais elevados (por exemplo, ≈ 40 dB em cenários específicos). No presente estudo, o objetivo não é maximizar PSNR absoluto, mas avaliar o equilíbrio entre qualidade e custo computacional sob restrições típicas de edge (resolução 128×128 , forte compressão, inferência com foco em latência). Assim, a contribuição reside no ganho relativo entre arquiteturas dentro do mesmo protocolo experimental e na manutenção de latência competitiva — fatores críticos em UAV/SAR. A diferença observada ultrapassa o ganho estatístico: representa, na prática, uma reconstrução muito mais nítida e útil para a detecção de alvos em imagens aéreas, o que reforça o potencial operacional do modelo proposto em contextos de vigilância e resgate.

As diferenças entre os modelos, evidenciadas pelas métricas PSNR, SSIM e MS-SSIM, mostraram-se consistentes em múltiplas execuções. Para o escopo deste estudo, teste



estatísticos adicionais não foram necessários, uma vez que as variações entre as arquiteturas foram claramente observáveis e expressivas.

4.3. Análise de desempenho em eficiência computacional (Tempo de Processamento)

A latência média para o processo de compressão e reconstrução “tempo (s)” mostrou pouca variação entre todas as arquiteturas. Os tempos de processamento variaram em uma faixa estreita, entre 0,2507 s (Convencional Base) e 0,2868 s (Redundância Otimizado FINAL).

Apesar das diferentes complexidades e funções de perda (VAE e Redundância), não houve uma diferença de latência significativa que justificasse a escolha de um modelo em detrimento da qualidade. O modelo de melhor qualidade, Convencional Otimizado, manteve o tempo de processamento em 0,2654 s, comparável ao modelo mais rápido (0,2507 s).

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTURO

O objetivo central deste estudo foi avaliar e comparar, em condições restritivas de *edge computing*, a eficácia de diferentes arquiteturas de *autoencoders* (Convencional, Variacional e Penalizado por Redundância) na redução de dados visuais para operações de Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV) em missões de Busca e Resgate (SAR). A análise multifatorial foi realizada sob a perspectiva das principais métricas operacionais: qualidade de reconstrução (PSNR, SSIM, MS-SSIM) e eficiência computacional (Tempo de Processamento).

5.1. Síntese dos Resultados Chave

Os resultados quantitativos refutaram categoricamente a hipótese inicial, que postulava a superioridade das arquiteturas que empregam mecanismos explícitos de penalização de redundância no espaço latente. A análise demonstrou que o *autoencoder* convencional otimizado foi a solução mais eficaz, superando os modelos mais complexos em qualidade visual sem comprometer a latência.

O modelo vencedor alcançou o maior desempenho em todas as métricas de qualidade, registrando um PSNR de 20,7116 dB e um MS-SSIM de 0,9359. Este resultado representa um aumento de mais de 6 dB de qualidade de reconstrução em comparação com o *autoencoder* Variacional Otimizado (13,4047 dB), e de aproximadamente 6,5 dB em relação ao Redundância Otimizado (14,2196 dB).

Essa diferença é operacionalmente crítica. A queda abrupta na qualidade dos modelos VAE e de Redundância Otimizado sugere que a penalização e a regularização do espaço latente, embora busquem representações esparsas, falharam em reter os detalhes visuais essenciais para a reconstrução de alta fidelidade do cenário SAR. Consequentemente, as imagens reconstruídas tornaram-se potencialmente inadequadas para a identificação confiável de alvos e vítimas. Tais resultados demonstram desempenho competitivo com abordagens



mais complexas encontradas na literatura recente, como as de Laakom et al. (2024) e Marchenko et al. (2024), alcançando qualidade de reconstrução semelhante com menor complexidade estrutural e custo computacional reduzido. Essa relação entre simplicidade e eficiência evidencia o potencial do modelo proposto para aplicações embarcadas em UAVs.

Adicionalmente, a latência de processamento (utilizada como *proxy* da latência ponta a ponta) mostrou pouca variação entre todos os modelos otimizados (entre 0,2654 s e 0,2868 s). Tal estabilidade confirma que, no cenário de compressão extrema adotado, o fator decisivo para a escolha da arquitetura em sistemas embarcados é, inequivocamente, a qualidade da reconstrução.

O diferencial desta abordagem reside no ajuste fino estrutural; a incorporação de *Batch Normalization*, um *kernel regularizer* e uma arquitetura assimétrica transformou o modelo convencional em uma solução de compressão de alto impacto. Isso prova que a otimização de arquiteturas leves é a chave para sistemas embarcados de drones. Esses resultados são particularmente relevantes para sistemas embarcados em UAVs, onde limitações de energia, largura de banda e custo de *hardware* podem inviabilizar modelos complexos. Assim, o autoencoder otimizado proposto oferece uma alternativa realista para implementação em missões SAR, com redução de latência e manutenção de qualidade visual. Em termos relativos, o modelo otimizado apresentou ganhos de mais de 50% nas métricas estruturais em relação às versões penalizadas, sem aumento perceptível no tempo de processamento. Dessa forma, a arquitetura proposta equilibra qualidade e desempenho, configurando-se como uma base promissora para aplicações de compressão embarcada em drones e dispositivos IoT.

5.2. Conclusão e Contribuições

Este estudo conclui que, nas condições de *edge computing* simuladas para missões SAR, o *autoencoder* convencional otimizado é o ponto de equilíbrio ideal entre qualidade perceptual e eficiência computacional. A superioridade deste modelo reforça o achado de que, em ambientes restritos, a simplicidade estrutural otimizada pode superar a complexidade teórica inerente aos modelos VAE e de Redundância.

As principais contribuições do trabalho são:

- Estabelecimento de um Novo *Baseline*: O *autoencoder* convencional otimizado, com seus resultados de 20,7116 dB e latência competitiva, deve ser considerado o novo *baseline* de referência para futuras investigações em compressão de imagens de UAV/SAR.
- Análise Operacional Integrada: O estudo preenche uma lacuna na literatura ao comparar as arquiteturas com foco em métricas operacionais (qualidade versus latência), oferecendo *insights* práticos para o desenvolvimento de soluções embarcadas.
- Metodologia Replicável: O trabalho fornece um *pipeline* experimental totalmente detalhado e replicável, crucial para o avanço de pesquisas em compressão aprendida para



visão computacional aérea.

A comparação de PSNR entre estudos exige cautela, pois diferenças de resolução, *datasets*, pipeline de pré-processamento e faixa de *bitrate* impactam diretamente os valores absolutos. O desenho experimental aqui adotado prioriza restrição de recursos e latência, razão pela qual os resultados devem ser interpretados pelo ganho relativo entre arquiteturas sob a mesma configuração, e não por recordes absolutos de PSNR.

Além do mérito quantitativo, o modelo proposto destaca-se pela facilidade de implementação e baixo custo computacional, tornando-se uma alternativa imediata para sistemas embarcados de monitoramento aéreo e plataformas UAV civis ou de defesa.

5.3. Desafios encontrados e Trabalhos Futuros

O principal desafio metodológico do estudo foi a indisponibilidade de uma infraestrutura de *edge computing* real, que impediu a medição da latência de transmissão de ponta a ponta. O tempo de processamento foi utilizado como proxy da latência, sendo necessário avançar para testes em modos reais de trabalho.

Com base nas conclusões e desafios, os trabalhos futuros sugeridos incluem:

- Realizar uma comparação direta dos modelos otimizados com *baselines* clássicas de compressão (JPEG e JPEG2000), a fim de quantificar o real ganho da compressão aprendida.
- Utilizar de soluções como o Keras Tuner, Optuna e Keras Quatrenion adaptados para os modelos mais complexos como o VAE e redundância, bem como uso funções de perdas combinadas ajustadas aos modelos.
- Explorar outros modelos de *autoencoders*, como *Autoencoder* Esparso (SAE), *Autoencoder* Contrativo (CAE).
- Conduzir testes em ambientes operacionais reais de borda, para medir o impacto da latência de transmissão (largura de banda e jitter) no desempenho de ponta a ponta.
- Avaliar o impacto da escalabilidade da resolução na qualidade de reconstrução (ex. 256×256 px), caso o poder de processamento do *hardware* embarcado seja aprimorado.
- Verificar os impactos da redução de energia e explorar abordagens mistas ou modelos autoadaptativos para melhorar a robustez das soluções em campo.
- Traçar curvas taxa-distorção (RD) e BD-Rate em diferentes bitrates e resoluções (incluindo 256×256 e 512×512), comparando com JPEG/JPEG2000 e *baselines* neurais reportados na literatura, de modo a posicionar o modelo vencedor em métricas absolutas sem perder a ótica de latência.
- Avaliar qualidade perceptual (ex.: Mean Opinion Score (MOS) com avaliadores humanos ou métricas perceptuais adicionais) para complementar PSNR/SSIM em



condições extremas de compressão.

Em síntese, este trabalho reforça que a otimização estrutural de modelos leves constitui uma estratégia promissora para aplicações embarcadas de compressão visual em UAVs.



REFERÊNCIAS

- Alves de Oliveira, V., Chabert, M., Oberlin, T., Poulliat, C., Bruno, M., Latry, C., & Camarero, R. (2021). Reduced-complexity end-to-end variational autoencoder for on board satellite image compression. *Remote Sensing*, 13(3), 447. <https://doi.org/10.3390/rs13030447>
- Armand, A. K., Diédié, G. H. F., & Tchimou, N. T. E. (2024). Super-tokens Auto-encoders for image compression and reconstruction in IoT applications. *IJASRE*, 1, 1-4.
- Azizian, B., & Bajić, I. V. (2024). Privacy-preserving autoencoder for collaborative object detection. *IEEE Transactions on Image Processing*.
- Bao, X., Ye, C., Han, L., & Xu, X. (2023). Image Compression for Wireless Sensor Network: A Model Segmentation-Based Compressive Autoencoder. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2023(1), 8466088.
- Barbutto, V., Savaglio, C., Chen, M., & Fortino, G. (2023). Disclosing edge intelligence: A systematic meta-survey. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(1), 1–24. <https://doi.org/10.3390/bdcc7010044>
- Bhagat, S., Pandey, M., Baheti, V., Goyal, M., & Sinha, M. (2024). Deep learning-based image classification using auto-encoders. In *Proceedings of the 5th International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics (ICDICI)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDICI62993.2024.10810902>
- Chollet, F. (2016). Building autoencoders in Keras. *Keras Blog*. <https://blog.keras.io/building-autoencoders-in-keras.html>
- Chen, J., Cai, H., Chen, J., Xie, E., Yang, S., Tang, H., Guo, Q., Huang, Y., Wang, X., & Han, S. (2024). Deep compression autoencoder for efficient high-resolution diffusion models. *arXiv preprint arXiv:2410.10733*. <https://arxiv.org/abs/2410.10733>
- Duan, Z., Lu, M., Ma, J., Huang, Y., Ma, Z., & Zhu, F. (2023). Qarv: Quantization-aware resnet vae for lossy image compression. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 46(1), 436-450.
- Gegenava, N. (2025). SARD 2 – search and rescue dataset extra classes [Data set]. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/nikolasgegenava/sard-2-search-and-rescue-dataset-extra-classes>
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>
- Huang, C.-H., & Wu, J.-L. (2024). Unveiling the Future of Human and Machine Coding: A Survey of End-to-End Learned Image Compression. *Entropy*, 26(5), 357. <https://doi.org/10.3390/e26050357>
- Laakom, F., Raitoharju, J., Iosifidis, A., & Gabbouj, M. (2024). Reducing redundancy in the bottleneck representation of autoencoders. *Pattern Recognition Letters*, 178, 202-208.

- Li, M., Zhang, X., Guo, J., & Li, F. (2023). Cloud-edge collaborative inference with network pruning. *Electronics*, 12(17), 3598.
- Liu, G., Dai, F., Xu, X., Fu, X., Dou, W., Kumar, N., & Bilal, M. (2023). An adaptive DNN inference acceleration framework with end-edge-cloud collaborative computing. *Future Generation Computer Systems*, 140, 422-435.
- Marchenko, I., Balalaieva, O., Korotenko, H., & Tarazanov, M. (2024). Research of image compression algorithms using neural networks. Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical Sciences, 1(49), 85–99. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.49.1.2024.321212>
- Pioli, L., Macedo, D. D. J., Costa, D. G., & Dantas, M. A. R. (2024). Intelligent edge-powered data reduction: A systematic literature review. *ACM Computing Surveys*, 56(9), Article 234, 1–39. <https://doi.org/10.1145/3656338>
- Pioli Junior, L. (2024). *An intelligent context-aware edge-based data reduction framework for IoT* (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Catarina). <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/264055>
- Pioli, L., Macedo, D. D. J., Costa, D. G., & Dantas, M. A. R. (2025). Intelligent data reduction for IoT: A context-driven framework. *IEEE Access*, 13. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3586539>
- Potlapalli, A., & Khetavath, S. (2025). Exploring the use of deep learning models for image compression in embedded systems: Encoder and decoder architectures. *Journal of Intelligent Systems and Internet of Things*, 15(1), 37–52.
- Ramos, G. S., Lima, A. A., Almeida, L. F., Lima, J., & Pinto, M. F. (2023). Simulation and evaluation of deep learning autoencoders for image compression in multi-UAV network systems. In *LARS, SBR, WRE*. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332986>
- Reddi, V. J., Bansal, A., Ravichandran, D., et al. (2022). *Machine learning systems: Designs that scale* (1st ed.). O'Reilly Media.
- Subburaj, T., & Bhavana, S. (2024). Image noise reduction with auto-encoders using TensorFlow. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 4(4), 86–91. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-19016>
- Shuvo, M. M. H., Islam, S. K., Cheng, J., & Morshed, B. I. (2022). Efficient acceleration of deep learning inference on resource-constrained edge devices: A review. *Proceedings of the IEEE*, 111(1), 42-91.
- Teng, A., Shan, X., Lu, J., Zha, J., & Zhu, J. (2025). Research on deep learning-based compression processing technology for UAV inspection images. In *2025 International Conference on Electrical Automation and Artificial Intelligence (ICEAAI)* (pp. 1395–1399). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/ICEAAI64185.2025.10956570>



- Tyagi, A., Aditya, H., Khandelwal, R., Singh, J., Pal, Y., & Jaiswal, G. (2023, December). Autoencoder image compression for high compression and acceptable quality. In 2023 OITS International Conference on Information Technology (OCIT) (pp. 184-189). IEEE.
- Ungureanu, V. I., Negirla, P., & Korodi, A. (2024). Image-compression techniques: Classical and “region-of-interest-based” approaches presented in recent papers. *Sensors*, 24(3), 791.
- Xiao, P., Qiu, P., Ha, S. M., Bani, A., Zhou, S., & Sotiras, A. (2025). SC-VAE: Sparse coding-based variational autoencoder with learned ISTA. *Pattern Recognition*, 161, 111187.
- Yamazaki, M., Kora, Y., Nakao, T., Lei, X., & Yokoo, K. (2022, October). Deep feature compression using rate-distortion optimization guided autoencoder. In 2022 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 1216-1220). IEEE.
- Zhang, H., Huang, S., Xu, M., Guo, D., Wang, X., Wang, X., ... & Wang, W. (2024). Large-scale measurements and optimizations on latency in edge clouds. *IEEE Transactions on Cloud Computing*
- Zhu, Z. (2024). *A comparative study of different autoencoder architectures*. Dean & Francis.
<https://doi.org/10.61173/az0nqw17>

Artigo submetido em: 14/07/2025

Avaliação (cega) 1ª rodada concluída em: 02/08/2025

Avaliação (cega) 2ª rodada concluída em: 05/11/2025



**FREE-RIDING EFFECT ON CONSUMER BRANDING
RELATIONSHIPS DURING THE COVID-19 PANDEMIC: EVIDENCE FROM
TRADEMARK REGISTRATIONS IN BRAZIL**

Edmilson Gomes
edmilsongomes@id.uff.br
<https://orcid.org/0009-0001-4941-5317>

Gabriel Marcuzzo do Canto Cavalleiro
gabrielmarcuzzo@id.uff.br
<https://orcid.org/0000-0001-5556-8582>



Abstract

The pandemic caused by the coronavirus, which is commonly referred to by the acronym COVID-19, has brought profound economic and social effects throughout the world. Despite the deep and widespread impact of the COVID-19 pandemic on the Brazilian society in terms of public health and economic activities, the word “covid” soon began to infiltrate the collective imagination. This study adopts an exploratory and qualitative approach, combining literature review with secondary data collection from INPI and other institutional sources. Trademark registrations containing the radical “Covid” were identified between January 2019 and July 2025. After screening, 87 relevant registrations were analyzed to assess patterns linked to the pandemic. In this way, this study attempted to identify patterns related to trademark registrations associated with high-profile events, such as the COVID-19 pandemic, at the Brazilian Institute of Industrial Property (INPI). We provide evidence that the COVID-19 pandemic motivated several Brazilian entrepreneurs to take a free-ride on such dramatic event to brand their new products and services.

Keywords: trademarks; intellectual property; free-riding; covid-19



1 INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic brought profound economic and social consequences worldwide, leading to significant losses and pushing healthcare systems to the brink of collapse. In Brazil, as in many other countries, authorities recommended and, in some cases, imposed social isolation through lockdowns, which were regarded as the primary means of slowing the spread of the virus. Consequently, COVID-19 quickly became a central topic of conversation across all socio-economic groups, with its threatening reputation reinforced daily by television, radio, and social media coverage, which amplified public attention to any developments related to the disease.

Despite its wide-ranging impact, the pandemic disproportionately affected certain business sectors, including retail, fashion, tourism, food services (bars and restaurants), beauty, and education. As highlighted by Costa et al. (2021), the challenges faced by individuals, organizations, and society as a whole were countless and complex. Daily routines and organizational practices had to be transformed abruptly, often without adequate planning or preparation (Carneiro et al., 2024). Moreover, the crisis revealed deep social inequalities: while confirmed COVID-19 cases were more frequent among individuals with higher education levels, hospitalization rates were almost twice as high among Brazilians with lower educational attainment (Szwarcwald et al., 2024; Kohn et al., 2025).

The pandemic also strongly shaped public interests and information-seeking behavior. According to Google Trends (2021), “coronavirus” was the most searched term worldwide in 2020, while the top questions were “What is lockdown?”, “What is quarantine?”, and “What is a pandemic?”. Such widespread attention created not only social and health-related challenges but also entrepreneurial opportunities. Entrepreneurs often identify and exploit emerging interests and symbolic resources to develop new products and services (Ardichvili et al., 2003). In this context, the use of pandemic-related terminology in branding strategies may be seen as a form of free-riding behavior, in which individuals or firms benefit from positive externalities generated by third parties without incurring the corresponding costs (O’Neill, 2010; Dias, 2014).

At the same time, the growing importance of intellectual property (IP) has become a defining feature of contemporary business dynamics. Over the past few decades, intangible assets have increasingly replaced tangible resources as the primary drivers of value creation in innovative firms (Lall, 2003). Protecting intellectual property rights has thus become a critical strategic priority (Drahos, 2010). Trademarks, in particular, offer valuable insights into business and market trends, since public trademark databases provide rich evidence of entrepreneurial and innovation dynamics (Castaldi, 2020).

Although the COVID-19 pandemic was a disruptive global event with far-reaching consequences, its effects on intellectual property rights (IPRs), and particularly on trademark registration behavior, remain largely underexplored. The crisis simultaneously caused massive business closures and job losses, while also accelerating digitalization and fostering new entrepreneurial initiatives, thereby reinforcing the strategic importance of



brands and trademarks. Yet, little is known about how the pandemic shaped trademark activity, whether through the creation of new brands or the opportunistic use of high-profile terms such as “COVID-19.” This gap is significant, as examining such patterns is key to understanding how crises influence branding strategies, the appropriation of symbolic resources, and the risks of free-riding behavior (Mankiw, 2006).

Against this backdrop, this study investigates trademark registrations filed at the Brazilian Institute of Industrial Property (INPI) to analyze the pandemic’s impact on brand development. By doing so, it contributes to the broader debate on the interplay between global crises and intellectual property dynamics.

The paper is structured as follows: Section 2 presents the literature review on intellectual property, innovation management, and free-riding theory. Section 3 outlines the research methodology. Section 4 discusses the findings in light of the literature. Finally, Section 5 presents the conclusions.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 Intellectual Property Management

Intangible assets, including trademarks, patents, industrial designs, and copyrights, currently constitutes the most valuable resources for firms (Cañibano et al., 2000; Thomas and Murdick, 2020). According to Pereira (2011), intellectual property (IP) has reached its current importance as a result of the numerous and systematic evolutions in its concepts. Among the factors that have attributed greater value to intellectual property are: its political visibility, due to its great economic importance for countries; and the finding that intangible assets exceeded the traditional estimate given to material and immovable assets. It can therefore be seen that the intangible assets of an industry, in general, are more valuable than all of its material assets.

Thus, according to the concept presented, it is everything that can be invented through knowledge, as being the human ability to create things. Since the human ability to create things is important that the creation is protected for the inventor or extension, the owner of the rights to the invention, needs to be protected. And this protection is through intellectual property a guarantee that the invention will be legally protected for a certain period in the name of its inventor or right holder over the invention (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PROPRIEDADE INTELECTUAL, 2021).

The brand, according to Teh, Kayo and Kimura (2008), is categorized as a customer relationship asset, which leverages competitive advantage, when well managed, and serves as a tool for the company to differentiate itself from competitors or win and retain customers. In this way, the brand enables the creation of value for companies through increased sales, consequently influencing the company's market value.

Some recent studies identify the motivation for filing patents. Cavalheiro et. Al (2014) demonstrated that the announcement of the discovery of pre-salt oil reserves by Petrobras



in 2007 led to a strong increase in the number of patent filings in subsequent years. Thomas and Murdick (2020), in turn, demonstrated that the great potential for applying artificial intelligence technology has generated an increase in the number of patents filed addressing such technologies. However, the literature still does not address high intensity standards in trademark registrations.

2.2 Innovation Management

The research and development process can generate numerous patents, brands, innovative processes, know-how, etc. What Edvinsson and Malone (1998 apud TEH, KAYO and KIMURA) call innovation capital. Roos et al. (1997, p. 39 apud TEH, KAYO and KIMURA) consider that innovation is a human ability to, based on prior knowledge, generate new knowledge, fundamental for the renewal of the company and key to creating sustainable success.

According to Teh, Kayo and Kimura (2008), innovation capacity can be analyzed from two different perspectives: by process input values, such as expenses and number of employees in R&D, and by process output values, such as patents, formulas, brands, improvements in process efficiency, etc. Often, R&D expenditure is used as an indicator of innovation. However, R&D spending may not necessarily be a good indicator of the effectiveness of the innovation process, but rather of the company's willingness and strategic orientation to innovate. Thus, Cañibano et al. (2000) propose adopting the production and citations of patents as indicators of innovation, as they are results of innovation processes.

2.3 The *Free-Rider Theory*

According to Tibúrcio (2007), the effect of free-riding is widely discussed in economics, especially in the area of public finance and market theory. For Demacio and Iwagase (2018), it is currently noted that the idea of the free-rider is more popular, albeit superficially. In routine situations, in the work or academic environment, it is possible to identify these agents, as well as in the environments that permeate organizations.

According to Mankiw (2006), free-riding is someone who receives the benefit of a good, but avoids paying for it. As pointed out by Gremaud (2003), free-riding, in addition to hitchhiking, is considered opportunistic. For instance, Ryu (2024) identified patterns of brand opportunism associated with CRM messages during periods of global crises, such as the COVID-19 pandemic.

More specifically, Albanese and Van Fleet (1985, p. 244) state that: “the term 'free-rider' refers to a member of a group who obtains benefits from group membership, but does not support a proportional sharing of the costs of provide such benefits.” Stigler (1974) adds that “cheap rider” is a more accurate term for a member of a group, as receiving benefits from membership typically involves some cost”.



2.4 The Impact of COVID-19 PANDEMIC

The devastating effect caused by COVID-19, the name given by the WHO - World Health Organization for the new coronavirus (SARS-CoV-2), already measures exorbitant data. According to Cancelli et al (2020), Ms (2020), SEBRAE (2020), IBEVAR (2020), SINDILOJAS (2020) apud Santos and Nassif (2021):

The WHO warns that viral diseases continue to emerge around the world and represent a serious problem for public health. In the last twenty years, several viral epidemics have been recorded, such as the severe acute respiratory syndrome (SARS-CoV) in 2002 to 2003 and the H1N1 flu in 2009. The officially declared COVID-19 pandemic in the world on 03/11/2020 brought serious consequences to Brazil from April 2020. Given the sanitary measures adopted at the governmental level of shutdown and social isolation restrictions, micro and small companies in the retail sector immediately felt a sudden reduction of around 89% in monthly sales. In the economic sphere, there are already more than six hundred thousand companies that have closed their activities and nine million people who have lost their jobs. This panorama already projects the biggest drop in retail sales in the country in history.

Hypotheses

Based on the literature review above, it is possible to propose two hypotheses related to the free-riding effect of the COVID-19 pandemic on trademark registration in Brazil:

H1- Trademarks related to COVID-19 terminology will tend to increase.

H2 - Trademark registrations related to COVID-19 refer to healthcare products and services.

The article is structured as follows. After this introduction containing a literature review, the concept of intellectual property management is presented with the definitions of trademarks and patents, the latter just to contextualize the topic, the focus of this article will be on trademark registration, a brief presentation of the management topic of innovation, a section on the free-rider theory and finally a section on the impact of the COVID-19 pandemic. Next, the research method section describes the research method used. Next, the INPI website is presented as a secondary data collection tool. Later in the results and discussions section, the findings are presented and related to previous literature presenting the possible paths of the hypotheses presented in the research. And finally, in the conclusion and future perspectives section, the article concludes by presenting the lessons learned, the managerial and academic implications arising from this study and recommendations for future research.



3 RESEARCH METHOD

To investigate the influence of the pandemic, specifically COVID-19, on the request for trademark registrations with the name COVID-19 or similar. In methodological terms, this article in terms of its purpose has an exploratory character, in which according to Gil (2019, p. 26) “exploratory research aims to provide better familiarity with the problem, with a view to making it more explicit or to construct hypotheses”. Essentially qualitative in nature. According to Oliveira (2011, p.24 apud TRIVIÑOS, 1987) “the qualitative approach works with data seeking its meaning, based on the perception of the phenomenon within its context”.

The research is also based on a literature review, synthesizing concepts found in seminal publications related to the topic. The bibliographical research was carried out in databases indexed with Scielo, E-papers, Anpad Spell, CAFE and Google Academics. The field research took place in organizations (websites), such as the websites of the Federal Government, Ministry of Economy, specifically the INPI website through the collection of secondary data available on the platform of the aforementioned body to confirm the records of opening processes for registration of brands.

Taking into account temporal data from January 1st, 2019 to July 31st, 2025. In total, 104 trademark registrations were identified using the radical “Covid” in different types of configurations. However, 17 records were removed because they included the radical “Covid” without presenting any semantic reference to the pandemic. Some examples of records taken from our sample include: GRUPO COVIDA, DOM BOSCO VIDROS, DISCOVIDEO, PSICOVIDAS and BRADESCO VIDA. After review, our sample comprises 87 trademark registrations.

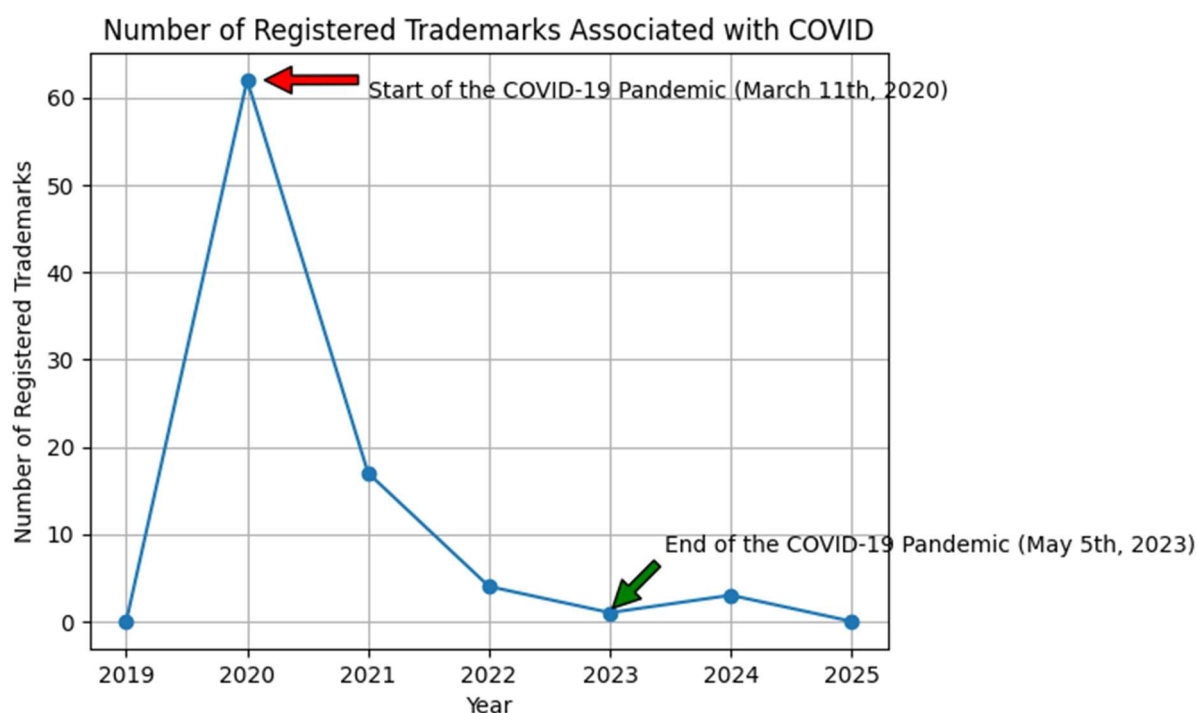
4 RESULTS

As for descriptive data, this research was carried out on the website of the National Institute of Industrial Property (INPI) taking into account temporal data from January 1st, 2019 to July 31st, 2025, which is the date of the last registration process with this name. COVID-19 brand. This time frame takes into account the emergence of the first cases of the virus here in Brazil, as well as a three year period following the end of the COVID-19 Pandemic. According to Cavalcante et al (2020), in Brazil, the first cases were confirmed in February, and several actions were implemented in order to contain and mitigate the spread of the disease. On February 3, 2020, the country declared a Public Health Emergency of National Importance (ESPIN), even before the first case was confirmed. As can be seen in table 1, in the number of registrations column, our initial search resulted in 104 trademark registrations with the nomenclature of COVID-19 or similar. This search was carried out using the term “covid” and selecting the search option by radical, thus covering trademark registrations, registered with the INPI, that could carry the nomenclature “COVID-19”. After checking the 104 records obtained, we found the need to exclude 17 records because

they included the radical “Covid” without presenting any semantic reference to the pandemic. Therefore, our final database now contains 87 records.

To understand relevant patterns associated with brands inspired by the COVID-19 nomenclature, it is necessary to explore the metadata of the records. Therefore, we chose to explore the Nice class, the type of registration holder, as well as the current status of the registration. To this end, figure 1 lists the proportion of records in terms of their Nice classifications, indicating the segment of activity.

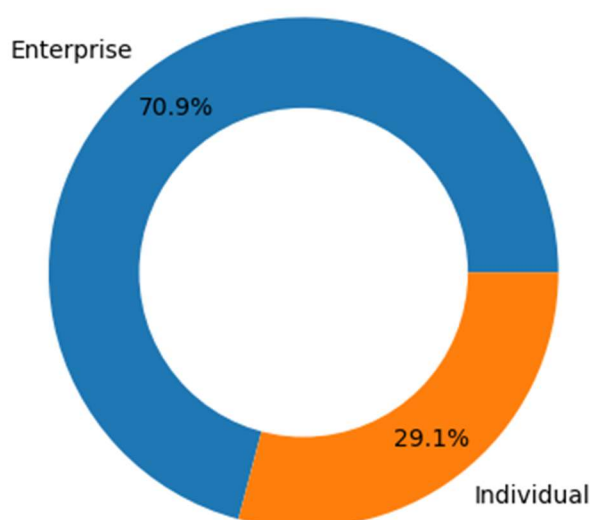
Figura 1- Number of Trademark Registrations Related to the Term COVID



Source: The Authors.

It is possible to observe that the majority of trademark registrations associated with COVID-19 terminology were requested by legal entities. Figure 2 shows the proportion of records made by individuals and legal entities, demonstrating a predominance of records made by legal entities. We observed 61 records made by enterprises and 26 by individuals. We can interpret this predominance of registrations carried out by legal entities as evidence of corporate interest in the visibility of the term COVID-19 and, with this, the possibility of positioning product and service offers with greater recognition among the general public, reducing the need for investment in marketing campaigns to promote the brand to its target audience (Mankiw, 2006).

Figure 2 – Trademark Registrations per Category of Applicants (Individuals and Enterprises)



Source: The Authors

Regarding the trademark application segment, we analyzed the Nice classifications used in the selected trademark registrations. Table 1 lists the frequencies of the Nice classifications used, demonstrating a concentration of records in the areas of health and scientific dissemination, with 15 records in the NCL(11) 44 classification, 12 records in the NCL(11) 42 classification and 10 records in the NCL(11) 05. We note that the COVID-19 pandemic can be considered a phenomenon of global proportions, which has been dominating the news on all continents. Therefore, even though it constitutes a technical term to identify a specific type of virus, the word COVID-19 quickly became known in the popular imagination, both in Brazil and the rest of the world. In this sense, when observing the trademark registrations carried out at the INPI, it was possible to identify that the three Nice classifications most frequently used in the registrations, address the area of research and scientific dissemination, demonstrating the existence of several business initiatives that sought to associate their activities as contributions to mitigate the problems generated by the pandemic. In this way, it becomes possible for the registration holder to obtain a benefit, in terms of attracting new customers and promoting the brand, without the need for extensive investment in marketing campaigns to promote and position the brand (O'Neill, 2010).

Table 1 – Most Frequent Nice Classification Codes

Nice Classification	Number	Description	Type
NCL(11) 44	17	Medical services; veterinary services; hygienic and beauty care for human beings or animals; agriculture, aquaculture, horticulture and forestry services.	Service
NCL(11) 42	14	Scientific and technological services and research and design relating thereto; industrial analysis, industrial research and industrial design services.	Service
NCL(11) 05	12	Pharmaceuticals, medical and veterinary preparations; sanitary preparations for medical purposes; dietetic food and substances adapted for medical or veterinary use, food for babies; dietary supplements for human beings and animals; plasters, materials for dressings; etc	Product
NCL(11) 41	8	Education; providing of training; entertainment; sporting and cultural activities.	Service
NCL(11) 35	7	Advertising; business management, organization and administration; office functions.	Service
NCL(11) 03	7	Non-medicated cosmetics and toiletry preparations; non-medicated dentifrices; perfumery, essential oils; bleaching preparations and other substances for laundry use.	Product
NCL(11) 09	6	Scientific, research, navigation, surveying, photographic, cinematographic, audiovisual, optical, weighing, measuring, signalling, detecting, testing, inspecting, life-saving and teaching apparatus and instruments.	Product
NCL(11) 45	4	Legal services; security services for the physical protection of tangible property and individuals; dating services, online social networking services; funerary services; babysitting.	Service
NCL(11) 10	4	Surgical, medical, dental and veterinary apparatus and instruments; artificial limbs, eyes and teeth; orthopaedic articles; suture materials; therapeutic and assistive devices adapted for persons with disabilities.	Product
NCL(11) 40	3	Treatment of materials; recycling of waste and trash; air purification and treatment of water; printing services; food and drink preservation.	Service
NCL(11) 24	2	Textiles and substitutes for textiles; household linen; curtains of textile or plastic.	Product
NCL(11) 19	1	Materials, not of metal, for building and construction; rigid pipes, not of metal, for building; asphalt, pitch, tar and bitumen; transportable buildings, not of metal; monuments, not of metal.	Product
NCL(11) 28	1	Games, toys and playthings; video game apparatus; gymnastic and sporting articles; decorations for Christmas trees.	Product
NCL(11) 32	1	Beers; non-alcoholic beverages; mineral and aerated waters; fruit beverages and fruit juices; syrups and other preparations for making non-alcoholic beverages.	Product

Source: The Authors.



5 DISCUSSION

The COVID-19 pandemic generated profound economic and social disruptions in Brazil and worldwide, creating an environment in which new market behaviors emerged. In line with our first hypothesis (H1), which anticipated an increase in trademark applications containing references to COVID-19, the data revealed a significant rise in such filings during the pandemic period in Brazil (see Table 1). This pattern provides empirical support for H1 and illustrates the so-called free rider effect, whereby entrepreneurs attempt to capture economic benefits from an external event without bearing its associated costs (Dias, 2014; O'Neill, 2010). The absence of any trademark registrations containing the radical "Covid" prior to 2020, followed by 87 filings from the onset of the pandemic, constitutes robust evidence of this opportunistic behavior in the Brazilian context.

When analyzing the second hypothesis - H2 - Trademark registrations related to COVID-19 probably refer to health products and services. The Nice product and service classification (NCL) was used here. According to the National Institute of Industrial Property (2021), when you file your trademark application, it is necessary to indicate which products or services your trademark aims to protect. The INPI adopts the Nice International Classification of Products and Services, which has a list of 45 classes with information about the different types of products and services and what belongs to each class. The classification system is divided between products, listed in classes 1 to 34, and services, listed in classes 35 to 45. It is important to know that the classes and lists are not exhaustive, that is, they do not include all types of products and services that exists. To complement the original lists of the Nice International Classification, the INPI created the Auxiliary Lists.

Therefore, regarding this second hypothesis, we can conclude that 60 of the 87 cases in the records collected are within the group of healthcare products and services. Thus, we can conclude that the hypothesis may be true because they are linked to products and services aimed at the health sector according to the product/service descriptions of each record. However, it is also necessary to highlight that trademark registrations were found in areas not related to health or research. For example, 8 brands focused on education services (NCL(11) 41), 7 brands focused on advertising and business management (NCL(11)35), 4 brands for legal services (NCL(11) 45) were registered. , 1 brand for games (NCL(11) 28) and 1 brand for drinks (NCL(11) 32). These records demonstrate opportunistic behavior on the part of holders, seeking to gain visibility for products and services in other areas.

6 CONCLUSION

Analyzing the literature covered in this research and subsequently the data obtained through the website of the National Institute of Industrial Property (INPI) regarding trademark registrations during the COVID-19 pandemic period, a demand was observed to open processes to register brand names. having the radical "Covid" in its structure. This fact makes it possible to investigate that an event such as a pandemic can lead to social and

mainly marketing changes in a country, affecting all segments and consequently influencing them to end their activities or to the emergence of new companies, thus developing new products or services.

Thus, it was possible to identify that some entrepreneurs recognized the interest in the new terminology widely adopted during the pandemic as a market opportunity. Such taking advantage of an opportunity, at no cost to the entrepreneur, can be characterized as a “free-riding” effect. Despite this great increase in the visibility of terms related to the pandemic, it is not possible to find works in the literature that evaluate the relationship between terminology associated with the pandemic and its consequences in terms of intellectual property registrations.

However, this investigation provides us with the impacts that the pandemic, particularly COVID-19, brought to companies and the market, in which at the same time, which caused the closure of many companies, it was also responsible for creating an innovative environment for recording brands with the name COVID-19 or similar brands here in Brazil. These brands are linked to products and services for the health sector, with a predominance for the registration of brands operating in the services sector. Additionally, following the end of the COVID-19 pandemic, the number of new trademark registrations containing the term declined sharply and rapidly.

It is believed that the present study will make important contributions capable of guiding companies that operate in the Brazilian management and marketing area, especially in the intellectual property management segment, so that they can redefine and better direct their strategies in the market. In addition to contributing to academia in future studies involving the topic.

The limitation of this study refers to the difficulty in obtaining secondary data offered by the INPI's website. Data such as the depositor's municipality and the website of the company responsible could contribute to in-depth analysis.

As future research, we suggest a more far-reaching research technique not only on the aforementioned website, but also on other websites of public or private bodies in Brazil and other countries that work in the management of intellectual property, and can use the radical “Corona” in different types of configurations to search for secondary data, in order to better reflect and deepen the predictive capacity for the researched topic and the possibility of analyzing this phenomenon in other countries and sectors.



REFERENCES

Albanése, R., & Van Fleet, D. D. (1985). Rational behavior in groups: The freeriding tendency. *Academy of Management Review*, 10(2), 244–255.

Ardichvili, A., Cardozo, R., & Ray, S. (2003). A theory of entrepreneurial opportunity identification and development. *Journal of Business Venturing*, 18(1), 105–123. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(02\)00079-9](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(02)00079-9)

Associação Brasileira da Propriedade. (2021). O que é propriedade intelectual? <https://abpi.org.br/blog/o-que-e-propriedade-intelectual/>

Carneiro, C. F. S. S., Cunha, R. M. N., Peixoto, M., & Stefanelli, N. O. (2024). Delivery de produtos alimentícios após a pandemia da COVID-19 à luz da teoria do comportamento planejado. *Sustainable Business International Journal*, 1(97), 1–31.

Cavalcante, J. R., Cardoso-dos-Santos, A. C., Brem, J. M., Lobo, A. P., Macário, E. M., & Oliveira, W. K. (2020). COVID-19 no Brasil: Evolução da epidemia até a semana epidemiológica 20 de 2020. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29(4), e2020376. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742020000400010>

Cañibano, L., García-Ayuso, M., & Sanchez, P. (2000). Accounting for intangibles: A literature review. *Journal of Accounting Literature*, 19, 102–130.

Cavalheiro, G. M. C., & Joia, L. A. (2014). Towards a heuristic frame for transferring e-government technology. *Government Information Quarterly*, 31(1), 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2013.10.001>

Cavalheiro, G. M. C., Joia, L. A., & Gonçalves, A. C. (2014). Strategic patenting in the upstream oil and gas industry: Assessing the impact of the pre-salt discovery on patent applications in Brazil. *World Patent Information*, 39, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2014.04.004>

Cascella, M., Rajnik, M., Aleem, A., Dulebohn, S. C., & Di Napoli, R. (2020). Characteristics, evaluation, and treatment of coronavirus (COVID-19). In StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>

Tibúrcio, C. (2007). Archive for the ‘carona (free-rider)’ category. <https://cesartiburcio.wordpress.com/category/carona-free-rider/>

Costa, L. S. M., Paiva, E. L., Gomes, M. V. P., & Brei, V. A. (2020). Revista de Administração de Empresas, 60(6), 385–387. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020200602>

Dalmacio, F. Z., & Iwagase, L. O. (2018). Uma análise do efeito carona (free-riding) num ambiente de shopping center em período promocional de vendas. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, 17(52). <https://doi.org/10.16930/2237-7662/rccc.v17n52.2670>

Dias, S. W. (2014). O desafio do varejo multicanal: comportamento free-riding do consumidor (Tese de doutorado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Edvinsson, L., & Malone, M. S. (1998). Capital intelectual: Descobrindo o valor real de sua empresa pela identificação de seus valores internos. Makron Books.

Gil, A. C. (2019). Como elaborar projetos de pesquisa (6ª ed.). Atlas.

Google Trends. (2021). Veja o que esteve em alta em 2020 - Brasil. <https://trends.google.com.br/trends/yis/2020/BR/>

Gremaud, A. P. (2003). Manual de economia (D. B. Pinho & M. A. S. Vasconcellos, Eds.; 4ª ed.). Saraiva.

IBEVAR. (2020). Projeções para o varejo. <https://www.ibevar.org.br/pesquisas-simples/resultado-geral-intencao-de-compra2020.pdf>

Instituto Nacional da Propriedade Industrial. (2021). Classificação de produtos e serviços. <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/marcas/classificacao-marcas>

Kohn, E. R., Bohlke, M., Almeida, A., Janelli, L., Sardinha, L. M. V., Wehrmeister, F. C., & Hallal, P. C. (2025). A post-pandemic snapshot of the magnitude of COVID-19 in Brazil: A countrywide study. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, 29(1), Article 104496. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2024.104496>

Mankiw, N. G. (2006). Introdução à economia (3ª ed.). Thomson Learning.

Matias, P. J. (2011). A gestão do sistema de proteção à propriedade intelectual no Brasil é consistente? *Revista de Administração Pública*, 45(3), 567–590. <https://doi.org/10.1590/S0034-76122011000300002>

Ministério da Saúde. (n.d.). Coronavírus: Sobre a doença. <https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca>

Oliveira, M. F. (2011). Metodologia científica: Um manual para a realização de pesquisas em Administração. UFG.

O'Neill, B. (2010). Resolvendo o “problema” do carona. *Mises Brasil*. <https://www.mises.org.br/Article.aspx?id=724>



Pereira, J. D. S., & Santos, A. M. A. (2022). Socioeconomic factors associated with hospital deaths due to COVID-19 in Brazil. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 14(1), 141–161. <https://doi.org/10.54766/rebru.v14i1.622>

Roos, J., Roos, G., Dragonetti, N. C., & Edvinsson, L. (1997). *Intellectual capital*. MacMillan.

Ryu, S. (2024). Brand communications during a global crisis: Understanding persuasion intent, perceived brand opportunism, and message sincerity. *Journal of Product & Brand Management*, 33(1), 162–178. <https://doi.org/10.1108/JPBM-10-2023-4541>

Santos, G. G. D., & Nassif, V. M. J. (2021). Estratégia competitiva no varejo diante da pandemia COVID-19. *Revista de Tecnologia Aplicada*, 10(1), 3–22.

SEBRAE. (n.d.). Pesquisa COVID-19. [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/26395e8d6cdfaad19dd180ac3d994b80/\\$File/19406.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/26395e8d6cdfaad19dd180ac3d994b80/$File/19406.pdf)

Sindilojas. (n.d.). Pesquisa COVID-19. <https://sindilojassp.org.br/600-mil-empresas-ja-fecharam-e-desemprego-atinge-129-milhoes-depessoas/>

Stigler, G. J. (1974). Free riders and collective action: An appendix to theories of economic regulation. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 5(2), 359–365. <https://doi.org/10.2307/3003160>

Szwarcwald, C. L., Almeida, W. S., Boccolini, C. S., Soares Filho, A. M., & Malta, D. C. (2024). The unequal impact of the pandemic at subnational levels and educational attainment-related inequalities in COVID-19 mortality, Brazil, 2020–2021. *Public Health*, 231, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2024.01.010>

Teh, C. C., Kayo, E. K., & Kimura, H. (2008). Marcas, patentes e criação de valor. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 9(1), 86–106. <https://doi.org/10.1590/S1678-69712008000100005>

Thomas, P., & Murdick, D. (2020). *Patents and artificial intelligence: A primer*. Center for Security and Emerging Technology.

World Intellectual Property Organization. (2010). *World intellectual property indicators 2010. Economics and Statistics Division*. <https://www.wipo.int/ipstats/en/statistics/patents/>

Artigo submetido em: 12/05/2025

Avaliação (cega) 1ª rodada concluída em: 07/07/2025

Avaliação (cega) 2ª rodada concluída em: 13/01/2025



An ESG-AI Matrix for Innovation Ecosystems

Uma matriz ESG-IA para Ecossistemas de Inovação

Gustavo Simas da Silva
gustavosimassilva@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3485-7910>

Vânia Ribas Ulbricht
vrulbricht@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6257-0557>



Abstract:

This paper presents a review of the challenges and opportunities associated with the use of Artificial Intelligence (AI) in innovation ecosystems, in light of ESG (Environmental, Social and Governance) principles. The research draws on recent literature, case studies and practical initiatives to discuss the main ethical, social, environmental and governance obstacles in the application of AI. Issues such as algorithmic opacity, carbon footprint of models, discriminatory biases and digital exclusion are examined, as well as concrete advances and experiences – including Brazilian/Latin American public policies, emerging legislation and responsible AI programs. Solutions and paths are also presented, covering frameworks, guidelines, principles and ESG metrics specific to AI, as well as impact mitigation tools and initiatives. As a central contribution, the article proposes and discusses an ESG-AI matrix applicable to ecosystems illustrating how each dimension (environmental, social and governance) can be integrated into the practice of innovation with AI. The intention is to support professionals, researchers, entrepreneurs, managers and multiple actors of innovation ecosystems in incorporating principles of sustainability, equity and transparency in the development and use of AI solutions.

Keywords: *Artificial Intelligence; ESG; Innovation Ecosystems; Sustainable Development.*

Resumo: este artigo apresenta uma revisão sobre os desafios e oportunidades associados ao uso da Inteligência Artificial (IA) em ecossistemas de inovação, à luz dos princípios ESG (Ambiental, Social e Governança). A investigação baseia-se em literatura recente, estudos de caso e iniciativas práticas para discutir os principais obstáculos éticos, sociais, ambientais e de governança na aplicação da IA. São examinados problemas como opacidade algorítmica, pegada de carbono de modelos, vieses discriminatórios e exclusão digital, bem como avanços e experiências concretas – incluindo políticas públicas brasileiras/latino-americanas, legislações emergentes e programas de IA responsável. Apresentam-se também soluções e caminhos, abrangendo frameworks, diretrizes, princípios e métricas ESG específicas para IA, além de ferramentas e iniciativas de mitigação de impactos. Como contribuição central, o artigo propõe e discute uma matriz ESG-IA aplicável a ecossistemas, ilustrando como cada dimensão (ambiental, social e de governança) pode integrar-se à prática da inovação com IA. A intenção é apoiar profissionais, pesquisadores, empreendedores, gestores e múltiplos atores de ecossistemas de inovação na incorporação de princípios de sustentabilidade, equidade e transparência no desenvolvimento e uso de soluções de IA.

Palavras-chave: **Inteligência Artificial; ESG; Ecossistemas de Inovação; Desenvolvimento Sustentável.**



1 INTRODUCTION

The rapid diffusion of Artificial Intelligence (AI) across diverse sectors has raised questions about how to steer this technology toward the common good (Soares; Santos, 2025). In innovation ecosystems (IE) that encompass innovation habitats such as technology parks, hubs, accelerators, and incubators, where technology-based startups are born and grow, the incorporation of AI brings both promises of efficiency and new products, as well as ethical responsibilities, social challenges, environmental concerns, and governance demands (Secundo et al., 2024). In this context, the need arises to align AI development with ESG (Environmental, Social, and Governance) principles to ensure responsible innovation.

This article aims to discuss these challenges and point out practical paths to solve them. Initially, in Section 3, we identify the main challenges and barriers faced when applying AI in innovation ecosystems, categorizing them according to the ESG dimensions: environmental impacts (e.g., high energy consumption and carbon footprint), social issues (such as discriminatory biases in algorithms and digital exclusion), and governance dilemmas (including algorithmic opacity and lack of accountability). Subsequently, we highlight concrete advances and experiences being developed in Brazil and Latin America to address these problems, from public policies and legal frameworks to organizational initiatives and practical cases of ethical AI use. Further on, we explore solutions and pathways to effectively integrate the ESG pillars into the practice of AI innovation: we discuss international frameworks and guidelines for responsible AI, present impact assessment metrics and tools, and, principally, propose an ESG-AI matrix to guide technology parks, incubators, and other innovation environments in incorporating environmental, social, and governance criteria into their AI projects. This matrix constitutes the central artifact of the article, serving as a structured reference for how each ESG dimension can be integrated into the AI innovation lifecycle.

The intention is to provide robust, accessible, and relevant content for various stakeholders in IEs. It is worth noting that the sources cited throughout the text support the analysis undertaken, without claiming to exhaust the topic, but rather composing a current and



multidisciplinary overview. It is hoped, therefore, to contribute to the debate and, above all, to informed action, so that AI in innovation ecosystems becomes synonymous with technological progress aligned with social, environmental, and governance responsibility.

2 METHODOLOGY

This study was structured based on a scope literature review that combined indexed academic articles and grey literature documents in order to map, broadly and critically, how the ESG agenda is being integrated into artificial intelligence projects within innovation ecosystems. To ensure disciplinary breadth, the Scopus and Web of Science Core Collection databases were selected, complemented by targeted searches in Google Scholar and in repositories such as those of the OECD, UNESCO, and the European Union. The time frame covered publications from January 2010 to December 2024, a period in which the debate on responsible AI gained global traction. The searches were conducted in March 2024 with four central search strings adapted to the syntax of each database: the first combined “artificial intelligence” or “machine learning” with expressions like “responsible AI” and “ethical AI”; the second added the terms “ESG,” “sustainability,” and “carbon footprint”; the third linked AI to expressions like “innovation ecosystem,” “technology park,” and “startup hub”; and the fourth restricted the geographical scope to “Brazil,” “Latin America,” or “South America,” always associated with markers of ethics or sustainability.

The eligibility process involved two stages. In the initial screening, titles and abstracts were checked to ensure that each record explicitly addressed, in addition to AI, at least one of the ESG pillars in a context relevant to innovation habitats. Subsequently, a full-text reading was performed; studies that were strictly technical without discussion of ESG impact, duplicates between databases, and documents without full access were excluded.

The analytical stage adopted thematic coding guided by three axes (environmental, social, and governance) linking each piece of evidence to categories of barriers, advances, or solutions. Thus, metrics related to the environment (such as carbon footprint) were classified under the environmental axis; studies on algorithmic biases and digital inclusion



were placed under the social axis; and discussions on transparency, accountability, or regulatory frameworks were categorized under governance.

The final synthesis of these categories underpinned the development of the ESG-AI Matrix, a propositional artifact that organizes practical recommendations along the lifecycle of AI projects in innovation ecosystems, offering stakeholders in these environments an operational roadmap to align technological innovation with socio-environmental responsibility and good governance practices.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Despite the enthusiasm for the possibilities of AI, a series of barriers and challenges hinder its responsible adoption in innovation environments. These barriers manifest on different fronts (environmental, social, and governance) which correspond to the ESG pillars. Understanding these challenges is the first step to addressing them; therefore, we delineate not only the problems but also the context in which they arise, preparing the ground for the solutions discussed in subsequent sections. It is worth noting that these three dimensions are interconnected and together form what we can call the "ESG-AI matrix": a conceptual map of AI's impacts and the critical areas to be managed.

3.1 Environmental dimension: the impact on the climate crisis.

In the environmental pillar, the most evident challenge posed by AI is its climate impact (Camastra; Vallejo, 2025), with issues synthesized in Figure 1. The execution and, especially, the training of complex AI models consume an enormous amount of computational energy, implying significant carbon dioxide (CO₂) emissions. The training of the GPT-3 model (a precursor to current generative AI systems) generated about 502 metric tons of carbon, an emission volume equivalent to what 112 gasoline-powered cars would produce in a year (Dora, 2024). Furthermore, the inference stage (using the trained model to make predictions or generate content) also has a significant environmental cost:

it is estimated that keeping GPT-3 operational for a year emits an additional 8.4 tons of CO₂; data that illustrates the growing carbon footprint of state-of-the-art AI models.

The trend in recent years has been to develop increasingly larger models, especially LLMs (large language models), which demand proportional amounts of data and processing. Since the early 2010s, the energy requirement to train the largest AI models has increased by an impressive factor of 300000, due to the race for more powerful and accurate models (OpenAI, 2018). Unsurprisingly, projections indicate that, if this pace continues, AI could become a significant contributor to global carbon emissions in the coming decades. As early as 2024, a Gartner analysis warned that the explosion of generative AI could lead to an energy shortage for about 40% of data centers dedicated to AI by 2027, given the accelerated increase in energy consumption (Müller, 2023). In other words, there is a real concern that the unbridled advance of AI, without sustainable and regenerative counterbalances, will contradict climate goals and pressure energy infrastructures.

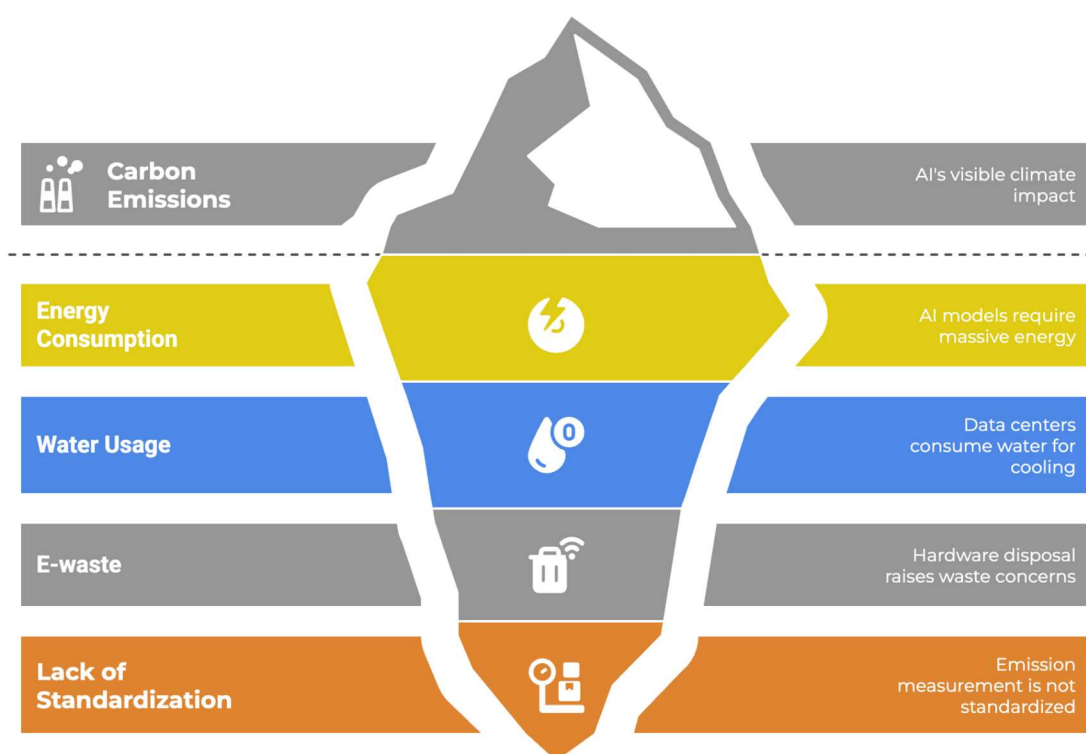


Figure 1 – AI's Environmental Impact.

Source: own elaboration (2025).



Another critical environmental aspect is the consumption of water and natural resources by data centers. Large processing centers consume electricity and use enormous volumes of water for server cooling. Regions already suffering from water scarcity may be impacted if they host computationally intensive AI infrastructures. And the manufacturing and disposal of specialized hardware (like GPUs and other accelerators used in AI) raise concerns about electronic waste (e-waste) and the use of rare earth metals. It is clear: the environmental impacts of AI go beyond carbon, encompassing the entire ecological footprint of the technological supply chain.

The challenge, therefore, lies in reconciling AI innovation with environmental sustainability. Currently, sustainable practices are still incipient in the face of the AI boom. The very measurement of AI system emissions is not standardized, leading to an underestimation of the real footprint (Dora, 2024). Without clear metrics and transparency, it becomes difficult for incubators, startups, or investors to understand the environmental cost of their AI projects. This scenario creates an important gap that demands action; for example, by integrating environmental indicators into technological development (an element that will be included in our ESG-AI matrix).

Before moving on to solutions, it is worth reinforcing that the problem is not insoluble: there are already ways to reduce AI's carbon footprint, which will be explored in Section 3. For now, recognizing the scale of the impact is fundamental: training a single large-scale AI model can emit up to 284 tons of CO₂, according to a 2019 UMass study; a volume almost five times greater than the emissions of an average car over its entire lifespan, including manufacturing. This disparity has led experts to question why ways to reduce this footprint are not discussed more emphatically. AI-driven innovation has an alarming ecological cost, which requires innovative countermeasures so that technological progress does not come at the planet's expense.

3.2 Social Dimension: biases, equity and inclusion.

In the social dimension, the challenges of AI in ecosystems primarily concern the fairness and equity of systems, as well as impacts on social cohesion and inequalities, as synthesized



in Figure 2. One of the most discussed problems is algorithmic bias; the tendency of AI systems to reproduce prejudices present in training data or design choices (Silva, 2024; Cozman; Kaufman, 2022). We know that in innovation contexts, where startups experiment with AI in various applications (human resources, finance, health, security, etc.), there is a risk of scaling biased solutions if the issue is not addressed from the outset.

Emblematic examples abound. A notorious case occurred in 2018 when Amazon developed an AI system for screening resumes and it was discovered that the algorithm discriminated against women in hiring, as it was trained on historical data dominated by men in the tech field (Dastin, 2022). The result was the assignment of lower scores to female candidates, violating basic principles of equal opportunity. Another frequently cited incident is that of the COMPAS system in the US: an AI used in courts to predict recidivism risk that was found to be more likely to label Black defendants as high-risk compared to white defendants, contributing to racial disparities in the judicial system (Engel; Linhardt; Schubert, 2024).

Although these cases occurred abroad, they illustrate universal problems of bias that can be replicated anywhere, including Latin America, if caution is not exercised. In Brazil, we have already faced practical examples of algorithmic racism: facial recognition systems used by the police in cities like Rio de Janeiro have disproportionately erred with Black people. In 2024, for example, a Black female public servant was mistakenly identified as a fugitive by a facial recognition software during an event; a clear case where the technology failed and caused embarrassment, raising criticism that such systems "do not adequately recognize the Black phenotype," perpetuating racial biases (Dutra, 2024). This episode highlights how the lack of diversity in data and AI testing can turn public safety tools into instruments of injustice and discrimination.

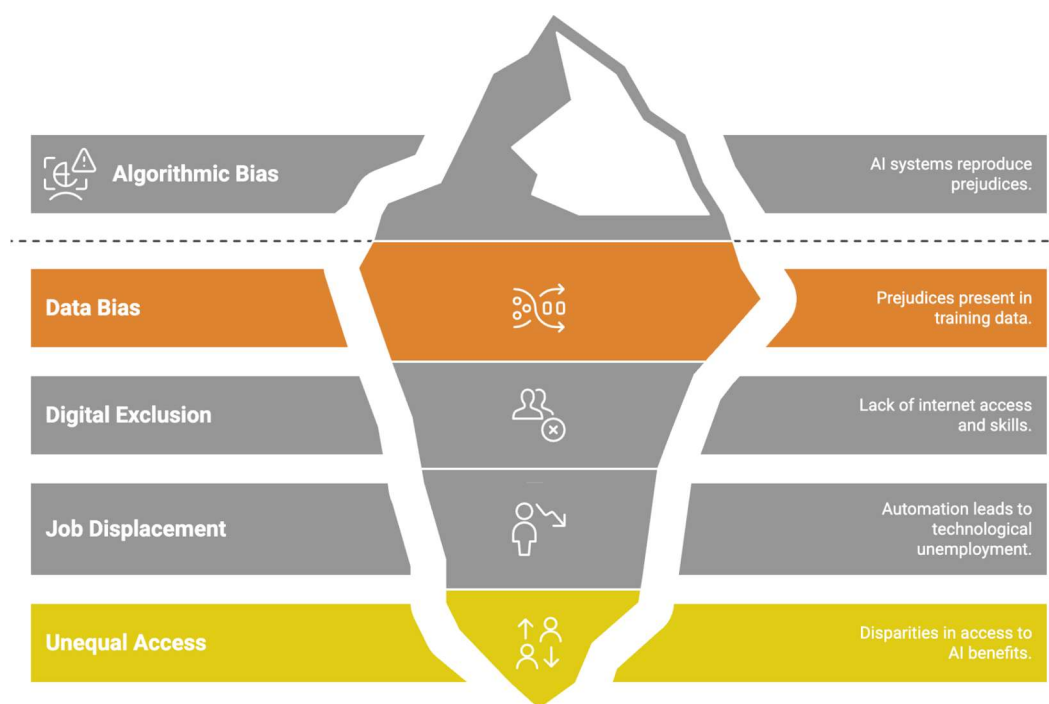


Figure 2 – AI's Social Impact.

Source: own elaboration (2025).

In addition to biases related to race or gender, AI can amplify other social inequalities. Credit algorithms, if trained on historical data, may deny loans to certain minority groups more frequently, even if they have financial profiles similar to majority groups, by reflecting pre-existing disparities (De Castro Vieira et al., 2025). Similarly, selection or dynamic pricing systems can harm residents of certain regions, reinforce stereotypes, or even spread disinformation, undermining social cohesion. In other words: without safeguards, AI can perpetuate and scale prejudices, rather than promoting inclusion.

Another critical social component is digital exclusion and its implications in the face of AI's advancement. Brazil and other Latin American countries still live with a significant digital divide: according to a 2022 survey, about 36 million Brazilians do not have internet access, with the most excluded groups being Black people, the elderly (60+), and low-income individuals from classes D/E (Rodrigues, 2023). This means that a huge portion of the population does not even enjoy basic digital services (let alone existing innovations). Even among those who are connected, there are disparities: the majority (62%) access the



internet only by cell phone, often with limited mobile connections. This scenario implies that AI solutions (often developed for broadband environments and multiple devices) may not reach or be suitable for the most vulnerable segments. There is a risk of creating a cycle where communities without digital access are left on the sidelines of benefits (e.g., they cannot use an AI assistant for education or employment) and, at the same time, are disproportionately affected negatively (such as by automated decisions made without their knowledge or ability to contest) (De Moura et al., 2020).

Another example is the adoption of these systems in public services. If governments implement exclusively automated service systems or intelligent medical appointment scheduling, citizens without digital access or technological literacy may be left behind in accessing basic rights. In this, digital inclusion becomes an integral part of the social challenge we face: it is not enough for the technology to be equitable in its internal functioning; its access and benefits must be distributed fairly.

In terms of innovation ecosystems, this means that hubs and accelerators need to consider for whom solutions are created and who can use them, encouraging innovations that also meet the needs of marginalized populations.

Finally, another emerging social topic is the impact of AI on work and labor relations. The intelligent automation that promises productivity gains also generates fears of technological unemployment in many sectors (Monteiro, 2023). Global estimates (such as those from the World Economic Forum) suggest that while AI is expected to create millions of new jobs, it will also transform or eliminate traditional occupations, requiring large-scale reskilling of workers. In Brazil, a Deloitte study pointed out that repetitive and manual functions (from machine operators to back-office analysts) will face significant challenges with the diffusion of AI by the current year (2025) (Deloitte, 2024). This is a social and economic challenge that demands from innovation ecosystems a deep and systemic awareness of the effects (on the workforce) of the AI products and services they incubate, invest in, or accelerate. The transition must be accompanied by education and training strategies so that the technological revolution does not deepen unemployment or precarity, but rather paves the way for more qualified jobs and a fair redistribution of productivity gains.



3.3 Governance dimension: opacity, privacy, and accountability

The third strand of challenges corresponds to the governance of AI, encompassing ethical, legal, and management aspects that must be addressed for responsible use (Dafoe, 2018), as synthesized in Figure 3. In innovation ecosystems, which are dynamic environments with companies experimenting with new business models, governance issues can be overlooked in the rush to scale technologies quickly. However, ignoring them can lead to serious risks, both for users and for the organizations themselves (Ribeiro; Eloi; Rodrigues, 2025). Three major themes emerge in this pillar: algorithmic transparency (or its lack, opacity); privacy and data protection; and accountability for automated decisions.

Algorithmic opacity refers to the difficulty (sometimes impossibility) of understanding how AI systems, especially those based on machine learning (ML) and deep neural networks, reach their conclusions (Argôlo dos Santos; Almeida Santos, 2024). Unlike traditional software programmed line by line, ML models learn complex patterns from data, often resulting in a kind of "black box" whose internal logic is not easily explainable even by the developers. This lack of explainability becomes problematic when AI is used in sensitive applications; for example, to decide on a bank loan, diagnose a disease, or even moderate online content. Users and affected parties have the right to know the reasons behind automated decisions, but if the system is opaque, how can this right be ensured? Opacity undermines trust and hinders the identification of errors or internal biases. In innovation, it can also disrupt collaborations: imagine a startup (that uses AI in its services) wanting to sell its solution to a large corporate client that demands transparency in its algorithms; if the startup cannot provide clear explanations, the deal may not succeed.

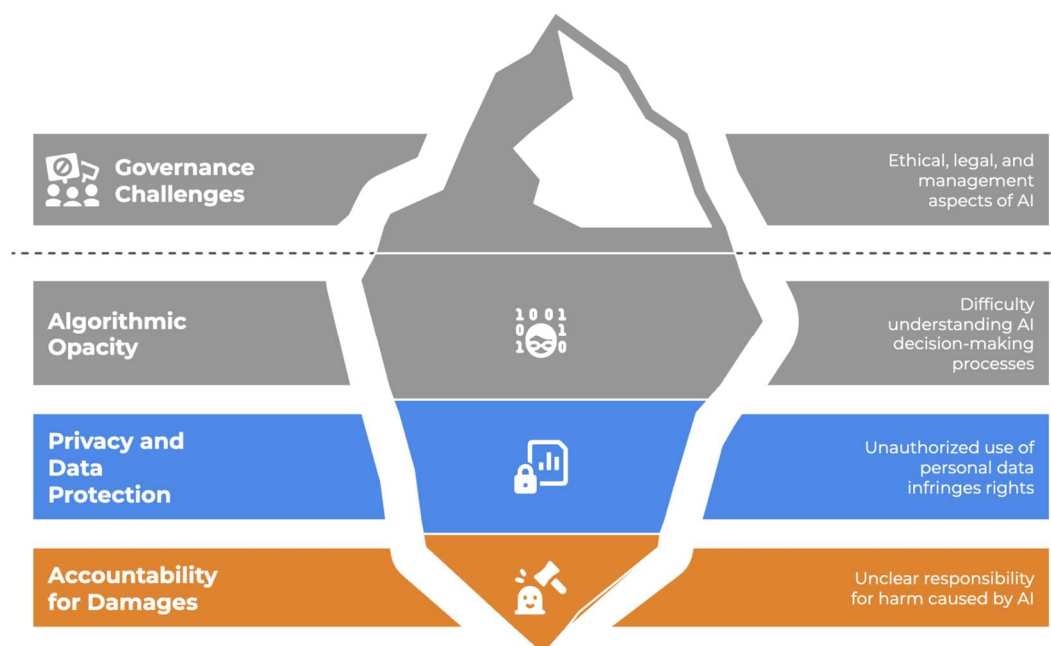


Figure 2 – AI's Governance issues.

Source: own elaboration (2025).

Not surprisingly, transparency and explainability are principles advocated in regulation proposals worldwide. The European Union, in the draft of its AI Act, provides that high-risk systems must have some level of explainability and documentation of how they work (Wagner; Borg; Runeson, 2023). In Brazil, recent bills also emphasize this point (Mourão; Resende, 2022). The lack of transparency is closely linked to the biases discussed in the social section: without access to the databases and criteria, it is difficult to audit an AI to check for discrimination. Therefore, regulatory proposals tend to require the right to an explanation and the possibility of independent auditing of algorithms.

However, implementing transparency is not trivial, especially in complex technologies like deep neural networks, where making every calculation traceable and intelligible is a scientific and technical challenge. Herein lies a dilemma between innovation vs. explanation: does requiring full transparency slow down development? Or, on the contrary, does it stimulate it to be better and more reliable? This tension appears, for example, in discussions about trade secrets: companies sometimes claim that detailing the functioning of their algorithms infringes on intellectual property, which conflicts with the social demand for auditable algorithms.



Another component of utmost importance for governance is privacy and personal data protection. Much of current AI depends on big data: enormous datasets often derived from people's information (online behaviors, medical histories, images, etc.). The unauthorized or irresponsible use of this data infringes on fundamental rights. Brazilian legislation has already taken important steps in this field with the General Data Protection Law (LGPD), in effect since 2020, which establishes principles for the collection and processing of data (Brasil, 2018). The LGPD and similar regulations (like the European GDPR) directly address the use of automated decisions, requiring companies to inform individuals when an algorithm is used and offering citizens the right to contest decisions made exclusively by AI. This has practical implications: a fintech incubated in an innovation hub, for example, cannot simply deny credit via an automated model without informing the customer and without providing channels for human review, under penalty of violating the law. Privacy also involves data security: AI systems must protect sensitive information against leaks and malicious uses. Cases of privacy breaches involving AI (such as virtual assistants that inadvertently record conversations, or facial recognition systems accessing images without consent) receive wide negative attention and shake public trust (Silva; Malta; Vasconcelos, 2022). Therefore, legal and ethical compliance in data handling is not optional: it is a survival requirement for any business that uses artificial intelligence and intends to scale in markets that value privacy.

The third piece of governance is accountability for results and damages caused. This theme boils down to the question: if an AI system causes harm or violates someone's rights, who is responsible? In traditional software, if there is a code error, responsibility typically falls on who provided/operated the system. However, with artificial intelligence systems, especially if they have a high level of autonomy or learn unexpected behaviors, there are complex debates (Novelli; Taddeo; Floridi, 2024). Developers, corporate users, and even the AI itself (within the limits of legal possibilities) could be held responsible. This lack of definition creates legal risks and a brake on innovation: companies may hesitate to adopt AI fearing future litigation.

On the other hand, not defining responsibility leaves victims unprotected. Bills in Brazil and other countries are already facing this difficulty (Pinto, 2020). Many proposals lean



towards making it clear that responsibility is always human, whether it be the developer (for creating a faulty system) or the operator (for using it in an inappropriate context). But determining in practice who, specifically, is responsible can be difficult; imagine a consortium that develops an AI, a startup that adapts it, and an end client that implements it incorrectly: the attribution of blame can lie at different layers and turn into an intense legal battle.

Linked to this is the need for accountability mechanisms adapted to AI: independent audits, certifications, specialized regulatory bodies. The opacity mentioned earlier complicates the attribution of responsibility: if we do not understand the cause of a system's decision, how can we prove the causal link of a harm? Hence the importance of records and logs, and of tools that allow "opening the black box" when necessary. This is an evolving field, with concepts like accountable AI and algorithmic auditing gaining ground.

In the Brazilian public sector, bodies like the TCU (Federal Court of Accounts) are already signaling concerns and the need for oversight (TCU, 2024a). In 2024, the TCU evaluated AI law proposals and warned that excessively burdensome governance measures could make startups unviable, but at the same time acknowledged that it is fundamental to guide the responsible development of the technology and strengthen the Brazilian AI Strategy with effective guidelines (Conselho Digital, 2024; TCU, 2024b). This TCU analysis highlights the delicate balance that must permeate governance: protecting society and rights, without stifling innovation in emerging ecosystems.

After mapping the challenges, we now turn to examining how Brazil and neighboring countries have responded to them, and what advances already exist to inspire us.

3.3 An ESG-AI matrix for innovation ecosystems

Artificial intelligence regulation in Brazil and Latin America has evolved swiftly, reflecting a regional effort to reconcile innovation with ethics, transparency, and sustainability. Brazil's policy trajectory began with the Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA) of 2021, which set ethical and legal principles across axes such as data governance, public security, and socio-economic inclusion (MCTI, 2021; de Souza Mello Filho & de



Souza Vieira, 2024). Building on this foundation, the 2024 Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) expanded the scope to five structural pillars: AI infrastructure, training, public services, industrial innovation, and governance; anchored in an investment plan of roughly R\$23 billion (MGI, 2025). This participatory strategy aligns with global sustainability imperatives by funding renewable energy-powered data infrastructures and promoting language models in Brazilian Portuguese to reduce cultural dependency.

Legislatively, Brazil has advanced through Bill No. 2338/2023, a comprehensive AI regulatory framework defining principles of human rights, transparency, accountability, and non-discrimination, while introducing a layered risk approach to manage AI systems (Senado Federal, 2023; Agência Senado, 2024). Still under review by the Chamber of Deputies, the bill complements the LGPD by expanding governance beyond privacy into algorithmic accountability. Yet, the Tribunal de Contas da União (TCU) cautioned that its current draft may overemphasize regulation at the expense of innovation (Conselho Digital, 2024). Complementary policies, such as the Marco Civil da Internet (Law 12.965/2014), continue to provide ethical anchors (freedom, privacy, and net neutrality) under the oversight of the Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD), which is now moving toward an AI-specific regulatory sandbox on data protection (Flórez Rojas, 2025).

At the regional level, multiple Latin American countries have introduced comparable strategies. Chile's Política Nacional de Inteligencia Artificial (2021) foregrounds ethics, governance, and social impact (Arancibia et al., 2022), while Uruguay, Colombia, and Mexico have each incorporated principles for trustworthy and inclusive AI ecosystems (Benítez & Ruvalcaba-Gómez, 2023; Lawgorithm, 2025). The UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence (2021), ratified by over 190 member states including Brazil, defines a shared ESG-aligned foundation emphasizing environmental impact, equitable access, and algorithmic transparency (UNESCO, 2022). As highlighted by ECLAC (2025), Latin America's AI adoption is accelerating, propelled by supranational frameworks and a growing awareness of AI's socio-environmental footprint.

Across the continent, AI has begun permeating public administration and justice systems, with Brazil's Supreme Court implementation of VICTOR, an AI system for legal case triage, operating under strict human oversight per national ethics recommendations (de

Jesus Dias et al., 2023). In the private and innovation sectors, ESG-oriented AI sandboxes and funding mechanisms, financed by BNDES, FINEP, and FNDCT, encourage experimentation within ethical boundaries (MCTI, 2021). This cohesive yet polycentric ecosystem demonstrates that AI governance is no longer peripheral policy but an evolving architecture integrating human oversight, sustainable infrastructure, and inclusive innovation throughout Latin America.

Therefore, based on everything discussed, we propose an ESG-AI Matrix as a framework to guide stakeholders (technology parks, hubs, accelerators, incubators, among other innovation habitats) in integrating the Environmental, Social, and Governance dimensions into their activities involving AI.

This matrix, as indicated in Table 1 below, is essentially a table that cross-references each ESG pillar with the main areas of application or action within an innovation ecosystem. The goal is to highlight what should be considered and done in each dimension so that AI innovation is responsible and aligned with sustainable values.

Table 1 - An ESG-AI Matrix For Innovation Ecosystems

Lifecycle Phase	Environmental (E)	Social (S)	Governance (G)
Planning & Policies	• Green IT policies (renewable energy, CO₂ offsetting) • Mandatory emission reduction targets for stakeholders • Incentives (discounted cloud/infra) for those adopting sustainable practices.	• Charter of responsible AI principles based on human rights • Anti-discrimination contractual clauses; programs to attract diverse entrepreneurs.	• Code of techno-ethical conduct • Transdisciplinary AI Ethics Committee • Systematic monitoring of LGPD and regulatory frameworks.



AI Project Development	• Energy benchmarking before model selection • Efficient AI frameworks, use of optimized servers.	• Representative databases; mandatory bias testing with open-source tools • User-centered design with participation from multiple profiles.	• Mandatory documentation (datasheets, model cards) and ethical risk analysis • Privacy by design and an "ethical checklist" before go-live.
	• Continuous measurement of energy and CO₂ emitted per workload • Annual carbon footprint reports for the ecosystem; circular economy for hardware.	• Feedback and bias reporting channels; satisfaction and error indicators by demographic group • Rapid correction when metrics deviate.	• Auditable logs and basic explainability for users • Compliance indicators (no. of audits, active policies) and violation response plans.
Culture & Education	• "Green AI" workshops; carbon-neutral events • Integration of UN SDGs as values.	• Training on ethics and bias for teams • Social hackathons, public recognition for high-impact projects.	• Legal/ethical mentoring; dissemination of internal case studies (successes and failures) • Annual ESG-AI report from the stakeholder for accountability.

Source: own elaboration (2025).



The categories defined as "Lifecycle Phases", namely Planning & Policies, AI Project Development, Operation & Monitoring, and Culture & Education, were observed and identified as essential stages for innovation ecosystems during the literature review.

It is important to note that this matrix does not pretend to be exhaustive or to cover all necessary elements for responsible AI. Instead, it serves as an initial artifact designed to provide a cohesive starting point for building more assertive approaches to AI governance within innovation ecosystems and for shaping effective public policies. Its purpose is to foster a practical and systematic alignment of technological innovation with environmental, social, and governance imperatives.

4 CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

This paper addressed the need to align the rapid advancement of AI with sustainable development principles within innovation ecosystems, using the ESG approach. Faced with significant environmental, social, and governance challenges: from the carbon footprint of large models to algorithmic bias and regulatory opacity; the development of responsible AI is no longer optional but a requirement for sustainable technological progress. The central contribution of this work is the ESG-AI Matrix, a propositional artifact designed to bridge the gap between abstract ethical principles and concrete operational practices.

Theoretically, this study contributes by providing a structured framework that systematically links the often-siloed discussions of AI ethics with the established, measurable pillars of ESG. The matrix offers a unified conceptual language for analyzing and managing the various impacts of AI. Practically, its primary implication is providing a tangible, actionable roadmap for stakeholders within innovation ecosystems. For startups, accelerators, and tech parks, the matrix serves as an operational guide to integrate environmental, social, and governance criteria throughout the entire AI project lifecycle, from planning and development to monitoring and education.

For managers and ecosystem leaders, the ESG-AI Matrix is a strategic tool for de-risking innovation. By proactively addressing ESG concerns, organizations can mitigate regulatory



and reputational risks, enhance their appeal to socially conscious investors, and build greater trust with users and society.

Adopting this framework helps position the multiple actors (universities, government, startups, innovation hubs, etc.) at the forefront of a society that increasingly demands technology that is not only intelligent but also ethical, equitable, and sustainable. It transforms ESG from a compliance burden into a source of competitive advantage and long-term value creation.

This study's primary limitation is that the ESG-AI Matrix is a conceptual artifact derived from a comprehensive literature review. While grounded in existing frameworks and identified challenges, it has not yet been empirically validated in a real-world innovation ecosystem.

Future research should, therefore, focus on the practical application and testing of the matrix through case studies in different innovation habitats (e.g., accelerators, technology parks). This would allow for the refinement of the matrix and the development of quantitative metrics to assess its effectiveness in improving the ESG performance of AI projects. Further studies could also adapt the matrix for specific high-impact sectors, such as fintech or healthtech, creating specialized versions to address their unique ethical and regulatory landscapes.



REFERENCES

- Agência Senado. (2024, 10 de dezembro). Senado aprova regulamentação da inteligência artificial; texto vai à Câmara. <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/12/10/senado-aprova-regulamentacao-da-inteligencia-artificial-texto-vai-a-camara>
- Arancibia, D., Contreras, M., Pérez, M., & Valdivia, G. (2022). Política Nacional de Inteligencia Artificial. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- Argôlo dos Santos, P., & Almeida Santos, J. (2024). Os desafios da regulamentação da Inteligência Artificial (IA) no Brasil em relação a alguns países desenvolvidos. *Revista FSA*, 21(6).
- Benítez, V. H. G., & Ruvalcaba-Gómez, E. A. (2023). Análise das estratégias nacionais de inteligência artificial na América Latina: estudo das abordagens ética e direitos humanos. *Revista Brasileira de Direitos Fundamentais & Justiça*, 20(50).
- Camasta, F. D., & Vallejo, R. G. (2025). Inteligencia artificial, sostenibilidad e impacto ambiental. Un estudio narrativo y bibliométrico. *Región Científica*, 4(1), 1.
- Conselho Digital. (2024, 25 de abril). TCU publica relatório sobre os riscos da regulação da Inteligência Artificial no Brasil. <https://conselhodigital.org.br/2024/04/tcu-publica-relatorio-sobre-os-riscos-da-regulacao-da-inteligencia-artificial-no-brasil/>
- Cozman, F. G., & Kaufman, D. (2022). Viés no aprendizado de máquina em sistemas de inteligência artificial: A diversidade de origens e os caminhos de mitigação. *Revista USP*, (135), 195-210.
- Dafoe, A. (2018). AI governance: A research agenda. Governance of AI Program, Future of Humanity Institute, University of Oxford.
- Dastin, J. (2022). Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. In *Ethics of data and analytics* (pp. 296-299). Auerbach Publications.
- De Castro Vieira, J. R., de Souza, J. A., & de Oliveira, R. C. (2025). Towards fair AI: Mitigating bias in credit decisions—A systematic literature review. *Journal of Risk and Financial Management*, 18(5), 228.
- De Jesus Dias, S. A., de Oliveira, L. C., & da Silva, M. A. (2023). Inteligência artificial e redes de colaboração: O caso Victor, IA do Supremo Tribunal Federal. *Revista Contemporânea*, 3(7), 7608-7635.
- De Moura, L. M. F., de Oliveira, M. A., & da Silva, J. B. (2020). Exclusão digital em processos de transformação digital: Uma revisão sistemática de literatura. *Gestão.Org*, 18(2), 198-213.
- De Souza Mello Filho, R., & de Souza Vieira, R. (2024). Estratégia brasileira de inteligência artificial (EBIA): avanços na cidadania a partir das aplicações no poder público. In *Anais do 6º Seminário Internacional em Direitos Humanos e Sociedade*.
- Deloitte. (2024, julho). G20 2024 readiness report: AI powered transformation. https://www.ioe-emp.org/fileadmin/ioe_documents/publications/Other%20International%20Organisations/G20/EN/20240715_FINAL_G20_2024_Readiness_Report_AI_Powered_Transformation.pdf

Dora, S. (2024). AI has a large and growing carbon footprint, but there are potential solutions on the horizon. The Conversation.

Dutra, D. (2024, 11 de julho). Mulher é confundida com foragida por sistema facial da PM: 'Racismo'. UOL Notícias. <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/07/11/reconhecimento-facial-confunde-servidora-publica-com-foragida.htm>

Engel, C., Linhardt, L., & Schubert, M. (2024). Code is law: How COMPAS affects the way the judiciary handles the risk of recidivism. *Artificial Intelligence and Law*, 1-22.

Flórez Rojas, M. L. (2025). The Shaping of AI Policies in Latin America: A Study of International Influence and Local Realities. In *Public Governance and Emerging Technologies: Values, Trust, and Regulatory Compliance* (pp. 263-287). Cham: Springer Nature Switzerland.

Government of Canada. (2024). Algorithmic impact assessment tool. Retrieved July 27, 2025, from <https://www.canada.ca/en/government/system/digital-government/digital-government-innovations/responsible-use-ai/algorithmic-impact-assessment.html>

Lawgorithm. (2025). Atos regulatórios – Inteligência Artificial. Retrieved July 27, 2025, from <https://www.lawgorithm.org.br/atos-regulatorios-de-inteligencia-artificial>

Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. (2018). Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm

MGI – Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. (2025, 9 de setembro). Ministra Esther Dweck afirma que o Brasil está investindo R\$ 23 bilhões em inteligência artificial. <https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/noticias/2025/se/ministra-esther-dweck-afirma-que-o-brasil-investira-r-23-bilhoes-em-inteligencia-artificial>

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). (2021). Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA). Secretaria de Empreendedorismo e Inovação. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinteligenciaartificial/ebia-documento_referencia_4-979_2021.pdf

Monteiro, M. A. (2023). O impacto dos algoritmos nas relações laborais: Uma nova fonte de discriminação [Dissertação de mestrado, Iscte - Instituto Universitário de Lisboa]. Repositório do Iscte. <http://hdl.handle.net/10071/29898>

Mourão, L., & Resende, M. B. (2022). Regulação da Inteligência Artificial no Brasil. *Novas Leis*, 185.

Müller, N. (2023, 8 de agosto). Como a inteligência artificial prejudica o meio ambiente. DW. <https://www.dw.com/pt-br/como-a-intelig%C3%Aancia-artificial-prejudica-o-meio-ambiente/a-66475717>

Novelli, C., Taddeo, M., & Floridi, L. (2024). Accountability in artificial intelligence: what it is and how it works. *AI & Society*, 39(4), 1871-1882.

OpenAI. (2018, 16 de maio). AI and compute. OpenAI. <https://openai.com/index/ai-and-compute/>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). AI principles. <https://www.oecd.org/en/topics/ai-principles.html>



Pinto, H. A. (2020). A utilização da inteligência artificial no processo de tomada de decisões: Por uma necessária accountability. *Revista de Informação Legislativa*, 57(225), 43-60.

Ribeiro, A., Eloi, D. L. C., & Rodrigues, R. V. M. (2025). Transparência e ética no uso de IA generativa. *Revista Base Científica*, 3.

Rodrigues, J. (2023, 1 de setembro). Desconectados: 36 milhões de pessoas sem internet refletem a desigualdade no Brasil. *Brasil de Fato*.
<https://www.brasildefato.com.br/2023/09/01/desconectados-36-milhoes-de-pessoas-sem-internet-refletem-a-desigualdade-no-brasil/>

Secundo, G., Rippa, P., & Mele, G. (2024). The transformative power of artificial intelligence within innovation ecosystems: A review and a conceptual framework. *Review of Managerial Science*, 1-32.

Senado Federal. (2023). Projeto de Lei nº 2338, de 2023.
<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>

Silva, A. A. D. (2024). Vieses em modelos de redes neurais do setor financeiro: Uma análise comparativa entre sistemas de IA no Brasil e de Portugal [Tese de doutorado, Universidade de Coimbra].

Silva, D., Malta, M. C., & de Vasconcelos, P. A. D. S. (2022). Desafios da privacidade nos assistentes virtuais pessoais. *Cadernos de Investigação do Mestrado em Negócio Eletrónico*, 2.

Soares, T. T. N. G., & Santos, I. M. R. (2025). A governança da Inteligência Artificial: Regulamentações e práticas éticas. *Caderno Virtual*, 1(62).

Tribunal de Contas da União (TCU). (2024a). Acórdão nº 616/2024 – Plenário.
https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/*/KEY%253AACORDAO-COMPLETO-2648855/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0

Tribunal de Contas da União (TCU). (2024b, 24 de abril). Riscos da regulação da Inteligência Artificial no Brasil: Possíveis impactos na Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EbIA).
<https://portal.tcu.gov.br/data/files/3A/54/45/60/128CE810943E72C8E18818A8/Sumario%20executivo%20-%20Riscos%20da%20regulacao%20da%20IA%20no%20Brasil.pdf>

UNESCO. (2022). Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial (Documento SHS/BIO/PI/2021/1).

Wagner, M., Borg, M., & Runeson, P. (2023). Navigating the upcoming European Union AI act. *IEEE Software*, 41(1), 19-24.

Submissão à SBGC em 27/07/2025.

Avaliação (cega) em 07/08/2025

Aprovação em 15/08/2025

Comitê Revisor: Profª Dra. Ingrid Weingärtner Reis (UTPL) e Prof. Dr. Fabricio Ziviani (UCB/ISCTE)



**GESTÃO DO CONHECIMENTO EM AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA
INDÚSTRIA BRASILEIRA: UM ESTUDO INTEGRATIVO**

*KNOWLEDGE MANAGEMENT IN ENERGY EFFICIENCY ACTIONS IN
BRAZILIAN INDUSTRY: AN INTEGRATIVE STUDY*

Natália Caoduro
naty_paranhos@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-4660-4683>

Daniel Fernandes
daniprotese@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-3768-1148>

Alessandro Alves
alessandro.alves@ufabc.edu.br
<https://orcid.org/0000-0001-9977-8493>

Douglas Cassiano
douglas.cassiano@ufabc.edu.br
<https://orcid.org/0000-0003-4134-5622>



RESUMO

O objetivo deste artigo foi realizar uma revisão sistemática sobre a gestão de conhecimento, relacionando-o a ações de eficiência energética no setor industrial. A metodologia empregada consistiu em uma revisão sistemática da literatura, utilizando o método PRISMA. A pesquisa envolveu a busca de artigos nacionais e internacionais nas bases de dados Scielo, Science Direct e Scopus, publicados entre 2020 e 2025, sendo encontrados 371 artigos, 35 foram revisados de acordo com o escopo da pesquisa e 10 foram selecionados nesta revisão. Os resultados mostraram que a gestão do conhecimento possui formas de conhecimento técnico, de processos e de liderança que auxiliam na melhoria de ações de eficiência energética na indústria. Além disso, a integração de tecnologias como IA, IoT e CPS ajudam na tomada de decisões em tempo real das operações industriais. Por fim, este estudo fornece uma compreensão relacionada à gestão do conhecimento e tecnologias da Indústria 4.0 para auxiliar gestores no aperfeiçoamento dos processos de otimização de energia na indústria.

Palavras-chave: Gestão do conhecimento; Eficiência energética; indústria.

ABSTRACT

The objective of this article was to carry out a systematic review on knowledge management, relating it to energy efficiency initiatives in the industrial sector. The methodology employed consisted of a systematic literature review using the PRISMA method. The research involved searching for national and international articles in the Scielo, Science Direct, and Scopus databases, published between 2020 and 2025. A total of 371 articles were initially identified, 35 were reviewed according to the research scope, and 10 were selected for this review. The results demonstrated that knowledge management encompasses technical, process-related, and leadership knowledge that contributes to improving energy efficiency actions in industry. Additionally, the integration of technologies such as AI, IoT, and CPS supports real-time decision-making in industrial operations. Finally, this study provides insights into knowledge management and Industry 4.0 technologies to assist managers in enhancing industrial energy optimization processes.

Keywords: Knowledge management, Energy efficiency, Industry.



1 INTRODUÇÃO

O setor industrial no Brasil contribui significativamente para o consumo global de energia e de emissões de gases do efeito estufa (Ibn Batouta, Aouhassi, & Mansouri, 2023). De acordo com Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024), a indústria representa 30% do consumo final de energia e quase 40% do consumo de eletricidade do país. Os equipamentos utilizados nas operações diárias dessas instalações, como motores, bombas e compressores, afetam a demanda de energia e os requisitos do sistema elétrico. Vale ressaltar que no setor industrial a eficiência energética e a conservação de energia são conceitos relacionados, mas distintos (Silva *et al.*, 2023). A eficiência energética nas indústrias diz respeito ao uso de tecnologias e ações que permitam realizar a mesma tarefa ou produzir o mesmo resultado utilizando menos energia, ou seja utilizar a energia de forma eficiente. Já a conservação de energia envolve a redução planejada do consumo de energia, muitas vezes pela simples mudança de hábitos e comportamentos, o que muitas vezes está embutido em ações que objetivam o aumento da eficiência energética.

Nesse sentido, com o objetivo de otimizar o consumo de energia nas empresas, várias ações e alternativas têm sido empregadas para maximizar a eficiência energética, diminuir as perdas e preservar a qualidade dos processos. A eficiência energética é mais do que uma prioridade técnica, pois também significa uma mudança da cultura operacional. Esse procedimento apenas pode ser realizado a partir do planejamento prévio, treinamento da equipe e uso de ferramentas de gestão que direcionam a implementação de melhorias. A eficiência na produção de energia afeta tanto o desempenho industrial quanto aumenta a competitividade. Além disso, pode incentivar o desenvolvimento de políticas públicas em distintos setores da economia (Tiburcio *et al.*, 2025)

Diante disso, para que a eficiência energética tenha um planejamento adequado é necessário adotar uma gestão baseada em conhecimento. A Gestão do Conhecimento (GC) é caracterizada por sua natureza interdisciplinar, envolvendo profissionais de diversas áreas,



incluindo Administração, Computação, Ciência da Informação e Educação. A GC distingue por estudos referentes à estrutura das organizações, o conceito e a prática da Tecnologia da Informação e as formas de comunicação (Bem & Ribeiro Júnior, 2006).

As empresas de sucesso reconhecem a relevância do gerenciamento do conhecimento e dedicam tempo e recursos ao processo de GC com os objetivos do negócio. Isso acontece devido a GC ser reconhecida como uma das principais impulsionadoras do sucesso da organização (Bosua & Venkitachalam, 2013).

Sendo assim, considerando a relevância de aprimorar os métodos de eficiência energética e que o conhecimento é um fator-chave para o sucesso operacional da uma empresa, este estudo pretende responder o seguinte problema da pesquisa: Como a gestão do conhecimento pode ser utilizada para melhoria de medidas de eficiência energética na indústria brasileira?

Para responder a essa pergunta, este artigo tem o objetivo de realizar uma revisão sistemática sobre a gestão de conhecimento, relacionando-o a ações de eficiência energética no setor industrial.

Como estratégia da pesquisa, o estudo adotou o método PRISMA que permite um estudo rigoroso, transparente e reproduzível da literatura científica sobre o assunto. Critérios específicos para seleção, fontes de dados confidenciais e técnicas de proteção foram usados para resumir os principais resultados da literatura nacional e internacional.

O embasamento teórico desta pesquisa está alinhado aos princípios da gestão do conhecimento organizacional, especialmente no que diz respeito à criação, transmissão e aplicação do conhecimento nas organizações (Nonaka & Takeuchi, 1997), juntamente com as abordagens técnicas e estratégicas de eficiência energética nas indústrias, baseadas nas diretrizes da *International Energy Agency* (IEA), na ABNT NBR ISO 50001 e nos estudos relacionados ao tema da pesquisa.

1. REFERENCIAL TEÓRICO



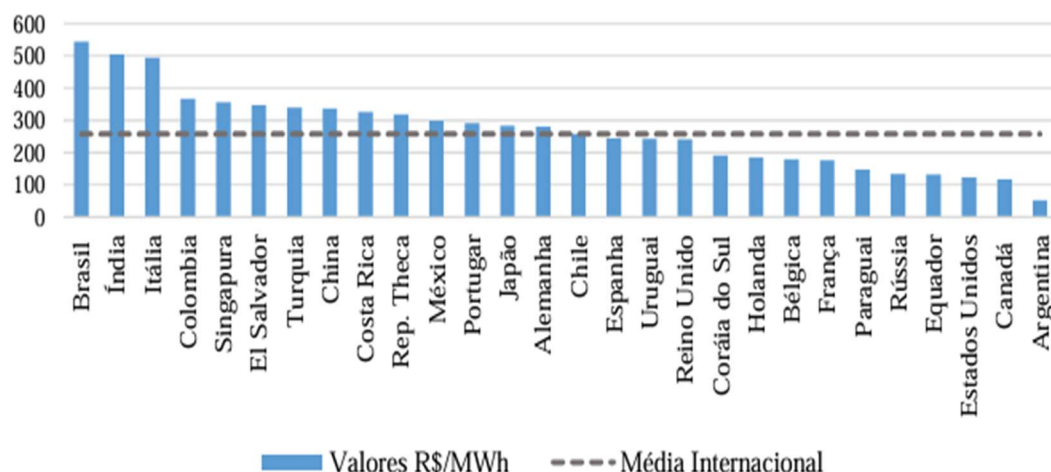
1.1 Impactos do consumo de energia na indústria

O setor industrial no Brasil contribui significativamente para o consumo global de energia e de emissões de gases do efeito estufa (Batouta; Aouhassi & Mansouri, 2023). De acordo com Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024), a indústria representa 30% do consumo final de energia e quase 40% do consumo de eletricidade do país. Os equipamentos utilizados nas operações diárias dessas instalações, como motores, bombas e compressores, afetam a demanda de energia e os requisitos do sistema elétrico.

A eletricidade é um insumo imprescindível nas operações industrial e fundamental no funcionamento normal de máquinas, sistemas e processos produtivos. Todavia, o uso de forma excessiva e desordenada de eletricidade pode levar a sérios efeitos negativos, como elevação de despesas operacionais, desperdício de recursos e aumento dos danos ambientais (Tiburcio *et al.*, 2025).

Na área industrial, o custo da eletricidade representa umas das principais despesas associadas ao processo e, devido baixa ocorrência de chuvas e o crescimento da demanda das termelétricas brasileiras, espera-se que esse gasto também aumente. Viana (2019) apresenta um estudo da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) com dados de 28 países diferentes revela que o Brasil é o país com a maior receita por megawatt-hora, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 - Custo da energia elétrica para o setor industrial



Fonte: Viana (2019)

Diante do cenário apresentado, as indústrias brasileiras precisam intensificar a procurar por metodologia e ações de eficiência energética ou modelos de gestão de energia para aprimorar a eficiência do seu consumo de energia, reduzir impactos ambientais, diminuir custos e, consequentemente, aumentar a competitividade (Viana, 2019).

1.2 Eficiência energética

A eficiência energética é definida de acordo com a o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) como sendo “ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos”. Tiburcio *et al.* (2025 p. 6) complementa que “a eficiência energética tem como objetivo utilizar a energia de forma otimizada, sem comprometer a produtividade, por meio da adoção de tecnologias modernas, automação e melhorias nos sistemas industriais”.

A IEA (2017) destaca a eficiência energética como crucial para a transição energética, considerando-a o único recurso econômico abundante em todos os países.



Nesse contexto, políticas eficazes de eficiência energética são fundamentais para atingir objetivos como a redução de custos, o enfrentamento das mudanças climáticas, a diminuição da poluição local e a melhoria da segurança energética.

Além disso, a eficiência energética é essencial para a minimização dos gases de efeito estufa e a mitigação das mudanças climáticas (Kermeli, Graus, & Worrell, 2014). Para Lackner (2012), trata-se da menor quantidade de energia necessária para fornecer o mesmo nível de serviço, sendo aplicável tanto a consumidores residenciais quanto industriais e alcançáveis por meio de tecnologias mais eficientes, melhorias de processos ou mudanças comportamentais.

A implementação de métodos e programas de eficiência energética é considerada uma das soluções mais eficazes em curto prazo para os desafios energéticos. A redução de custos com energia e o desperdício tem impulsionado a gestão de energia, conforme definida pela ABNT NBR ISO 50001, como um caminho potencial para alcançar a eficiência, especialmente no setor industrial (Cusa, Viana, & Torres, 2017). Com isso, a quantidade de energia usada é importante para atingir as metas de cuidado com o meio ambiente e ajudar no crescimento econômico e social. Seus benefícios são segurança de energia, corte de gastos e efeitos positivos na economia (IEA, 2017).

Para que a eficiência energética seja introduzida com êxito nas empresas, é preciso alinhá-la à cultura da empresa, envolvendo todos os níveis organizacionais. Assim, criar uma cultura de sucesso depende de uma equipe que planeja, foca na redução do desperdício e toma decisões baseadas em dados científicos.

A comunicação dos resultados e o engajamento são fundamentais, e a implementação de regras claras e treinamentos fortalece a eficiência energética como um conceito organizacional (Tiburcio *et al.*, 2025).

1.3 Gestão do conhecimento

“A gestão do conhecimento é um processo que ajuda as organizações a identificarem, selecionarem, organizarem e transferirem informações importantes e experiências que



fazem parte da memória organizacional” (Turban & Volonino, 2013 p. 312). Nonaka e Takeuchi (1995) afirmam que a gestão do conhecimento é o processo de integrar, reconhecer, gerenciar e compartilhar todas as informações pertinentes sobre a empresa, o propósito é promover o aprendizado e a inovação por meio do uso de decisões baseadas no conhecimento.

A gestão do conhecimento, de acordo com Gonzalez e Martins (2017), possui quatro etapas distintas: 1) Aquisição; 2) Armazenamento; 3) Distribuição; e 4) Utilização do conhecimento adquirido. A aquisição de conhecimento é a primeira etapa e consiste na criação interna e obtenção de conhecimento de fontes externas, como organizações e universidades. A segunda etapa, armazenamento de conhecimento, visa preservar o conhecimento organizacional, tanto de forma formal (em sistemas físicos) quanto informal (através da cultura e normas da organização).

A terceira etapa é a distribuição do conhecimento, ou seja, o compartilhamento de informações dentro da organização para gerar novos aprendizados e melhorar processos. Por fim, a utilização do conhecimento envolve aplicar o conhecimento existente buscando inovar e apoiar a formulação de estratégias organizacionais, garantindo sua eficácia. Essas etapas são essenciais para o crescimento, desenvolvimento e sustentabilidade da organização (Gonzalez e Martins, 2017).

Martins (2023) menciona que um dos objetivos da gestão do conhecimento é utilizar o conhecimento dentro da organização, o que implica que a organização deve garantir o uso de todo o conhecimento existente e compartilhado por meio dos processos empregados no processo de gestão. Entretanto, as etapas do GC não garantem que o conhecimento seja incorporado às atividades diárias da empresa. Consequentemente, os recursos devem ser alocados de forma eficaz à organização e aos seus objetivos. Assim, a GC não deve se concentrar apenas em reconhecer e manter o conhecimento dentro da organização, mas também em aplicá-lo à prática. As etapas do processo de Gonzales e Martins (2017) estão documentadas, o que esclarece que os envolvidos na gestão e transmissão do conhecimento devem estar cientes disso, pois facilita todo o processo (Vieira, 2024).



2. METODOLOGIA

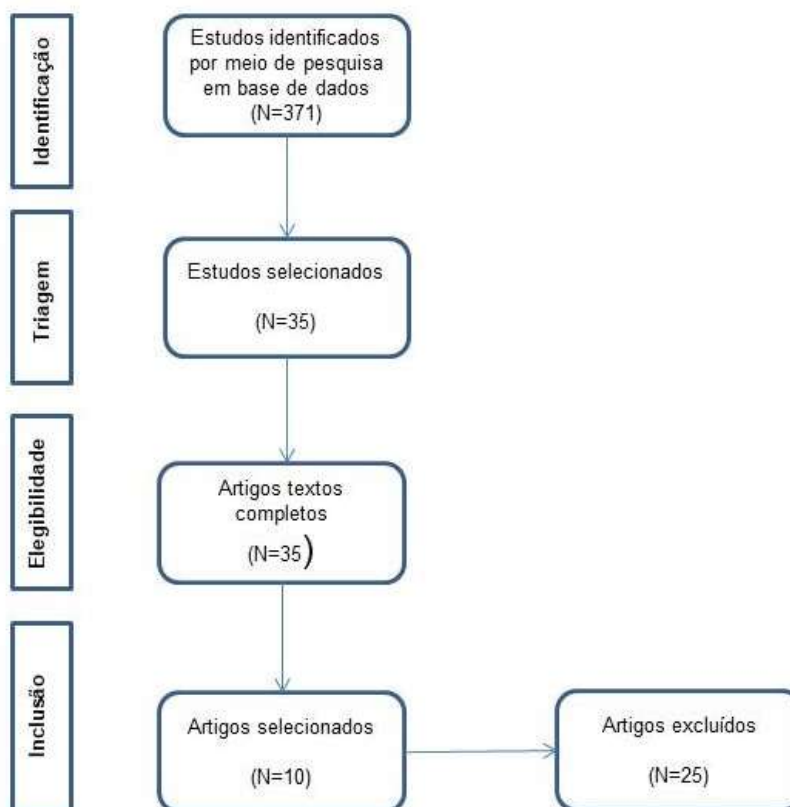
A metodologia empregada neste estudo consiste em uma abordagem qualitativa a partir de uma revisão sistemática da literatura. Gerhardt e Silveira (2009) definem uma pesquisa qualitativa como não preocupada com resultados numéricos, mas sim com o aumento do conhecimento do assunto.

Para Donato e Donato (2019), os quatro critérios necessários para uma revisão sistemática são: a) devem ser extensos: toda a literatura relevante na área deve ser incluída; b) um rigor metodológico deve ser seguido; c) a questão de pesquisa deve ser definida, um protocolo deve ser escrito e a literatura deve ser coletada, rastreada e comprovada. Uma revisão sistemática é abrangente, pois encontra todos os artigos relevantes sobre o assunto e está completamente documentada. Assim, é crucial que uma estratégia de pesquisa seja desenvolvida com extremo cuidado para encontrar todos os artigos potencialmente relevantes e ter essas pessoas participando da triagem de artigos e da remoção de dados.

Nesse sentido, esta revisão sistemática utiliza como suporte o método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis), uma versão atualizada das recomendações QUORUM (qualidade do relato de meta-análises) (Padula *et al.*, 2012). As recomendações PRISMA consistem em uma lista de verificação com 27 itens, explicitamente descrita e ilustrada e um fluxograma dividido em quatro fases (Liberati *et al.*, 2009).

De acordo com Nascimento, Canteri e Kovaleski (2019) segundo as recomendações desse método, a pesquisa foi dividida em quatro fases: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, sendo a metodologia empregada apresentada no fluxograma da figura 2.

Figura 2 - Fluxograma da pesquisa baseado no método PRISMA.



Fonte: adaptado de Nascimento; Canteri; Kovalski (2019).

Na etapa de identificação, os artigos científicos foram pesquisados nas bases de dados Scielo, Science Direct e Scopus. Para a realização da pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chave em português e inglês: Gestão do conhecimento, eficiência energética e, indústria brasileira; Knowledge management and energy efficiency and Brazilian industry, conforme mostra o quadro 1. Os artigos encontrados por meio das palavras-chave foram refinados por ano, sendo considerados os estudos publicados entre 2020 e 2025. Na etapa de triagem, os artigos foram selecionados por meio da leitura dos títulos e resumos. Já na etapa de elegibilidade os artigos foram lidos na íntegra, e aqueles que abordavam o tema proposto foram incluídos na análise qualitativa deste estudo.

**Quadro 1** – Relação de bases de dados, palavras-chave quantidade de artigos encontrados

Base de dados	Palavras-chave	Identificação
Scielo	Gestão do conhecimento, eficiência energética e, indústria brasileira	2
Science Direct	Knowledge management and energy efficiency and Brazilian industry	132
Scopus	Knowledge management and energy efficiency and Brazilian industry	237

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Durante a pesquisa nas três bases de dados foram encontrados 371 artigos que foram submetidos a critérios de filtragem e exclusão, como artigos duplicados ou incompletos; artigos que não tiveram no título, resumo ou palavras-chave ligação com o tema da pesquisa e trabalhos apresentados em congressos. No total foram 10 artigos científicos selecionados e incluídos pois atenderam aos critérios da pesquisa sistemática e estavam dentro do escopo do estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a revisão sistemática, verificou-se que existem poucos estudos que abordam a eficiência energética na indústria brasileira ligada à gestão do conhecimento. Nesse sentido,



dos 371 artigos encontrados, somente 10 trataram do tema. Com isso, após a leitura e análise dos artigos, o resumo dos principais resultados dos autores selecionados são apresentados no quadro 2.

Quadro 2 - Relação de artigos científicos selecionados na revisão sistemática

Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
Buccieri, Balestieri e Matelli	Energy efficiency in Brazilian industrial plants: knowledge management and applications through an expert system	2020	O estudo mostrou que o sistema especialista (SE) ajudou a identificar melhorias na eficiência energética em plantas industriais brasileiras, integrando o conhecimento de especialistas. Dois casos práticos validaram sua eficácia, destacando o impacto positivo da gestão do conhecimento na otimização dos processos energéticos.



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
Ardito <i>et al.</i>	Industry 4.0 transition: a systematic literature review combining the absorptive capacity theory and the data-information-knowledge hierarchy	2022	Os resultados mostraram que a indústria 4.0 em termos de GC, entre todas as tecnologias digitais estudadas, a tecnologia de análise de big data é a mais explorada em cada fase do processo de capacidade de absorção (ACAP) (aquisição, assimilação, transformação e exploração).
Andrei, Thollander e Sannö	Knowledge demands for energy management in manufacturing industry - A systematic literature review	2022	Os resultados indicam que o conhecimento técnico é o mais utilizado na gestão de energia, com uma mudança paradigmática em direção à Indústria 4.0. Além disso, o



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
			conhecimento de processo é fundamental para entender requisitos da gestão de energia. O conhecimento sobre liderança também é relevante, e a combinação dessas três formas pode levar a novas abordagens que aprimorem a gestão de energia na manufatura.
Buccieri <i>et al.</i>	Expert Systems and knowledge management for failure prediction to onshore pipelines: issue to Industry 4.0 implementation	2022	Os resultados mostram que um SE baseado no conhecimento dos trabalhadores de uma organização pode ser considerado uma solução promissora para apoiar a



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
			implementação da Indústria 4.0. O SE facilita a tomada de decisão dos especialistas, para que a experiência dos trabalhadores possa ser melhor utilizada na implementação da Indústria 4.0 e para enfrentar os novos desafios relacionados ao trabalho diário na organização.
Lista e Tortorella	Integration of Industry 4.0 technologies and Knowledge Management Systems for Operational Performance improvement	2022	O estudo mostra que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 melhora o desempenho operacional das empresas, especialmente quando combinada com processos específicos de



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
			GC, como organização e aplicação. Embora processos como armazenamento e disseminação de conhecimento não tenham impacto significativo, a integração eficaz de I4.0 e GC pode otimizar a eficiência operacional, desde que adaptada ao contexto de cada empresa.
Ribeiro <i>et al.</i>	Knowledge management and Industry 4.0: a critical analysis and future agenda	2022	Os achados revelam três temas ligados a GC e I4.0: tecnologia, que se concentra nos requisitos de infraestrutura para execução



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
			e impacto no processo de construção do conhecimento; GC e aprendizagem, que discutem a relevância das habilidades técnicas e interpessoais e sugerem a necessidade de explorar os facilitadores da criação e da partilha de conhecimento; e Engajamento do trabalhador, que analisa fatores de comunicação, cultura e confiança no evolução do funcionário.
Ibn Batouta, Aouhassi e Mansouri	Energy efficiency in the manufacturing industry — A tertiary review and a	2023	Os resultados mostram uma conceitualização de uma estrutura de eficiência energética no ambiente

Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
	conceptual knowledge-based framework		industrial baseada em conhecimento dividindo-o em três formas: técnico, de processo e de liderança.
Michalová e Sieber	Challenges and Opportunities in Knowledge Management in the Concept of Industry 5.0	2023	A gestão do conhecimento (GC) é crucial na Indústria 5.0, que integra tecnologias como IA e IoT para apoiar a colaboração entre humanos e máquinas. A IA facilita o compartilhamento e a criação de conhecimento, enquanto práticas de GC, como plataformas colaborativas e treinamento, garantem que o saber esteja acessível a todos,



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
			promovendo maior eficiência organizacional .
Celino <i>et al.</i>	Procedural knowledge management in Industry 5.0: Challenges and opportunities for knowledge graphs	2025	A gestão do conhecimento processual é fundamental na Indústria 5.0, utilizando gráficos de conhecimento para digitalizar e aplicar o entendimento dos trabalhadores sobre os processos. Isso facilita a reutilização do conhecimento e melhora a colaboração entre humanos e máquinas. Apesar dos desafios de adaptação às especificidades das organizações, a implementação dessas soluções oferece oportunidades



Autores	Título	Ano de publicação	Principais resultados
			para aumentar a eficiência e a integração no ambiente de trabalho.
Rejeb <i>et al.</i>	Knowledge flows in industry 4.0 research: a longitudinal and dynamic analysis	2025	A gestão do conhecimento na Indústria 4.0 evoluiu impulsionando a integração de IA, IoT e CPS para melhorar a conectividade, a automação, a gestão da cadeia de suprimentos, eficiência energética e a tomada de decisões em tempo real em todas as operações industriais.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).



Os estudos analisados permitiram perceber que existem três formas de conhecimentos empregados para melhorar a eficiência energética na indústria: o conhecimento técnico, o conhecimento de processos e o conhecimento de liderança.

O estudo de Andrei *et al.* (2022) mostra que o conhecimento técnico é muito usado na gestão da eficiência energética, especialmente no cenário da mudança para Indústria 4.0. Além disso, ressaltam a importância do entendimento sobre processos para compreender as necessidades da gestão de energia, enquanto o conhecimento de liderança é também chave para aumentar a eficácia das ações de eficiência energética nas indústrias. A combinação desses três tipos de conhecimento traz o aprimoramento à gestão da energia na indústria.

A pesquisa de Ibn Batouta *et al.* (2023) mostra uma estrutura conceitual para a eficiência energética na indústria, separando o conhecimento em três tipos: técnico, de processo e liderança. A junção dessas formas de conhecimento é muito importante para melhorar a aplicação de ações de eficiência energética nas empresas. O conhecimento técnico utiliza tecnologias para otimizar o uso da energia, enquanto o conhecimento de representa os métodos e ferramentas para melhorar a eficiência energética agindo no processo. Já o conhecimento de liderança ajuda a construir uma cultura organizacional que apoie o uso eficiente de energia.

Ribeiro *et al.* (2022) mostram que quando é utilizada a infraestrutura digital da Indústria 4.0 com a gestão do conhecimento, empresas podem aumentar a sua eficiência no trabalho. O uso de Big Data e IA ajuda a entender e utilizar de forma eficiente o conhecimento adquirido, trazendo uma melhora direta na eficiência energética e em outros tipos de processos industriais.

Por outro lado, o estudo de Buccieri Balestieri e Matelli (2020) informa que o uso de sistemas especialistas (SE) tem mostrado ser uma maneira eficaz para melhorar a eficiência energética no setor industrial. Esses sistemas ajudam a identificar áreas com potencial para melhorias no consumo de energia, auxiliando uma gestão mais eficiente do recurso.



O estudo de Buccieri *et al.* (2022) também aborda o uso de sistemas especialistas (SE), que, ao se difundir com o conhecimento dos funcionários, têm se mostrado uma ferramenta essencial para o melhor uso da energia nas indústrias. Esses sistemas permitem verificar áreas com o consumo de energia elevado e permitem uma melhor gestão do recurso. Os resultados mostraram que um SE baseado também no conhecimento dos funcionários pode ser visto como uma solução para ajudar na execução da Indústria 4.0.

O estudo de Ardito *et al.* (2022) fala sobre capacidade absorptiva mostra que a absorção e uso do conhecimento são essenciais para melhorar a eficiência energética nas indústrias. O uso de tecnologias digitais como Big Data ajuda a absorção e mudança em conhecimento prático que pode ser usado para aprimorar os processos industriais e diminuir o uso de energia.

Michalová e Sieber (2023) argumentaram em sua pesquisa que a Indústria 5.0 exige uma nova abordagem para a gestão do conhecimento, especificamente no que diz respeito a união entre pessoas e máquinas. Dessa forma, a IA e IoT ajudam a tornar mais fácil a gestão do conhecimento, permitindo que as indústrias possam se adequar às novas demandas de eficiência energética.

Celino *et al.* (2025) salientam que a gestão do conhecimento de processos é de grande importância na Indústria 5.0 para a digitalização e aplicação do entendimento dos operários em relação aos processos na indústria. Isso contribui para a reutilização do conhecimento e melhora a troca entre diferentes grupos e tecnologias, afetando de forma positiva a eficiência energética.

Lista e Tortorella (2022) indicam que o uso das novas tecnologias da Indústria 4.0 auxilia no desempenho das indústrias, especialmente quando é alinhado com processos específicos de gestão do conhecimento. Apesar de processos como armazenar e disseminar o conhecimento não terem um efeito amplo na integração bem-sucedida entre Indústria 4.0 e gestão do conhecimento, pode melhorar muito a eficiência nas operações, desde que seja ajustado ao processo de cada empresa.



A conexão de fluxos de conhecimento estudada na Indústria 4.0 por Rejeb *et al.* (2025) apresenta que a gestão de conhecimento mudou devido ao aparecimento de tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas e sistemas ciberfísicos (CPS). Esse conhecimento é de suma importância para a tomada de decisões e ajudam a melhorar a eficiência energética das tarefas industriais.

Assim, diante dos resultados deste estudo, a gestão do conhecimento, aliada às tecnologias da Indústria 4.0, é essencial para melhorar a eficiência energética industrial. Cada tipo de conhecimento técnico, de processo e liderança, tem um papel na transformação das práticas industriais, seja pela aplicação de novas tecnologias; otimização de processos ou engajamento líderes para mudar culturas voltadas à eficiência energética.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

4.1 Contribuição do trabalho

Este artigo tem um efeito positivo para o entendimento de como a gestão de conhecimento pode ser usada para tornar a indústria brasileira mais energeticamente eficaz. Nesse ponto, por meio de uma revisão sistemática, foram identificadas três formas de conhecimento: técnico, de processo e de liderança, para a utilização de energia de forma eficiente e melhoria de processos industriais. A principal contribuição do estudo é fornecer uma compreensão ampla das interações entre a gestão do conhecimento e as práticas de conservação de energia, práticas essas alinhadas às inovações trazidas pela Indústria 4.0.

4.2 Implicações teóricas e práticas

Do ponto de vista teórico, a pesquisa ampliou o conhecimento sobre como implementar diferentes formas de gestão do conhecimento técnico, de processo e de liderança em ações de eficiência energética operacional. O projeto combinou os conceitos de gestão do conhecimento com as diretrizes da Indústria 4.0, enfatizando as tecnologias emergentes de Big Data, IA e IoT, pois facilitam a absorção de conhecimento e sua aplicação nas indústrias.



No caso de implicações práticas, ao utilizar a gestão estratégica do conhecimento, as empresas podem reduzir o consumo de energia, diminuir custos e aumentar sua competitividade no mercado, fatores esses associados à sustentabilidade ambiental. A combinação dessas tecnologias com a gestão do conhecimento é crucial para o desenvolvimento de soluções inovadoras que promovam uma cultura organizacional de eficiência energética.

4.3 Implicações gerenciais

Quanto às implicações gerenciais, o estudo esclarece a necessidade da gestão do conhecimento no contexto da melhoria da eficiência energética e destaca a necessidade dos líderes da organização adotarem uma cultura de conservação de energia. O estudo também indica que os gestores precisam investir em tecnologias como ferramenta para ajudar na melhoria contínua de processos energéticos, sem desconsiderar o conhecimento e experiência adquiridos pelos operários das industriais. O uso de sistemas especialistas (SE) e tecnologias digitais tem se mostrado um método estratégico para tomadas de decisão mais eficientes.

4.4 Limitações da pesquisa e estudos futuros

Apesar deste trabalho ter um impacto significativo, ainda existem algumas limitações na metodologia que devem ser consideradas. A pesquisa baseou-se em uma revisão sistemática que, por um lado, forneceu uma descrição geral do tema, mas, por outro, impediu estudos empíricos diretamente relacionados à prática da gestão do conhecimento e à eficiência das indústrias brasileiras em termos de consumo de energia.

Por fim, como sugestão de pesquisas futuras, sugere-se avançar na investigação em relação à gestão do conhecimento alinhada a eficiência energética na indústria brasileira, pois, existem poucos estudos relacionando os dois temas. Para desenvolver um melhor entendimento das possíveis aplicações de inovação e eficiência nos setores, sugere-se também a realização de um estudo de campo de novos modelos de gestão do conhecimento



específicos aplicados na indústria de forma prática, para auxiliar na conservação de energia e diminuir os gastos dos processos industriais.



REFERÊNCIAS

Andrei, M., Thollander, P., & Sannö, A. (2022). *Knowledge demands for energy management in manufacturing industry: A systematic literature review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 112168. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112168>

Ardito, L., Cerchione, R., Mazzola, E., & Raguseo, E. (2022). *Industry 4.0 transition: A systematic literature review combining the absorptive capacity theory and the data–information–knowledge hierarchy*. *Journal of Knowledge Management*, 26(9), 2222–2254. <https://doi.org/10.1108/JKM-04-2021-0325>

Bem, R. M. de, & Ribeiro Júnior, D. I. (2006). *A gestão do conhecimento dentro das organizações: A participação do bibliotecário*. Universidade Federal de Santa Catarina. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/170861>

Bosua, R., & Venkitachalam, K. (2013). Aligning strategies and processes in knowledge management: A framework. *Journal of Knowledge Management*, 17(3), 331–346. <https://doi.org/10.1108/JKM-10-2012-0323>

Brasil. Ministério de Minas e Energia. (2008). *Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf: premissas e diretrizes básicas*. Brasília: MME. <https://antigo.mme.gov.br/documents/36208/469534/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Ener%C3%A9tica+%28PDF%29.pdf/899b8676-ebfd-c179-8e43-5ef5075954c2?version=1.0>

Buccieri, G. P., Balestieri, J. A. P., & Matelli, J. A. (2020). *Energy efficiency in Brazilian industrial plants: Knowledge management and applications through an expert system*. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42(11). <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02667-x>

Buccieri, G. P., Muniz Jr., J., Balestieri, J. A. P., & Matelli, J. A. (2020). Expert systems and knowledge management for failure prediction to onshore pipelines: Issue to Industry 4.0 implementation. *Gestão & Produção*, 27(3), e5771. <https://doi.org/10.1590/0104-530X5771-20>

Celino, I., Carriero, V. A., Azzini, A., Baroni, I., & Scrocca, M. (2025). Procedural knowledge management in Industry 5.0: Challenges and opportunities for knowledge graphs. *Journal of Web Semantics*, 84, 100850. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2024.100850>

Cusa, Y. G., Viana, C. C., & Torres, E. A. (2017). O planejamento energético com direcionador para a implantação de um sistema de gestão de energia. *Sodebras: Soluções para o Desenvolvimento do País*, 12(141), 238–243. <https://sodebras.com.br/edicoes/N141.pdf>

Donato, H., & Donato, M. (2019). Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática [Stages for Undertaking a Systematic Review]. *Acta medica portuguesa*, 32(3), 227–235. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>

Empresa de Pesquisa Energética. (2024). *Roadmap de ações de eficiência energética: Propostas de medidas no setor industrial brasileiro*. Ministério de Minas e Energia. <https://www.epe.gov.br>

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Editora da UFRGS. <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>

Gonzalez, R. V. D., & Martins, M. F. (2017). O processo de gestão do conhecimento: Uma pesquisa teórico-conceitual. *Gestão & Produção*, 24(1), 248–265. <https://doi.org/10.1590/0104-530X0893-15>

Ibn Batouta, K., Aouhassi, S., & Mansouri, K. (2023). Energy efficiency in the manufacturing industry—A tertiary review and a conceptual knowledge-based framework. *Energy Reports*, 9, 4635–4653. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.03.107>

International Energy Agency. (2017). *World Energy Outlook 2017*. IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/4a50d774-5e8c-457e-bcc9-513357f9b2fb/World_Energy_Outlook_2017.pdf

Kermeli, K., Graus, W. H. J., & Worrell, E. (2014). Energy efficiency improvement potentials and a low energy demand scenario for the global industrial sector. *Energy Efficiency*, 7(6), 987–1011. <https://doi.org/10.1007/s12053-014-9267-5>

Lackner, M. (2012). Energy efficiency: Comparison of different systems and technologies. In W. Y. Chen, J. Seiner, T. Suzuki, & M. Lackner (Eds.), *Handbook of climate change mitigation* (Chap. 24). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7991-9_24

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement

for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Lista, A. P., & Tortorella, G. L. (2022). Integration of Industry 4.0 technologies and knowledge management for operational performance improvement. *IFAC-PapersOnLine*, 55(31), 415–420. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.008>

Martins, L. D., Athanazio, R. C. S., Franco, G. P., Paes, A. C. dos S., & Bagno, R. B. (2023). Sistema da Gestão da Inovação e Transformação Digital: Em busca de uma abordagem integrada. *Revista Brasileira de Inovação*, 22(00), 1–32. <https://doi.org/10.20396/rbi.v22i00.8669375>

Michalová, T., & Sieber, J. (2023). Challenges and opportunities in knowledge management in the concept of Industry 5.0. *Liberec Economic Forum 2023: Proceedings of the 16th International Conference*, 358–366. Technical University of Liberec. <https://doi.org/10.15240/TUL/009/LEF-2023-39>

Nascimento, R. F., Canteri, M. H. G., & Kovaleski, J. L. (2019). Impacto dos sistemas de recompensas na motivação organizacional: Revisão sistemática pelo método PRISMA. *Revista Gestão & Conexões*, 8(2), 44–58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7830492>

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997). *Criação de conhecimento na empresa: Como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Campus.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.

Padula, R. S., Pires, R. S., Alouche, S. R., Chiavegato, L. D., Lopes, A. D., & Costa, L. O. (2012). Análise da apresentação textual de revisões sistemáticas em fisioterapia publicadas no idioma português. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 16(4), 281–288.

Rejeb, A., Rejeb, K., Süle, E., Keogh, J. G., & Treiblmaier, H. (2025). Knowledge flows in Industry 4.0 research: A longitudinal and dynamic analysis. *Journal of Data, Information and Management*, 7(2), 123–145. <https://doi.org/10.1007/s42488-025-00146-3>

Ribeiro, V. B., Nakano, D. N., Muniz Jr., J., & De Oliveira, R. B. (2022). Knowledge management and Industry 4.0: A critical analysis and future agenda. *Gestão & Produção*, 29, e5222. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e5222>



Silva, J. V. A., Vasconcellos, K. R., & Ferraz, R. S. C. (2023). Eficiência energética: Planejamento de conservação de energia nas empresas. *REASE – Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(5), 1076–1094. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i5.9664>

Tiburcio, A. F., Pereira, A. C. N., Batista, E. da S., Cunha, E. C. G. C., Filho, E. P., Sousa, G. S. A. S., Alves, G. de L., Silva, Ítalo A. M., Cazé, J. L. P., & Nóbrega, K. de M. (2025). Ações de Eficiência Energética no Setor Industrial: Abordagens para Planejamento Econômico e Execução de Programas de Conservação. *Revista Contemporânea*, 5(7), e8640. <https://doi.org/10.56083/RCV5N7-084>

Turban, E., & Volonino, L. (2013). *Tecnologia da informação para a gestão: Em busca do melhor desempenho estratégico e operacional* (8ª ed.). Bookman.

Viana, C. C. (2019). *Estudo da eficiência energética em indústria avícola* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia). Repositório Institucional da UFBA.

Vieira, L. S. H. (2024). *Gestão do conhecimento e indústria 4.0: Impacto da transformação digital na aplicação do conhecimento organizacional* (Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciências e Engenharia, Itapeva).

Submissão à SBGC em 05/08/2025

avaliação (cega) em 07/08/2025

aprovação em 15/08/2025

Comitê Revisor:

Prof. Dr. Marcos Antonio Gaspar - marcos.antonio@uni9.pro.br

Prof. Dr. Hércules Antônio do Prado - hercules@p.ucb.br



Gestão do Conhecimento como Facilitadora da Indústria 5.0 Sustentável:

Conexões com os ODS e a Transformação Sociotécnica

Knowledge Management as an Enabler of Sustainable Industry 5.0:

Connections with the SDGs and Sociotechnical Transformation

Jurema Suely de Araújo Nery Ribeiro

jurema.nery@fumec.br

<https://orcid.org/0000-0002-6465-6020>

Fabiana Paula Moreira do Carmo Furtado

fabianapaulafurtado@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-2713-4920>

Renata de Souza França

profrenatafranca@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3809-0975>

Frederico Giffoni de Carvalho Dutra

fgcdutra@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8666-0354>

Helton Junio Da Silva

heltonjunio@yahoo.com.br

<https://orcid.org/0000-0003-4200-298X>



RESUMO

A Indústria 5.0 surge como evolução da Indústria 4.0 ao valorizar a centralidade humana, a sustentabilidade e a inovação ética. Diante dos desafios socioambientais atuais e das metas da Agenda 2030 da ONU, torna-se importante compreender como esse novo paradigma pode apoiar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O estudo tem como objetivo, sob a perspectiva da Gestão do Conhecimento, analisar o papel da Indústria 5.0 na promoção dos ODS, com atenção a práticas produtivas inclusivas, sustentáveis e orientadas por valores éticos. A pesquisa adota abordagem qualitativa, composta por uma Revisão Sistemática da Literatura com 20 artigos publicados entre 2019 e 2024 e por 10 entrevistas semiestruturadas com especialistas dos setores acadêmico, industrial e governamental. Os resultados mostram convergência entre os princípios da Indústria 5.0 e os ODS 8, 9, 10, 12 e 13. Destacam-se a necessidade de políticas públicas que favoreçam inclusão, formação contínua de trabalhadores, o uso de tecnologias para reduzir desigualdades e o fortalecimento de valores éticos na automação e nas decisões inteligentes. Conclui-se que a Indústria 5.0 representa uma mudança sociotécnica orientada à produção com propósito, respeitando limites ambientais e promovendo bem-estar, desde que apoiada por cooperação entre setores e por uma governança responsável da inovação.

Palavras-chave: Gestão do Conhecimento; Indústria 5.0; Sustentabilidade; ODS; Inovação Colaborativa.

Abstract

Industry 5.0 emerges as an evolution of Industry 4.0 by emphasizing human centrality, sustainability, and ethical innovation. In the face of current socio-environmental challenges and the goals of the UN 2030 Agenda, it becomes important to understand how this new industrial paradigm can support the Sustainable Development Goals (SDGs). This study aims, from a Knowledge Management perspective, to analyze the role of Industry 5.0 in advancing the SDGs, with attention to inclusive, sustainable, and ethically oriented production practices. The research adopts a qualitative approach, combining a Systematic Literature Review of 20 articles published between 2019 and 2024 with 10 semi-structured interviews involving experts from academic, industrial, and governmental sectors. The results indicate strong convergence between the principles of Industry 5.0 and SDGs 8, 9, 10, 12, and 13. Key findings include the need for public policies that foster inclusion, continuous workforce development, the use of enabling technologies to reduce inequalities, and the reinforcement of ethical values in automation and intelligent decision-making. The



study concludes that Industry 5.0 represents a sociotechnical shift oriented toward purpose-driven production, respecting environmental limits and promoting human well-being, provided it is supported by multisector cooperation and responsible innovation governance.

Keywords: Knowledge Management; Industry 5.0; Sustainability; SDG; Collaborative Innovation.

1 INTRODUÇÃO

As revoluções industriais ao longo da história transformaram profundamente os modos de produção, consumo e organização social. A mais recente delas, a Indústria 4.0, introduziu tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e automação avançada, promovendo ganhos significativos de eficiência, como apontam Ribeiro et al. (2019a).

No entanto, como uma transformação sociotécnica mais ampla, que exige o reposicionamento do conhecimento como recurso estratégico, a Indústria 5.0 propõe um modelo de produção centrado no ser humano, na sustentabilidade e na resiliência. Para que esse paradigma se torne viável, é essencial compreender como a gestão do conhecimento (GC) pode sustentar tal transformação, conectando inteligência tecnológica e saberes humanos com os desafios impostos pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Essas reflexões são importantes já que nesse novo cenário destacam-se os efeitos colaterais dessa era, como o desemprego tecnológico, o aumento da desigualdade e os impactos ambientais negativos. Esse panorama evidencia que o avanço tecnológico, embora promissor, não é isento de desafios éticos, sociais e ambientais (Jefroy, Azarian & Yu, 2022).

Diante dessas limitações, emerge a Indústria 5.0 como uma proposta evolutiva que busca resgatar o protagonismo humano nas cadeias produtivas, sem renunciar à inovação tecnológica (Zizic et al., 2022). Essa nova abordagem transcende a automação típica da Indústria 4.0 ao enfatizar a colaboração sinérgica entre pessoas e máquinas inteligentes,



visando uma produção mais personalizada, sustentável e centrada no ser humano (Lu et al., 2022). A Indústria 5.0 propõe um modelo em que as capacidades humanas são potencializadas — e não substituídas — pela tecnologia, promovendo não apenas ganhos econômicos, mas também sustentabilidade ambiental, inclusão social e resiliência sistêmica (European Commission, 2021). Trata-se, portanto, de uma transição que não é apenas técnica, mas também política, ética e social (Farias, Martins e Cândido (2021).

Apesar do interesse crescente, as redes de investigação continuam fragmentadas, limitando a transferência de conhecimento e a inovação colaborativa. Rajeb *et al* (2024), observa que, apesar das principais instituições atuarem como "condutos vitais de conhecimento, facilitando o fluxo de informações", ainda há uma lacuna na colaboração entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, o que pode "impedir a capacidade de participar em parcerias de pesquisa mais amplas e influentes", limitando o alcance global e a inclusão da pesquisa em Indústria 4.0.

Concomitante a esse cenário, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabeleceu um compromisso global para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir prosperidade a todos (Organização das Nações Unidas [ONU], 2015). Considerando que a indústria é um vetor estratégico de desenvolvimento, torna-se essencial investigar como os princípios da Indústria 5.0 podem contribuir para a consecução dos ODS. O Pacto Global das Nações Unidas (2020) reforça esse entendimento ao afirmar que as empresas devem alinhar suas estratégias e operações aos objetivos globais de sustentabilidade.

Desse modo, as organizações industriais que adotam práticas compatíveis com a Indústria 5.0 têm papel decisivo na construção de uma economia mais inclusiva e resiliente (European Commission, 2021).

Diante deste contexto, este estudo, à Luz da GC, tem como objetivo analisar o papel da Indústria 5.0 na promoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Agenda 2030. Parte-se da hipótese de que a GC é condição estruturante para sustentar a transformação digital com propósito, mediando a integração entre tecnologia, pessoas e sustentabilidade.



A delimitação da presente pesquisa às conexões entre os princípios da Indústria 5.0 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) justifica-se, em primeiro lugar, pela novidade e pela ainda incipiente consolidação teórica do tema. Como já discutido anteriormente, a Indústria 5.0, enquanto paradigma emergente, vem sendo discutida de forma fragmentada na literatura, com predominância de estudos exploratórios, conceituais ou centrados em áreas técnicas como engenharia, automação e sustentabilidade. Ao mesmo tempo, os vínculos diretos entre esse novo modelo industrial e os ODS ainda estão em construção, exigindo investigações que mapeiem fundamentos, práticas e possíveis contribuições.

Nesse contexto, a inclusão de uma terceira variável — a gestão do conhecimento — embora pertinente e conceitualmente conectada ao tema, implicaria em um recorte excessivamente restritivo, o que reduziria de forma significativa a quantidade e a diversidade de estudos disponíveis nas bases consultadas. O mesmo raciocínio aplica-se à etapa empírica: ao invés de restringir as entrevistas ao campo específico da GC, optou-se por explorar a percepção de especialistas de diversas áreas (industrial, pública, acadêmica e de inovação social) sobre a Indústria 5.0 e sua relação com os ODS, permitindo maior riqueza interpretativa.

Ademais, parte-se do entendimento de que a gestão do conhecimento permeia transversalmente os processos analisados — seja na requalificação da força de trabalho, na colaboração homem-máquina, no compartilhamento de práticas sustentáveis ou na construção de ecossistemas de inovação orientados por propósito. Assim, mesmo sem ser uma categoria explicitamente destacada nas perguntas de pesquisa, a GC se manifesta de forma estrutural nas soluções apontadas e nas reflexões apresentadas, configurando-se como eixo latente da análise, ainda que não isolado conceitualmente desde o início.

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma. A seção apresenta a Fundamentação teórica. A seção 3, fornece uma visão geral dos procedimentos metodológicos. Já a seção 4 apresenta os resultados e discussões. Finalmente a seção 5 conclui o artigo destacando contribuições, limitações e sugestões para pesquisas futuras.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria 5.0 e os ODS: conceito e evolução

A Indústria 5.0 é um paradigma emergente que visa re-humanizar a produção industrial, promovendo a colaboração entre humanos e máquinas inteligentes. Essa colaboração resulta em soluções personalizadas, sustentáveis e socialmente orientadas (Nahavandi, 2019). Diferente da 4.0, que focava na automação total, a 5.0 valoriza a inteligência emocional, criatividade e julgamento humano (Monferdini, Tebaldi & Bottani, 2025). Tais princípios convergem com vários ODS, como trabalho decente (ODS 8), inovação (ODS 9), redução das desigualdades (ODS 10) e consumo responsável (ODS 12), (PNUD, online).

Conforme Lu et al. (2022) e Xu et al. (2021), a Indústria 5.0 é caracterizada pela: Integração de tecnologias habilitadoras (IA, IoT, 5G, robótica colaborativa); Ênfase em valores humanos (bem-estar, ética, diversidade); Adoção de modelos sustentáveis (energia limpa, economia circular). A Indústria 5.0 busca resgatar o protagonismo humano na produção industrial por meio da colaboração entre pessoas e tecnologias inteligentes. Seus pilares incluem: Colaboração humano-máquina: tecnologias como cobots (robôs colaborativos) que interagem com trabalhadores (Tubis, Poturaj, & Smok, 2024); Customização em massa: produção flexível adaptada às necessidades específicas dos consumidores (Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés, 2021); Sustentabilidade ambiental e social: design circular, economia regenerativa e responsabilidade corporativa (Rame, Purwanto & Sudarno, 2024) ; Ética e inclusão digital: desenvolvimento de tecnologias respeitando direitos humanos e acesso equitativo (Santos, Costa & Santos, 2024). A Comissão Europeia (2021) define a Indústria 5.0 como centrada em resiliência, sustentabilidade e humanização dos sistemas produtivos.



2.2 Pilares da indústria 5.0 e a gestão do conhecimento (GC)

A Indústria 5.0 representa uma evolução estratégica da manufatura moderna, indo além da digitalização e automação promovidas pela Indústria 4.0, ao integrar valores sociais e ambientais à transformação tecnológica. De acordo com o relatório da Comissão Europeia (Breque, De Nul & Petridis, 2021), a proposta da Indústria 5.0 está fundamentada em três pilares centrais: centralidade no ser humano (humanização, sustentabilidade e resiliência).

Já a GC compreende processos de criação, armazenamento, compartilhamento e aplicação do conhecimento nas organizações (Nonaka & Takeuchi, 1995; Alavi & Leidner, 2001). No contexto da Indústria 5.0, seu papel ganha dimensão estratégica, pois viabiliza o aprendizado contínuo, a inovação colaborativa, a inclusão digital e a ética informacional. A GC também sustenta a integração entre conhecimento tácito e explícito, entre saberes locais e sistemas digitais, mediando tensões entre automação e humanização.

Autores como Davenport & Prusak (1998) reforçam que a criação de valor está diretamente ligada à capacidade organizacional de capturar, transformar e aplicar o conhecimento em processos decisórios. Já Firestone & McElroy (2003) propõem a GC de segunda geração, pautada na governança do conhecimento e na sustentabilidade. Isso amplia o papel da GC como infraestrutura intangível para a transformação industrial, tornando-a condição para o alcance dos ODS.

2.3 Contribuições da indústria 5.0 para os ODS

A seguir, apresentam-se os principais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com os quais a Indústria 5.0 pode contribuir de forma significativa, considerando sua proposta centrada no ser humano, aliada à inovação ética na era digital e sustentabilidade:

ODS 3 – Saúde e Bem-estar: A Indústria 5.0 promove avanços expressivos na área da saúde por meio da personalização de tratamentos, uso de inteligência artificial (IA) na medicina diagnóstica, cirurgia robótica assistida, impressão 3D de próteses e órgãos, além



do monitoramento remoto por meio de dispositivos vestíveis e sensores biométricos. Esses recursos tecnológicos favorecem a prevenção, o cuidado contínuo e a precisão terapêutica. Topol (2019) destaca que a chamada "medicina profunda", habilitada por IA, tem o potencial de tornar os cuidados em saúde mais humanos, eficientes e personalizados.

ODS 4 – Educação de Qualidade: A nova revolução industrial exige uma reconfiguração educacional, com foco em competências técnicas e socioemocionais. A aprendizagem contínua, o pensamento crítico, a ética digital e a formação transdisciplinar passam a ser essenciais. Programas de capacitação voltados à robótica colaborativa, sustentabilidade e inovação tecnológica tornam-se centrais para preparar os trabalhadores do futuro (World Economic Forum [WEF], 2023).

ODS 5 – Igualdade de Gênero: A Indústria 5.0 incentiva ambientes inclusivos e práticas organizacionais que promovem a diversidade de gênero, especialmente em áreas técnicas e cargos de liderança. Iniciativas voltadas à equidade de acesso às tecnologias e capacitação profissional têm papel relevante nesse contexto (United Nations Industrial Development Organization [UNIDO], 2020).

ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico: Com a introdução dos cobots (robôs colaborativos) e da automação centrada no ser humano, a Indústria 5.0 possibilita a criação de empregos com maior valor agregado, ambientes mais seguros e a valorização de habilidades criativas. Segundo Lu et al. (2022), haverá uma reconfiguração do papel do trabalho humano, que passará a concentrar-se em atividades mais complexas e menos repetitivas. Monferdini, Tebaldi e Bottani (2025) reforçam que a tecnologia deve ser aliada da inclusão produtiva, não da substituição do trabalho humano.

ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: A Indústria 5.0 promove uma transformação digital sustentável com o desenvolvimento de infraestruturas inteligentes, redes descentralizadas de energia e processos produtivos regenerativos. A Comissão Europeia (European Commission, 2021) destaca que essas mudanças favorecem a construção de sistemas industriais mais resilientes, conectados e centrados nas pessoas, contribuindo para a redução das desigualdades regionais e o fortalecimento da economia digital.



ODS 10 – Redução das Desigualdades: Ao integrar inclusão digital, personalização de produtos e valorização da diversidade humana nos processos industriais, a Indústria 5.0 contribui diretamente para a diminuição das desigualdades. Segundo Lu et al. (2022), o acesso a tecnologias mais acessíveis e colaborativas pode reduzir disparidades socioeconômicas. Panza, Bruno e Lombardi (2023) apontam que a co-criação e estratégias de capacitação inclusiva fortalecem a justiça social e ampliam oportunidades para populações marginalizadas.

ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis: A personalização em massa, viabilizada por tecnologias como manufatura aditiva e digital twins, permite uma produção sob demanda, mais eficiente e com menor geração de resíduos. Xu et al. (2021) destacam o papel da rastreabilidade baseada em blockchain e do design sustentável como práticas fundamentais para cadeias de suprimentos éticas e circulares. Fraga-Lamas, Lopes e Fernández-Caramés (2021) acrescentam que o uso de materiais recicláveis e a redução do desperdício são essenciais para alcançar modelos produtivos mais sustentáveis.

ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima: Com o uso de tecnologias inteligentes, a Indústria 5.0 contribui para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, por meio de maior eficiência energética, automação verde, captura de carbono e descentralização energética. A Internet das Coisas (IoT) pode ajudar a pavimentar o caminho para a economia circular e para um mundo mais sustentável, permitindo a digitalização de muitas operações e processos, como distribuição de água, manutenção preventiva ou manufatura inteligente (Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés (2021). A tecnologia móvel tem o maior impacto na sustentabilidade em todas as indústrias, e a nanotecnologia, a tecnologia móvel, a simulação e os drones têm o maior impacto na sustentabilidade nas indústrias automotiva, eletrônica, de alimentos e bebidas e têxtil, vestuário e calçados, respectivamente; promovendo uma economia de baixo carbono e sustentável (Bai et al., 2020).



3 METODOLÓGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, com o objetivo de compreender as conexões entre os princípios da Indústria 5.0 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para isso, foi desenvolvida uma estratégia metodológica mista, composta por:

Revisão sistemática de literatura, com o intuito de mapear conceitos-chave, fundamentos teóricos e casos de aplicação prática da Indústria 5.0 em relação aos ODS. A presente pesquisa adotou o método de revisão sistemática da literatura, com o objetivo de mapear conceitos-chave, fundamentos teóricos e casos de aplicação prática relacionados à Indústria 5.0 e sua interface com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A seleção resultou inicialmente em 42 documentos e após leitura de todos, foram selecionados 20 documentos que compuseram o corpus final e que embasaram o referencial teórico e o instrumento das entrevistas.

Entrevistas semiestruturadas, realizadas com 10 especialistas de diferentes áreas, para compreender percepções, experiências e projeções sobre a aplicabilidade da Indústria 5.0 nos contextos social, ambiental e econômico.

3.1 Revisão sistemática de literatura

A revisão sistemática de literatura (RSL) adotou o método PRISMA e foi conduzida entre janeiro e março de 2025, nas bases Scopus, Web of Science e SciELO. Os critérios de inclusão foram: i- Publicações entre 2019 e 2024; ii- Estudos em português, inglês e espanhol; iii- Artigos, relatórios técnicos e documentos institucionais que abordassem Indústria 5.0, ODS, sustentabilidade, inovação tecnológica e transformação digital; iv- Foram utilizadas combinações dos seguintes descritores: “Industry 5.0”, “Sustainable Development Goals”, “SDGs”, “human-centric manufacturing”, “digital transformation”, “green innovation”.

Embora a etapa inicial da revisão sistemática da literatura tenha identificado 42 artigos científicos publicados entre 2019 e 2024, a análise aprofundada concentrou-se em



20 desses estudos. A redução do corpus não se deu por meio de uma nova etapa de triagem, mas sim a partir da aplicação de critérios qualitativos de relevância analítica, com o intuito de assegurar maior profundidade interpretativa e coerência teórica à pesquisa.

Foram priorizados os artigos que apresentavam uma articulação mais explícita entre os princípios da Indústria 5.0 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente aqueles que abordavam dimensões como centralidade humana, sustentabilidade sistêmica, inovação social, requalificação da força de trabalho e ética tecnológica. Além disso, considerou-se o nível de aprofundamento teórico, a qualidade metodológica empregada nos estudos e a originalidade das contribuições empíricas ou conceituais.

Artigos que apenas mencionavam superficialmente a Indústria 5.0 ou os ODS, sem estabelecer vínculos analíticos consistentes entre ambos, foram mantidos no mapeamento geral, mas não integraram a etapa de análise interpretativa final. Essa estratégia visou garantir maior coerência e densidade teórica às discussões desenvolvidas, contribuindo para uma compreensão mais sólida da convergência entre a Indústria 5.0 e o desenvolvimento sustentável no contexto contemporâneo.

3.2 Entrevistas semiestruturadas

Com o objetivo de ampliar a profundidade analítica da pesquisa, foram realizadas 10 entrevistas semiestruturadas com especialistas que atuam em áreas interligadas à Indústria 5.0 e aos ODS. A amostra foi composta por profissionais de quatro categorias principais: Setor industrial; Academia; Setor público e organizações multilaterais e Sociedade civil e startups de impacto



3.2.1 Roteiro das Entrevistas

As entrevistas seguiram um roteiro semiestruturado dividido em cinco eixos temáticos:

Compreensão da Indústria 5.0: percepção sobre os fundamentos e distinções da Indústria 4.0;

Tecnologia e sustentabilidade: experiências práticas ou perspectivas sobre como a Indústria 5.0 contribui para objetivos ambientais e sociais;

Trabalho e inclusão: impactos sobre o mercado de trabalho, educação e inclusão digital;

Desafios e oportunidades: barreiras enfrentadas para implementação e possíveis soluções;

Relação com os ODS: identificação dos ODS mais impactados positivamente (ou negativamente) pela Indústria 5.0.

3.2.2 Perfil Sintético dos Entrevistados

A seguir, apresenta-se o Quadro 1 com o perfil dos entrevistados, categorizados conforme sua área de atuação.

Quadro 1: Perfil dos entrevistados

Categoria	Q t d e	Exemplos de Cargos/Funções
Setor industrial	3	Gerente de ESG, Engenheiro de inovação, Diretor industrial
Academia	3	Professor doutor, pesquisador em IA, coordenador de laboratório
Setor público/organizações	2	Analista de políticas públicas, representante da ONU
Sociedade civil/startups	2	Fundador de startup verde, coordenador de ONG tecnológica

Fonte: Elaborados pelos autores, 2025.



Essa abordagem metodológica reforça o caráter interdisciplinar e aplicado do estudo, permitindo integrar teoria e prática, perspectivas institucionais e experiências locais, consolidando uma base empírica sólida para as análises subsequentes.

3.2.3 Coleta de Dados

As entrevistas foram realizadas entre fevereiro e março de 2025, com duração média de 30 minutos, por videoconferência. Todos os participantes foram previamente informados sobre os objetivos da pesquisa, com garantia de anonimato e sigilo das informações e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em conformidade com os princípios éticos da pesquisa científica. As conversas foram gravadas (com autorização) e posteriormente transcritas na íntegra.

3.2.4 Análise dos Dados

Para a análise dos dados qualitativos, adotou-se a técnica de análise de conteúdo conforme proposta por Bardin (2016), com o suporte do software NVivo. As transcrições das entrevistas foram codificadas com base em categorias previamente estabelecidas, sendo também consideradas categorias emergentes identificadas a partir da leitura exaustiva do material.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO



4.1 Principais insights da literatura: convergências entre indústria 5.0 e os ODS

A análise dos 20 artigos permitiu identificar dez categorias temáticas centrais, apresentadas no Quadro 2, representando as dimensões mais discutidas da Indústria 5.0 em articulação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A definição dessas categorias seguiu os princípios metodológicos da análise de conteúdo, nos quais a categorização representa uma etapa central para a organização e interpretação dos dados qualitativos de forma sistemática (Bardin, 2016). Assim, foram utilizadas categorias a priori, construídas com base nos objetivos da pesquisa e na revisão da literatura sobre a Indústria 5.0 e sua interface com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Paralelamente, conforme orienta a autora, manteve-se abertura para a identificação de categorias emergentes durante o processo de leitura flutuante e análise detalhada das transcrições.

A centralidade no ser humano, por exemplo, é destacada por autores como Zizic et al. (2022), ao abordar a ressignificação do papel do trabalhador, e por Silva e Rech (2024), ao explorar o papel da empatia e da cocriação no setor da moda. A sustentabilidade ambiental aparece nos estudos de Farias, Martins e Cândido (2021), que relacionam a importância das práticas de energias renováveis com a falta de políticas públicas para incentivo destas e nos estudos de automação verde de Fraga-Lamas, Lopes e Fernández-Caramés (2021).

Já a ética no uso de tecnologias e a inclusão digital são discutidas por Dossou, Alvarez-de-los-Mozos e Pawlewski (2024) e Gamboa-Rosales e López-Robles (2022), que tratam da transição responsável da Indústria 4.0 para a 5.0, e por Xu et al. (2021), com foco na equidade tecnológica. A educação e requalificação profissional são analisadas por Panza, Bruno e Lombardi (2023) e Rao, Gohar e Park (2022), enfatizando a necessidade de formação contínua para um ecossistema industrial sustentável e centrado no ser humano.

A categoria Inovação colaborativa foi incluída devido ao seu papel estratégico crescente nas abordagens industriais voltadas à inclusão e ao desenvolvimento equitativo, conforme destacado por Zizic et al. (2022) e a inovação social (Ribeiro et al., 2019b). A categoria Resiliência e adaptabilidade refere-se à capacidade das organizações industriais



de reagir e se ajustar rapidamente a crises e mudanças, como as causadas por pandemias ou eventos climáticos extremos. Alinhada aos princípios da Indústria 5.0, essa dimensão reforça a importância de sistemas produtivos flexíveis e preparados para contextos de incerteza (Akundi, et al., 2022; Javaid et al., 2021; Jefroy, Azarian & Yu , 2022).

Já a categoria Personalização da produção destaca a valorização da customização em larga escala, possibilitada pela integração entre tecnologia e cognição humana. Essa prática promove inclusão e bem-estar ao adaptar produtos às necessidades individuais e sociais presente nos estudos de Gamboa-Rosales & López-Robles (2022), Özdemir & Hekim (2018) e Silva & Rech (2024).

Por sua vez, Governança e políticas públicas emergiram como um dos principais desafios à implementação de práticas alinhadas aos princípios da Indústria 5.0, principalmente no que tange as barreiras regulatórias. Essa categoria é amplamente respaldada na literatura, que aponta entraves normativos, lacunas legais e ausência de diretrizes claras como obstáculos recorrentes à inovação responsável e à integração de tecnologias emergentes (Dossou, Alvarez-de-los-Mozos & Pawlewski (2024).

Por fim, a categoria Alinhamento com os ODS foi essencial para compreender em que medida as práticas mencionadas pelos entrevistados se articulam com os compromissos globais de desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU. Tal perspectiva encontra respaldo em autores que destacam a urgência de alinhar transformações industriais aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, promovendo modelos produtivos éticos, resilientes e inclusivos conforme Farias, Martins e Cândido (2021) e Rame, Purwanto e Sudarno (2024).

As informações consolidadas foram organizadas e apresentadas no Quadro 2, contemplando a descrição de cada categoria, os autores que mais contribuem com cada perspectiva e os ODS diretamente relacionados.

Quadro 2 – Categorias temáticas da Indústria 5.0 e sua interface com os ODS



Insight	Categoria Temática	Descrição	Exemplos de Autores	ODS relacionados
1	Centralidade no ser humano	Valorização do trabalho humano, bem-estar e humanização da produção.	Monferdini, Tebaldi & Bottani (2025); Lu et al. (2022); Xu et al. (2021); Zizic et al. (2022)	ODS 3, 4, 5, 8, 10
2	Sustentabilidade ambiental	Práticas industriais verdes, economia circular e responsabilidade ambiental.	Bai et al. (2020); Farias, Martins & Cândido (2021); Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés (2021)	ODS 7, 9, 12, 13
3	Ética na transformação digital	Preocupações com privacidade, automação e uso responsável da tecnologia.	Dossou, Alvarez-de-los-Mozos & Pawlewski (2024); Gamboa-Rosales & López-Robles (2022); Xu et al. (2024); Tubis, Poturaj & Smok (2024)	ODS 9, 10, 11, 6

4	Inclusão digital e equidade	Democratização do acesso tecnológico e redução das desigualdades.	Saniuk, Grabowska & Straka (2022)	O D S 4 , 5 , 1 0
5	Inovação colaborativa	Cocriação entre humanos e máquinas, inovação aberta e empática.	Saniuk, Grabowska & Straka (2022); Rao, Gohar & Park (2022); Ribeiro et al. (2019b).	O D S 8 , 9 , 1 7
6	Resiliência e adaptabilidade	Capacidade de enfrentar crises e mudanças globais nas cadeias produtivas.	Akundi, et al. (2022); Javaid et al. (2021); Jefroy, Azarian & Yu (2022)	O D S 8 , 9 , 1 1 , 1 3
7	Personalização da produção	Uso de tecnologias para adaptar a produção às necessidades individuais.	Gamboa-Rosales & López-Robles (2022); Özdemir & Hekim (2018); Silva & Rech (2024)	O D S 9 , 1 2

8	Educação e requalificação profissional	Desenvolvimento contínuo de competências digitais e humanas.	Panza, Bruno & Lombardi (2023); Xu et al. (2021)	ODS 4, 8, 9
9	Governança e políticas públicas	Alinhamento das práticas industriais às políticas nacionais e globais.	Farias, Martins & Cândido (2021); Monferdini, Tebaldi & Bottani (2025)	ODS 9, 16, 17
10	Alinhamento com os ODS	Integração da Indústria 5.0 com os princípios da Agenda 2030.	Farias, Martins & Cândido (2021); Rame, Purwanto & Sudarno (2024)	ODS 4, 8, 9, 12, 13

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Os dados apresentados no Quadro 2 evidenciam uma evolução na compreensão da Indústria 5.0, revelando seu alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os de número 8 (trabalho decente), 9 (indústria e



inovação), 10 (redução das desigualdades), 12 (produção responsável) e 13 (ação climática).

A centralidade no ser humano, aliada a uma perspectiva ética, sustentável e colaborativa da inovação, sinaliza uma transição do paradigma puramente tecnológico para um modelo industrial mais equilibrado, orientado ao bem comum. Entre os achados mais expressivos destacam-se categorias como requalificação profissional, inclusão digital, sustentabilidade ambiental, inovação responsável e governança ética, todas fortemente articuladas com os compromissos da Agenda 2030. A convergência com o ODS 8 se manifesta na promoção do trabalho decente e na valorização das competências humanas em ambientes industriais mais colaborativos. O ODS 9 é atendido por meio da modernização das cadeias produtivas e do fortalecimento de infraestruturas resilientes. A personalização tecnológica e o foco na equidade contribuem diretamente para o ODS 10, ao ampliar o acesso a oportunidades e reduzir desigualdades. Práticas voltadas ao consumo consciente, à circularidade e à eficiência no uso de recursos reforçam o compromisso com o ODS 12. Por fim, a orientação ambiental da Indústria 5.0, ancorada em tecnologias verdes e na responsabilidade climática, fortalece ações voltadas ao ODS 13. Esses resultados evidenciam o potencial transformador da Indústria 5.0 na promoção de um desenvolvimento verdadeiramente sustentável, inclusivo e centrado em valores humanos.

4.2 Triangulação entre literatura e percepções de especialistas

Com base nas entrevistas realizadas com 10 especialistas — entre gestores industriais, pesquisadores acadêmicos e profissionais da área de inovação tecnológica e sustentabilidade — foi possível aprofundar a análise dos achados da revisão sistemática da literatura (RSL) à luz da realidade prática. Esta triangulação entre teoria e prática permitiu validar e complementar os insights extraídos dos 20 artigos analisados. A utilização do NVivo fortaleceu a consistência metodológica da análise, permitindo uma codificação sistemática, o cruzamento entre categorias e a identificação de padrões e relações relevantes nos dados coletados.



Observa-se uma relação compatível entre as percepções práticas dos entrevistados e os princípios teóricos da Indústria 5.0, conforme apresentado a seguir, especialmente no que se refere à humanização dos processos produtivos, à responsabilidade socioambiental e ao papel estratégico da tecnologia na transformação sustentável das organizações:

Humanização e Personalização Industrial: A totalidade dos entrevistados (100%) destacou a importância de recolocar o ser humano no centro das decisões produtivas. Essa percepção alinha-se ao insight 1 (Quadro2), reforçando o potencial da Indústria 5.0 em promover condições de trabalho mais dignas, inclusivas e personalizadas (Gamboa-Rosales & López-Robles, 2022; Silva & Rech, 2024)).

“Não faz mais sentido pensar em fábricas inteligentes sem inteligência social. A personalização da produção precisa considerar valores humanos. Faltam políticas educacionais públicas inclusivas” (Entrevistado 4, gerente de inovação industrial).

Tecnologia com Propósito Social e Sustentável: Mais de 85% dos entrevistados afirmaram que as tecnologias emergentes (IA, robótica colaborativa, gêmeos digitais) devem ser utilizadas com foco na melhoria da qualidade de vida e na proteção ambiental, e não apenas na eficiência operacional — o que ratifica os insights 2 (Quadro2) (Dossou, Alvarez-de-los-Mozos & Pawlewski, 2024; European Commission, 2021; Farias, Martins & Cândido 2021).

“A Indústria 5.0 não é só sobre tecnologia avançada, mas sobre responsabilidade social e regeneração ambiental” (Entrevistado 11, pesquisador em engenharia e sustentabilidade).

Requalificação Profissional como Urgência: Outro ponto recorrente nas entrevistas foi a necessidade urgente de capacitação e requalificação profissional para lidar com os novos paradigmas industriais (insight 6 – Quadro 2). Especialistas apontam a lacuna educacional como um dos principais entraves para a adoção plena da Indústria 5.0 (Panza, Bruno & Lombardi, 2023; Xu et al., 2021).

“Os trabalhadores precisam aprender não só a operar tecnologias, mas a colaborar com elas” (Entrevistado 9, consultor de transformação digital).



Regionalização, Resiliência e Produção Ética: Ao menos 75% dos participantes identificaram um movimento crescente de valorização da produção local, resiliente e adaptada a contextos sociais específicos — em total sintonia o insight 9 (Quadro 2) com diretrizes do ODS 11 (Farias, Martins & Cândido, 2021; Monferdini, Tebaldi & Bottani, 2025).

“A pandemia nos mostrou que depender de cadeias globais longas é arriscado. A produção regional é o futuro” (Entrevistado 2, diretor de indústria).

- **Obstáculos Éticos, Regulatórios e Estruturais:** Por fim, as entrevistas revelaram preocupações éticas que ainda carecem de regulamentação: uso indevido de dados, desigualdade digital, concentração de poder tecnológico e automação excludente (Gamboa-Rosales & López-Robles, 2022; Xu et al., 2024) – em conformidade com o insight 3 (Quadro 2).

“Precisamos de marcos éticos sólidos para garantir que a Indústria 5.0 seja justa e inclusiva” (Entrevistado 17, advogado especialista em direito digital).

A análise dos resultados evidencia que os princípios da Indústria 5.0 não são apenas desejáveis, mas percebidos como necessários pelos profissionais do setor. Entretanto, a efetiva implementação dessas diretrizes ainda enfrenta barreiras estruturais, educacionais e regulatórias.

O cruzamento entre os dados empíricos e a literatura científica indica que a Indústria 5.0 pode fortalecer diretamente os ODS, desde que haja investimentos em políticas públicas, educação técnica, governança ética e articulação multissetorial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Contribuição do trabalho

Este estudo teve como objetivo principal analisar o papel da Indústria 5.0 na promoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Para isso, a pesquisa combinou uma



Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com entrevistas qualitativas realizadas com especialistas das áreas industrial, tecnológica e acadêmica.

Todos os objetivos específicos propostos nesta pesquisa foram plenamente atendidos. O primeiro deles, voltado à identificação dos princípios fundamentais da Indústria 5.0, revelou, por meio da literatura e das entrevistas, três pilares centrais: humanização, sustentabilidade e inovação orientada ao bem comum. Quanto ao segundo objetivo, a sistematização de dez categorias temáticas, no Quadro 2, evidenciou uma relação direta entre esses princípios e os ODS, especialmente os de número 8 (trabalho decente), 9 (indústria e inovação), 10 (redução das desigualdades), 12 (produção responsável) e 13 (ação climática).

No que se refere à percepção dos especialistas, conforme o terceiro objetivo, observou-se ampla aceitação e aplicabilidade dos fundamentos da Indústria 5.0. No entanto, os entrevistados ressaltaram importantes barreiras para sua efetivação, como lacunas regulatórias, déficits educacionais e ausência de políticas públicas específicas.

5.2 Implicações teóricas e práticas

O artigo oferece implicações relevantes em três dimensões. No **plano teórico**, organiza e sistematiza os principais fundamentos da Indústria 5.0, promovendo avanços conceituais ao distingui-la de sua antecessora e ao evidenciar sua conexão com os ODS. A categorização proposta serve como referência para novos estudos e debates. **Metodologicamente**, a articulação entre RSL e entrevistas qualificadas proporcionou uma análise triangulada, que fortalece a confiabilidade dos resultados e amplia a compreensão crítica do fenômeno. No plano **prático**, o estudo fornece subsídios importantes para estudos futuros para formulação de políticas públicas, estratégias empresariais e programas educacionais, contribuindo com recomendações aplicáveis para diferentes atores sociais.

Esses achados reforçam a urgência de uma abordagem integrada entre inovação tecnológica e justiça social, reconhecendo a Indústria 5.0 não apenas como uma nova etapa do desenvolvimento industrial, mas como uma oportunidade concreta de alinhar a produção



às demandas éticas, humanas e sustentáveis do século XXI. Ao promover modelos produtivos mais resilientes, inclusivos e responsáveis, a Indústria 5.0 fortalece sua posição como vetor estratégico para a concretização dos ODS. No entanto, sua plena efetivação exigirá esforços conjuntos, envolvendo políticas públicas consistentes, investimentos em capacitação técnica, reestruturações curriculares e marcos regulatórios éticos. A colaboração entre governos, empresas, universidades e sociedade civil será essencial para viabilizar essa transição para uma indústria orientada não apenas pela eficiência, mas por valores humanistas e sustentáveis.

6 IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Os resultados indicam que a Indústria 5.0 representa uma ruptura significativa em relação à lógica mecanicista e estritamente tecnológica da Indústria 4.0. Em seu lugar, consolida-se uma abordagem mais ética, sustentável, colaborativa e centrada no ser humano. A integração de tecnologias avançadas — como inteligência artificial, e robótica colaborativa — deixa de ser um fim em si mesma e passa a ser orientada por propósitos sociais e ambientais. Nesse contexto, a indústria deixa de ocupar uma posição neutra e assume um papel estratégico na promoção do desenvolvimento sustentável. Conclui-se, assim, que a Indústria 5.0 não representa apenas um avanço tecnológico, mas sim uma mudança de paradigma sociotécnico voltada à produção com propósito, que respeita os limites do planeta e promove o bem-estar coletivo. Sua consolidação, no entanto, dependerá da cooperação entre setores público e privado, da justiça social e de uma governança ética e responsável da inovação.

6.1 Limitações da pesquisa e estudos futuros

Apesar das contribuições e implicações alcançadas, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. A principal delas refere-se ao caráter qualitativo da pesquisa, restrito à análise de um corpus específico de estudos e à percepção de um grupo delimitado



de especialistas. Essa limitação reduz a possibilidade de generalização dos resultados para outros contextos. Além disso, o recorte temporal (2019–2024) pode ter excluído contribuições anteriores ou mais recentes sobre o tema. Também não foram utilizados dados quantitativos que permitissem medir objetivamente o impacto das práticas da Indústria 5.0 sobre os ODS.

Diante disso, diversas possibilidades se abrem para pesquisas futuras. Sugere-se, por exemplo, a realização de estudos comparativos entre países, com foco nas políticas públicas que fomentam a adoção da Indústria 5.0 em sinergia com a Agenda 2030. Investigações empíricas com empresas que já adotam tais práticas também são recomendadas, a fim de mensurar seus impactos reais nos indicadores de sustentabilidade. Além disso, há uma lacuna importante na criação de indicadores específicos para avaliar o grau de maturidade organizacional quanto à implementação dos princípios da Indústria 5.0, o que pode fortalecer diagnósticos e orientar estratégias de transformação mais eficazes.

FINANCIAMENTO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG



REFERÊNCIAS

- Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly*, 25(1), 107–136.
- Akundi, A., Euresi, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A., & Edinbarough, I. (2022). State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. *Applied System Innovation*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International journal of production economics*, 229, 107776.
- Bardin, L. (2016). Análise de conteúdo. Edições 70.
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission. <https://shre.ink/xDDi>
- Dossou, P.-E., Alvarez-de-los-Mozos, E., & Pawlewski, P. (2024). A conceptual framework to optimize performance in sustainable supply chain management and digital transformation towards Industry 5.0. *Mathematics*, 12(17), 2737. <https://doi.org/10.3390/math12172737>
- European Commission. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. <https://l1nq.com/WiEXp>
- Farias, M. E. A. C. D., Martins, M. D. F., & Cândido, G. A. (2021). 2030 Agenda and renewable energy: Synergies and challenges to achieve sustainable development. *Research, Society and Development*, 10(17), e23867. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.23867>
- Firestone, J. M., & McElroy, M. W. (2003). Key issues in the new knowledge management. Routledge.
- Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I., & Fernández-Caramés, T. M. (2021). Green IoT and edge AI for a sustainable digital transition: An Industry 5.0 use case. *Sensors*, 21(17), 5745. <https://doi.org/10.3390/s21175745>
- Gamboa-Rosales, N. K., & López-Robles, J. R. (2023). Evolving from Industry 4.0 to Industry 5.0. *Transinformação*, 35, e237319. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202335e237319>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Haq, M. I. U., Raina, A., & Suman, R. (2020). Industry 5.0: Potential applications in COVID-19. *Journal of Industrial*

- Integration and Management*, 5(04), 507-530.
<https://doi.org/10.1142/S2424862220500220>
- Jefroy, N., Azarian, M., & Yu, H. (2022). Implications for smart logistics in Industry 5.0. *Logistics*, 6(2), 26. <https://doi.org/10.3390/logistics6020026>
- Lu, Y., Zheng, H., Chand, S., Xia, W., Liu, Z., Xu, X., ... & Bao, J. (2022). Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0. *Journal of manufacturing systems*, 62, 612-627.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.001>
- Monferdini, L., Tebaldi, L., & Bottani, E. (2025). From Industry 4.0 to Industry 5.0. *Procedia Computer Science*, 253, 2941–2950.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.018>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A human-centric solution. *Sustainability*, 11(16), 4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company*. Oxford University Press.
- Organização das Nações Unidas. (2015). Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Özdemir, V., & Hekim, N. (2018). Birth of Industry 5.0. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 22(1), 65–76. <https://doi.org/10.1089/omi.2017.0194>
- Pacto Global das Nações Unidas. (2020). Integrando os ODS na estratégia empresarial. <https://www.pactoglobal.org.br>
- Panza, L., Bruno, G., & Lombardi, F. (2023). Digital product passport and Industry 5.0. *Sustainability*, 15(16), 12552. <https://doi.org/10.3390/su151612552>
- PNUD. (2025). Os objetivos do desenvolvimento sustentável: dos ODM aos ODS. <http://www.pnud.org.br/ods.aspx>
- Prusak, L. (2001). Where did knowledge management come from? *IBM Systems Journal*, 40(4), 1002–1007.
- Rame, R., Purwanto, P., & Sudarno, S. (2024). Industry 5.0 and sustainability. *Innovation and Green Development*, 3(4), 100173.
<https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100173>
- Rao, A., Gohar, A., & Park, C. (2022). Additive manufacturing for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130547.
<https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100098>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Zrelli, I., Kayikci, Y., & Hassoun, A. (2024). The research landscape of industry 5.0: a scientific mapping based on bibliometric and

- topic modeling techniques. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-48. <https://doi.org/10.1007/s10696-024-09584-4>
- Ribeiro, J. S. D. A. N., et al. (2019a). Value creation for Industry 4.0. CIKI Conference Proceedings, 1(1). <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/693>
- Ribeiro, J. S. D. A. N., Ziviani, F., Corrêa, F., & Neves, J. T. R. (2019). Inovação social e gestão do conhecimento estratégico: estudo de caso na cadeia de suprimentos reversa. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, 9(1), 285-302. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10219833.pdf>
- Saniuk, S., Grabowska, S., & Straka, M. (2022). Social and economic expectations in Industry 5.0. *Sustainability*, 14(3), 1391. <https://doi.org/10.3390/su14031391>
- Santos, B., Costa, R. L. C., & Santos, L. (2024). Cybersecurity in Industry 5.0. In *Proceedings of the Annual International Conference on Privacy, Security and Trust* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PST62714.2024.10788065>
- Silva, H. M. D., & Rech, S. R. (2024). Impacts of Industry 5.0 on fashion. <https://doi.org/10.29327/5457226.1-399>
- Topol, E. (2019). *Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. Basic Books.
- Tubis, A. A., Poturaj, H., & Smok, A. (2024). Interaction between a human system and an AGV system. *Sustainability*, 16(3), 974. <https://doi.org/10.3390/su16030974>
- UNIDO. (2020). *Gender equality in Industry 4.0: Challenges and opportunities*. <https://www.unido.org/publications>
- WEF. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports>
- Xun Xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser & Lihui Wang (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
- Zizic, M. C., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Celent, L. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies*, 15(14), 5221. <https://doi.org/10.3390/en15145221>



Submissão à SBGC em 05/08/2025

avaliação (cega) em 07/08/2025

aprovação em 15/08/2025

Comitê Revisor:

Profª Dra. Ingrid Weingärtner Reis (UTPL) E-mail: ingridwreis@gmail.com

Prof. Dr. Fabricio Ziviani (UCB/ISCTE) E-mail: Fazist@hotmail.com



**Maturidade da Gestão do Conhecimento na Reitoria do Instituto
Federal do Amapá:**

Uma análise com base no método OKA

***Knowledge Management Maturity at the Rectory of the Federal
Institute of Amapá: An Analysis Based on the OKA Method***

Maria Orismar Nascimento Aires

maria.aires@ifap.edu.br

<https://orcid.org/0009-0005-1117-633X>

André Yves Cribb

andre.cribb@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0003-4243-394X>



Resumo

A Gestão do Conhecimento (GC) consolidou-se como um dos pilares estratégicos para a inovação, a eficiência institucional e a sustentabilidade organizacional, especialmente no setor público. Este artigo tem como objetivo avaliar o grau de maturidade da GC na Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP), utilizando o método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA), desenvolvido pelo Banco Mundial. A pesquisa, de caráter aplicado, descritivo e quantitativo, envolveu servidores da Reitoria e analisou 14 dimensões distribuídas em três eixos: Pessoas, Processos e Sistemas. Os resultados revelam que o Eixo Pessoas apresentou o melhor desempenho (1,07), evidenciando potencial para o desenvolvimento de competências e aprendizagem organizacional; o Eixo Processos obteve média 0,86, apontando fragilidades na padronização e monitoramento; e o Eixo Sistemas, com 0,85, destacou-se como o maior desafio, devido às limitações na infraestrutura tecnológica e na gestão de conteúdos. Conclui-se que, embora haja avanços, a Reitoria necessita institucionalizar políticas estruturadas de GC, integrar fluxos de informação e investir em tecnologia e liderança estratégica para elevar seu nível de maturidade. Este estudo contribui para a literatura sobre GC no setor público, fornecendo diagnósticos detalhados e recomendações práticas para aprimorar a eficiência institucional e fortalecer a inovação.

Palavras-chave: Gestão do Conhecimento; maturidade organizacional; modelo OKA; inovação no setor público; Instituições Federais.

Abstract

Knowledge Management (KM) has become one of the strategic pillars for innovation, institutional efficiency, and organizational sustainability, especially in the public sector. This article aims to assess the maturity level of KM at the Rectory of the Federal Institute of Amapá (IFAP) using the *Organizational Knowledge Assessment* (OKA) method, developed by the World Bank. The research, of an applied, descriptive, and quantitative nature, involved rectory staff members and analyzed 14 dimensions distributed across three axes: People, Processes, and Systems. The results show that the People Axis achieved the



best performance (1.07), demonstrating potential for competence development and organizational learning; the Processes Axis obtained an average of 0.86, indicating weaknesses in process standardization and monitoring; and the Systems Axis, with 0.85, emerged as the main challenge due to limitations in technological infrastructure and content management. The study concludes that, although some advances have been made, the rectory needs to institutionalize structured KM policies, integrate information flows, and invest in technology and strategic leadership to improve its maturity level. This research contributes to the body of knowledge on KM in the public sector by providing detailed diagnostics and practical recommendations to enhance institutional efficiency and foster innovation.

Keywords: Knowledge Management; Organizational Maturity; OKA Model; Public Sector Innovation; Federal Institutions.



1 INTRODUÇÃO

No setor público, a Gestão do Conhecimento representa um instrumento essencial para aprimorar processos, preservar a memória organizacional e garantir a continuidade de políticas e serviços. Instituições federais de ensino, como os Institutos Federais, enfrentam o desafio adicional de articular ensino, pesquisa e extensão, demandando práticas sistematizadas de gestão do conhecimento para potencializar seus resultados e atender às crescentes exigências da sociedade (Von Krogh, 1998; Calmeto & Cribb, 2020).

No contexto do Instituto Federal do Amapá (IFAP), a ausência de mecanismos estruturados de GC gera impactos diretos na eficiência administrativa, no fluxo informacional e na retenção de saberes estratégicos. A carência de processos integrados e de ações voltadas para a valorização e disseminação do conhecimento institucional pode comprometer a tomada de decisão, dificultar a gestão de pessoas e fragilizar a capacidade de inovação. Para lidar com esses desafios, torna-se essencial avaliar a maturidade da GC, identificando lacunas, oportunidades e caminhos para o fortalecimento da cultura de compartilhamento no âmbito organizacional (Corrêa, 2023; Neves Júnior & Marinho, 2018).

Este estudo utiliza o método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA), desenvolvido pelo Banco Mundial, reconhecido internacionalmente por diagnosticar o grau de institucionalização da GC com base em três dimensões centrais: pessoas, processos e sistemas. O método possibilita mensurar o estágio de maturidade da organização, fornecendo subsídios para a formulação de políticas e práticas voltadas à consolidação de um ambiente organizacional colaborativo e inovador (Fernandes, 2019; Batista, 2012).



O objetivo deste artigo é avaliar o nível de maturidade da Gestão do Conhecimento na Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) por meio da aplicação do método OKA. Os resultados obtidos permitem compreender as potencialidades e fragilidades da instituição, além de oferecer recomendações estratégicas para fortalecer a gestão pública e consolidar uma cultura organizacional orientada ao aprendizado contínuo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A Gestão do Conhecimento (GC) consolidou-se nas últimas décadas como um dos principais instrumentos estratégicos para a inovação e a eficiência organizacional. Mais do que armazenar informações, a GC envolve processos contínuos de criação, compartilhamento e aplicação do saber, transformando experiências individuais em patrimônio coletivo (Nonaka & Takeuchi, 1997). Von Krogh (1998) afirma que o valor organizacional decorre da capacidade de converter conhecimento em ação, favorecendo a aprendizagem e a adaptação institucional. No contexto da transformação digital, a GC torna-se elemento essencial da governança, pois orienta decisões, promove transparência e fortalece a sustentabilidade das instituições (Calmeto & Cribb, 2020).

Para Drucker (1993), o conhecimento é o principal recurso produtivo do século XXI, superando o capital e o trabalho como base da competitividade. No setor público, essa premissa assume papel ainda mais relevante, uma vez que a GC contribui para a preservação da memória institucional, a continuidade das políticas e a melhoria dos serviços. Contudo, a ausência de mecanismos estruturados gera perdas de saber e retrabalho, além de dificultar a gestão de pessoas e a tomada de decisão (Corrêa, 2023; Neves Júnior & Marinho, 2018). A literatura indica que o êxito da GC depende da integração entre pessoas, processos e tecnologias, articuladas por uma liderança capaz de promover a cultura do compartilhamento e a inovação organizacional (Batista, 2012; Fernandes, 2019).

O conhecimento organizacional, base da GC, apresenta natureza tácita e explícita,



conforme propuseram Polanyi (1966) e Nonaka e Takeuchi (1997). O conhecimento tácito é pessoal e implícito, construído pela experiência e difícil de formalizar, enquanto o explícito é documentado e passível de compartilhamento em manuais, sistemas e relatórios (ENAP, 2022). O modelo SECI — Socialização, Externalização, Combinação e Internalização — explica a interação dinâmica entre essas duas formas de saber. A socialização promove a troca de experiências; a externalização converte o tácito em registros formais; a combinação integra diferentes informações explícitas; e a internalização transforma o explícito em aprendizado prático. Essa espiral do conhecimento representa o núcleo da aprendizagem organizacional.

A ENAP (2022) ressalta que, no setor público, o desafio maior está na retenção do conhecimento tácito, ameaçado pela rotatividade de servidores e pela falta de políticas de registro. A saída de profissionais sem a sistematização de seus saberes compromete a continuidade institucional. Para Santos e Rados (2020), práticas como comunidades de prática, capacitações internas e repositórios digitais são estratégias eficazes para capturar e difundir saberes tácitos, garantindo a preservação da memória organizacional. Nonaka e Konno (1998) complementam com o conceito de “Ba”, um espaço físico ou virtual destinado à criação e troca de conhecimento coletivo, que reforça a importância de ambientes colaborativos e plataformas tecnológicas para o fortalecimento da GC.

Nesse cenário, a tecnologia assume papel central. Ferramentas digitais, intranets e bases de dados permitem mapear e distribuir informações estratégicas, mas seu sucesso depende da cultura organizacional e do engajamento dos servidores (Stankowitz, 2021). Neves Júnior e Marinho (2018) observam que a integração efetiva entre tecnologia, cultura e liderança é condição indispensável para transformar conhecimento em vantagem estratégica, especialmente nas instituições públicas.

Para avaliar o grau de maturidade dessas práticas, o método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA), desenvolvido pelo Banco Mundial, constitui referência consolidada. O modelo foi criado para diagnosticar o estágio de institucionalização da GC e subsidiar a formulação de políticas voltadas à gestão do saber (Fonseca, 2006; Batista, 2012). Diferentemente de modelos restritos à tecnologia, o OKA adota uma abordagem



sistêmica, considerando a interação entre pessoas, processos e sistemas. No eixo Pessoas, analisa aspectos como aprendizagem organizacional, compartilhamento e comunidades de prática; no eixo Processos, aborda liderança estratégica, alinhamento institucional e métricas; e no eixo Sistemas, investiga infraestrutura tecnológica, acesso à informação e programas de GC (Neves Júnior & Marinho, 2018).

Segundo Fernandes (2019), essa estrutura multidimensional permite mapear não apenas a maturidade geral, mas também fragilidades específicas que afetam a gestão institucional. O OKA utiliza questionário estruturado com indicadores quantitativos e qualitativos, aplicados a gestores e servidores, resultando em um diagnóstico detalhado sobre o estágio de consolidação da GC. Os dados são analisados e consolidados em relatórios que apontam níveis de maturidade e sugestões práticas para melhoria contínua.

A aplicação do OKA desenvolve-se em três etapas principais: diagnóstico preliminar, em que se mapeiam características e objetivos da instituição; coleta de dados, por meio de questionários e entrevistas; e análise consolidada dos resultados, que gera recomendações estratégicas (Fernandes, 2019). O modelo destaca-se por sua adaptabilidade ao setor público, atendendo às especificidades de instituições com estruturas complexas, alta burocracia e rotatividade funcional. Além disso, permite alinhar a GC ao planejamento estratégico e às metas institucionais, fortalecendo a governança e a inovação.

No contexto da Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP), o uso do OKA revela-se estratégico para compreender o nível de maturidade da GC, identificar lacunas estruturais e promover políticas integradas de gestão do conhecimento. Como unidade central de decisão, a Reitoria depende da circulação eficiente de informações e do registro sistemático de práticas e saberes. Assim, o modelo oferece base metodológica para consolidar uma cultura de aprendizado organizacional, fortalecer a integração entre setores e aprimorar a eficiência administrativa.

Em síntese, a revisão da literatura evidencia que a GC representa um instrumento essencial de modernização institucional e de promoção da inovação. A articulação entre conhecimento tácito e explícito, aliada ao uso de modelos diagnósticos como o OKA, permite compreender o estágio de maturidade organizacional e planejar ações concretas



para fortalecer a gestão pública. No caso do IFAP, essa abordagem é fundamental para sustentar políticas duradouras de compartilhamento do conhecimento, desenvolver lideranças e garantir a continuidade das práticas administrativas.

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa e natureza descritiva e exploratória, tendo como objetivo avaliar o nível de maturidade da Gestão do Conhecimento (GC) na Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) por meio do método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA), desenvolvido pelo Banco Mundial. A escolha do IFAP justifica-se por ser a unidade central de gestão e coordenação institucional, responsável por processos estratégicos administrativos e acadêmicos.

A pesquisa combina características descritivas e exploratórias, permitindo mapear o estágio atual da GC e identificar lacunas e potencialidades (Gil, 2017; Marconi & Lakatos, 2019). Os dados foram coletados por meio do questionário estruturado do método OKA, composto por cerca de 200 indicadores distribuídos em 14 dimensões relacionadas a pessoas, processos e sistemas (Fonseca, 2006; Batista, 2012). As respostas foram obtidas em escala Likert de cinco pontos, variando de 1 (“discordo totalmente”) a 5 (“concordo totalmente”).

A população abrangeu servidores da Reitoria — gestores, técnicos e equipe de apoio — e a amostra, definida por julgamento, incluiu participantes diretamente envolvidos com processos críticos de criação e disseminação do conhecimento. O questionário foi aplicado online, precedido por pré-teste para validar clareza e adequação ao contexto institucional.

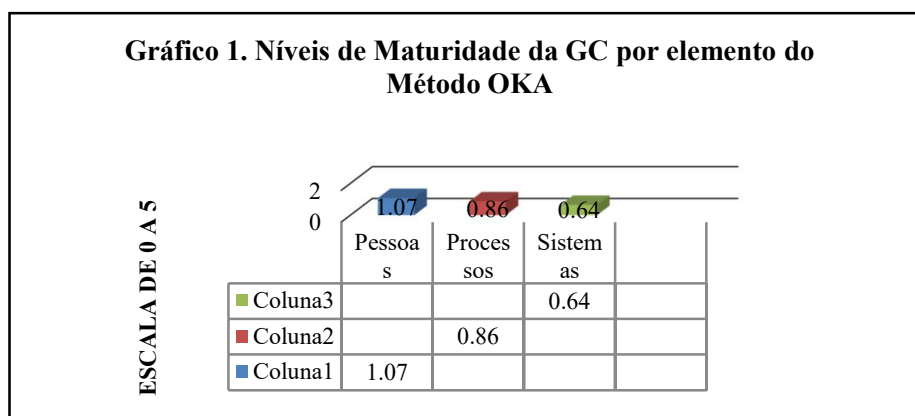
Os dados foram analisados com o auxílio do Microsoft Excel e do SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). O Excel foi utilizado para tabulação e cálculo de índices percentuais, enquanto o SPSS possibilitou análises estatísticas descritivas, incluindo médias e desvios-padrão. Essa combinação assegurou maior precisão e consistência na interpretação dos resultados.

A pesquisa respeitou os princípios éticos da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, garantindo o anonimato e a participação voluntária. A aplicação do método OKA permitiu avaliar de forma sistemática o grau de maturidade da GC, identificando desafios e potencialidades que subsidiam a formulação de políticas e estratégias para fortalecer a gestão institucional do IFAP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Panorama geral da maturidade da Gestão do Conhecimento

A aplicação do método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA) possibilitou mensurar o grau de maturidade da Gestão do Conhecimento (GC) na Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP). O diagnóstico abrangeu os três elementos principais definidos pelo modelo: Pessoas, Processos e Sistemas, avaliando, de forma integrada, como a instituição organiza, compartilha e aplica o conhecimento em suas rotinas administrativas.



Fonte: Dados da pesquisa (2025)



De acordo com os resultados, o Eixo Pessoas apresentou o melhor desempenho, atingindo 1,07 pontos numa escala de 0 a 5. Esse valor indica que há avanços importantes na dimensão humana, com iniciativas relacionadas à aprendizagem organizacional e ao desenvolvimento de competências, ainda que de forma inicial. Os servidores demonstram potencial para gerar, reter e compartilhar conhecimento, mas os processos ainda carecem de padronização e formalização.

O Eixo Processos obteve média 0,86, revelando um cenário de maturidade limitada. Embora haja práticas voltadas à circulação da informação e à execução das rotinas administrativas, a análise indica a ausência de procedimentos claros, padronizados e alinhados a um planejamento estratégico consistente.

Por fim, o Eixo Sistemas apresentou o índice mais baixo (0,64), evidenciando fragilidades na infraestrutura tecnológica, na gestão de conteúdo e na disponibilização de informações. Essa pontuação aponta para dificuldades na implementação de ferramentas digitais eficazes, integração de sistemas e estruturação de bases de dados institucionais.

De forma geral, os resultados demonstram que a Reitoria do IFAP encontra-se em um estágio inicial de maturidade da GC, com avanços no potencial humano, mas enfrentando limitações significativas nos processos organizacionais e, principalmente, na estrutura tecnológica. O cenário evidencia a necessidade de políticas institucionais mais consistentes, padronização de rotinas e investimentos em tecnologia para consolidar um programa estruturado de gestão do conhecimento.

4.2 Eixo Pessoas

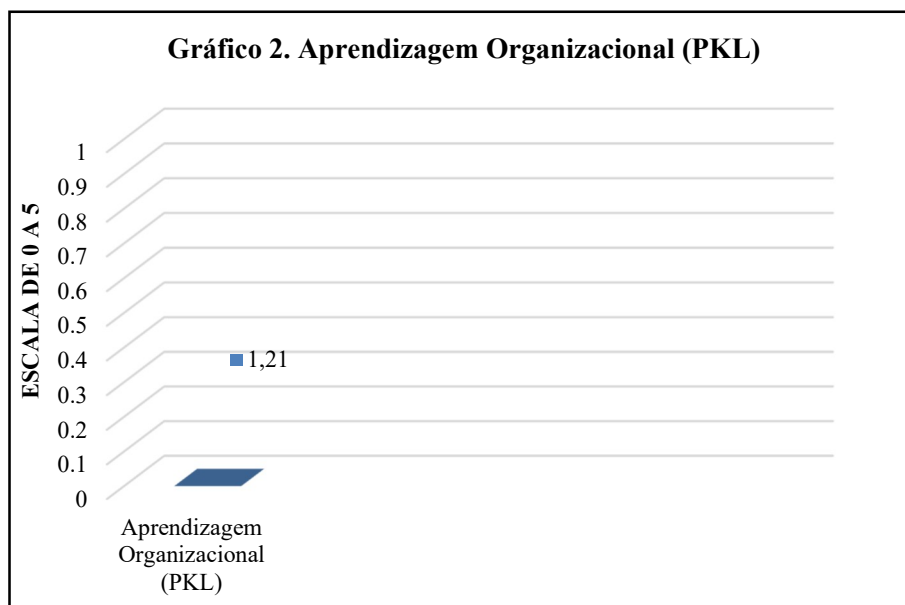
O Eixo Pessoas é um dos elementos centrais avaliados pelo método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA) e analisa como os servidores da Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) criam, compartilham e aplicam o conhecimento em suas atividades. Ele engloba cinco dimensões principais: Aprendizagem Organizacional (PKL), Identificação e



Criação do Conhecimento (PKIC), Compartilhamento do Conhecimento (PKS), Comunidades de Prática (PCPKT) e Liderança para a Gestão do Conhecimento (PKL *Leadership*).

De acordo com os resultados do diagnóstico, o desempenho geral do eixo foi de 1,07 numa escala de 0 a 5, evidenciando que a Reitoria apresenta potenciais importantes relacionados ao desenvolvimento humano, mas ainda enfrenta fragilidades significativas para consolidar uma cultura de gestão do conhecimento. O gráfico geral demonstra que o IFAP tem avanços relevantes na promoção da aprendizagem e no engajamento dos gestores com as práticas de GC, mas carece de políticas institucionais que fortaleçam a identificação, a organização e a disseminação do conhecimento produzido.

A dimensão Aprendizagem Organizacional (PKL) obteve a maior pontuação do eixo, com 1,21, demonstrando que a Reitoria já investe em iniciativas voltadas à capacitação dos servidores. Foram identificadas ações como cursos internos, treinamentos e oportunidades de qualificação que favorecem a melhoria contínua das rotinas administrativas e acadêmicas. Esse resultado indica um movimento positivo em direção à construção de um ambiente mais colaborativo e propício ao aprendizado coletivo. Entretanto, o diagnóstico mostra que ainda não há um programa estruturado de formação que alinhe essas iniciativas aos objetivos estratégicos da instituição, o que reduz o impacto das ações implementadas.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

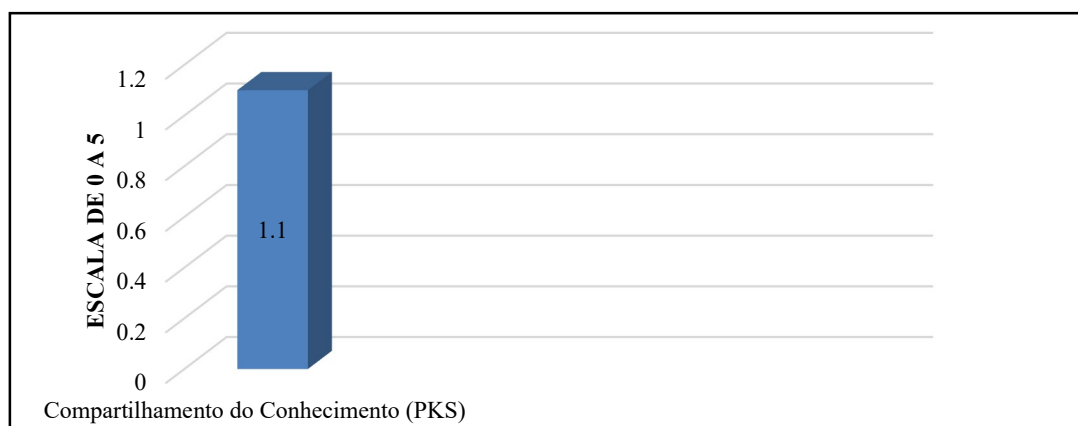
A dimensão Liderança para a Gestão do Conhecimento (PKL *Leadership*) também apresentou pontuação elevada (1,21), reforçando que os gestores desempenham um papel importante na promoção da GC. Os dados revelam que a liderança da Reitoria demonstra abertura para apoiar iniciativas de inovação e aprendizagem, criando espaços de diálogo e incentivo entre equipes. Contudo, o gráfico aponta que essa atuação ainda se concentra em esforços isolados, pois faltam mecanismos formais que institucionalizem políticas de valorização, incentivos ou recompensas relacionadas às práticas de GC.

Em contraste, a dimensão Identificação e Criação do Conhecimento (PKIC) apresentou resultado de apenas 0,8, evidenciando uma lacuna relevante. A análise mostra que a Reitoria não possui estratégias sistematizadas para mapear competências, identificar áreas críticas de produção do conhecimento ou registrar saberes essenciais. Essa ausência de políticas formalizadas compromete o reaproveitamento do conhecimento existente e aumenta a dependência de indivíduos-chave, o que pode gerar riscos para a continuidade dos processos institucionais.



Já o Compartilhamento do Conhecimento (PKS) alcançou média 1,1, revelando que, embora haja troca de informações entre os setores, essas práticas ainda acontecem de maneira informal, sem o uso de plataformas colaborativas ou mecanismos institucionais de registro. Essa limitação dificulta a disseminação do conhecimento produzido internamente e restringe a aprendizagem organizacional coletiva.

Gráfico 3. Dimensão Compartilhamento do Conhecimento (PKS)



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Outro ponto crítico identificado é a dimensão Comunidades de Prática (PCPKT), que obteve 0,9 pontos. Embora existam grupos informais de servidores que compartilham experiências e discutem problemas comuns, não há estratégias institucionais que reconheçam e consolidem esses espaços colaborativos. A ausência de políticas específicas e de apoio tecnológico limita a criação de redes de aprendizagem mais estruturadas, o que enfraquece o potencial coletivo da Reitoria.

Em síntese, o Eixo Pessoas evidencia que o IFAP possui um capital humano com alto potencial para apoiar a consolidação da GC, principalmente nos aspectos relacionados à aprendizagem organizacional e à liderança. Entretanto, os resultados também demonstram



a necessidade urgente de institucionalizar políticas e práticas que favoreçam a identificação, a criação, o registro e o compartilhamento do conhecimento. A falta de mecanismos formais e de canais colaborativos impacta diretamente a retenção e a difusão dos saberes estratégicos, dificultando a transformação das competências individuais em vantagens organizacionais.

Assim, a Reitoria do IFAP precisa fortalecer três frentes prioritárias:

- Formalização de programas de capacitação alinhados aos objetivos estratégicos;
- Criação de políticas para registro e mapeamento de competências;
- Implementação de espaços e ferramentas colaborativas para o compartilhamento de práticas e experiências.

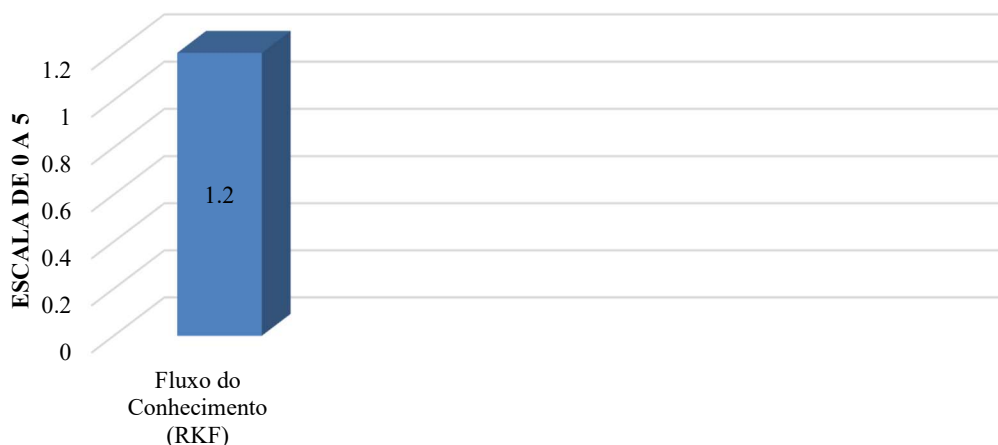
Essas ações são fundamentais para elevar o nível de maturidade da GC e para construir uma cultura organizacional orientada à aprendizagem contínua, condição essencial para que a Reitoria alcance padrões mais elevados de inovação e eficiência institucional.

4.3 Eixo Processos

O Eixo Processos do método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA) analisa como a Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) organiza, formaliza e padroniza os fluxos de conhecimento entre seus setores. Ele contempla cinco dimensões: Fluxo do Conhecimento (RKF), Operacionalização do Conhecimento (ROK), Alinhamento aos Objetivos Organizacionais (RA), Métricas e Benchmarking (RMB) e Liderança Estratégica (RL). O desempenho geral do eixo foi de 0,86 pontos numa escala de 0 a 5, indicando um nível inicial de maturidade, com avanços pontuais, mas fragilidades significativas na padronização de rotinas, integração de processos e definição de métricas.



Gráfico 4. Dimensão Fluxo de Conhecimento (RKF)

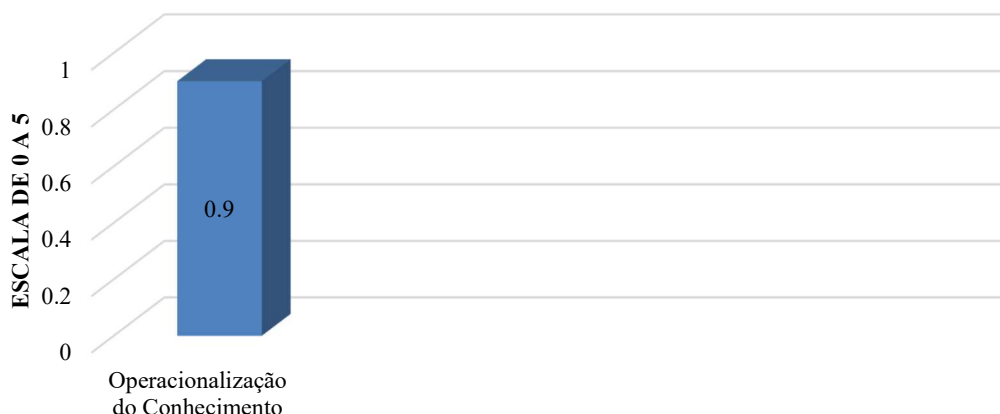


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do gráfico mostra que a dimensão Fluxo do Conhecimento (RKF) obteve a maior pontuação do eixo, com 1,2, o que demonstra que há troca de informações entre setores, ainda que de forma pouco estruturada. A circulação de dados acontece principalmente por meio de interações informais, conversas e redes pessoais, sem que haja processos formalizados ou canais institucionais unificados para gerenciar essas informações. Esse resultado indica que, embora os servidores estejam abertos ao diálogo e ao compartilhamento de práticas, a Reitoria precisa investir em políticas e ferramentas que integrem os fluxos de conhecimento e promovam maior rastreabilidade das informações.

Em seguida, a dimensão Operacionalização do Conhecimento (ROK) apresentou média 0,9, revelando que a instituição possui práticas relacionadas à gestão do conhecimento, mas ainda carece de padronização e formalização de procedimentos. A análise dos dados indica que os setores operam com processos isolados, e não existe uma metodologia única que oriente como o conhecimento é gerado, registrado e aplicado. Essa lacuna impacta diretamente a eficiência organizacional, pois gera retrabalho, inconsistência nas rotinas e dificulta a replicação de boas práticas.

Gráfico 5. Dimensão Operacionalização do conhecimento (ROK)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Já a dimensão Alinhamento aos Objetivos Organizacionais (RA) obteve média 1,0, demonstrando que a Reitoria tem metas estratégicas definidas, mas essas ainda não estão plenamente integradas à gestão do conhecimento. A análise revela que, apesar da existência de um planejamento institucional, as iniciativas de GC não estão articuladas com os objetivos de médio e longo prazo, o que reduz o potencial da gestão para apoiar a tomada de decisão de forma estruturada.

Por outro lado, a dimensão Métricas e *Benchmarking* (RMB) apresentou um dos resultados mais baixos do eixo, com 0,7, evidenciando que a Reitoria não possui indicadores consolidados para avaliar a efetividade das práticas de GC. A ausência de métricas dificulta a monitorização dos processos e a avaliação do desempenho institucional, além de impedir comparações com outras instituições públicas que utilizam metodologias semelhantes. Segundo Fernandes (2019), a adoção de indicadores claros e *benchmarking* contínuo é essencial para aprimorar práticas e garantir melhores resultados.



Gráfico 6. Dimensão Métricas e Benchmarking (RMB)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A dimensão mais crítica do eixo é a Liderança Estratégica (RL), com média de apenas 0,6, o que evidencia que a gestão do conhecimento ainda não está incorporada ao processo decisório da alta administração. Essa fragilidade compromete a priorização de ações voltadas à GC e dificulta a criação de políticas institucionais sólidas. Conforme Batista (2012), a ausência de liderança efetiva é um dos principais fatores que limitam o amadurecimento da GC em instituições públicas, pois sem o comprometimento da gestão os processos não se consolidam.

De forma geral, o Eixo Processos evidencia que o IFAP possui boas práticas iniciais relacionadas ao fluxo de informações e à definição de metas, mas apresenta graves limitações na integração das áreas, na padronização de procedimentos, na utilização de indicadores e na atuação da liderança institucional. Para avançar no nível de maturidade da GC, a Reitoria precisa priorizar quatro frentes de atuação:

- Padronizar processos e fluxos de conhecimento;
- Instituir mecanismos formais para registro e gestão de informações;



- Desenvolver indicadores e *benchmarking* para monitorar resultados;
- Fortalecer a liderança estratégica, garantindo que a GC seja incorporada ao planejamento institucional.

Essas ações são fundamentais para que o IFAP deixe de atuar com iniciativas isoladas e avance para um modelo de gestão integrada do conhecimento, capaz de promover inovação, eficiência e melhor governança institucional.

4.4 Eixo Sistemas

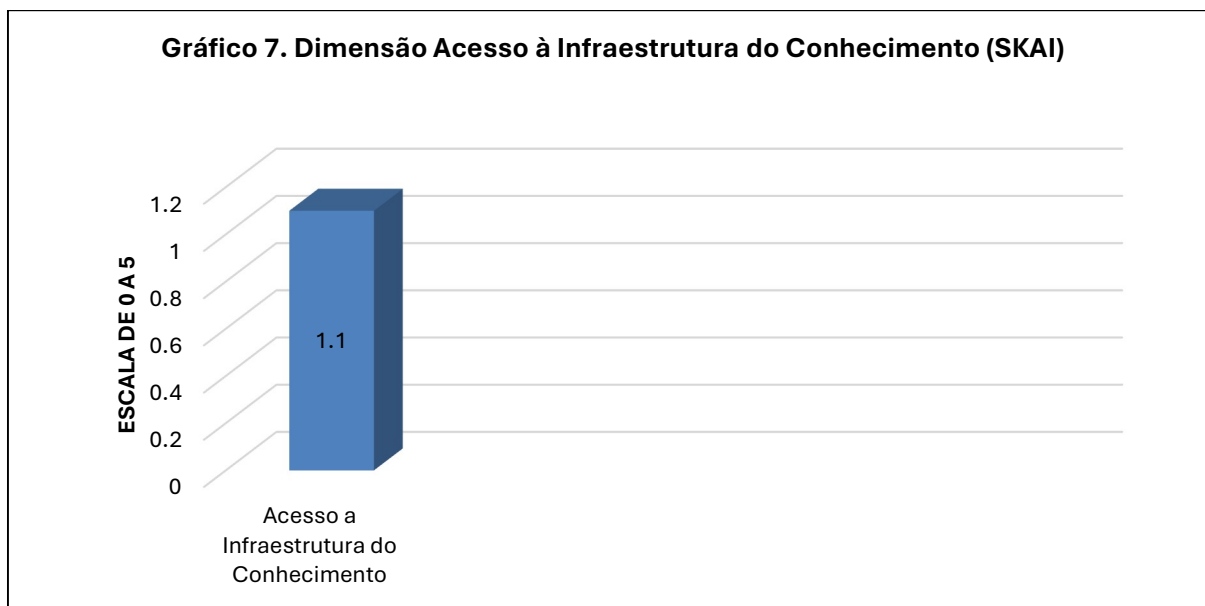
O Eixo Sistemas do método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA) avalia a capacidade da Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) de oferecer infraestrutura tecnológica, acesso à informação, ferramentas de gestão de conteúdo e programas estruturados que favoreçam a consolidação da Gestão do Conhecimento (GC). Esse eixo é fundamental para mensurar o suporte tecnológico e os mecanismos institucionais disponíveis para armazenar, integrar, organizar e difundir dados e informações.

Os resultados evidenciam que o Eixo Sistemas apresentou o pior desempenho entre os três eixos avaliados, com média geral de 0,85 pontos numa escala de 0 a 5. Esse índice revela fragilidades estruturais significativas relacionadas à tecnologia, à integração de sistemas, à organização de conteúdos e à institucionalização de programas de GC.

A dimensão Infraestrutura Tecnológica para GC (SKMTI) obteve pontuação 0,6, um dos resultados mais baixos de todo o diagnóstico. Isso demonstra que a Reitoria não dispõe de sistemas integrados e plataformas digitais sólidas para apoiar a GC. A análise dos dados indica que o acesso a ferramentas tecnológicas ainda é restrito e que a automação de processos administrativos e acadêmicos ocorre de forma limitada. Essa fragilidade compromete a eficiência institucional, pois dificulta a padronização de rotinas, aumenta o retrabalho e reduz a capacidade de tomada de decisão baseada em evidências. Fernandes (2019) destaca que, em contextos organizacionais, a infraestrutura tecnológica é um pilar essencial para a consolidação da GC, pois permite a gestão eficiente do conhecimento

explícito e o compartilhamento do conhecimento tácito. No caso do IFAP, a baixa pontuação nessa dimensão sinaliza a urgência de investimentos estruturais para modernizar sistemas e integrar informações de forma segura e acessível.

A dimensão Acesso à Infraestrutura de Conhecimento (SKAI) apresentou pontuação 1,1, o melhor resultado do eixo, evidenciando esforços da Reitoria para disponibilizar informações aos servidores. Entretanto, a análise revela que esse acesso ainda ocorre de forma fragmentada e desigual. Embora existam canais para consulta de dados e documentos institucionais, eles não são integrados e, muitas vezes, não permitem uma visão consolidada das informações. Isso limita a democratização do conhecimento e dificulta a criação de uma cultura de transparência. Para Fernandes (2019), a disponibilização ampla e integrada das informações é um requisito central para que as instituições públicas fortaleçam a GC e promovam a aprendizagem organizacional coletiva.

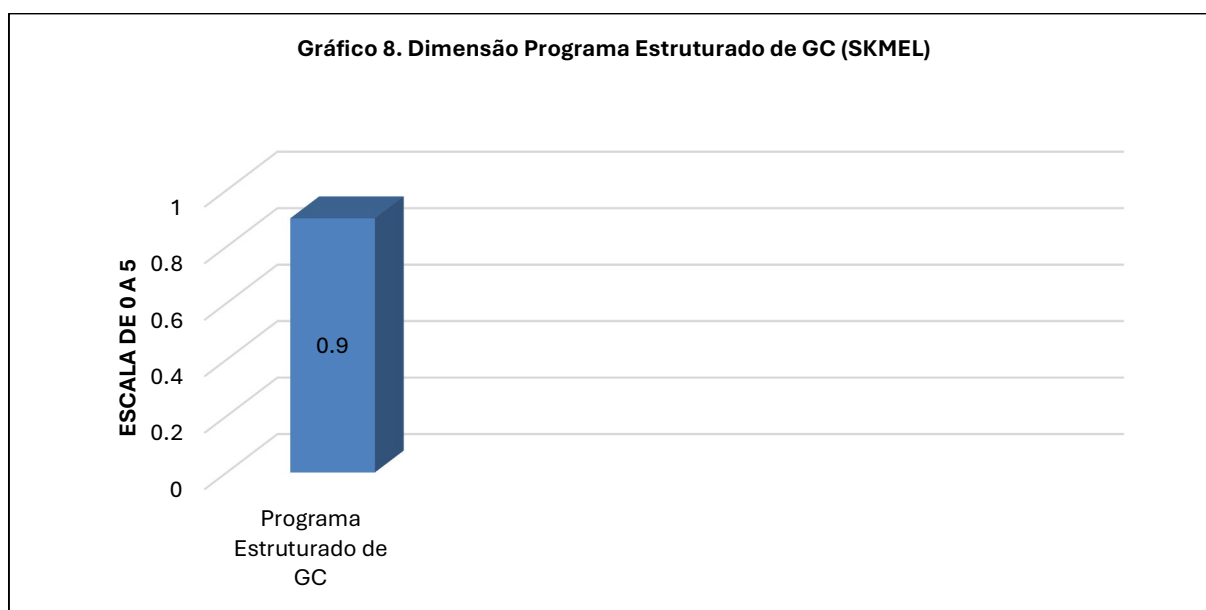


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A dimensão Gerência de Conteúdo (SCM), com média 0,8, apresentou desempenho insatisfatório, evidenciando a ausência de plataformas consolidadas para organizar,

armazenar e difundir conteúdos institucionais. A análise do gráfico demonstra que os documentos produzidos pela Reitoria — como relatórios, pareceres, planos de ação e atas — estão dispersos em diferentes setores, sem padronização ou política de gestão documental. Isso dificulta o reaproveitamento de informações e compromete a preservação da memória organizacional. Segundo Batista (2012), a gestão eficaz de conteúdos institucionais é indispensável para transformar o conhecimento explícito em recurso estratégico, evitando a duplicação de esforços e promovendo maior eficiência.

A dimensão Programa Estruturado de GC (SKMEL) obteve pontuação 0,9, sinalizando que existem iniciativas pontuais voltadas à gestão do conhecimento, mas elas não estão articuladas por meio de uma política institucional clara e contínua. As ações identificadas se limitam a projetos isolados, conduzidos por setores específicos, sem uma abordagem integrada que envolva todas as áreas da Reitoria. A ausência de um programa fundamentado impede que o conhecimento produzido pelos servidores seja capturado, registrado e disseminado de forma sistêmica, restringindo a aprendizagem coletiva e a inovação organizacional.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).



De forma geral, o Eixo Sistemas evidencia que as maiores fragilidades da Reitoria estão relacionadas à infraestrutura tecnológica limitada, à gestão ineficiente de conteúdos e à ausência de programas estruturados de GC. Apesar dos avanços no acesso à informação (SKAI), os resultados demonstram que o IFAP ainda precisa superar desafios significativos para consolidar uma base tecnológica que favoreça a integração de processos e o uso estratégico dos dados institucionais.

Para elevar o nível de maturidade nesse eixo, é necessário que a Reitoria priorize quatro ações essenciais:

- Investir na modernização da infraestrutura tecnológica, promovendo a integração entre sistemas administrativos e acadêmicos;
- Ampliar o acesso à informação, criando canais unificados e acessíveis a todos os servidores;
- Implantar plataformas sólidas de gestão de conteúdo, que permitam armazenar, organizar e recuperar documentos com facilidade;
- Institucionalizar um programa estruturado de GC, com políticas claras, metas definidas e responsabilidades distribuídas entre os setores.

Essas medidas são fundamentais para que a Reitoria do IFAP consiga avançar de um estágio inicial de maturidade para um modelo de gestão integrada do conhecimento, capaz de apoiar decisões estratégicas, promover inovação e melhorar a eficiência institucional.

A análise integrada dos resultados obtidos com a aplicação do método *Organizational Knowledge Assessment* (OKA) na Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) evidencia que a instituição se encontra em um nível geral de maturidade baixo a intermediário em relação à Gestão do Conhecimento (GC). O desempenho médio dos três eixos avaliados revela um cenário heterogêneo: o Eixo Pessoas obteve a maior pontuação, com 1,07, destacando o potencial humano como principal ativo da instituição; o Eixo Processos apresentou 0,86, evidenciando práticas parciais e pouco padronizadas; e o Eixo Sistemas registrou 0,85, configurando-se como o ponto mais crítico do diagnóstico.



O resultado positivo do Eixo Pessoas indica que a Reitoria já possui iniciativas relevantes para promover a aprendizagem organizacional e o desenvolvimento de competências, conforme observado nas dimensões PKL e Liderança para GC, ambas com 1,21. Esse desempenho revela que os servidores têm abertura para a troca de experiências e estão dispostos a aprender coletivamente. No entanto, fragilidades persistem na identificação e criação do conhecimento (PKIC – 0,8), no compartilhamento de informações (PKS – 1,1) e na ausência de comunidades de prática estruturadas (PCPKT – 0,9), evidenciando que o conhecimento produzido ainda não é registrado, organizado e disseminado de forma eficiente.

No Eixo Processos, os resultados indicam avanços pontuais, mas também revelam desafios relevantes. O Fluxo do Conhecimento (RKF – 1,2) foi identificado como um ponto positivo, demonstrando que as informações circulam entre setores, ainda que de forma informal. Porém, a Operacionalização do Conhecimento (ROK – 0,9) e o Alinhamento aos Objetivos Organizacionais (RA – 1,0) mostram que a ausência de procedimentos padronizados e a baixa integração entre áreas dificultam a consolidação de práticas de GC. A situação é agravada pelos baixos índices de Métricas e *Benchmarking* (RMB – 0,7) e, principalmente, de Liderança Estratégica (RL – 0,6), apontando que a GC ainda não está incorporada ao processo decisório da alta administração, o que compromete a formulação de políticas e a efetividade dos resultados.

O Eixo Sistemas apresentou os índices mais preocupantes do diagnóstico, revelando a necessidade urgente de investimentos estruturais. A dimensão Infraestrutura Tecnológica para GC (SKMTI – 0,6) mostra que a Reitoria não dispõe de sistemas integrados e plataformas digitais sólidas para dar suporte à gestão do conhecimento. Apesar de o Acesso à Informação (SKAI – 1,1) indicar esforços para disponibilizar dados aos servidores, os canais utilizados ainda são fragmentados e limitados, dificultando a transparência e a democratização do conhecimento. Além disso, as dimensões Gerência de Conteúdo (SCM – 0,8) e Programa Estruturado de GC (SKMEL – 0,9) evidenciam que a ausência de plataformas unificadas e de políticas institucionais consolidadas prejudica a organização e a preservação da memória organizacional.



Esses resultados dialogam com a literatura utilizada na revisão teórica. Para Nonaka e Takeuchi (1997), a aprendizagem organizacional só se consolida quando o conhecimento tácito é transformado em explícito e registrado em sistemas institucionais, o que ainda é um desafio no IFAP. Batista (2012) ressalta que a liderança estratégica e a existência de políticas estruturadas de GC são condições essenciais para garantir que o conhecimento seja aplicado de forma efetiva, o que reforça a necessidade de maior comprometimento da alta gestão da Reitoria. Já Fernandes (2019) enfatiza que o uso de infraestrutura tecnológica moderna e de indicadores claros é indispensável para elevar o nível de maturidade, dois elementos ainda incipientes na instituição.

De forma geral, o diagnóstico aponta que o IFAP possui potencial humano sólido, mas enfrenta limitações significativas na estruturação dos processos e, principalmente, na consolidação de um ambiente tecnológico capaz de sustentar a GC. Para avançar, é necessário adotar estratégias integradas que contemplem:

- Institucionalização de políticas de GC, com objetivos e responsabilidades claramente definidos;
- Padronização de fluxos e processos, reduzindo redundâncias e aumentando a eficiência operacional;
- Investimentos em infraestrutura tecnológica e gestão de conteúdos, com plataformas unificadas e acessíveis;
- Desenvolvimento de indicadores e *benchmarking*, permitindo acompanhar resultados e alinhar práticas com padrões de excelência;
- Fortalecimento da liderança estratégica, incorporando a GC ao planejamento e à tomada de decisão.

Essas ações são essenciais para que o IFAP saia de um estágio inicial de maturidade e evolua para um modelo de gestão integrada do conhecimento, capaz de apoiar a formulação de políticas públicas, potencializar a inovação e melhorar a eficiência institucional.



5 CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo avaliar o grau de maturidade da Gestão do Conhecimento (GC) na Reitoria do Instituto Federal do Amapá (IFAP) por meio do método Organizational Knowledge Assessment (OKA). Os resultados indicaram um nível de maturidade baixo a intermediário, com médias de 1,07 no Eixo Pessoas, 0,86 em Processos e 0,85 em Sistemas, revelando que, embora o capital humano seja o principal ativo institucional, persistem fragilidades na padronização de procedimentos, na integração tecnológica e na institucionalização de políticas de GC.

As dimensões mais desenvolvidas referem-se à aprendizagem organizacional e à liderança voltada à GC, enquanto as maiores lacunas concentram-se no uso da tecnologia, na gestão de conteúdos e na ausência de métricas consolidadas. Esses resultados confirmam a importância da liderança estratégica e da infraestrutura tecnológica como pilares para consolidar uma cultura de aprendizagem e inovação (Nonaka & Takeuchi, 1997; Batista, 2012; Fernandes, 2019).

Recomenda-se à Reitoria institucionalizar políticas de GC, modernizar os sistemas de informação e adotar indicadores de desempenho para monitorar resultados e apoiar a tomada de decisão. O estudo contribui para o campo acadêmico ao demonstrar a aplicabilidade do método OKA em instituições públicas de ensino e oferecer subsídios práticos para aprimorar a gestão e a inovação institucional.



REFERÊNCIAS

- Batista, F. F. (2012). *Gestão do conhecimento no setor público: Estratégias e práticas*. Brasília, DF: Ipea.
- Calmeto, G. S., & Cribb, A. Y. (2020). *Gestão do conhecimento: Conceitos e práticas na administração pública*. Revista Gestão & Sociedade, 14(2), 190–205.
- Corrêa, D. S. (2023). *Modelos de maturidade em gestão do conhecimento: Práticas e desafios no setor público*. Cadernos de Administração Pública, 21(4), 37–58.
- Drucker, P. F. (1993). *Post-capitalist society*. New York, NY: Harper Business.
- Ehms, K., & Langen, M. (2002). *Knowledge Management Maturity Model (KMMM)*. Siemens AG.
- ENAP. (2022). *Gestão do conhecimento no setor público: Boas práticas e diretrizes*. Escola Nacional de Administração Pública.
- Fernandes, S. R. (2019). *Infraestrutura tecnológica e maturidade em gestão do conhecimento*. Revista de Administração Contemporânea, 23(3), 89–104.
- Fonseca, R. C. (2006). *Organizational Knowledge Assessment (OKA): Guia prático*. World Bank Institute.
- Gil, A. C. (2017). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (7a ed.). São Paulo, SP: Atlas.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). *The balanced scorecard: Measures that drive performance*. Harvard Business Review, 70(1), 71–79.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2019). *Fundamentos de metodologia científica* (9a ed.). São Paulo, SP: Atlas.
- Neves Júnior, E. F., & Marinho, R. P. (2018). *Gestão do conhecimento e desempenho organizacional*. Revista de Administração Pública, 52(5), 100–118.
- Nonaka, I., & Konno, N. (1998). *The concept of “Ba”: Building a foundation for knowledge creation*. California Management Review, 40(3), 40–54.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997). *Criação de conhecimento na empresa: Como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação* (3a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Campus.
- Polanyi, M. (1966). *The tacit dimension*. Garden City, NY: Doubleday.
- Santos, R. M., & Rados, G. J. (2020). *Comunidades de prática e gestão do conhecimento*. Revista Brasileira de Administração Pública, 54(3), 215–233.
- Stankowitz, R. C. (2021). *Conhecimento organizacional e inovação: Um estudo aplicado*. Revista Brasileira de Gestão, 18(2), 19–34.
- Von Krogh, G. (1998). *Care in knowledge creation*. California Management Review, 40(3), 133–153.

Artigo submetido em: 01/12/2025

Avaliação (cega) 1ª rodada concluída em: 28/12/2025

Aprovado em: 28/12/2025



AVALIADORES

Em cumprimento às normas de boas práticas editoriais, publicamos nesta edição a lista de avaliadores que realizaram o trabalho de avaliação dos artigos submetidos à Revista Sustainable Business International Journal.

Agradecemos a cada um dos pesquisadores(as) que contribuíram com a sua experiência e conhecimento acadêmico para que esta edição pudesse ser publicada com um elevado padrão científico, sempre na busca do acúmulo e disseminação de um conhecimento diferenciado que venha a trazer avanços para o Brasil e o mundo.

Seguem nome e e-mail dos pesquisadores(as):

AVALIADOR	E-MAIL
Andreia de Bem Machado	andreiadebem@gmail.com
Carlos Navarro Fontanillas	navarroufrj@gmail.com
Eliane Monteiro de Almeida	elianealmeida.rj@gmail.com
Fabricio Ziviani	fazist@hotmail.com
Hércules Antônio do Prado	hercules@p.ucb.br
Ingrid Weingärtner	ingridwreis@gmail.com
Maria Lucia Rodrigues da Cruz	mari.luciac@gmail.com
Marcos Antonio Gaspar	marcos.antonio@uni9.pro.br
Otacílio José Moreira	otacilio.moreira@id.uff.br
Paula Lopes Erthal	paula_erthal@id.uff.br