

Decisões inteligentes na sociedade 4.0 - O papel dos algoritmos de inteligência artificial e computacional

Intelligent decisions in society 4.0 – The role of artificial intelligence and computational algorithms

Álvaro Farias Pinheiro*

RESUMO: Contexto: A ascensão dos Algoritmos de Inteligência Artificial (AIA) e dos Algoritmos de Inteligência Computacional (AIC) marca a evolução tecnológica contemporânea, desempenhando um papel crucial na construção de sistemas inteligentes que impulsionam decisões em diversos domínios. Objetivo: Explorar como a integração de AIA e AIC na Sociedade 4.0 remodela a tomada de decisão, destacando os benefícios, desafios éticos, e a influência desses algoritmos na transformação social e organizacional. Metodologia: Análise contextual e crítica da literatura sobre a aplicação de AIA e AIC, focando nas áreas de gestão pública, jurídica e empresarial, bem como na Hiperautomação e suas implicações. Resultados: A Sociedade 4.0 se caracteriza pelo uso intensivo de tecnologias interconectadas que permitem automação e otimização globais. A rápida adoção de algoritmos levanta questões sobre transparência, explicabilidade e impactos sociais, especialmente em contextos jurídicos sensíveis. Os AIA e AIC são fundamentais para a transformação digital, promovendo análises avançadas e automatização de tarefas complexas em setores produtivos e na formulação de políticas públicas. Conclusão: A implementação de AIA e AIC está revolucionando a sociedade ao disponibilizar ferramentas para decisões mais eficientes e eficazes. No entanto, é crucial abordar os desafios éticos para garantir a confiabilidade e imparcialidade dos sistemas automatizados.

PALAVRAS CHAVE: sociedade 4.0, algoritmos de inteligência artificial, algoritmos de inteligência computacional, hiperautomação, transformação digital

ABSTRACT: Context: The rise of Artificial Intelligence Algorithms (AIA) and Computational Intelligence Algorithms (CIA) marks contemporary technological evolution, playing a crucial role in building intelligent systems that drive decisions in various domains. Objective: To explore how the integration of AIA and CIA in Society 4.0 reshapes decision-making, highlighting the benefits, ethical challenges, and influence of these algorithms on social and organizational transformation. Methodology: Contextual and critical analysis of the literature on the application of AIA and CIA, focusing on the areas of public, legal, and business management, as well as hyperautomation and its implications. Results: Society 4.0 is characterized by the intensive use of interconnected technologies that enable global automation and optimization. The rapid adoption of algorithms raises questions about transparency, explainability, and social impacts, especially in sensitive legal contexts. AI and CIA are fundamental to digital transformation, promoting advanced analytics and automation of complex tasks in productive sectors and in the formulation of public policies. Conclusion: The implementation of AI and CIA is revolutionizing society by providing tools for more efficient and effective decisions. However, it is crucial to address the ethical challenges to ensure the reliability and impartiality of automated systems.

KEYWORDS: society 4.0, artificial intelligence algorithms, computational intelligence algorithms, hyperautomation, digital transformation

* Professor Colaborador no Programa de Pós-Graduação em Direito (PPGD) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. alvaro.fpinheiro@ufpe.br, <https://orcid.org/0000-0002-6254-7293>

1. INTRODUÇÃO

Conforme Russel & Norvig (2021), a evolução tecnológica contemporânea tem sido marcada pela ascensão dos Algoritmos de Inteligência Artificial (AIA) e dos Algoritmos de Inteligência Computacional (AIC), que se consolidam como elementos centrais na construção de sistemas inteligentes e complexos. Esses algoritmos representam o alicerce da chamada Sociedade 4.0, caracterizada pela interconexão de tecnologias digitais, automação em larga escala e uso intensivo de dados como insumo estratégico para decisões organizacionais e sociais. Nesse contexto, observa-se uma transformação profunda nos modelos produtivos e nas formas de gestão pública e privada, impulsionada pela convergência entre inteligência artificial, análise de dados e hiperautomação.

A Sociedade 4.0 emerge, portanto, como um ecossistema tecnológico e social no qual as organizações e governos utilizam algoritmos inteligentes para otimizar processos, prever comportamentos e promover políticas baseadas em evidências. A digitalização, aliada à crescente capacidade computacional, viabiliza a criação de sistemas autônomos capazes de aprender, adaptar-se e agir de modo proativo em múltiplos domínios, desde o ambiente corporativo até o jurídico e o governamental. Esse avanço, no entanto, também levanta questionamentos sobre a transparência, a explicabilidade e a responsabilidade ética dos modelos automatizados, especialmente em decisões sensíveis que afetam diretamente a vida das pessoas (Chen, Chiang & Storey, 2012).

O objetivo deste capítulo é, assim, analisar o papel dos AIA e AIC na transformação social e organizacional contemporânea, examinando como sua integração remodela a tomada de decisão e redefine paradigmas de eficiência e inovação. Serão discutidos os benefícios advindos da adoção desses sistemas, como a automação de tarefas complexas, a análise preditiva e a formulação de políticas públicas inteligentes, mas também os desafios éticos associados à confiabilidade e à imparcialidade das decisões algorítmicas. Os AIA e AIC, ao oferecerem análises descritivas, diagnósticas, preditivas e prescritivas, ampliam significativamente as capacidades humanas de compreender e intervir em fenômenos sociais e econômicos, tornando-se um diferencial competitivo essencial para organizações públicas e privadas.

A presente análise, embora de natureza teórico-conceitual, ancora-se em um recorte empírico situado no contexto da governança digital na Procuradoria Geral do Estado de Pernambuco (PGE/PE) entre 2016 e 2025 e na saúde pública do Estado de Pernambuco, especialmente nas iniciativas conduzidas na Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco (SES/PE) em 2025. O estudo adota como método uma análise documental e descritivo-analítica de programas e projetos de transformação digital que integram Inteligência Artificial, *Robotic Process Automation* (RPA) e *Business Analytics*, com destaque para o Centro de Inteligência em Saúde e o Projeto de Hiperautomação de Processos Assistenciais. A partir desse campo de observação, examinam-se práticas de uso de algoritmos inteligentes, na automação de fluxos e no suporte à tomada de decisão. Essa abordagem permite compreender empiricamente como a incorporação de AIA e AIC tem potencializado a eficiência e a transparência da gestão pública, ao mesmo tempo em que evidencia desafios éticos e institucionais típicos da Sociedade 4.0 (Pinheiro, 2025).

Em síntese, esta introdução estabelece as bases conceituais para compreender como a Inteligência Artificial e a Inteligência Computacional reconfiguram o modo como se produzem, analisam e utilizam informações na Sociedade 4.0. A seguir, serão exploradas as origens e a evolução dos sistemas computacionais, situando historicamente o surgimento dos algoritmos inteligentes e seu papel como facilitadores tecnológicos da transformação digital em curso.

2. A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS COMPUTACIONAIS

A evolução dos sistemas computacionais expressa o contínuo processo de transformação tecnológica que caracteriza a era digital contemporânea. Essa trajetória é impulsionada pelo avanço na capacidade de processamento, pela ampliação do armazenamento e pela crescente interconectividade global. Desde os primeiros computadores analógicos até os atuais sistemas baseados em computação em nuvem e Inteligência Artificial (IA), observa-se um percurso marcado pela busca incessante de eficiência, autonomia e integração entre homem e máquina. Os sistemas modernos não apenas processam informações, mas são capazes de aprender, adaptar-se e tomar decisões de modo autônomo, configurando a transição para estruturas computacionais complexas e adaptativas que fundamentam a atual Sociedade 4.0.

Segundo Schwab (2016), a evolução histórica da computação pode ser compreendida em três grandes fases, conforme representado na Figura 1. A primeira fase, entre as décadas de 1940 e 1970, foi caracterizada por computadores de grande porte, como o ENIAC, voltados a cálculos científicos e militares. Na segunda fase, de 1970 a 2000, o surgimento dos microprocessadores e o avanço dos circuitos integrados permitiram a popularização dos computadores pessoais e a consolidação de sistemas distribuídos. A terceira fase, a partir dos anos 2000, foi marcada pela computação em nuvem e pela difusão da Inteligência Artificial, inaugurando uma era de sistemas complexos, dinâmicos e autônomos, capazes de processar grandes volumes de dados e gerar respostas adaptativas em tempo real.

A Figura 1 ilustra de maneira didática as principais fases da evolução dos sistemas computacionais, destacando marcos tecnológicos emblemáticos de cada período. Ela apresenta a transição dos computadores de grande porte, como o IBM 360 da primeira fase, para a popularização dos computadores pessoais na segunda fase, exemplificada pelo IBM PC, até chegar aos modernos *Data Centers* da terceira fase, que representam o advento da computação em nuvem e da inteligência artificial. Essa representação visual ajuda a compreender como cada etapa contribuiu para o avanço e a complexidade dos sistemas atuais, fundamentais para a Sociedade 4.0.

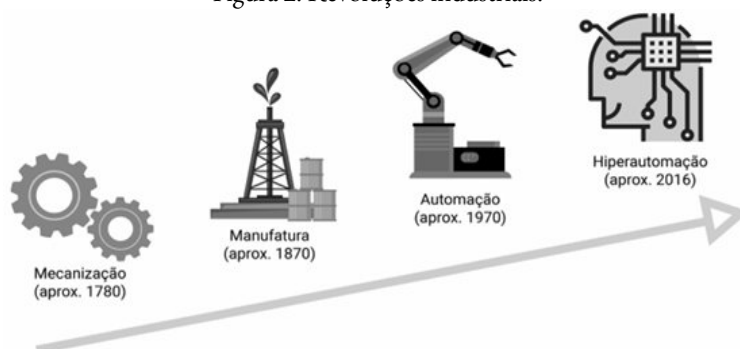
Figura 1. Fases da evolução dos sistemas computacionais.



Essa transição tecnológica se insere no contexto mais amplo da Quarta Revolução Industrial, conceito também proposto por Schwab (2016), que representa a fusão entre as tecnologias digitais, biológicas e físicas. Esse processo transformador redefiniu as fronteiras entre o real e o virtual e impactou profundamente a organização econômica e social. Essa evolução tecnológica consolida a base sobre a qual se estrutura a Sociedade 4.0, marcada pela interconexão de sistemas inteligentes.

A Figura 2 apresenta de forma detalhada o percurso das revoluções industriais, começando pela Primeira Revolução, que foi marcada pela introdução da mecanização e do uso de máquinas movidas a vapor, revolucionando a produção têxtil e o transporte, bem como inaugurando o conceito de fábricas. Na Segunda Revolução Industrial, observa-se a ascensão da eletrificação, que permitiu a criação de linhas de montagem e a produção em massa, além da expansão dos setores automobilístico e siderúrgico, transformando profundamente a economia global e o cotidiano das pessoas. A Terceira Revolução Industrial, por sua vez, é caracterizada pela incorporação da informática e da automação, com o surgimento dos computadores e sistemas robotizados, tornando os processos produtivos mais eficientes e flexíveis. Por fim, a Figura destaca de maneira especial a Quarta Revolução Industrial, atual etapa em que tecnologias digitais avançadas, Inteligência Artificial e sistemas ciber-físicos se interconectam, promovendo uma integração total entre o ambiente físico e o digital. Essa transformação impacta de forma significativa não apenas a maneira como bens e serviços são produzidos, mas também as relações sociais, os padrões de consumo e os modelos de negócios, consolidando o conceito de Sociedade 4.0, em que inovação, conectividade e automação são elementos essenciais para o desenvolvimento econômico e social.

Figura 2. Revoluções industriais.



Fonte: Pinheiro (2022: 11).

As transformações provocadas por essa revolução se estendem ao campo da governança pública, onde o uso de dados e algoritmos inteligentes tem possibilitado a formulação de políticas baseadas em evidências, a antecipação de comportamentos sociais e a modernização dos serviços estatais. Governos em diferentes contextos têm utilizado IA para monitorar grandes volumes de informações, identificar padrões emergentes e aperfeiçoar a alocação de recursos públicos (Schwab, 2016).

A aplicação prática da Inteligência Artificial na Sociedade 4.0 é ampla e pode ser observada em múltiplos setores. Nas redes sociais, algoritmos são empregados para personalizar conteúdos, prever tendências e direcionar interações entre usuários, moldando comportamentos e preferências coletivas. Plataformas como o *Facebook* (Meta) utilizam modelos de IA para análise de sentimentos e segmentação de públicos a partir de interações digitais, promovendo experiências altamente personalizadas, mas também suscitando dilemas éticos relacionados à privacidade e à disseminação de desinformação (Lee & Bostrom, 2019). No contexto empresarial, as aplicações de IA se expandem para a automação de processos, a previsão de demanda, a personalização de recomendações e a otimização de cadeias logísticas. Empresas como Amazon e Google exemplificam o uso intensivo de algoritmos preditivos na gestão de operações e no aprimoramento da experiência do cliente (Bostrom, 2019).

A mesma lógica se estende à governança contemporânea, em que a Inteligência Artificial vem sendo utilizada para prever crises econômicas, aprimorar orçamentos e avaliar, em tempo real, os impactos de políticas públicas (Schwab, 2016). O conceito de “governo digital” consolida-se nesse contexto como uma estratégia para ampliar o acesso, a eficiência e a transparência da administração pública. A Figura 3 ilustra a transformação digital no setor governamental, evidenciando a integração de tecnologias emergentes na modernização dos serviços públicos.

Figura 3. Transformação digital no setor público.



Fonte: Pinheiro (2022: 7).

Essa transformação é sustentada pela capacidade da IA de processar e analisar grandes bases de dados em tempo real, permitindo decisões mais rápidas e embasadas. A automação de processos burocráticos reduz prazos de atendimento e aumenta a satisfação do cidadão, enquanto plataformas digitais inteligentes ampliam a previsibilidade e a eficiência na gestão pública. Além disso, sistemas algorítmicos possibilitam auditorias automatizadas, identificação de fraudes e melhoria na rastreabilidade das operações governamentais, fortalecendo a integridade e a confiança nas instituições (Lee, 2019).

A análise dessa evolução demonstra que a IA encontra-se profundamente entrelaçada às práticas cotidianas e organizacionais da Sociedade 4.0. A digitalização, o aprendizado de máquina e a automação convergem para criar ecossistemas tecnológicos que ampliam a eficiência e a inovação, mas também introduzem novos desafios éticos e regulatórios. A gestão de riscos relacionados à privacidade, à explicabilidade dos algoritmos e à responsabilidade por decisões automatizadas torna-se, assim, uma prioridade. Entender a evolução dos sistemas computacionais é essencial para compreender a forma como a Inteligência Artificial redefine a interação entre tecnologia, sociedade e governança, atuando como vetor de transformação estrutural e motor da inovação contemporânea.

Nesse cenário de transformações impulsionadas pela Inteligência Artificial e pela digitalização, destaca-se a importância dos algoritmos como elementos-chave para viabilizar soluções inovadoras nos mais variados setores. Assim, a transição para a Sociedade 4.0 não apenas demanda novas infraestruturas tecnológicas, mas também exige a compreensão do papel estratégico dos Algoritmos de IA como facilitadores da mudança organizacional e social, tema central da próxima seção.

3. O PAPEL DOS ALGORITMOS DE IA COMO FACILITADORES TECNOLÓGICOS

No contexto da Sociedade 4.0, os AIA e AIC assumem papel operacional na viabilização de sistemas inteligentes aplicados a domínios estratégicos como governança, economia e saúde pública. Esses algoritmos têm se mostrado essenciais para otimizar processos, automatizar tarefas e apoiar decisões baseadas em dados, atuando como motores da transformação digital em setores estratégicos como governança, economia, saúde e segurança pública. Sua função não se restringe à automação, mas à ampliação da capacidade analítica e preditiva das instituições, oferecendo suporte à construção de modelos organizacionais mais eficientes e responsivos (Russel et al., 2021).

De modo geral, os algoritmos inteligentes podem ser compreendidos como conjuntos de instruções computacionais que permitem aprendizado, inferência e adaptação contínua. Diferentemente dos sistemas tradicionais, baseados em regras fixas, esses modelos aprendem a partir de grandes volumes de dados, identificando padrões e gerando recomendações ou previsões autônomas. Essa característica explica a amplitude de suas aplicações: da personalização de serviços digitais à modelagem preditiva de fenômenos complexos. Em áreas como o Direito, por exemplo, técnicas de aprendizado de máquina são aplicadas à análise de precedentes e à recomendação de sentenças, auxiliando o poder judiciário em processos de alta complexidade (Bostrom, 2019).

A capacidade dos algoritmos de IA em resolver problemas complexos resulta da integração de diferentes paradigmas computacionais, como aprendizado estatístico, modelos de árvore, computação evolucionária, inteligência de enxames e redes neurais artificiais. Esses métodos são amplamente empregados em aplicações que demandam alto desempenho analítico, a exemplo da otimização logística, da previsão de demanda e da detecção de fraudes. Modelos de aprendizado profundo (*deep learning*) têm se destacado especialmente pela habilidade de reconhecer padrões em dados não estruturados, como imagens e textos, viabilizando sistemas de tradução automática, classificação de imagens médicas e análise de sentimentos em redes sociais (Russel et al., 2021). No contexto público, a IA contribui para a formulação de políticas baseadas em evidências, promovendo maior eficiência governamental e transparência na alocação de recursos.

Os algoritmos de otimização representam outro eixo central da aplicação de IA, sendo utilizados para resolver problemas com múltiplas variáveis e restrições. Ferramentas como a programação linear, os algoritmos genéticos e a otimização por enxame de partículas são fundamentais para encontrar soluções eficientes em áreas como gestão da cadeia de suprimentos, planejamento estratégico e alocação de recursos. Essas metodologias permitem decisões baseadas em dados concretos, assegurando precisão e eficácia operacional. Complementarmente, os algoritmos de análise preditiva desempenham papel essencial na antecipação de comportamentos e tendências, sendo empregados, por exemplo, na previsão de surtos de doenças, no planejamento de estoques hospitalares e na recomendação de protocolos clínicos personalizados, demonstrando o impacto da IA sobre a saúde pública e a gestão hospitalar (Russel et al., 2021). A natureza interdisciplinar desses sistemas, integrando matemática, estatística, ciência da computação e domínios aplicados na formulação de soluções robustas e inovadoras.

Entre as aplicações práticas, a automação por meio da *Robotic Process Automation* (RPA) é um exemplo emblemático da capacidade dos algoritmos de IA em reconfigurar fluxos de trabalho organizacionais. A RPA utiliza scripts inteligentes para executar tarefas repetitivas e de alto volume com velocidade e precisão, reduzindo custos e erros humanos. No setor financeiro, ela é amplamente aplicada à auditoria e reconciliação bancária, enquanto, no setor público, facilita a gestão documental e o processamento de solicitações administrativas, otimizando o atendimento ao cidadão e fortalecendo a eficiência institucional (Sharma, 2022). Esses sistemas exemplificam a convergência entre automação e inteligência analítica, pilares da hiperautomação contemporânea.

Outro campo de aplicação que merece destaque é o Processamento de Linguagem Natural (PLN), subárea da IA responsável por permitir que sistemas computacionais compreendam, interpretem e gerem linguagem humana. O PLN tem revolucionado o tratamento de grandes volumes de dados textuais, possibilitando a análise automatizada de contratos, decisões judiciais e pareceres administrativos. No setor jurídico, sua implementação tem permitido a recomendação de sentenças e a elaboração automatizada de minutas e petições, tornando os processos decisórios mais céleres e consistentes (Bostrom, 2019). Há a aplicação de *chatbots* baseados em PLN, projetados para simular interações humanas e oferecer respostas contextuais em tempo real. Esses agentes conversacionais vêm sendo empregados em múltiplos domínios desde o atendimento ao

cliente até serviços públicos de saúde, contribuindo para democratizar o acesso à informação e promover maior inclusão digital (Pinheiro, 2024).

Os exemplos de RPA e PLN demonstram como a IA vem consolidando-se como tecnologia estratégica para a modernização institucional e para o aprimoramento das relações entre cidadãos e organizações. A combinação de algoritmos inteligentes e grandes volumes de dados está remodelando a gestão pública e privada, ampliando a eficiência dos processos e tornando a tomada de decisão mais precisa e transparente. Esse cenário, ao representar a aplicação integrada dos algoritmos em múltiplos campos, vem evidenciando sua centralidade no ecossistema digital contemporâneo.

Por fim, observa-se que a aplicação de IA transcende a simples automatização de tarefas, configurando-se como elemento transformador da estrutura social e econômica. Ao mesmo tempo em que oferece ganhos expressivos em produtividade e acurácia analítica, impõe o desafio de compreender seus limites éticos e de governança. A evolução dos algoritmos inteligentes, portanto, requer não apenas domínio técnico, mas também uma reflexão contínua sobre seus impactos na sociedade e nas instituições que integram a Sociedade 4.0.

Diante do papel central dos algoritmos inteligentes na transformação digital e na reconfiguração institucional, torna-se fundamental compreender como são criados e implementados esses sistemas. A seguir, será detalhado o processo metodológico de construção dos algoritmos, evidenciando as etapas, técnicas e modelos que viabilizam a automação, o aprendizado adaptativo e a tomada de decisão baseada em dados, pilares essenciais para o avanço da Sociedade 4.0.

4. CONSTRUÇÃO DOS ALGORITMOS INTELIGENTES

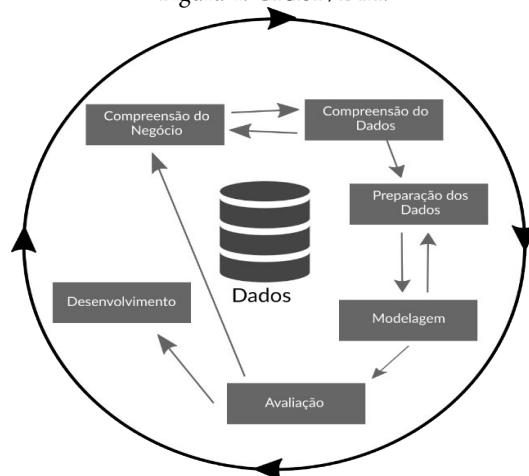
A construção de algoritmos inteligentes constitui o núcleo técnico da Sociedade 4.0, uma vez que deles deriva a capacidade de automação, aprendizado adaptativo e tomada de decisão orientada por dados. Essa construção segue um fluxo metodológico contínuo, conhecido como *pipeline* de ciência de dados, que compreende as etapas de coleta, transformação, modelagem e implementação de modelos de aprendizado de máquina. Esse processo visa garantir que as soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) e Inteligência Computacional (IC) aprendam, se ajustem e evoluam conforme novos padrões emergem no ambiente digital (Schwab, 2016; Grus, 2019).

O *pipeline*, inspirado no modelo *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP/DM), estrutura-se como um ciclo iterativo que parte da compreensão do problema e avança até a implantação e monitoramento de soluções. A Figura 4 ilustra esse modelo, cuja primeira fase, o *Extract, Transform, Load* (ETL), assegura a integridade e consistência dos dados coletados de múltiplas fontes, evitando vieses que comprometeriam os resultados dos algoritmos (Amaral, 2016; Grus, 2019). Após a transformação e carga dos dados em repositórios confiáveis, aplica-se a mineração de dados, momento em que padrões e correlações são identificados, constituindo a base empírica para os modelos preditivos (Lee, 2019; Grus, 2019). Essa etapa se complementa pela Análise Exploratória de Dados, que permite visualizar e compreender a estrutura e variabilidade das informações, revelando tendências e anomalias a partir de métodos estatísticos e

gráficos (Grus, 2019). A etapa subsequente, o Aprendizado de Máquina, representa o ápice do *pipeline*, no qual algoritmos são treinados para reconhecer padrões e gerar previsões. Esse aprendizado pode ocorrer em modalidades supervisionada, não supervisionada, semisupervisionada ou por reforço, dependendo da natureza dos dados e do objetivo do modelo. Cada modalidade cumpre um papel específico: enquanto o aprendizado supervisionado utiliza exemplos rotulados para prever categorias ou valores contínuos, a não supervisionada busca estruturas ocultas sem qualquer rótulo prévio. Já o aprendizado semisupervisionado combina ambos os métodos, otimizando o desempenho quando há escassez de dados rotulados, e o aprendizado por reforço introduz agentes capazes de agir por tentativa e erro, aprimorando decisões com base em recompensas (Russel et al., 2021).

A Figura 4 apresenta o modelo CRISP/DM, referência metodológica para projetos de ciência de dados, evidenciando as etapas essenciais do *pipeline* de construção dos algoritmos inteligentes. Ela ilustra como o processo se inicia pela compreensão do problema, passa pelas fases de coleta, transformação e análise dos dados, e culmina na implementação e monitoramento das soluções, garantindo uma abordagem iterativa e sistemática para o desenvolvimento de sistemas baseados em IA.

Figura 4. CRISP/DM.



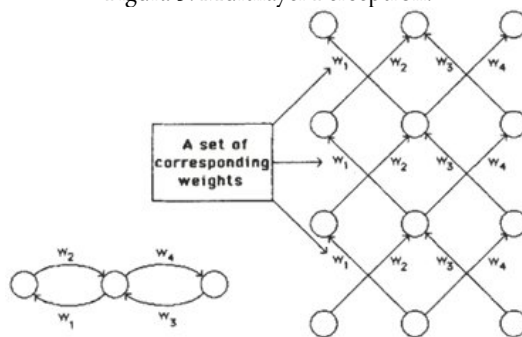
Fonte: Amaral (2016: 84).

A compreensão dessas abordagens é aprofundada pelo estudo de modelos que simbolizam marcos na trajetória da IA. O *Perceptron*, proposto por Rosenblatt em 1958, introduziu a ideia de ponderação das entradas por pesos ajustáveis, sendo sucedido pelo modelo Adaline, que aprimorou o processo de atualização de pesos com base no erro quadrático médio, ampliando a precisão para tarefas de regressão (Widrow et al., 1960; Haykin, 2008). Posteriormente, o *Multilayer Perceptron*, formulado por Rumelhart, Hinton e Williams em 1986, incorporou camadas ocultas e o algoritmo de retropropagação, possibilitando o aprendizado de relações não lineares e elevando a capacidade das redes neurais artificiais (Rumelhart et al., 1986; Russel et al., 2021). Essa linha evolutiva culminou nas Redes Neurais Convolucionais, especializadas na análise de imagens e

dados espaciais (Lecun et al., 2015; Goodfellow et al., 2016), e nos modelos *Transformer*, que em 2017 revolucionaram o Processamento de Linguagem Natural com o uso do mecanismo de atenção (Vaswani et al., 2017; Brown et al., 2020). Essas arquiteturas, representadas basicamente na Figura 5, constituem a base técnica que sustenta a IA moderna e suas aplicações em tradução automática, diagnóstico médico, visão computacional e sistemas conversacionais.

A Figura 5 ilustra a estrutura do Multilayer Perceptron (MLP), um tipo de rede neural artificial composta por diversas camadas, incluindo camadas ocultas que possibilitam o processamento de informações de forma não linear. Essas camadas ocultas são fundamentais para que o MLP reconheça padrões complexos e estabeleça relações mais profundas entre os dados de entrada e saída. O uso de múltiplas camadas permite ao modelo superar as limitações presentes no *Perceptron* simples, que só consegue resolver problemas linearmente separáveis. Com o *Multilayer Perceptron*, tornou-se viável abordar desafios mais sofisticados, como classificação de imagens e reconhecimento de padrões em dados não lineares. Essa evolução marcou um salto significativo na capacidade das redes neurais, favorecendo o avanço de aplicações em áreas como visão computacional, processamento de linguagem natural e sistemas de recomendação. Assim, o MLP consolidou-se como uma das principais bases para o desenvolvimento da Inteligência Artificial moderna.

Figura 5. Multilayer Perceptron.



Fonte: Rumelhart (1986: 535).

A eficácia desses modelos depende diretamente da qualidade e diversidade dos dados utilizados no treinamento. Como destacado na Figura 6, dados estruturados, semiestruturados e não estruturados formam o insumo essencial para o aprendizado de máquina, exigindo processos rigorosos de preparação e validação. A correta manipulação dessas informações determina o desempenho e a confiabilidade dos sistemas inteligentes. A compreensão dessa dinâmica é fundamental, pois o uso de *Big Data*, ilustrado na Figura 7, amplia exponencialmente a capacidade de análise, enquanto fontes como redes sociais e dispositivos de Internet das Coisas geram fluxos contínuos de dados em tempo real, expandindo o escopo e a aplicabilidade dos algoritmos (Lee, 2019).

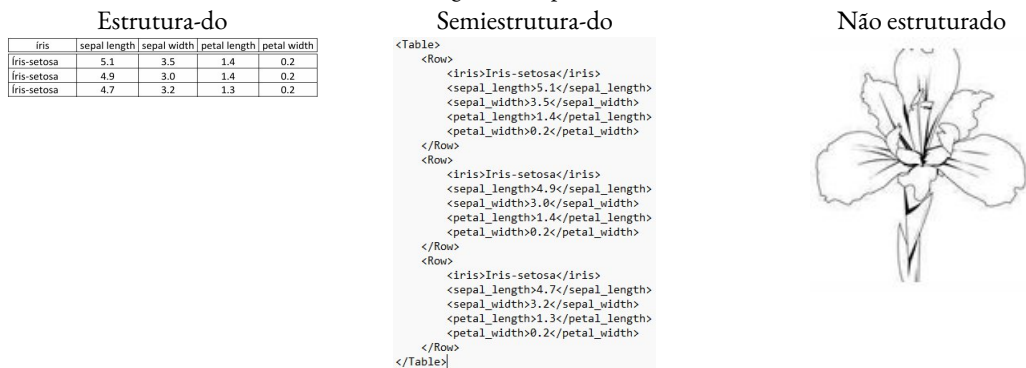
Figura 6. Importância dos dados.



Fonte: Pinheiro (2022: 16).

Em síntese, a construção de algoritmos inteligentes é um processo interdisciplinar que une fundamentos estatísticos, computacionais e éticos. Seu propósito vai além da eficiência técnica: busca criar sistemas capazes de interpretar contextos complexos, apoiar decisões críticas e evoluir de forma autônoma. A diversidade de fontes de dados e a sofisticação dos modelos de aprendizado consolidam a IA e a IC como pilares da transformação digital, viabilizando uma sociedade cada vez mais orientada por evidências e sustentada pela capacidade analítica dos sistemas inteligentes.

Figura 7. Tipos de dados.



Fonte: Pinheiro (2021: 26).

Diante da crescente complexidade dos dados e da evolução dos modelos de aprendizado, torna-se evidente que a integração entre fundamentos estatísticos, computacionais e éticos prepara o terreno para o próximo avanço: o impacto direto dos algoritmos de inteligência artificial e computacional nas tomadas de decisão. É nesse contexto que exploraremos, a seguir, como esses sistemas inteligentes têm revolucionado processos decisórios em diversos setores, potencializando a análise de informações e promovendo uma gestão mais eficiente e orientada por evidências.

5. O IMPACTO DOS AIA E AIC EM TOMADAS DE DECISÃO

A incorporação dos Algoritmos de Inteligência Artificial (AIA) e dos Algoritmos de Inteligência Computacional (AIC) transformou profundamente o processo decisório em múltiplos setores da sociedade contemporânea. Tais algoritmos possibilitam o processamento de grandes volumes de

dados em tempo real, identificando padrões ocultos e oferecendo recomendações estratégicas com base em evidências empíricas. No contexto da Sociedade 4.0, marcada pela hiperconectividade e pela automação inteligente, a capacidade adaptativa e preditiva desses sistemas torna-se essencial para a concepção de organizações dinâmicas e de estruturas institucionais sustentadas por análises contínuas e aprendizado de máquina. Ao permitirem a antecipação de eventos e a simulação de cenários complexos, os AIA e AIC convertem-se em instrumentos de apoio à decisão capazes de ampliar a eficiência operacional e reduzir incertezas. Essa transformação tecnológica impulsiona a criação de sistemas autônomos que não apenas respondem a estímulos ambientais, mas também são capazes de prever e mitigar riscos futuros. A Figura 8 ilustra como a transformação digital oferece suporte à tomada de decisão, evidenciando a integração de sistemas inteligentes para a melhoria de processos organizacionais e públicos. Nesse contexto, o avanço dos algoritmos fortalece o vínculo entre a análise de dados e a formulação de estratégias, o que se traduz em maior agilidade na resposta a situações emergenciais e em uma gestão mais racional dos recursos disponíveis. A Figura 8 também ilustra de maneira clara como a transformação digital potencializa o processo de tomada de decisão, evidenciando a integração de sistemas inteligentes que permitem maior agilidade, precisão e eficiência na gestão de dados e recursos. Ao destacar a convergência entre automação, análise preditiva e conectividade, a figura reforça o papel dos algoritmos de IA e IC como elementos centrais no apoio às decisões estratégicas em ambientes organizacionais e governamentais.



Fonte: Pinheiro (2022: 70).

A digitalização das atividades produtivas e administrativas também está intrinsecamente associada à Sociedade 4.0, caracterizada por uma expansão contínua da conectividade e pela necessidade de decisões baseadas em evidências. Empresas e instituições públicas passam a adotar posturas mais analíticas, utilizando técnicas de aprendizado de máquina e mineração de dados para construir modelos preditivos aplicados à gestão, à economia e à formulação de políticas públicas. Essa dependência crescente de informações processadas algoritmicamente redefine o papel da inteligência humana, deslocando o foco da execução de tarefas para a interpretação crítica dos resultados produzidos por sistemas automatizados.

A análise preditiva e a adaptação contínua proporcionadas pelos AIA e AIC representam, portanto, elementos centrais da competitividade contemporânea. Tais algoritmos viabilizam a

construção de ecossistemas digitais que não apenas otimizam fluxos de trabalho, mas também promovem inovações disruptivas. Empresas e governos utilizam-nos como suporte estratégico para prever demandas, ajustar políticas e aprimorar a alocação de recursos, o que lhes permite planejar o futuro com base em evidências e reduzir significativamente o grau de incerteza nas decisões.

A tomada de decisão mediada por sistemas inteligentes, conforme demonstrado na Figura 8, consolida-se como um dos pilares da transformação digital. O emprego de algoritmos avançados permite identificar padrões ocultos em dados históricos e preditivos, otimizando operações e elevando a eficiência organizacional (Murphy, 2012; Witten et al., 2016). Soluções de *Business Intelligence* (BI) e *Business Analytics* (BA) integram modelagem estatística e aprendizado de máquina para fornecer insights preditivos que sustentam estratégias empresariais e políticas públicas. A literatura demonstra que organizações que adotam BI/BA apoiados em IA adquirem vantagem competitiva relevante, pois seus algoritmos detectam correlações e anomalias antes imperceptíveis por métodos convencionais (Chen et al., 2012).

No campo governamental, a digitalização redefine a estrutura administrativa ao viabilizar processos mais transparentes e decisões orientadas por dados. A automação de rotinas burocráticas e a personalização de serviços públicos por meio de sistemas de IA reduzem custos e ampliam a responsividade do Estado (Schwab, 2016). No setor privado, essas mesmas tecnologias impulsionam a inovação e a experiência do cliente, aprimorando o desempenho institucional e fortalecendo a competitividade (Lee, 2019). Essa convergência entre público e privado revela que o impacto da transformação digital extrapola a simples modernização tecnológica, configurando-se como uma nova racionalidade baseada na análise algorítmica e na predição contínua.

Entre as áreas mais sensíveis a esse processo está o domínio jurídico, em que a IA tem modificado substancialmente a dinâmica decisória. A análise de precedentes, a mineração de dados legais e o uso de modelos preditivos auxiliam tribunais e escritórios de advocacia na formulação de pareceres, na triagem de casos e na proposição de estratégias argumentativas. Ferramentas de *Robotic Process Automation* (RPA) e de Processamento de Linguagem Natural (PLN) são empregadas para extrair informações de peças processuais, classificar documentos e até elaborar minutas automatizadas. Essa automação tem elevado a celeridade e a precisão das decisões, além de reduzir a carga de trabalho em tarefas repetitivas, conforme salientam estudos que apontam ganhos significativos de produtividade e qualidade (Surden, 2020). Todavia, a adoção de sistemas algorítmicos nas decisões judiciais e administrativas introduz novos dilemas éticos. A opacidade dos modelos, o viés algorítmico e a indefinição sobre a responsabilidade das decisões automatizadas tornam-se temas centrais na governança digital. Autores como O’Neil (2017) e Bostrom (2019) alertam para o risco de reproduzir desigualdades históricas quando os dados de treinamento não são balanceados ou auditados. Nessa perspectiva, o desafio da Sociedade 4.0 não reside apenas na expansão das capacidades técnicas, mas também na construção de mecanismos regulatórios que garantam transparência, explicabilidade e equidade nas decisões mediadas por IA.

Os AIA e AIC configuram a base de um novo paradigma decisório que combina eficiência operacional, previsão analítica e responsabilidade ética. A integração de *Business Intelligence*

(BI), *Business Analytics* (BA), *Robotic Process Automation* (RPA) e *Artificial Intelligence* (AI) em ecossistemas digitais evidencia o potencial transformador da inteligência algorítmica, mas também revela a urgência de políticas de governança que assegurem o uso ético e socialmente responsável dessas tecnologias. O caminho para decisões realmente inteligentes dependerá, portanto, da capacidade coletiva de equilibrar inovação e prudência, técnica e humanidade, automação e reflexão crítica. Diante dos avanços proporcionados pelos algoritmos inteligentes e pela digitalização dos processos decisórios, surge a necessidade de refletir criticamente sobre os impactos dessas tecnologias no contexto social e institucional. A eficiência e a inovação trazidas pela automação e pela análise preditiva não apenas transformam rotinas organizacionais, mas também levantam questões éticas e sociais que exigem atenção especial. Assim, é fundamental discutir as implicações dessa nova realidade, abordando os desafios e responsabilidades inerentes à adoção dos Algoritmos de Inteligência Artificial e Computacional nas decisões públicas e privadas.

6. IMPLICAÇÕES ÉTICAS E SOCIAIS

A incorporação dos Algoritmos de Inteligência Artificial (AIA) e dos Algoritmos de Inteligência Computacional (AIC) aos processos decisórios transformou radicalmente as dinâmicas sociais e institucionais da contemporaneidade. Essa integração amplia as capacidades analíticas e preditivas das organizações, mas também impõe desafios éticos e morais decorrentes da dependência crescente de sistemas automatizados. A chamada sociedade algorítmica, sustentada pela tomada de decisão mediada por máquinas, exige reflexão crítica acerca dos limites da autonomia computacional e da necessidade de preservar princípios fundamentais de equidade, responsabilidade e transparência. O avanço da hiperautomação, ao promover a convergência de múltiplos sistemas e fluxos informacionais, reforça a urgência de repensar a relação entre inovação tecnológica e valores humanos. A complexidade dos sistemas inteligentes revela que os desafios não se restringem ao aprimoramento técnico, mas envolvem dimensões epistemológicas e éticas. Modelos de Aprendizado Profundo operam frequentemente como estruturas opacas, dificultando a compreensão de seus critérios de decisão e tornando problemático o princípio de explicabilidade (Goodfellow et al., 2016; Surden, 2020). Essa falta de transparência fragiliza a confiança social e institucional, especialmente quando tais sistemas são aplicados a contextos sensíveis como segurança pública, justiça e saúde. Além disso, a qualidade e a diversidade dos dados utilizados no treinamento determinam a equidade dos resultados, uma vez que dados enviesados podem reproduzir ou intensificar desigualdades sociais já existentes (O’Neil, 2016).

Outro ponto de atenção diz respeito à interoperabilidade e à governança da informação em ambientes hiperautomatizados. A integração entre plataformas heterogêneas requer padrões técnicos, segurança cibernética e controle de acesso, evitando o uso indevido de informações pessoais e assegurando conformidade regulatória (Chen et al. 2012). Essa necessidade de articulação entre inovação e regulação torna-se ainda mais evidente quando se observam os impactos da IA no setor público. Governos que utilizam algoritmos em processos administrativos enfrentam o de-

safio de equilibrar eficiência com transparência, de modo que a automação sirva ao interesse público e não apenas a objetivos políticos ou econômicos (Pinheiro, 2023a; Pinheiro, 2023b).

Nos âmbitos corporativo e jurídico, o uso intensivo de AIA e AIC também suscita tensões éticas. Sistemas de triagem automatizada de currículos e entrevistas, quando baseados em dados históricos, podem excluir grupos minoritários sem justificativa racional (Murphy, 2012). De forma semelhante, algoritmos aplicados à previsão de reincidência criminal ou à definição de penas judiciais têm reproduzido vieses raciais e socioeconômicos, tornando evidente a urgência de práticas de auditoria algorítmica e correção de viés (O’Neil, 2016). Esses exemplos demonstram que o desafio ético não está apenas na tecnologia em si, mas nas condições de seu desenho, aplicação e supervisão.

O futuro da sociedade algorítmica dependerá, portanto, da capacidade de implementar mecanismos regulatórios eficazes e de promover uma cultura de uso responsável da IA. A governança desses sistemas deve priorizar a equidade e a transparência, assegurando que as decisões automatizadas sejam auditáveis e passíveis de revisão (Chen et al., 2012). A consolidação de práticas de explicabilidade e de avaliação contínua dos impactos sociais tornará possível alinhar o desenvolvimento tecnológico com os valores democráticos e com o princípio da justiça distributiva. As implicações éticas e sociais da Inteligência Artificial e Computacional exigem um equilíbrio entre a inovação e a preservação dos direitos humanos. A sociedade 4.0, ao integrar algoritmos inteligentes às esferas produtivas e administrativas, redefine os parâmetros de decisão e poder, mas deve fazê-lo de modo responsável. A criação de estruturas de governança algorítmica, auditorias independentes e políticas de correção de viés constitui o caminho para assegurar que a automação sirva à inclusão, à justiça e à sustentabilidade social. Assim, emergimos em uma era em que a capacidade analítica dos sistemas computacionais deve coexistir com os valores éticos que sustentam o convívio humano, consolidando um modelo de decisão verdadeiramente inteligente e socialmente orientado. Considerando os desafios éticos e sociais destacados, é imprescindível compreender como a ascensão dos algoritmos inteligentes molda não apenas a governança e as relações institucionais, mas também inaugura novas formas de organização social e produtiva. Nesse sentido, a Sociedade 4.0 surge como resultado direto da integração sistêmica dessas tecnologias, trazendo à tona questões sobre o futuro das decisões automatizadas e o papel estratégico dos algoritmos na transformação dos ambientes econômicos, sociais e institucionais.

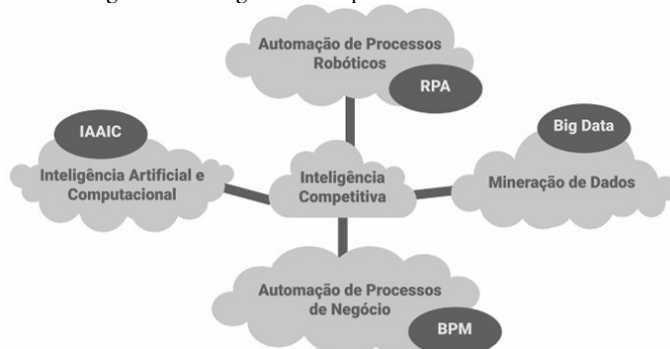
7. A SOCIEDADE 4.0 E O FUTURO COM OS ALGORITMOS

A transição para a Sociedade 4.0 caracteriza-se pela incorporação sistêmica de algoritmos inteligentes nas dimensões econômica, social e institucional. Essa integração redefine o modo como as organizações processam informações, tomam decisões e se adaptam a contextos dinâmicos, consolidando um novo paradigma sociotecnológico pautado pela hiperautomação, pela inteligência analítica e pelo aprendizado contínuo das máquinas. A convergência entre Inteligência Artificial, Aprendizado Profundo e sistemas de automação cria ecossistemas digitais capazes de processar grandes volumes de dados e oferecer respostas autônomas e contextuais, resultando em uma pro-

funda transformação das estruturas produtivas e das práticas de governança. Nesse contexto, a Inteligência Competitiva (IC) emerge como um dos pilares estratégicos da Sociedade 4.0, conforme ilustrado na Figura 9. Trata-se de um processo sistemático de coleta, análise e interpretação de informações sobre o ambiente externo, voltado à antecipação de movimentos de mercado, à detecção de riscos e à formulação de respostas organizacionais orientadas por evidências. Com o apoio do Aprendizado Profundo e das Redes Neurais Artificiais Generativas (subcampos da Inteligência Artificial), a IC evolui para um patamar de análise em tempo real, capaz de identificar padrões complexos e projetar cenários com maior precisão. Essa capacidade de predição, sustentada por algoritmos adaptativos, oferece vantagens competitivas ao permitir ajustes rápidos em estratégias corporativas e políticas públicas diante de contextos voláteis e incertos (Russel et al., 2021).

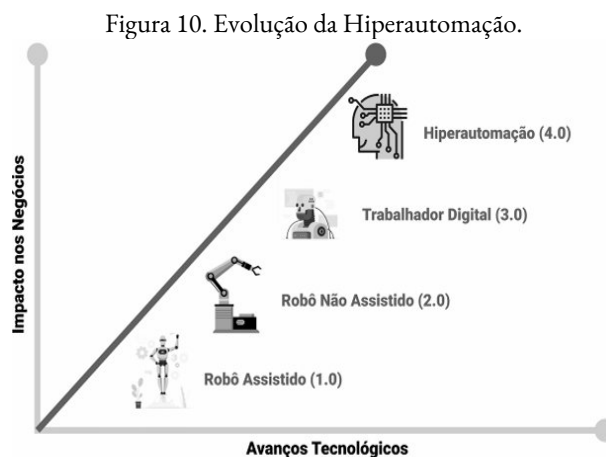
A expansão da IC está associada à transformação da gestão de riscos, que passa a ser orientada por dados provenientes de múltiplas fontes, como redes sociais, sistemas financeiros e fluxos de informação institucional. Modelos algorítmicos avançados são capazes de reconhecer sinais precoces de anomalias e ameaças, fortalecendo a resiliência organizacional e a capacidade preventiva das instituições (Chen et al., 2012). A Inteligência Artificial, nesse cenário, consolida-se como elemento de mediação entre informação, decisão e ação, favorecendo a criação de estruturas mais adaptativas e responsivas às demandas de um ambiente global altamente interconectado. As tecnologias emergentes reforçam essa dinâmica. O Aprendizado Profundo amplia a capacidade dos sistemas computacionais de extrair padrões e correlações complexas em dados não estruturados, como imagens, textos e sons, e tem sido amplamente utilizado em aplicações biomédicas, financeiras e de segurança (Goodfellow et al., 2016). A Inteligência Artificial Generativa, impulsionada pela arquitetura *Transformer* (Vaswani et al., 2017), representa um salto qualitativo na capacidade das máquinas de compreender e produzir linguagem natural, permitindo o desenvolvimento de modelos como GPT, *Gemini*, *Claude*, *Copilot*, *Lhama*, *Perplexity AI*, *Mistral* e *DeepSeek*, que modificam profundamente os processos de comunicação e criação de conhecimento automatizado.

Figura 9. Inteligência competitiva na sociedade 4.0.



Fonte: Pinheiro (2022: 30).

A Figura 10 evidencia a evolução da Hiperautomação, processo que integra RPA, Inteligência Artificial e análise avançada de dados para criar fluxos de trabalho autônomos e adaptativos (Sharma, 2022). Essa integração redefine o funcionamento das organizações, ampliando a produtividade, a acurácia e a velocidade operacional. Governos e empresas que adotam sistemas de hiperautomação conseguem atingir novos níveis de eficiência e flexibilidade, reduzindo custos e potencializando a qualidade dos serviços prestados à sociedade.



Fonte: Pinheiro (2022: 58).

No entanto, a consolidação da Sociedade 4.0 também traz desafios éticos e estruturais que exigem reflexão crítica. A crescente delegação de decisões a algoritmos complexos demanda mecanismos de governança capazes de assegurar transparência, auditabilidade e responsabilidade no uso das tecnologias. Questões como o viés algorítmico, a privacidade dos dados e a explicabilidade das decisões automatizadas passam a ocupar papel central nas discussões sobre regulação e uso responsável da Inteligência Artificial (O’Neil, 2017; Bostrom, 2019). Além disso, a automação intensiva tem potencial para acentuar desigualdades socioeconômicas, sobretudo em setores de baixa qualificação profissional, ao passo que valoriza competências cognitivas e criativas (Schwab, 2016; Cazzaniga, 2024). Assim, a construção de uma governança algorítmica sólida torna-se essencial para garantir que a inovação tecnológica caminhe lado a lado com a proteção dos direitos fundamentais e a equidade social. Iniciativas como auditorias de algoritmos, regulamentações éticas e marcos legais específicos representam passos importantes para um desenvolvimento sustentável e inclusivo da Inteligência Artificial (Surden, 2020). A Sociedade 4.0, ao integrar profundamente humanos e máquinas, deve buscar o equilíbrio entre eficiência técnica e responsabilidade social, consolidando um modelo de decisão verdadeiramente inteligente, ético e orientado ao bem comum. Nesse cenário de rápidas transformações impulsionadas pela hiperautomação, Inteligência Artificial e novos paradigmas de governança algorítmica, torna-se fundamental refletir sobre os impactos dessas tecnologias tanto no âmbito organizacional quanto social. A complexidade dos desafios éticos, a necessidade de transparência e a busca pela equidade destacam-se como elementos centrais no debate sobre o futuro da Sociedade 4.0. Diante desse contexto, a conclusão a seguir sintetiza os principais achados do estudo, ressaltando a importância de equilibrar inova-

ção tecnológica e responsabilidade social para assegurar um desenvolvimento sustentável e inclusivo.

8. CONCLUSÃO

A conclusão do estudo representado neste capítulo vai além da síntese descritiva e problematiza as implicações éticas e sociais da decisão automatizada na Sociedade 4.0. A hiperautomação reconfigura fronteiras entre autonomia humana e controle computacional e, ao fazê-lo, desloca parte do juízo para sistemas que operam com opacidade técnica e assimetria informacional. Esse deslocamento exige uma governança algorítmica capaz de assegurar transparência, auditabilidade e prestação de contas, sob pena de erosão de valores democráticos e de justiça distributiva (Schwab, 2016; Bostrom, 2019). Do ponto de vista normativo, o desafio é alinhar capacidades analíticas de alto desempenho a princípios de explicabilidade, não discriminação e proporcionalidade. Em termos práticos, isso implica incorporar camadas de controle humano significativo, trilhas de auditoria, avaliação contínua de vies e mecanismos de contestação por parte dos afetados. Em termos conceituais, significa reconhecer, à luz de uma ética da informação, que dados, modelos e infraestruturas são artefatos que moldam o ambiente social e por isso devem ser governados por critérios públicos de justificação (Floridi, 2014; Bostrom, 2019). Incorporar auditorias de vies, registros de decisão e canais de contestação nos fluxos do Centro de Inteligência da Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco (SES/PE) e nos processos da Procuradoria Geral do Estado de Pernambuco (PGE/PE) favorece a confiabilidade pública e a rastreabilidade das decisões automatizadas. No plano aplicado, os achados empíricos nos contextos analisados indicam ganhos de eficiência e previsibilidade, mas também demonstram a necessidade de arranjos institucionais que integrem comitês de governança, avaliações de impacto algorítmico e políticas de dados responsáveis, especialmente em domínios sensíveis como saúde e justiça. Assim, decisões verdadeiramente inteligentes na Sociedade 4.0 dependerão menos do poder técnico das máquinas e mais da capacidade coletiva de instituir salvaguardas éticas robustas, garantindo que os algoritmos complementem e não substituam o juízo humano, em alinhamento com valores democráticos e com o interesse público.

REFERÊNCIAS

- Amaral, F. (2016). *Introdução à ciência de dados: mineração de dados e big data*. São Paulo: DTP.
- Bostrom, N. (2019). *Superinteligência: caminhos, perigos, estratégias*. São Paulo: DarkSide Books.
- Brown, T. et al. (2020). *Language models are few-shot learners*. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 33.
- Cazzaniga, M. (2024). *Gen-AI: Artificial intelligence and the future of work*. Washington, DC: International Monetary Fund.
- Chen, H., Chiang, R. H. L., e Storey, V. C. (2012). *Business intelligence and analytics: from big data to big impact*. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188.
- Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: how the infosphere is reshaping human reality*. Oxford: Oxford University Press.

- Goodfellow, I., Bengio, Y., e Courville, A. (2016). *Deep learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Grus, J. (2016). *Data science do zero: primeiras regras com o Python*. Rio de Janeiro: Alta Books.
- Haykin, S. (2008). *Neural networks and learning machines*. 3. ed. Pearson.
- LeCun, Y., Bengio, Y., e Hinton, G. (2015). *Deep learning*. *Nature*, 521, 436-444.
- Lee, K.-F. (2018). *AI superpowers: China, Silicon Valley and the new world order*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Lee, K.-F. (2019). *Inteligência artificial: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos relacionamos, trabalhamos e vivemos*. Rio de Janeiro: Globo Livros.
- Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: a probabilistic perspective*. Cambridge, MA: MIT Press.
- O’Neil, C. (2017). *Weapons of math destruction: how big data increases inequality and threatens democracy*. New York: Crown Publishing Group.
- Pinheiro, Á. F. (2021). *Inteligência artificial: fundamentos e aplicabilidades*. Recife: Centro de Formação de Servidores e Funcionários Públicos do Estado de Pernambuco – CEFOSPE.
- Pinheiro, Á. F. (2022). *Automação de processos através da RPA para transformação digital*. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública – ENAP.
- Pinheiro, Á. F., Silveira, D. S., e Lima Neto, F. B. (2022). *Use of machine learning for active public debt collection with recommendation for the method of collection via protest*. In: Wyld, D. C. et al. (eds.), AIAPP, NLPML, DMA, CRIS, SEC, CoSIT, SIGL – 2022. *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*, 99-108.
- Pinheiro, Á. F., Santos, W. B., e Lima Neto, F. B. (2023a). *Intelligent framework to support technology and business specialists in the public sector*. *IEEE Access*, 11, 15655-15662.
- Pinheiro, Á. F., Santos, W. B., e Lima Neto, F. B. (2023b). *Use of machine learning to validate an intelligent framework to support decision making in the public sector*. *Journal of Artificial Intelligence & Cloud Computing*, 2(3), 1-13.
- Pinheiro, Á. F. (2024). *Inteligência artificial*. Recife: Escola de Governo de Administração Pública de Pernambuco.
- Pinheiro, Á. F. (2025). *Inteligência artificial*. Recife: Escola de Saúde Pública de Pernambuco.
- Rosenblatt, F. (1958). *The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain*. *Psychological Review*, 65(6), 386-408.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., e Williams, R. J. (1986). *Learning representations by back-propagating errors*. *Nature*, 323, 533-536.
- Russell, S., e Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: a modern approach*. 4. ed. Pearson.
- Santos-D’Amorim, K. et al. (2020). *Dos dados ao conhecimento: tendências da produção científica sobre Big Data na Ciência da Informação no Brasil*. *Encontros Bibli*, 25, 1–23.
- Schwab, K. (2016). *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro.
- Sharma, N. (2022). *Business Process Automation: The Essential Guide to Business Process Automation Strategies*. London: Routledge.
- Siegel, E. (2020). *Análise preditiva: o poder de prever quem vai clicar, comprar, mentir ou morrer*. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books.
- Surden, H. (2020). *Artificial intelligence and law: an overview*. *Georgia Law Review*, 35(3), 1–30.
- Vaswani, A. et al. (2017). *Attention is all you need*. *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 30.
- Widrow, B., e Hoff, M. E. (1960). *Adaptive switching circuits*. Institute of Radio Engineers, WESCON Convention Record.
- Witten, I. H., Frank, E., e Hall, M. A. (2016). *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. 4. ed. Morgan Kaufmann.