



A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA: TENDÊNCIAS E LACUNAS NA PESQUISA DA PRODUÇÃO INDEXADA NA SCOPUS ENTRE 2019 A 2024.

Luciana Laura Gusmão Cordeiro¹

Maria Cecília de Souza e Souza²

Thainara de Souza Araújo³

Marcelo Antônio Mesquita Melo⁴

Gilson Teixeira de Oliveira Filho⁵

RESUMO

O estudo investigou o papel da Inteligência Artificial (IA) na engenharia, destacando seu potencial para otimizar processos, prever custos, monitorar projetos e analisar dados em tempo real. O objetivo geral do estudo foi mapear as tendências e lacunas do tema da Inteligência Artificial dentro da engenharia, por meio da abordagem bibliométrica, explorando como a IA tem sido aplicada e quais áreas necessitam de maior desenvolvimento. Usando uma análise bibliométrica baseada em 602 artigos indexados na base de dados Scopus entre 2019 e 2024, a pesquisa identificou tendências e lacunas no campo, além de explorar colaborações entre autores e países. A IA, abrangendo tecnologias como aprendizado de máquina, reconhecimento de padrões e visão computacional, está transformando áreas como manutenção preditiva, design generativo e automação em construção civil. Apesar de seu impacto positivo, desafios éticos, privacidade de dados e conformidade legal, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e o *General Data Protection Regulation* (GDPR), emergem como preocupações importantes. A metodologia incluiu busca sistemática na Scopus, seguida de análise quantitativa com ferramentas como Excel e VOSviewer, que permitiram mapear coautorias e redes de colaboração. Os resultados mostram um aumento significativo na produção científica, especialmente após 2022, refletindo maior interesse e investimento no tema. O estudo contribui ao mapear lacunas e propor direções para futuras pesquisas, promovendo a integração ética e

¹ Graduada em Administração (UFRN), Especialista em Gestão de Projetos (UFRN), Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Gestão da Informação e do Conhecimento (UFRN), Pesquisadora do Grupo de Estudos Grupo de Gestão Institucional e Políticas Públicas (GIPP) da UFRN e Coordenadora-Técnica de Projetos convênio SIN-FAPERN Edital 09/2024. E-mail: luciana.cordeiro.110@ufrn.edu.br.

² Graduada em Engenharia Civil (UFRN) e Mestre pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (UFRN). Atualmente exerce a função de Pesquisadora-Bolsista em Engenharia Civil vinculada ao Edital 09/2024 SIN-FAPERN. E-mail: mariasouza.eng@gmail.com

³ Graduada em Arquitetura e Urbanismo (UNIFACEX). Atualmente exerce a função de Pesquisadora-Bolsista em Arquitetura vinculada ao Edital 09/2024 SIN-FAPERN. E-mail: arquitetathainarasouza@gmail.com

⁴ Graduado em Engenharia Civil (UNP). Atualmente exerce a função de Pesquisador-Bolsista em Engenharia Civil vinculada ao Edital 09/2024 SIN-FAPERN. E-mail: marceloantonioemesquitamelo@gmail.com

⁵ Graduado em Engenharia Civil (UFRN). Atualmente exerce a função de Pesquisador-Bolsista em Engenharia Civil vinculada ao Edital 09/2024 SIN-FAPERN. E-mail: gilsontdoliveiraf@gmail.com



responsável da IA na engenharia, com ênfase em inovação e eficiência no setor público.

Palavras-chave: inteligência artificial; IA; engenharia; análise bibliométrica.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) está revolucionando diversos setores, incluindo a engenharia e as obras públicas. No setor público, a IA oferece um grande potencial para otimizar processos, como o monitoramento de obras, a previsão de custos e a análise de dados em tempo real. Isso resulta em maior eficiência, transparência e melhor gestão de recursos (Atlas, 2023; Timpone; Guidi, 2023; Campos, 2020; Chagas, 2019; Trindade; Oliveira, 2024).

Este estudo se propõe a investigar como a IA está sendo aplicada na área de infraestrutura e obras públicas, identificando tendências e lacunas nas pesquisas em engenharia. Através da análise bibliométrica de artigos científicos, os autores buscaram entender como a IA está sendo explorada no contexto da engenharia e em obras da construção civil. Essa análise permite identificar as principais áreas de pesquisa, as colaborações entre pesquisadores e as lacunas de conhecimento existentes. A análise das publicações científicas contribui para o avanço da pesquisa acadêmica e oferece subsídios valiosos para a aplicação prática de soluções tecnológicas no setor público. Ao identificar as áreas que carecem de mais investigação, este estudo busca promover a inovação e a eficiência na gestão de obras públicas e no uso de recursos governamentais.

Assim, este artigo surge do interesse dos autores em investigar as tendências e lacunas nas pesquisas sobre a aplicação da Inteligência Artificial no setor de infraestrutura, especialmente em obras públicas e engenharia, um campo cada vez mais desafiador e dinâmico. O interesse é ainda mais intenso devido à experiência dos pesquisadores em um projeto de inovação na Secretaria de Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Norte, focado na implementação de soluções tecnológicas para otimizar atividades relacionadas a obras públicas. A análise bibliométrica, utilizando o *VOSviewer*, busca responder à **questão central de pesquisa**: “Quais são as principais tendências e lacunas na aplicação da Inteligência Artificial na engenharia, com base na produção indexada na Scopus entre 2019 e 2024, considerando as redes de citação, palavras-chave, co-autoria de autores e colaboração entre países?” O **objetivo geral** do estudo foi mapear as tendências e lacunas do tema da Inteligência Artificial em engenharia, por meio da abordagem bibliométrica, explorando como a IA tem sido aplicada e quais áreas necessitam de maior desenvolvimento. A seguir exploramos o referencial teórico do estudo para sustentar a discussão realizada.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: USOS, APLICAÇÕES E SEU CONTEXTO



DE USO NA ENGENHARIA.

A IA pode ser classificada em categorias como IA Analítica, que se concentra em análise de dados para identificar padrões e fazer previsões; IA Generativa, que cria conteúdos como imagens e textos; e IA Conversacional, que permite interações naturais com usuários (Atlas, 2023; Timpone; Guidi, 2023). Essas classificações frequentemente se combinam, como no ChatGPT, que é ao mesmo tempo uma IA Generativa e Conversacional. Presente em diversas tecnologias do cotidiano, como smartphones e redes sociais, a IA facilita desde desbloqueios faciais até comandos de voz e ajustes automáticos de câmera. Ela também desempenha papéis relevantes no trabalho, educação e saúde, auxiliando no diagnóstico e prevenção de doenças (Trindade; Oliveira, 2024).

Diante do exposto, fica evidente que a IA é um tipo de tecnologia presente em vários espaços, ajudando as pessoas em múltiplos contextos. Desse modo, o ciberespaço e a contemporaneidade são, portanto, espaços permeados por esse tipo de tecnologia. A Inteligência Artificial (IA) tem sido amplamente aplicada em diversas áreas, transformando setores como saúde, educação, transporte, finanças e indústria com soluções que vão desde automação de processos até análises preditivas e personalização de serviços. Sua capacidade de processar grandes volumes de dados, aprender padrões e realizar tarefas complexas com alta precisão tem impulsionado a inovação em escala global. Na engenharia, em particular, a IA está revolucionando práticas tradicionais e ampliando possibilidades em áreas como construção, mecânica, elétrica e civil, promovendo eficiência, sustentabilidade e segurança. A Inteligência Artificial (IA) tem desempenhado um papel fundamental na engenharia, trazendo avanços significativos em diversas áreas. Ela tem sido essencial em tarefas como modelagem avançada, simulação de sistemas complexos, manutenção preditiva, design generativo, além de otimizar processos de levantamento de quantidades no Revit e de medições e orçamentos no Excel. A aplicação de robótica inteligente na construção e manufatura também tem acelerado o andamento de projetos, oferecendo maior precisão e eficiência. No entanto, o uso da IA impõe desafios, principalmente no que se refere à proteção de dados utilizados para treinar e operar esses sistemas, exigindo conformidade com legislações como a LGPD e o GDPR. A integração da IA no setor de engenharia destaca seu enorme potencial de transformação, ao mesmo tempo em que sublinha a necessidade de equilibrar inovação tecnológica com responsabilidade ética e segurança da informação.

A Inteligência Artificial (IA), originada na década de 1950, é um campo de estudo que surgiu na década de 1950, após a Segunda Guerra Mundial (Russell, 2013). A IA é uma tecnologia capaz de realizar tarefas que exigem habilidades humanas, como aprender, perceber e tomar decisões, de forma autônoma sem a intervenção direta de uma pessoa. Por isso, tecnologias baseadas em IA conseguem realizar diferentes atividades, como reconhecer padrões, planejar tarefas para alcançar metas e tomar decisões (Trindade, Oliveira, 2024; Russell, 2013). O termo IA compreende e descreve uma variedade de tecnologias, como modelos computacionais e algoritmos, que são classificadas como “inteligentes” porque conseguem



“aprender” e fazer as atividades corretas de forma autônoma, após analisar conjuntos de dados (Trindade, Oliveira, 2024).

Um subcampo importante dentro dos estudos da IA trata-se do aprendizado de máquina (*Machine Learning*), que se concentra no desenvolvimento/treinamento de algoritmos e modelos inteligentes, usando conjuntos de dados, modelos estatísticos e algoritmos simples, entre outros recursos de algoritmos para reconhecer padrões em dados (Campos, 2020; Kaufman; Santaella, 2020). O reconhecimento de padrões, por fim possibilita que sistemas computacionais identifiquem estruturas e características específicas em dados complexos, possibilitando a tomada de decisões (Trindade; Oliveira, 2024). Essa habilidade permite o desenvolvimento de diversas aplicações, como a personalização de experiências em plataformas digitais — Netflix, Spotify e Instagram, por exemplo, as quais utilizam algoritmos que analisam dados para recomendar conteúdos de acordo com as preferências dos usuários (Kaufman; Santaella, 2020; Trindade; Oliveira, 2024).

Os desafios enfrentados na implementação da IA em políticas públicas são abordados por Costa e Lima (2021), que discutem resistência à mudança, escassez de recursos tecnológicos e a necessidade de formação especializada. Esses fatores afetam tanto a formulação de políticas baseadas em dados quanto a criação de soluções adaptadas às demandas sociais. Complementarmente, Silva e Rocha (2020) investigam a implementação da IA no setor público brasileiro, apresentando exemplos que ilustram sucessos e limitações.

Carvalho e Neto (2020) apresentam estudos de caso sobre projetos-piloto que validam a viabilidade de tecnologias de IA em diferentes contextos. A obra destaca iniciativas inovadoras que servem como modelos para uma adoção mais ampla, analisando fatores determinantes para o sucesso, como colaboração intersetorial e avaliação contínua dos resultados. Por fim, Vasconcelos e Santos (2024) sintetizam desafios e oportunidades na aplicação da IA na gestão pública brasileira, com foco na eficiência governamental. A análise ressalta o potencial transformador da IA em processos administrativos e de tomada de decisão, ao mesmo tempo em que identifica barreiras culturais e estruturais que precisam ser superadas.

METODOLOGIA

O estudo adotou uma abordagem quantitativa com objetivos exploratórios e descritivos (Gil, 2002), combinando essas metodologias para uma análise detalhada do tema. A pesquisa descritiva focou na descrição de características e relações entre variáveis, enquanto a exploratória buscou maior familiaridade com o problema e geração de hipóteses. Utilizando a base Scopus, reconhecida pela qualidade de seus documentos, os dados foram coletados e analisados com *Microsoft Excel* e *VOSviewer*.

A pesquisa examinou artigos sobre Inteligência Artificial e engenharia, realizando um levantamento bibliométrico em 6 de novembro de 2024. Foram encontrados inicialmente 920 artigos, que, após a

aplicação de um filtro temporal (2019-2024), resultaram em 602 artigos. Esses documentos foram analisados em títulos, resumos e palavras-chave, compondo o corpus da pesquisa como se vê o fluxo realizado no quadro 1.

Quadro 1 - Estratégia de busca e etapas para composição da amostra da pesquisa.

CRITÉRIO DE BUSCA	CONSULTA INICIAL	FILTRO APLICADO	AMOSTRA FINAL
Base de dados: Scopus (Elsevier).	920 artigos encontrados f	Últimos 5 anos (2019-2024): resultou em 602 artigos encontrados.	602 artigos selecionados
Termos utilizados: "artificial intelligence" AND "engineering".			
Tipo de documento: apenas artigos.			

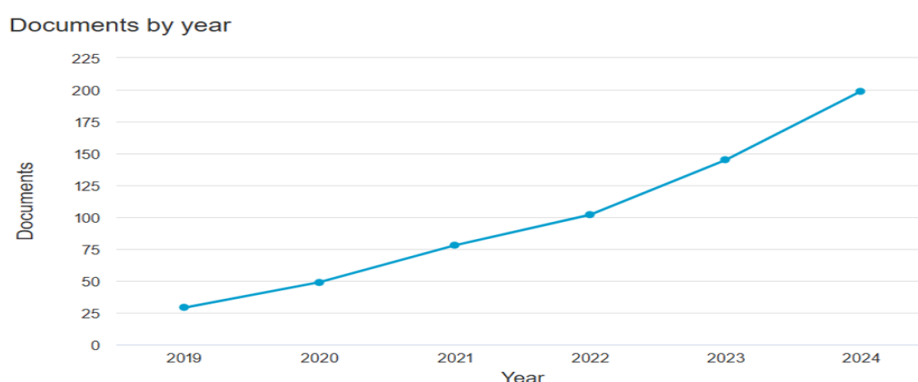
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Após a seleção dos 602 artigos, os dados foram baixados em formato CSV e analisados pelo *software* VOSviewer, cujo foco destina-se para análise de redes. Assim utilizou-se o VOSviewer para visualizar a rede de co-ocorrência de palavras-chave e visualizar a rede de coautoria. Na sequência apresentamos os principais resultados do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresentamos os principais resultados e achados da pesquisa, com o objetivo de fornecer uma visão geral da produção acadêmica-científica sobre Inteligência Artificial e engenharia no período de 2019 a 2024 que abrangeu os 602 artigos selecionados como vemos no gráfico 1.

Gráfico 1- Evolução da produção acadêmica-científica sobre Inteligência Artificial e engenharia no período de 2019 a 2024.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Observa-se no quadro 1 um crescimento contínuo e significativo no número de publicações ao longo do período de 2019 a 2024. Essa tendência ascendente indica um crescente interesse e investimento na pesquisa em Inteligência Artificial e sua aplicação na engenharia. É possível notar que a partir de 2022 houve uma aceleração no ritmo de produção, com um aumento substancial no número de artigos publicados em 2023 e 2024, de 150 artigos para 200 respectivamente. Esse acréscimo

pode ser atribuído a diversos fatores, como o avanço tecnológico, o aumento da disponibilidade de dados e o reconhecimento da importância da Inteligência Artificial para diversos setores da sociedade.

A Figura 1 apresenta um mapa de co-autoria, uma visualização gráfica que revela as colaborações entre diferentes autores ao longo de 2019 a 2024. Nessa representação, cada nó (círculo) corresponde a um autor, e as linhas que conectam os nós indicam que esses autores já publicaram trabalhos em conjunto. A cor das linhas e dos nós, por sua vez, representam informações adicionais, do período exato em que as colaborações ocorreram, bem como a intensidade das relações de co-autoria.

Figura 1 – Mapa de co-autoria de autores do tema ao longo dos anos.

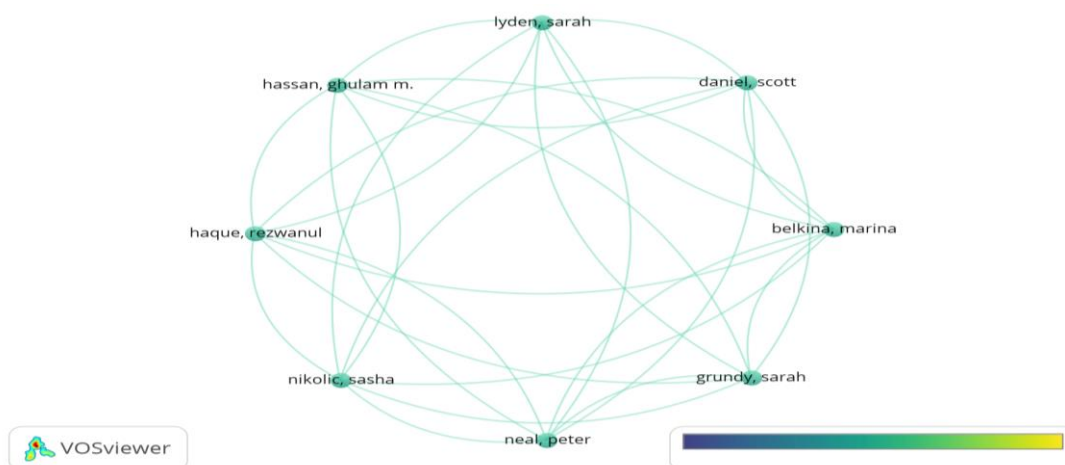


Fonte: Elaborados pelos autores com auxílio do software VOSviewer (2024).⁶

Observando a imagem, podemos identificar dois grupos distintos de autores, sugerindo a existência de duas redes de colaborações diferentes. A coloração dos nós e das linhas indica que essas redes de co-autoria se mantiveram relativamente estáveis ao longo do período analisado. No entanto, a presença de algumas conexões mais recentes entre os dois grupos pode sugerir a emergência de novas colaborações ou a expansão das redes existentes.

Figura 2 – Mapa de citações de autores do tema ao longo dos anos.

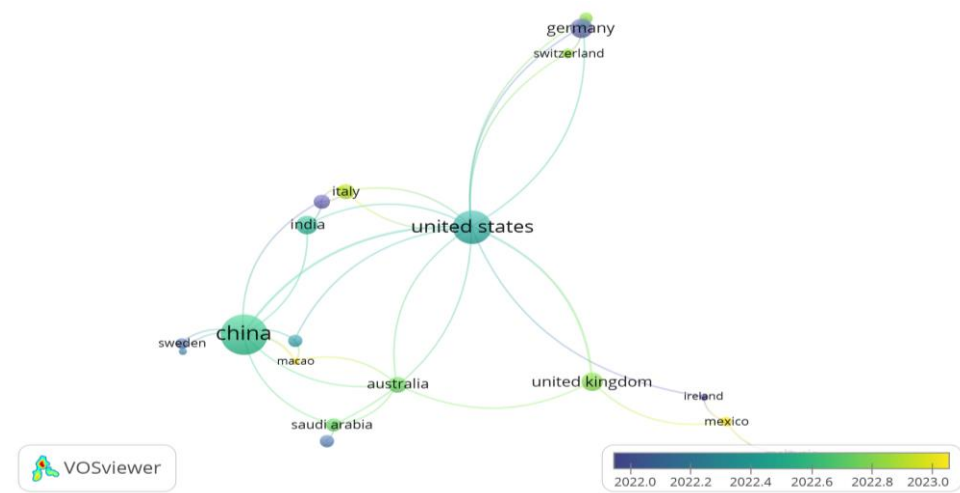
⁶ Para gerar o mapa de co-autoria de autores, usou-se o critério de no mínimo 2 documentos do autor e no mínimo de citações 1 daquele autor. Esses dados capturados pelo *VOSviewer* podem incluir tanto os autores dos próprios 602 artigos, quanto os autores citados pelas publicações. O *VOSviewer* em um primeiro momento identificou 2.349 autores, dos quais apenas 82 preencheram o critério estipulado de 2 docs e 1 citação, dos quais apenas 10 foram encontrados conexões.



Fonte: Elaborados pelos autores com auxílio do software VOSviewer (2024).⁷

A análise da rede de citações revelou que, após aplicar critérios rigorosos de filtragem (2 documentos por autor e 1 citação), a rede apresentou uma conectividade bastante limitada, com apenas 8 dos 82 autores identificados exibindo conexões entre si. Essa baixa densidade da rede pode indicar uma comunidade científica fragmentada, com pesquisadores altamente especializados em nichos específicos e pouca colaboração entre eles. Em resumo, a rede de citações da figura 2 indica uma comunidade científica com baixa interconexão, mas é fundamental realizar análises mais detalhadas para confirmar essa hipótese e identificar os fatores que contribuem para essa característica.

Figura 3 – Mapa de citações de países do tema ao longo dos anos.

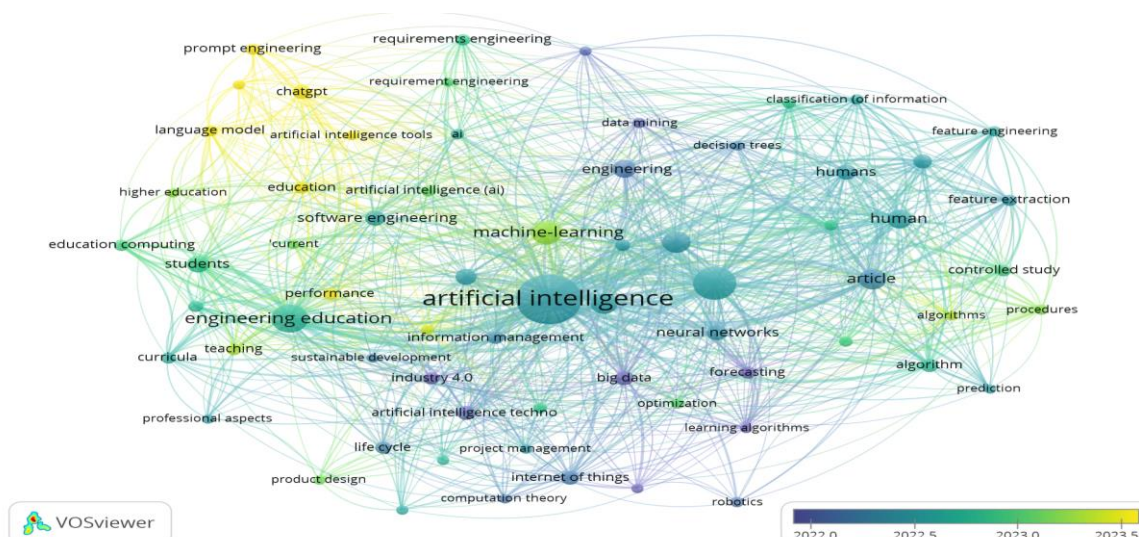


⁷ Para gerar o mapa de citação de autores, usou-se o critério de no mínimo 2 documentos do autor e no mínimo de citações 1 daquele autor. O VOSviewer em um primeiro momento identificou 2.349 autores, dos quais apenas 82 preencheram o critério estipulado de 2 docs e 1 citação, dos quais apenas 8 foram encontradas conexões.

Fonte: Elaborados pelos autores com auxílio do software VOSviewer (2024).⁸

A análise da rede de citações revela uma discrepância interessante: enquanto um número relativamente baixo de autores colabora diretamente, um número significativamente maior de países demonstram colaboração internacional. Essa disparidade pode ser explicada por diversos fatores, como a organização em grandes instituições, a natureza interdisciplinar da pesquisa e as limitações metodológicas. A colaboração entre países, muitas vezes impulsionada por consórcios internacionais ou grandes projetos de pesquisa, não necessariamente implica em colaboração direta entre todos os autores envolvidos. Para compreender melhor essa dinâmica, é fundamental considerar fatores como a estrutura das instituições de pesquisa, a natureza da pesquisa e a forma como as colaborações são medidas. Em resumo, a rede de citações indica uma intensa colaboração internacional, mas a colaboração direta entre autores pode ser menos frequente do que se imagina.

Figura 1 – Mapa de ocorrência de palavras-chave do tema ao longo dos anos.



Fonte: Elaborados pelos autores com auxílio do software VOSviewer (2024).⁹

Com base no mapa apresentado na figura 1, observa-se que o tema central, Inteligência Artificial (IA), ganhou destaque em 2022. As palavras-chave mais recorrentes foram "*Artificial Intelligence*" (278 ocorrências), "*Machine Learning*" (182) e "*Engineering Education*" (92). A análise dos mapas de palavras-chave, a partir dos dados da Scopus, revela tanto

⁸ Para gerar o mapa de citação de países, usou-se o critério de no mínimo 2 documentos do país e no mínimo de citações 2 daquele país. O VOSviewer inicialmente identificou 93 países, dos quais apenas 64 preencheram o critério estipulado, dos quais apenas 22 foram encontrados conexões entre si.

⁹ Nota: A rede foi gerada usando a opção "all keywords" do VOSviewer, portanto, abrange palavras-chave atribuídas pelas autorias e pela base de dados. Ressalta-se que a Scopus atribui termos indexadores aos documentos para melhorar a recuperação da informação. Gerou-se o mapa XX no VOSviewer usando como critério que a palavra chave tivesse no mínimo 10 diante das 5.521 palavras que foram identificadas. Destaca-se que as palavras chaves podem incluir tanto aquelas indexadas na própria base de dados, quanto dos materiais em si.



tendências emergentes quanto lacunas na pesquisa em IA aplicada à engenharia. O aumento na frequência de termos como "*Deep Learning*" e "*Big Data*" aponta para o crescente foco nessas áreas, enquanto a diminuição da relevância de termos como "Redes Neurais" sugere uma possível saturação de pesquisa, refletindo a evolução das abordagens metodológicas no campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da análise de 602 artigos indexados na base Scopus (2019-2022) demonstram uma produção científica diversa e significativa sobre Inteligência Artificial aplicada à engenharia.

A análise dos dados obtidos na base de dados Scopus permitiu identificar tendências e padrões relevantes para o campo de estudo da engenharia. Os 602 artigos analisados mostraram um consenso sobre o potencial da IA em oferecer novas ferramentas, apresentando algumas destas, mas também destacam desafios éticos, de privacidade e confiabilidade da informação gerada pelo uso da Inteligência Artificial em suas diversas aplicações possíveis. Diante da complexidade e dos desafios inerentes ao desenvolvimento da IA, a análise de co-autoria se torna fundamental para desvendar os padrões de colaboração entre os pesquisadores e identificar as áreas que mais demandam atenção. Ao mapear as redes de co-autoria, é possível identificar lacunas de conhecimento, fomentar a colaboração interdisciplinar e contribuir para o desenvolvimento de soluções mais éticas e responsáveis para os desafios da IA.

O mapeamento de redes de autoria, coautoria entre países e citações de palavras-chave permitiu identificar os temas e pesquisadores mais influentes. Tendências emergentes, como Machine Learning, Deep Learning e Big Data, destacam-se pelo interesse crescente, enquanto áreas consolidadas, como Automação e Processamento de Imagens, mantêm relevância. Contudo, lacunas significativas foram detectadas em temas como IA com uso da ética e a sustentabilidade, sugerindo oportunidades para futuras investigações. Esses achados atendem ao objetivo geral ao identificar tendências e lacunas na aplicação da IA à engenharia, oferecendo uma base estratégica para direcionar pesquisas, promover colaborações internacionais e integrar tecnologias emergentes, como IoT (*Internet of Things*) e *Blockchain* - mecanismo que permite o compartilhamento transparente e seguro de informações.

O estudo também sugere a ampliação da análise com novas bases de dados, estudos de caso práticos e aprofundamento em redes de colaboração, visando fortalecer a interdisciplinaridade e fomentar o avanço ético e sustentável da IA no campo da engenharia. Estudos futuros podem explorar áreas pouco pesquisadas, como IA com uso da ética e sustentabilidade, além de integrar tecnologias emergentes como IoT e *Blockchain*. A ampliação dos estudos futuros devem incluir novas bases de dados, análise temporal detalhada, estudos de caso práticos e mapeamento aprofundado de redes de coautoria e citações.

REFERÊNCIAS



ATLAS, S. **ChatGPT para Ensino superior e desenvolvimento profissional**: um guia para ia conversacional. Traduzido por Flávio Bortolozzi. EUA: University of Rhode Island, 2023.

CAMPOS, R. S. Desmistificando a Inteligência Artificial: uma breve introdução conceitual ao aprendizado de máquina. *Aoristo: International Journal of Phenomenology, Hermeneutics and Metaphysics*, [s.l.], v. 3, n. 1, 2020.

CARVALHO, L.; NETO, A. (2020). **Casos de sucesso na implementação de IA**.

CHAGAS, E. T. O. Deep Learning e suas aplicações na atualidade. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 4, n. 5, 2019.

COSTA, P., & LIMA, F. (2021). IA e a formulação de políticas públicas. **Políticas Públicas Hoje**, 27(2), 34-56.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

KAUFMAN, D.; SANTAELLA, L. O papel dos algoritmos de Inteligência Artificial nas redes sociais. **Revista Famecos**, Porto Alegre, v. 27, p. 1-10, 2020.

RUSSELL, S. J. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SILVA, R.; ROCHA, M. (2020). Implementação de IA no setor público brasileiro. **Inovação e Gestão**, 18(3), 67-89

TRINDADE, A. S. C. E.; OLIVEIRA, H. P. C. Inteligência artificial (IA) generativa e competência em informação: habilidades informacionais necessárias ao uso de ferramentas de IA generativa em demandas informacionais de natureza acadêmica-científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 29, Fluxo Contínuo, p. 1-27, 2024.

TIMPONE, R.; GUIDI, M. Explorando a mudança de cenário da IA: da IA Analítica à IA Generativa. **IPSOS Views**, [s.l.], p. 1-12, 2023.

VASCONCELOS, E. S.; SANTOS, F. A. dos. Inteligência artificial na gestão pública brasileira: desafios e oportunidades para a eficiência governamental. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. e5017, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n6-020.