

ACELERAÇÃO DA PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA POR MEIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS E DESAFIOS

Gabryel Carreiro Batista
Lacordaire Kemel Pimenta Cury

RESUMO

A aceleração da pesquisa científica e tecnológica através da Inteligência Artificial (IA) representa uma das maiores transformações nas metodologias de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Este estudo busca identificar os impactos e desafios dessa aceleração, pois a IA pode reduzir ou eliminar o trabalho manual, aumentando a qualidade das pesquisas e acelerando descobertas em áreas como saúde e educação. Embora as técnicas de IA tornem a inovação mais eficiente, seu uso generalizado levanta dilemas éticos e sociais. É essencial estabelecer políticas e padrões éticos adequados para garantir a distribuição dos benefícios e mitigar os riscos. A IA possui grande potencial para transformar a pesquisa, mas sua implementação deve considerar as implicações sociais e éticas, promovendo cooperação global e adotando padrões éticos universais para um uso responsável e sustentável.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Pesquisa. Aceleração.

ABSTRACT

The acceleration of scientific and technological research through Artificial Intelligence (AI) represents one of the greatest transformations in research and development (R&D) methodologies. This study aims to identify the impacts and challenges of this acceleration, as AI can reduce or eliminate manual labor, thereby increasing the quality of research and speeding up discoveries in areas such as health and education. Although AI techniques make innovation more efficient, their widespread use raises ethical and social dilemmas. It is essential to establish appropriate policies and ethical standards to ensure the distribution of benefits and mitigate risks. AI has great potential to transform research, but its implementation must consider social and ethical implications, promoting global cooperation and adopting universal ethical standards for responsible and sustainable use.

Keywords: Artificial Intelligence, Research, Acceleration

1 INTRODUÇÃO

O surgimento da Inteligência Artificial (IA) inicia-se em meados de 1950, percorrendo um longo caminho desde o seu primórdio (Hussain, 2022). No princípio, eram programas simples que podiam executar apenas tarefas específicas (Hussain, 2022), mas agora transformaram-se em sistemas capazes de tomar decisões por si próprios (Nagesh *et al.*, 2022).

A influência exercida por ela em diversos setores tem um papel muito importante na vida diária dos seres humanos, dentre eles: a saúde, as finanças, a educação e a indústria (Ajami e Karimi, 2023). De forma que os efeitos na inovação são profundos e amplos, na pesquisa, serve como acelerador para novas invenções, facilita o processo de descoberta e desenvolvimento por meio da automatização de tarefas rotineiras e da análise rápida de vastos volumes de dados, o que estaria para além da capacidade humana (Khot e Sutar, 2023). A sua influência transforma não só o modo com o qual as inovações são produzidas (Li e Zhang, 2023), mas também revolucionar a estrutura da organização de pesquisa e desenvolvimento (P&D) (Khot e Sutar, 2023).

No entanto, conforme destaca Tiwari (2023), à medida que ela evolui rapidamente e encontra o seu lugar em vários aspectos das nossas vidas, também traz à tona uma série de dilemas éticos e sociais. Estes dilemas abrangem, mas não estão limitados, violações de privacidade, ameaças crescentes à segurança, aumento das preocupações com parcialidade algorítmica, e até mesmo indícios de ameaças à estabilidade do emprego (Kieslich, Lünich e Došenović, 2023). Isso leva a questionar como é possível encontrar um equilíbrio entre promover a inovação através da IA, sem perder de vista as necessidades humanas que exigem empatia nos locais de trabalho (Tiwari, 2023).

Com a progressão da IA a uma velocidade vertiginosa, é cada vez mais importante compreender tanto os avanços como os limites desta tecnologia, mesmo que o tema se desloque para a complexidade. Igualmente significativo é reconhecer como a IA estimula a criatividade e a inovação por mais rebuscados que esses conceitos possam parecer.

Assim, o objetivo deste estudo é duplo: primeiro, aprofundar os efeitos de longo alcance da inteligência artificial em diferentes domínios, e segundo descobrir em que contexto aplicar as suas habilidades mais robustas nesses domínios. Consequentemente, esboçar a imagem de como ela molda os níveis de inovação nos sistemas de ciência e tecnologia, juntamente com os desafios éticos que surgem devido à adoção, olhar para a produtividade e a eficiência, mas também levantar questões relacionadas à ética.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é uma revisão abrangente e sistemática da literatura sobre Inteligência Artificial e foi desenvolvido da seguinte forma: primeiramente, foram definidos o tema, a questão de pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa, por conseguinte, com base no tema e nos objetivos, foram selecionadas palavras-chaves para as pesquisas de artigos, monografias, revistas, livros, conferências e outras produções científicas.

As palavras chaves inicialmente selecionadas, foram “*Artificial Intelligence*”, “*Impact on Scientific Research*”, “*Technological Innovation*” e “*AI Ethical Challenges*” que, posteriormente, foram acrescentadas outras palavras chaves como “*Healthcare*”, “*Education*”, “*Supply chain*”, “*Physics*”, “*Chemistry*” e “*Biology*” com o intuito de promover o aprofundamento através de subtópicos.

Com as palavras chaves utilizadas, foram encontradas as seguintes quantidades de estudos no Google Scholar. “*Artificial Intelligence*” (Inteligência Artificial) - Mais de 50.000 estudos disponíveis; “*Impact on Scientific Research*” (Impacto na Pesquisa Científica) - Mais de 2.000 estudos disponíveis; “*Technological Innovation*” (Inovação Tecnológica) - Mais de 3.000 estudos disponíveis; “*AI Ethical Challenges*” (Desafios Éticos da IA) - Mais de 2.000 estudos disponíveis; “*AI on Education, Healthcare, Supply Chain, Physics, Chemistry and Biology*” (IA em Educação, Saúde, Engenharia, Cadeia de Suprimentos, Ciências Sociais, Física, Química e Biologia) - Mais de 3.000 estudos disponíveis.

A pré-seleção dessas produções científicas, foi feita pelo ano de publicação das mesmas, com predominância das produções publicadas entre 2011 e 2023. Dessa forma, o estudo tenta abranger as contribuições mais recentes e relevantes sobre o tema. Também, foi avaliada a base de dados que hospedava a produção favorecendo repositórios, como: PubMed, IEEE Xplore, Scopus, ScienceDirect e SpringerLink.

Aproximadamente 200 produções científicas foram selecionadas para passar por essa pré-seleção. Após essa filtragem, cerca de 115 passaram por uma revisão mais detalhada resultando em 80 produções na versão final deste estudo. À vista disso, esse estudo almeja ser uma base sólida de conhecimento, levantar diversos pontos de vista de inúmeros contribuintes.

2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.2.1 DEFINIÇÃO E EVOLUÇÃO DA IA

O campo da ciência da computação que tenta criar máquinas que executam tarefas com inteligência semelhante à humana é a Inteligência Artificial (O'Regan, 2016).

No entendimento de Marquis, Papini e Prade, (2020), consiste em raciocínio, aprendizagem e resolução de problemas, ações tipicamente associadas às pessoas e às suas capacidades mentais. As origens residem na filosofia e na ficção, uma vez que os primeiros trabalhos nesta tecnologia envolveram tarefas básicas de aprendizagem, juntamente com representação de conhecimento e sistemas de inferência demonstrados através de vários programas de compreensão de linguagem, a exemplo dos teoremas de tradução que provam memórias associativas, entre outros tipos criados naquela época (Flasiński, 2016).

Em desenvolvimentos mais recentes têm visto mudanças em direção a sistemas autônomos mais integrados entre si. Conforme destacam Jha, Prashar e Nagpal (2021), em grande parte porque o mundo de hoje está com uma abundância de fontes de coleta via sensores da *web*, além de *big data*, levando assim, ao que alguns chamam de era da IA 2.0, caracterizada não apenas pela sua capacidade de aprender, mas também de inferir funcionalmente entre diferentes modalidades.

Endsley *et al.* (2022), explica que tais sistemas promovem a colaboração entre humanos e máquinas ao mesmo tempo em que buscam feedbacks dos usuários finais, tornando-os mais explicáveis. Eventualmente, evoluirão ainda mais em direção à robustez, tudo visando superar as capacidades de raciocínio do homem, além de simplesmente apoiar bem suas atividades diárias por meio de capacidades de computação que logo serão esperadas por esses sistemas emergentes (Muller e Weisz, 2022). As tecnologias, assim como sonhar com emoções artificiais, transformarão não apenas os setores tecnológicos, mas a sociedade em geral, mudando a forma de trabalhar, viver e interagir uns com os outros (Cabrera, Perer e Hong, 2023; Steyvers, 2023).

2.2.2 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE IA

Dentre as principais tecnologias de IA, encontram-se uma série de tecnologias-chave: aprendizagem automática/máquina (ML), processamento de linguagem natural (PLN), visão computacional, robótica e sistemas baseados em regras (Thakur, Pathan e Ismat, 2023). O ML, permite que os sistemas adquiram conhecimento e melhorem o desempenho sem instruções explícitas, por meio da ingestão de dados (Voeneky *et al.*, 2022). Já o PLN abre canais de

comunicação entre homem e máquina (Soni, Gautam e Soni, 2023), enquanto a visão computacional transmite às máquinas o sentido da visão que as ajuda a entender seu ambiente (Voenekey *et al.*, 2022).

A robótica incorpora a inteligência artificial para dar origem a tarefas mecânicas autônomas, ao mesmo tempo que promove futuros horizontes tecnológicos através das suas capacidades de integração colaborativa (Rius, 2023). Além disso, o domínio dessas tecnologias vê-se impulsionado por avanços revolucionários em algoritmos, incluindo redes neurais, que imitam facetas da cognição e percepção humanas (Voenekey *et al.*, 2022). Esta síntese sugere potenciais inexplorados para cenários de computação nos quais há uma encruzilhada entre inovação e tradição em direção a futuros desconhecidos, mas repletos de possibilidades (Soni, Gautam e Soni, 2023).

2.2.3 APLICAÇÕES DA IA NA SOCIEDADE

Conforme já mencionado por Mehta (2023), o impacto da inteligência artificial está transformando muitas áreas da sociedade: medicina, educação e cadeia de abastecimento. Na medicina, o diagnóstico está mudando e isso inclui também a abordagem do tratamento, porque já transformou campos como o da oncologia, da neurologia e da cardiologia com sistemas que podem interpretar imagens médicas com rapidez e aumentando a precisão do diagnóstico, promove a otimização do cuidado centrado no paciente através de esforços de personalização na fase inicial, o que ajuda a economizar tempo e a reduzir eventuais erros, contribuindo para a eficácia da intervenção terapêutica (Dave e Patel, 2023).

Na educação, inovou a forma como os alunos aprendem, adapta as experiências de aprendizagem, alterando à sua velocidade e estilo, graças à introdução inovadora de ferramentas artificialmente inteligentes, tal como lecionam Anuyahong, Rattanapong e Patcha (2023).

Dentre essas ferramentas, Ayala-Pazmiño (2023) destaca os sistemas tutoriais inteligentes e as plataformas de aprendizagem adaptativas, que desempenham um papel duplo tanto para os alunos como para os educadores. O fornecimento de feedback imediato é complementado com recomendações personalizadas. Dessa forma, melhora a compreensão e eleva os níveis de envolvimento cognitivo e retenção de informações, torna-o mais eficaz no material educacional. Este avanço no sentido da personalização promove o individualismo, uma abordagem que estabelece maior propriedade para a participação dos alunos em atividades acadêmicas e que, eventualmente, conduz à uma melhoria no desempenho escolar.

Na cadeia de abastecimento/suprimento, a IA desempenha um papel relevante em todas as etapas. Desde prever o que os consumidores vão querer até encontrar as maneiras mais eficientes de levar os produtos aos clientes (Rajagopal *et al.*, 2023). Neste sentido, as empresas utilizam algoritmos inteligentes que lhes permitem prever o interesse do cliente com maior precisão, ajudando a garantir ótimos níveis de estoque, bem como agilizar os seus processos de entrega e reduzir os custos associados, aumentando ao mesmo tempo, a satisfação do cliente (Kumar, 2022).

2.2.4 IMPULSIONAR DESCOBERTAS E INOVAÇÕES COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Ao longo da história, a ciência sempre foi impulsionada por avanços tecnológicos que mudaram suas metodologias e paradigmas, como mostrado na Figura 1. Com o aparecimento dos sistemas computacionais, tornou-se possível realizar cálculos mais complexos e precisos, marca o início do terceiro paradigma científico e o surgimento da ciência da computação. No entanto, esses primeiros sistemas tinham suas limitações, como pouca capacidade de armazenamento e processamento (Pyzer-Knapp *et al.*, 2022).

Posteriormente, surgiu o quarto paradigma, sustentado por *big data*, ou seja, bancos de dados com bilhões de compostos identificados e caracterizados, além de incorporar inteligência artificial e robótica. Esse novo paradigma não depende de uma única tecnologia principal. Em contrapartida, ele combina várias tecnologias que se complementam, criando um ecossistema mais robusto e eficiente (Pyzer-Knapp *et al.*, 2022).

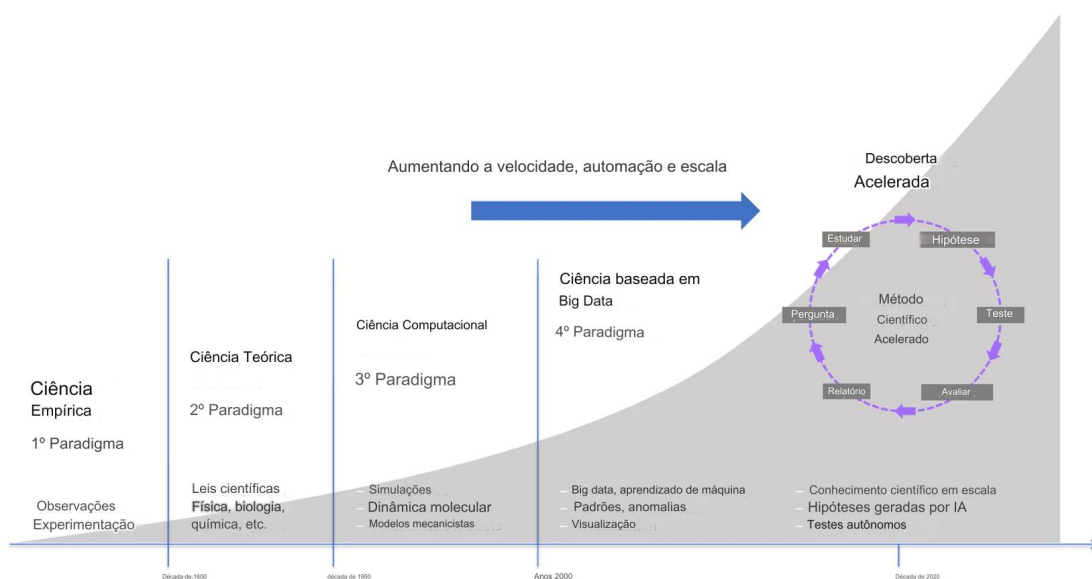


Figura 1 - A progressão do método científico.

Fonte: Pyzer-Knapp *et al.*, 2022. Adaptado pelo autor.

E como a inteligência artificial está mudando a forma como as descobertas e inovações são feitas? Idealize um mundo onde estes processos científicos possam ser acelerados ou otimizados (Khot e Sutar, 2023). No estudo de Keicher, Ardilo e Nawroth (2022), determinam que essa melhoria de processos pode incluir automatização de tarefas de pesquisa e a decifragem de grandes blocos de dados para encontrar o significado por trás deles. Eliminar hipóteses através da análise e interpretação dos dados, e em seguida, construir cenários juntamente com estratégias de otimização, facilita o trabalho para diferentes setores que dependem desses processos (Alshurideh *et al.*, 2023).

Quando ela entra em ação para auxiliar na engenharia de dados, considere-a como uma introdução à automação, que garante velocidade sem comprometer a qualidade (Khot e Sutar, 2023). O tempo necessário para tal exercício é significativamente reduzido, concomitantemente, se consegue investigar mais profundamente os conjuntos de dados disponíveis utilizando abordagens inovadoras geradas por meio do processo (Rengaswamy, 2022). O sucesso em facilitar a automação inteligente nos processos de análise é um exemplo. Trata-se de um tempo valioso economizado que leva ao surgimento de novas descobertas, simplesmente devido a esforços de exploração mais profundos promovidos pela IA (Petersen *et al.*, 2022).

Ademais, é essencial para investigar enormes conjuntos de dados, descobrir padrões e correlações muitas vezes invisíveis até mesmo pelo olho humano mais aguçado (Li, 2023). Isto é, particularmente, evidente na engenharia estrutural, onde os métodos de IA, como a aprendizagem automática ou a aprendizagem profunda (juntamente com o reconhecimento de padrões), revolucionam as abordagens tradicionais. A precisão supera a tradição através da adoção de soluções tecnológicas inovadoras que garantem a detecção e avaliação de problemas no trabalho de forma mais eficaz (Ruan e Ying, 2022).

Além disso, conforme explicam Wanjul, Mourya e Gangad, (2023) a IA transforma a geração de hipóteses e a modelagem de cenários, com algoritmos de aprendizado de máquina capazes de explorar grandes conjuntos de dados. A formulação de hipóteses de novas descobertas com níveis de precisão notáveis abre caminho para a modelagem de cenários futuros (Medina-Franco, 2023). Esse processo torna-se, de fato, fundamental para acelerar os esforços de desenvolvimento no sentido de soluções exclusivas, como evidenciado nos produtos farmacêuticos através de plataformas baseadas em IA acelerando os processos de descoberta de medicamentos, identificando rapidamente potenciais candidatos (Terao, 2022).

Como mostrado na Figura 2, a aplicação de Inteligência Artificial e outras tecnologias ajuda em diversas fases do processo de descobertas. Por exemplo, elas podem ser usadas para coletar e combinar informações em grande escala ou para criar hipóteses utilizando modelos generativos avançados. Assim, o uso dessas tecnologias pode gerar novas perguntas ou suposições (Pyzer-Knapp *et al.*, 2022).

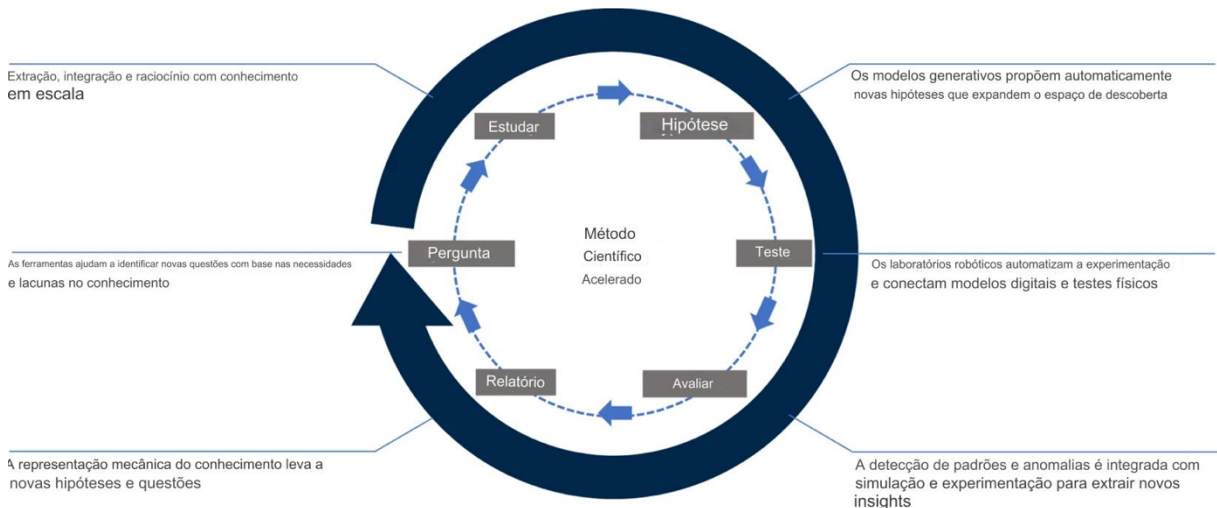


Figura 2 - Aceleração do ciclo de descoberta impulsionada pela tecnologia.

Fonte: PYZER-KNAPP *et al.*, 2022. Adaptado pelo autor.

Em resumo, a IA tem a capacidade de fazer com que vários processos funcionem de forma otimizada, permite a automação e a otimização de decisões em tempo real (Yildirim, Onur e Kunduraci 2023). Há nesse contexto uma dupla vantagem: aumentar a produtividade ao mesmo tempo em que se adota uma abordagem de utilização sustentável dos recursos (Yildirim, Onur e Kunduraci 2023). Segundo Ajami e Karimi (2023), o enorme potencial na abordagem de soluções de otimização é aplicado em diferentes setores (produção a partir de recursos hídricos) com inovação voltada para eficiência operacional e sustentabilidade (Li *et al.*, 2021).

2.2.5 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA IA NA PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DA P&D

Um estudo sobre como a inteligência artificial afeta a produtividade e a eficiência no domínio da pesquisa e desenvolvimento, mostra um quadro em que essa integração altera completamente os sistemas econômicos, conduz a mais inovação, e em última análise, redesenha o mapa da economia mundial. O surgimento desta, revelou-se promissor na revolução dos processos econômicos, aumenta a sua eficiência, principalmente, através da automatização de tarefas e da adoção de algoritmos de previsão avançados baseados em conjuntos de dados passivos significativamente grandes (Khot e Sutar, 2023). Esta mudança significaria dar adeus ao trabalho manual monótono durante a P&D, em vez disso, adota-se

níveis elevados de utilização de IA o que, conseqüentemente, conduz a uma reestruturação organizacional dos processos de inovação e P&D (Fadziso, 2018).

Uma exploração aprofundada sobre a inteligência artificial e o seu impacto na produtividade, mostra que a adoção da mesma está intrinsecamente ligada à elevação das magnitudes dos principais índices econômicos, tais como, criação de emprego e expansão do PIB em larga escala (Solos e Leonard, 2022).

Em tempos de crise, encontra-se a sua relevância no sustentáculo da taxa de crescimento econômico a longo prazo, alimentando indiretamente o produto interno bruto, através da geração de receitas e da criação de emprego entre os setores produtores de tecnologia, que são diretamente afetados pela sua evolução, segundo Aravindhyan, Sangeetha e Ananthajothi (2023).

Além disso, em Gao e Feng, (2023), foi feito um estudo específico acerca dos ganhos de produtividade decorrentes do uso dessa tecnologia. Verificou-se que mesmo uma taxa de adoção de tecnologias de IA de apenas 1% poderia levar a um aumento de 14,2% no que é chamado de produtividade total dos fatores (PTF). Segundo os mesmos estudiosos, esse impacto positivo deriva-se principalmente de três efeitos: um é a melhoria do valor acrescentado, outro é o efeito de preconceito de competências, mais o efeito de melhoria tecnológica. Estes efeitos são diferentes nos direitos de propriedade e nos contextos de concentração industrial, o que depende, também, da estrutura das dotações de fatores dentro das empresas. Esta linha de raciocínio implica que a IA é vista como um fator importante para a sustentabilidade econômica no contexto da Indústria 4.0 (An, Shan e Shin, 2022).

2.2.6 DESAFIOS ÉTICOS E SOCIAIS DO USO DA IA NA P&D

Os desafios são enormes e são de natureza ética e social quando se fala sobre a utilização de tecnologias de inteligência artificial em P&D, mas isso é apenas a ponta do iceberg, restando ainda, muitos outros fatores preocupantes (Bouhouita-Guermech, Gogognon e Bélisle-Pipon, 2023). À medida que essa tecnologia se torna mais difundida em vários aspectos da vida científica humana, uma série de dilemas éticos complicados que implicam questões de privacidade e preconceito são levantados, assim como a autonomia e a responsabilidade, ao mesmo tempo que consideram as repercussões sociais dessas maravilhas tecnológicas (Fritzsche *et al.*, 2023).

Ademais, entram em jogo questões éticas como a privacidade e o tratamento de grandes conjuntos de dados, que assumem uma importância quando a IA é incluída nas aplicações de pesquisa e desenvolvimento. A preocupação quanto ao uso da IA, surge da capacidade dos

algoritmos de aprender padrões, o que envolve informações sensíveis, que uma vez identificadas, comprometem a privacidade individual, conforme Kamila e Jasrotia (2023).

Além disso, a Inteligência Artificial tem um talento especial para espelhar ou pior, amplificar os preconceitos existentes nos seus dados, uma prática insidiosa que leva a resultados discriminatórios em esferas vitais como a aprovação de crédito ou declarações jurídicas (Lee, 2022). Nesse caso, a solução seria injetar ética no berço de sua concepção e implantação, apelar para garantir a justiça e a não maleficência para com os grupos vulneráveis, dadas as tecnologias que uma IA tão avançada pode produzir (Kamila e Jasrotia, 2023).

Além da necessidade de políticas, que garantam um novo equilíbrio e sinergia no lugar dos empregos perdidos com a automação impulsionada pela inteligência artificial, o desenvolvimento responsável também deve incluir a análise dos impactos sociais de tais tecnologias (Al-Tkhayneh *et al.*, 2023). A adoção em setores importantes como a medicina ou os transportes levanta questões sobre a responsabilidade por erros ou acidentes, questionando os quadros jurídicos existentes não concebidos para lidar com a agência mecânica (Kähler e Linderkamp, 2022).

A transparência é outra questão fundamental que deve ser abordada quando se trata desses tipos de sistemas, vez que os indivíduos que os utilizam e aqueles que são afetados por eles, devem ter a capacidade de compreender como estes sistemas automatizados chegam às decisões, especialmente decisões que têm peso na vida das pessoas. Dessa forma, ela funciona como uma “caixa preta”, que oculta o processo de tomada de decisões impedindo, assim, a responsabilização e o controle sobre esses sistemas o que exige o estabelecimento de uma IA transparente, sem a qual seria quase impossível que as pessoas tivessem confiança nas tecnologias utilizadas (Pfeifer *et al.*, 2023).

No final das contas, o que é necessário para lidar de forma justa com o impacto da IA é a cooperação global e padrões éticos universais (Ingersleben-Seip, 2023). Como a ciência e a tecnologia não reconhecem fronteiras nacionais, torna-se importante tecer uma rede colaborativa que garanta que todos os benefícios da inovação cheguem a todos os cantos do mundo, e que as verificações éticas sejam observadas em todas as jurisdições e não apenas com base na legislação governamental, sendo necessário, também, que as empresas observem os princípios de Responsabilidade Social Empresarial (RSE) ao implementar tecnologias de IA (Corrêa *et al.*, 2022).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado, este estudo revela que a inteligência artificial orienta a P&D em os domínios ilimitados, promove descobertas e inovações, alivia o fardo de tarefas repetitivas aos pesquisadores, absorve grandes volumes de dados e sintetiza perspectivas lógicas.

A IA revoluciona os cuidados de saúde com o aumento da precisão do diagnóstico e a personalização dos tratamentos, além disso, anuncia uma queda acentuada nos números de erros, amplifica assim a eficácia destes, e reduz o tempo de diagnóstico com os pacientes. Na educação, essa tecnologia promove um domínio de ensino adaptativo que introduz horizontes de aprendizagem personalizados, acena para níveis crescentes de envolvimento dos alunos.

Em vários outros setores, o ritmo em que novos estudos, materiais e medicamentos são revelados, encontrou um aliado qualificado no desenvolvimento, abrindo caminho para simulações de ponta que, por sua vez, aceleram os processos preditivos atinge, em última análise, vários setores com as suas contribuições.

2.3.1 FÍSICA

O impacto da inteligência artificial nos estudos de física é enorme, e neste caso, conecta tecnologia sofisticada com antigas pesquisas científicas (Kusne *et al.*, 2022). É, por vezes, referida como uma tecnologia transformadora que pode mudar significativamente a sociedade e a cultura, porque tem a capacidade de resolver problemas altamente complicados (López, 2022). Esta aplicação leva a territórios desconhecidos onde os computadores convencionais ficam aquém, isso porque, criar ondas na física para sondar novos materiais, como supercondutores ou líquidos de *spin*, usando técnicas baseadas em IA, não só acelera a construção de bases de dados experimentais e computacionais, mas também injeta modelos físicos com capacidades autônomas e experimentos, direcionando-a para ser potencialmente um ator importante nos esforços de descoberta de novos materiais quânticos (Jha *et al.*, 2022).

Jalali *et al.*, (2023) descreve que uma sinergia entre ambas é essencial para a evolução das mesmas, haja vista que isso pode variar desde tarefas consideradas rotineiras como a compreensão da atividade cerebral até o desenvolvimento de robótica guiada pela física em ambientes hostis – demonstrando como a física pode orientar a IA por caminhos evolutivos desconhecidos (Gavrishchaka, Senyukova e Koepke, 2019). A partir disso, pode-se dizer que essa tecnologia vai além do mero uso da física para aplicação, mas permite que ela redefina o que é “inteligência artificial”, ou seja, é fundamentalmente baseada na Física, e não apenas está adicionada sobre ela (Perry, 2023).

2.3.2 QUÍMICA

Na pesquisa química, segundo Ivanenkov *et al* (2023), surgiram novos caminhos para a descoberta e síntese de compostos, vez que permite aos cientistas descobrir detalhes intrincados em vastos conjuntos de dados experimentais que não teriam sido possíveis antes. Uma pesquisa elaborada, conforme leciona Murata *et al.* (2022), destaca a importância crescente da IA (especialmente da aprendizagem automática) como uma ferramenta crucial no domínio da pesquisa científica atual. A IA permite que os químicos analisem interativamente grandes conjuntos de dados, ajustem estratégias de modelos e descubram relações ocultas em experimentos, já que de outra forma, tais informações seriam elusivas devido à confiança exclusiva nos princípios tradicionais da físico-química (Saifi *et al.*, 2023).

Além disso, as aplicações robóticas para reações químicas têm mostrado resultados promissores, na realização de análises rápidas através de tomadas de decisões autônomas baseadas em ciclos de feedback de metodologias de tentativa e erro, superando as capacidades manuais tanto em velocidade como em precisão (Jiang *et al.*, 2022).

Também, houve melhorias em outro domínio importante: a química orgânica sintética (Zhong *et al.*, 2023). Este campo está no centro da descoberta de medicamentos, da biologia química e da ciência dos materiais, o qual a obtenção de sínteses químicas complexas normalmente exige um alto nível de conhecimento especializado que só pode ser obtido através de anos de estudo e experiência prática em laboratório (Stefani, 2023). No entanto, os recentes avanços alcançados na heurística de reconhecimento de padrões poderão, em breve, desempenhar um papel de apoio à intuição química facilitando o acesso aos produtos químicos interessados (Masoumi, 2014).

Para Pawlak (2023), mais uma área de aplicação onde a inteligência artificial se firma é o próprio ensino de química, mediante formas inovadoras de educação e pesquisas que facilitam experiências que de outra forma seriam impraticáveis, um exemplo são os laboratórios químicos geridos pela IA, que propõem planos experimentais baseados na literatura que vão desde a síntese de compostos até testes de desempenho com uma precisão surpreendente que desafiam os métodos tradicionais (Daher, Diab e Rayan, 2023).

2.3.3 BIOLOGIA

A influência na biologia é ampla e extensa, apresentando um efeito que pode mudar da genômica até a medicina personalizada com outros intervenientes importantes, como a biologia molecular em vários níveis (Bhardwaj, Kishore e Pandey, 2022). A adoção da IA nesse campo, tem liderado avanços nos estudos de interação hospedeiro-agente patogênico, incluindo

sistemas de descoberta antidrogas e edição genética, além de farmacogenômica, que por sua vez, mantêm esperanças de diagnósticos fiáveis que também sejam rentáveis (Yakimovich, 2019).

Segundo Karim *et al.* (2022) um dos campos muito impactados pela IA é a bioinformática, na qual algoritmos de aprendizagem de máquina ajudam a classificar a informação biológica, revolucionando, assim, a forma como se olha para os dados genômicos, colaborando na modelagem de sistemas biológicos complexos que não podem ser alcançados de outra forma, e conduz experiências de simulação. Estes sistemas desempenham papéis fundamentais para a neurociência no desenvolvimento de abordagens de tratamento personalizados (Naresh *et al.*, 2020).

Há também o impacto da IA nos campos da agricultura, utilizando métodos sofisticados para aumentar o rendimento das colheitas, minimizar o desperdício e acelerar o passo da exploração agrícola até a mesa (Bhardwaj, Kishore e Pandey, 2022). Além disso, existe a cooperação entre IA e a engenharia metabólica, ajustando os sistemas vivos para que os setores de base biológica possam extrair cada gota da produção possível, por meio da alteração das vias metabólicas para obter uma produção ótima dos micróbios industriais conforme ministram Sahoo, Mohapatra e Mishra (2020).

2.3.4 TABELA COMPARATIVA

Conforme mostrado na Tabela 1, existem diversas ferramentas de IA que tem levado a grandes mudanças em ramos das ciências naturais, pois permitem aos pesquisadores estudarem vastas quantidades de dados experimentais, bem como modelar situações que, de outra forma, seriam impossíveis devido à sua complexidade. Por exemplo, no campo da biologia, graças à essa tecnologia, agora é possível realizar facilmente, estudos genômicos juntamente com pesquisas em biologia molecular, o que representa um avanço na medicina personalizada, além de revelar novas possibilidades de tratamento.

Área	Ferramenta	Descrição	Aplicação
Física	TensorFlow	<i>Framework</i> de <i>machine learning</i> de código aberto desenvolvido pelo Google (Abadi <i>et al.</i> , 2016).	Simulação de sistemas físicos complexos, como materiais e redes neurais artificiais para física quântica (Abadi <i>et al.</i> , 2016).
	PySCF	Ferramenta de código aberto para cálculos de estrutura eletrônica baseada em algoritmos de inteligência (Sun <i>et al.</i> , 2017).	Simulação de materiais e moléculas no contexto de física quântica e química teórica (Sun <i>et al.</i> , 2017).

Química	DeepChem	Biblioteca de <i>machine learning</i> voltada para química e biologia computacional (Ramsundar <i>et al.</i> , 2017).	Descoberta de novos medicamentos, simulação de reações químicas e propriedades moleculares (Ramsundar <i>et al.</i> , 2017).
	SchNet	Rede neural profunda especificamente desenvolvida para simulações moleculares e predição de propriedades (Schütt <i>et al.</i> , 2017).	Modelagem de interações atômicas e predição de propriedades de moléculas e materiais (Schütt <i>et al.</i> , 2017).
	ChemProp	Modelo baseado em redes neurais para a predição de propriedades moleculares e de reações químicas (Yang <i>et al.</i> , 2019).	Descoberta de novas moléculas e otimização de reações químicas (Yang <i>et al.</i> , 2019).
Biologia	AlphaFold	Algoritmo baseado em <i>deep learning</i> desenvolvido para prever a estrutura tridimensional de proteínas (Jumper <i>et al.</i> , 2021).	Previsão de estruturas proteicas com precisão próxima à de métodos experimentais (Jumper <i>et al.</i> , 2021).
	Rosetta	<i>Software</i> que usa IA para modelar e prever estruturas moleculares, principalmente de proteínas (Leaver-Fay <i>et al.</i> , 2011).	Design de novas proteínas e predição de estruturas moleculares (Leaver-Fay <i>et al.</i> , 2011).
	DeepVariant	Modelo de <i>machine learning</i> para identificar variantes genômicas a partir de sequências de DNA (Poplin <i>et al.</i> , 2018).	Identificação de mutações genéticas e análises de genomas completos (Poplin <i>et al.</i> , 2018).

Tabela 1 - Tabela comparativa de ferramentas usadas para acelerar a pesquisa científica por área.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, questões éticas e sociais como a opacidade dos algoritmos, a privacidade dos dados e o desemprego, são preocupações que exigem um estudo profundo e detalhado. Ademais, é crucial que não se ignore estas questões de forma leviana, porque é de suma importância que sejam estabelecidos quadros robustos, não só para garantir uma aceitação generalizada dos benefícios da IA por muitos, mas também para reduzir os riscos associados com um olhar atento aos padrões éticos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa apontam para o impacto de longo alcance da IA na ciência e na tecnologia, pois abrem caminho para desenvolvimentos diversos em velocidade mais rápidas do que a mente humana pode conceber, revolucionando, assim, a pesquisa científica e tecnológica. Os setores que estão a revolucionar devido à sua capacidade de lidar com grandes quantidades

de dados e automatizar tarefas, incluem a saúde, a educação e até ciências específicas como a física e a química, sem esquecer a biologia.

No entanto, esta evolução precisa ser controlada pelas considerações éticas e sociais que lhe conferem um efeito de equilíbrio. As questões crescentes de confidencialidade de dados, opacidade algorítmica ou mesmo potenciais perdas de empregos têm de ser tidas em conta, visto que, qualquer implantação de IA só faria sentido como sensata e viável se estas questões fossem seriamente abordadas.

Assim sendo, não há dúvidas dos benefícios e da contribuição da IA para o progresso de várias áreas de interesse mundial ao mesmo tempo em que, se mal utilizada, pode afetar de modo negativo alguns temas sensíveis. Desse modo, a cooperação global entre as nações e o desenvolvimento de padrões éticos universais constituem, ambas, as principais formas de aumentar as vantagens e, ao mesmo tempo, minimizar as desvantagens, de modo que é indispensável que a utilização da IA seja que seja bem manejada e utilizada apenas para benefício social.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADI, M. *et al.* **TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems.** *ArXiv*, 2016.

AJAMI, R. A.; KARIMI, H. A. **Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges.** *Journal of Asia-Pacific Business*, v. 24, n. 2, 2023.

AL-TKHAYNEH, K. M.; AL-TARAWNEH, H. A.; ABULIBDEH, E.; ALOMERY, M. K. **Social and Legal Risks of Artificial Intelligence: An Analytical Study.** *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, v. 12, n. 1, 2023.

ALSHURIDEH, M. T. *et al.* **The Interplay between Artificial Intelligence and Innovation and its impact on B2B Marketing Performance.** *Business Analytics for Technology and Security (ICBATS)*, 2023.

AN, K.; SHAN, Y.; SHI, S. **Impact of Industrial Intelligence on Total Factor Productivity.** *Sustainability*, v. 14, n. 21, p. 14535, 2022.

ANUYAHONG, B.; RATTANAPONG, C.; PATCHA, I. **Analyzing the Impact of Artificial Intelligence in Personalized Learning and Adaptive Assessment in Higher Education.** *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 2023.

ARAVINDHAN, K; Dr. SANGEETHA, S.K.B; ANANTHAJOTHI, K. **An Empirical Analysis of the Growth of Artificial Intelligence in Socio Economic Environment.** *Social Science Research Network*, 2023.

AYALA-PAZMIÑO, M. F. **Inteligencia artificial en la educación: Explorando los beneficios y riesgos potenciales.** *593 Digital Publisher CEIT*, 2023.

BHARDWAJ, A.; KISHORE, S.; PANDEY, D. K. **Artificial Intelligence in Biological Sciences.** *Reproductive and Developmental Biology*, v. 12, n. 9, p. 1430, 2022.

BOUHOUITA-GUERMECH, S.; GOGOGNON, P.; BÉLISLE-PIPON, J.-C. **Specific challenges posed by artificial intelligence in research ethics.** *Frontiers in Artificial Intelligence*, v. 6, n. 1, 2023.

CABRERA, Á. A.; PERER, A.; HONG, J. I. A. **Improving Human-AI Collaboration With Descriptions of AI Behavior.** *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2023.

CORRÊA, N. K. *et al.* **Worldwide AI Ethics: a review of 200 guidelines and recommendations for AI governance.** *arXiv.org*, 2022.

DAHER, W.; DIAB, H.; RAYAN, A. **Artificial Intelligence Generative Tools and Conceptual Knowledge in Problem Solving in Chemistry.** *Information*, v. 14, n. 7, p. 409, 2023.

DAVE, M.; PATEL, N. **Artificial intelligence in healthcare and education.** *British Dental Journal*, 2023.

ENDSLEY, Mica R *et al.* **Special Issue on Human-AI Teaming and Special Issue on AI in Healthcare.** *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2022.

FADZISO, T. **The Impact of Artificial Intelligence on Innovation.** *Global Digital Exposition Business*, v. 7, n. 2, pp. 1–15, 2018.

FLASIŃSKI, M. **History of Artificial Intelligence.** *Springer*, 2016.

FRITZSCHE, M.-C. *et al.* **Ethical layering in AI-driven polygenic risk scores - New complexities, new challenges.** *Frontiers in Genetics*, v. 14, n. 1, 2023.

GAVRISHCHAKA, V.; SENYUKOVA, O.; KOEPKE, M. **Synergy of Physics-Based Reasoning and Machine Learning in Biomedical Applications: Towards Unlimited Deep Learning with Limited Data.** *Advances in Physics: X*, v. 4, n. 1, p. 1582361, 2019.

GAO, X.; FENG, H. **AI-Driven Productivity Gains: Artificial Intelligence and Firm Productivity.** *Sustainability*, v. 15, n. 11, p. 8934, 2023.

HUSSAIN, S. **About artificial intelligence.** *Journal of the Pakistan Medical Association*, v. 72, n. 2, p. 208–210, 2022.

INGERSLEBEN-SEIP, N. von. **Competition and cooperation in artificial intelligence standard setting: Explaining emergent patterns.** *Review of Policy Research*, v. 40, n. 1, 2023.

IVANENKOV, Y. *et al.* **The Hitchhiker's Guide to Deep Learning Driven Generative Chemistry.** *ACS Medicinal Chemistry Letters*, v. 14, n. 5, pp. 673–680, 2023.

JALALI, B.; ZHOU, Y.; KADAMBI, A.; ROYCHOWDHURY, V. **Physics-AI Symbiosis.** *Machine Learning: Science and Technology*, v. 4, n. 1, p. 015011, 2022.

JIANG, Y. *et al.* **An artificial intelligence enabled chemical synthesis robot for exploration and optimization of nanomaterials.** *Science Advances*, v. 8, n. 40, 2022.

JHA, Dipendra *et al.* **Moving Closer to Experimental Level Materials Property Prediction Using AI.** *Scientific Reports*, v. 12, 2022.

JHA, Nishant; PRASHAR, D.; NAGPAL, A. **Combining Artificial Intelligence with Robotic Process Automation - An Intelligent Automation Approach.** *Springer*, 2021.

JUMPER, J. *et al.* **Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold.** *Nature*, v. 596, n. 7873, p. 583–589, 2021.

KAMILA, M. K.; JASROTIA, S. S. **Ethical issues in the development of artificial intelligence: recognizing the risks.** *International Journal of Ethics and Systems*, v. 5, n. 1, 2023.

KÄHLER, L.; LINDERKAMP, J. **The Legal Challenge of Robotic Assistance.** *Emerging Legal Challenges in the Automation Era.* Springer, 2022.

KARIM, M. R. *et al.* **Explainable AI for Bioinformatics: Methods, Tools, and Applications.** *arXiv.org*, 2022.

KEICHER, L.; ARDILIO, A.; NAWROTH, G. **Boosting Innovation by Artificial Intelligence (AI): Effects and Potentials of AI in the Process of Innovating.** *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 2022.

KIESLICH, K.; LÜNICH, M.; DOŠENOVIĆ, P. **Ever Heard of Ethical AI? Investigating the Salience of Ethical AI Issues among the German Population.** *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2023.

KHOT, T.; SUTAR, S. **The Impact of Artificial Intelligence on Innovation.** *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 2023.

KUMAR, A. **Keynote Speech: Application of Artificial Intelligence (AI) in Supply Chains.** *International Conference on Computational Modelling, Simulation and Optimization (ICCMO)*, 2022.

KUSNE, A. G. *et al.* **Physics in the Machine: Integrating Physical Knowledge in Autonomous Phase-Mapping.** *Frontiers in Physics*, v. 10, 2022.

LEAVER-FAY, A. *et al.* **ROSETTA3: An object-oriented software suite for the simulation and design of macromolecules.** *Methods in Enzymology*, v. 487, pp. 545–574, 2011.

LEE, W. W. **Tools adapted to Ethical Analysis of Data Bias.** *HKIE Transactions*, v. 29, n. 3, 2022.

LI, J. **Neural Network Algorithms in Civil Engineering Inspection under Artificial Intelligence Technology.** *International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*, 2023.

LI, L.; RONG, S.; WANG, R.; YU, S. **Recent advances in artificial intelligence and machine learning for nonlinear relationship analysis and process control in drinking water treatment: A review.** *Chemical Engineering Journal*, v. 405, p. 126673, 2021.

LI, S.; ZHANG, L. **Research on the Impact of Artificial Intelligence Innovation on Manufacturing Enterprise Idiosyncratic Risk.** *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, v. 11, n. 3, 2023.

LÓPEZ, C. **Artificial Intelligence and Advanced Materials.** *Advanced Materials*, v. 34, n. 42, 2022.

MARQUIS, P.; PAPINI, O.; PRADE, H. **Elements for a History of Artificial Intelligence.** *Springer*, 2020.

MASOUMI, A. **Organic Chemistry Synthesis Problem as Artificial Intelligence Planning.** *Ryerson University*, 2014.

MEDINA-FRANCO, JOSÉ L. **Insights in silico methods and artificial intelligence for drug discovery.** *Frontiers in Drug Discovery*, 2023.

MEHTA, V. **Artificial Intelligence in Medicine: Revolutionizing Healthcare for Improved Patient Outcomes.** *Journal of Medical Research and Innovation*, 2023.

MULLER, M.; WEISZ, J. D. **Extending a Human-AI Collaboration Framework with Dynamism and Sociality.** *Symposium on Human-Computer Interaction for Work*, 2022.

MURATA, S. *et al.* **Molecular Cybernetics: Challenges toward Cellular Chemical Artificial Intelligence.** *Advanced Functional Materials*, v. 32, n. 35, 2022.

Mr. NAGESH U B; VAISHNAVI, P. S.; VARSHITH; MAYENGBAM, Vshker. **Evolution of Technology in Artificial Intelligence (AI).** *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 2022.

NARESH, E.; KUMAR, B. P. V.; AYESHA; SHANKAR, S. P. **Impact of Machine Learning in Bioinformatics Research.** *Springer*, 2020.

O'REGAN, G. **History of Artificial Intelligence.** *Springer*, 2016.

PAWLAK, F. **ChatGPT – a revolution for teaching and learning in chemistry education?!** *Chemkon*, 2023.

PETERSEN, P. *et al.* **Towards a Data Engineering Process in Data-Driven Systems Engineering.** *International Symposium on Systems Engineering (ISSE)*, 2022.

POPLIN, R. *et al.* **A universal SNP and small-indel variant caller using deep neural networks.** *Nature Biotechnology*, v. 36, n. 10, p. 983–987, 2018.

PERRY, K. **Physics-Informed Machine Learning: The Next Evolution in Neural Network Development.** *ResearchEquals*, 2023.

PFEIFER, B. *et al.* **Explainable AI with counterfactual paths.** *Journal of AI Research*, 2023.

PYZER-KNAPP, E. O. *et al.* **Accelerating materials discovery using artificial intelligence, high performance computing and robotics.** *npj Computational Materials*, v. 8, p. 84, 2022.

RAJAGOPAL, M.; NAYAK, K. M.; BALASUBRAMANIAN, K.; SHAIKH, I. A. **Application of Artificial Intelligence in the Supply Chain Finance.** *Eighth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)*, 2023.

RAMSUNDAR, B. *et al.* **Is multitask deep learning practical for pharma?.** *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 57, n. 8, p. 2068–2076, 2017.

RAJU, P. V. M.; SUMALLIKA, T. **The Impact of AI in the Global Economy and its Implications in Industry 4.0 Era.** *Information Technology, Education and Society*, v. 18, n. 2, 2023.

RENGASWAMY, R. **Artificial Intelligence and Process Systems Engineering.** *Elsevier*, 2022.

RIUS, A. D. M. **Foundations of artificial intelligence and machine learning.** *Edward Elgar Publishing*, 2023.

RUAN, ZHI LIN; YING, ZUGUANG. **Effectiveness analysis of structural anomaly diagnosis based on ANN model.** *Vibroengineering PROCEDIA*, 2022.

SAHOO, J. P.; MOHAPATRA, U.; MISHRA, P. **An outlook on metabolic pathway engineering in crop plants.** *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2020.

SAIFI, I. **Artificial intelligence and cheminformatics tools: a contribution to the drug development and chemical science.** *Journal of Biomolecular Structure & Dynamics*, v. 41, n. 1, pp. 137–150, 2023.

SCHÜTT, K. T. *et al.* **Quantum-chemical insights from deep tensor neural networks.** *Nature Communications*, v. 8, p. 13890, 2017.

SOLOS, W. K.; LEONARD, J. **On the Impact of Artificial Intelligence on Economy.** *Science Insights*, v. 22, n. 1, 2022.

SONI, B.; GAUTAM, A.; SONI, G. **Exploring the Advancements and Implications of Artificial Intelligence.** *Indian Scientific Journal Of Research In Engineering And Management*, 2023.

STEFANI, R. **State of the Art and of Outlook of Data Science and Machine Learning in Organic Chemistry.** *ChemRxiv*, 2023.

STEYVERS, M. **Human-AI collaboration (Conference Presentation).** *Conference on AI Technologies*, 2023.

SUN, Q. *et al.* **PySCF: the Python-based simulations of chemistry framework.** *WIREs Computational Molecular Science*, v. 7, n. 5, p. e1320, 2017.

TERAO, KIMIO. **Cutting edge approach using Modeling and Simulation, AI in drug development - How to boost the clinical drug development.** *Proceedings for Annual Meeting of The Japanese Pharmacological Society*, 95, 2022.

THAKUR, K.; PATHAN, A. S. K.; ISMAT, S. **Artificial Intelligence Technology.** *Springer*, 2023.

TIWARI, R. **Ethical And Societal Implications of AI and Machine Learning.** *Indian Scientific Journal Of Research In Engineering And Management*, 2023.

VOENEKY, S.; KELLMEYER, P.; MUELLER, O.; BURGARD, W. **Artificial Intelligence: Key Technologies and Opportunities.** *Cambridge University Press*, 2022.

WANJUL, P. B.; MOURYA, S. P.; GANGAD, V. L. **Future Directions of AI In Pharma: Innovation In Pharmaceutical Industry.** *International Journal For Multidisciplinary Research*, 2023.

YAKIMOVICH, A. **mSphere of Influence: the Rise of Artificial Intelligence in Infection Biology.** *mSphere*, v. 4, n. 3, 2019.

YANG, K. *et al.* **Analyzing Learned Molecular Representations for Property Prediction.** *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 59, n. 8, p. 3376–3385, 2019.

YILDIRIM, F. M.; ONUR, B.; KUNDURACI, S. Ö. **Artificial Intelligence Optimization Algorithms in the Finance Sector.** *Uluslararası Akademik Birikim Dergisi*, v. 6, n. 1, 2023.

ZHONG, Z. *et al.* **Recent Advances in Artificial Intelligence for Retrosynthesis.** *arXiv.org*, 2023.