RBTI

Revista Brasileira em Tecnologia da Informação

ISSN: 2675-1828

V. 7, N. 1, 2025

Janeiro a Julho de 2025

TECNOLOGIA RESPONSIVA

INOVAÇÃO, ÉTICA E INTELIGÊNCIA APLICADA EM AMBIENTES DIGITAIS E PÚBLICOS

Fatec Campinas

55 anos CPS Centro Paula Souza

SÃO PAULO GOVERNO DO ESTADO SÃO PAULO SÃO TODOS

RBTI – Revista Brasileira em Tecnologia da Informação
Volume 07, Número 01 – 2025
ISSN: 2675-1828
Editor Científico: Jaime Cazuhiro Ossada

EDITORIAL

É com grande satisfação que apresentamos o Volume 07, Número 01, da Revista Brasileira em Tecnologia da Informação – RBTI. Esta edição inaugura o ano de 2025 reunindo um conjunto expressivo de pesquisas que evidenciam a profundidade e a diversidade dos temas emergentes em Tecnologia da Informação, com especial ênfase na ética, inovação, impacto social e aplicações inteligentes em setores públicos e privados.

Os artigos que compõem esta edição transitam por áreas críticas e de grande interesse contemporâneo. Iniciamos com o trabalho de Rafael de Souza Oliveira, que, em "Campeonato de robótica em uma escola do ensino técnico integrado ao ensino médio", apresenta um projeto educacional inovador com uso de Arduino, promovendo o aprendizado prático de sistemas embarcados e a robótica educacional como ferramenta de engajamento e desenvolvimento técnico dos estudantes. A robótica, nesse contexto, revela seu potencial de transformação do ensino técnico e da formação de jovens para o mercado de tecnologia.

No campo da mobilidade urbana inteligente, o artigo de Elizabeth Moreira da Silva, "Sistema de controle adaptativo de semáforos com coleta de dados em tempo real do tráfego nas vias urbanas", destaca o uso da visão computacional e redes neurais para criar sistemas dinâmicos de controle de tráfego. Os resultados simulados mostram ganhos significativos na eficiência do fluxo viário urbano, ressaltando o poder da ciência de dados aplicada ao espaço público.

A preocupação com a privacidade e o tratamento ético de dados é o foco de Rodrigo Estrela, no artigo "Impacto da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) na Segurança da Informação". A partir da análise do setor de saúde, o autor evidencia como a LGPD tem moldado práticas de segurança em instituições críticas, promovendo uma cultura de proteção de dados, transparência e confiança social.

Diante da aceleração tecnológica, o artigo de Antonio Henrique Nascimento Machado de Souza, Isadora Mota de Souza e Jônatas Cerqueira Dias, intitulado "Os perigos da rápida evolução das Inteligências Artificiais e seu impacto na sociedade", apresenta uma análise crítica sobre os potenciais riscos da IA. Questões como autonomia algorítmica, ética, vieses e impacto sobre a democracia são discutidas com base em

percepções de especialistas, chamando atenção para a urgência de regulamentações globais e estratégias de mitigação de riscos.

Na interseção entre inovação e gestão de pessoas, o trabalho de Alair Helena Ferreira Hayashi e coautores, “Gestão de pessoas: uma perspectiva sobre a aplicação da realidade virtual e aumentada nas organizações”, examina como tecnologias imersivas vêm sendo utilizadas para otimizar processos de RH. A pesquisa mostra que Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) são ferramentas promissoras na capacitação, no recrutamento e no desenvolvimento organizacional.

Finalizando esta edição, Micaelly Cristine de Moura Santos contribui com o artigo “Previsão da Conformidade com a Lei de Responsabilidade Fiscal dos Municípios de Mato Grosso: Uma Aplicação de Random Forest”, que propõe o uso de algoritmos de aprendizado de máquina na gestão pública. A proposta, centrada no algoritmo Random Forest, apresenta um modelo preditivo que pode auxiliar gestores municipais a monitorar e prever a conformidade fiscal, promovendo transparência e eficiência administrativa.

Esta edição da Revista Brasileira de Tecnologia da Informação reafirma o compromisso com a divulgação de pesquisas que trazem soluções inovadoras e reflexões críticas sobre o papel da TI em diferentes setores da sociedade. Agradecemos aos autores, revisores e colaboradores que tornaram possível a publicação deste volume. Desejamos a todos uma leitura proveitosa e inspiradora.

Editor-Chefe

Revista Brasileira de Tecnologia da Informação

RBTI – Revista Brasileira em Tecnologia da Informação
Volume 07, Número 01 – 2025
ISSN: 2675-1828
Editor Científico: Jaime Cazuhiro Ossada

Sistema de controle adaptativo de semáforos com coleta de dados em tempo real do tráfego nas vias urbanas

Elizabeth Moreira da Silva
liz.moreira1310@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta uma abordagem para a coleta e processamento de dados em tempo real do tráfego urbano, com o objetivo de ajustar dinamicamente os tempos dos semáforos com base nas condições atuais do tráfego. A metodologia proposta utiliza a biblioteca OpenCV em um ambiente Python para capturar imagens do tráfego, que são processadas por uma rede neural YOLO (You Only Look Once) para extrair informações, como os tipos e a quantidade de veículos que passam nas vias. Em seguida, foi desenvolvido um algoritmo para ajustar os tempos dos semáforos dinamicamente, de acordo com as condições de tráfego em tempo real. A eficácia do sistema foi avaliada através de um simulador contendo um cruzamento com quatro vias e por meio de simulações que compararam um sistema de semáforo dinâmico com um sistema estático. Os resultados da simulação demonstraram que o sistema dinâmico reduziu o tempo médio de espera dos veículos nas interseções e aumentou o número de veículos que atravessam a interseção por unidade de tempo, destacando a importância da ciência de dados em tempo real na criação de sistemas de controle de tráfego inteligentes, capazes de atender às demandas de uma infraestrutura urbana moderna e eficiente.

Palavras Chave: Semáforo Inteligente. Mobilidade Urbana. Coleta de dados. Ciência de dados em tempo real

Artigo Submetido: 01/09/2024
Artigo Aceito Publicação: 01/02/2025

Adaptive traffic light control system with real-time data collection of urban traffic

ABSTRACT

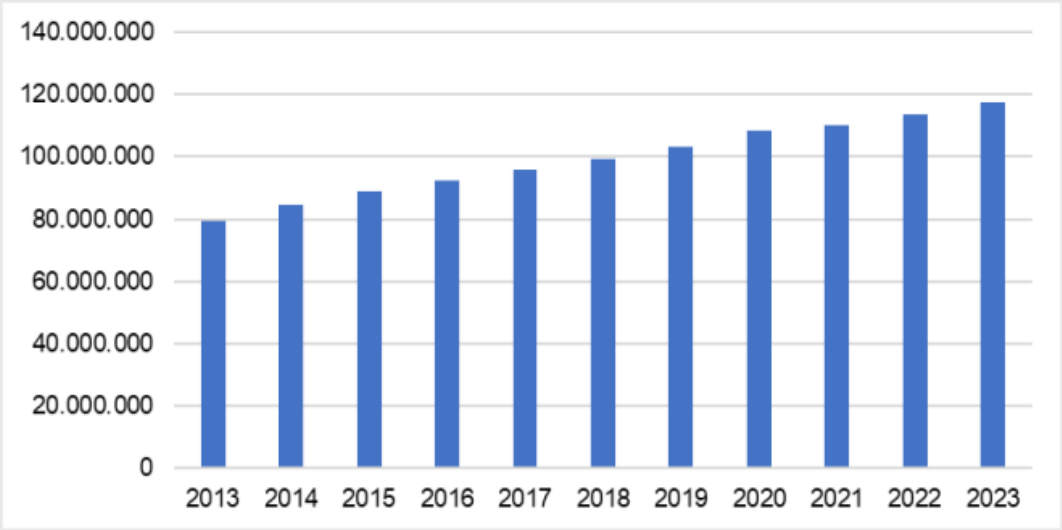
This paper presents an approach for collecting and processing real-time data from urban traffic, with the aim of dynamically adjusting traffic light timings based on current traffic conditions. The proposed methodology uses the OpenCV library in a Python environment to capture traffic images, which are processed by a YOLO (You Only Look Once) neural network to extract information, such as the types and number of vehicles passing through the roads. An algorithm was then developed to dynamically adjust traffic light timings according to real-time traffic conditions. The effectiveness of the system was evaluated through a simulator containing a four-way intersection and through simulations that compared a dynamic traffic light system with a static system. The simulation results demonstrated that the dynamic system reduced the average waiting time of vehicles at intersections and increased the number of vehicles crossing the intersection per unit of time, highlighting the importance of real-time data science in the creation of intelligent traffic control systems capable of meeting the demands of a modern and efficient urban infrastructure.

Key Words: *Smart Traffic Light. Urban Mobility. Data Collection. Real-Time Data Science*

1 Introdução

Com o crescente desenvolvimento urbano, o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAM, 2024) aponta que a quantidade de veículos leves (carros) que circulam nas grandes cidades do Brasil teve um crescimento considerável. Brasília, por exemplo, obteve um crescimento de 90% de 2003 a 2013. Na figura 1, percebe-se um aumento de 35% da frota brasileira.

Figura 1 – Evolução da frota de brasileira de veículos



Fonte: Senatran. Elaboração CNM, 2023.

Atualmente, o trânsito nas grandes capitais representa um dos principais desafios enfrentados pela população. Com o crescente número de veículos e a influência do setor automobilístico, observa-se uma frota massiva de automóveis circulando pelas ruas das metrópoles em todo o país, agravando os problemas de mobilidade urbana, especialmente nos horários de pico e expondo o problema da alta demanda por transporte e da ineficiência do atual sistema de controle e distribuição do tráfego de veículos (AROCHO, 2023)

Scaringella (2001) comenta que para uma metrópole operar de maneira adequada, é necessário um eficaz planejamento da utilização da geografia em conjunto com um sistema de transporte eficiente, o autor afirma também que o problema da mobilidade urbana reflete de maneira direta na obstrução do trânsito nas grandes cidades brasileiras. Na mesma linha, Bertini (2005), Rufolo & Bianco (1998) e Ploeg & Poelhekke (2008)

comentam que nos últimos anos, os congestionamentos provocam prejuízos aos motoristas, uma vez que aumenta os custos por diversos fatores, como maior gasto de combustível.

Neste contexto, o tráfego nas áreas urbanas também sofre aumento de demanda, em que se torna crucial dispor de ferramentas capazes de processar informações em tempo real para melhorar a eficiência do fluxo de veículos e reduzir congestionamentos (AWARI, 2023).

Assim, proporcionar uma solução eficiente e automatizada para coletar dados em tempo real do tráfego nas vias urbanas de forma a permitir o ajuste dinâmico dos tempos dos semáforos com base nas condições de tráfego atuais contribui na gestão do tráfego urbano, permitindo a adaptação dinâmica dos tempos dos semáforos de acordo com as condições de tráfego em tempo real. Esta abordagem não só resulta em uma melhor fluidez do tráfego e redução do tempo de deslocamento para os motoristas, mas também contribui para a diminuição da poluição do ar; menos congestionamentos e menor gasto de combustível, melhorando assim a qualidade de vida nas cidades. Ao agilizar o ajuste dos tempos dos semáforos com base nos dados de tráfego em tempo real, podemos melhorar a eficiência do sistema de transporte urbano, reduzindo os atrasos e aumentando a segurança nas vias. Isso não só beneficia os motoristas, mas também pedestres, ciclistas e o meio ambiente como um todo (BERTINI, 2005).

1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho é desenvolver um algoritmo que seja capaz de coletar dados em tempo real do tráfego de veículos em vias urbanas. O foco principal é possibilitar o ajuste dinâmico dos tempos dos semáforos com base nas condições de tráfego atuais, proporcionando uma melhoria contínua na fluidez do tráfego e na redução de congestionamentos. Os dados serão coletados em tempo real e passarão por um pré-processamento para que seja possível a extração de informações relevantes, como tipo de veículos, assim como volume de veículos. O principal propósito é fornecer às autoridades de trânsito e órgãos responsáveis pela gestão urbana ferramentas eficazes para a otimização do fluxo de veículos e melhoria da mobilidade urbana. Ao permitir o monitoramento em tempo real do tráfego nas vias, o sistema possibilitará a identificação imediata de problemas emergentes, indicação de rotas mais assertivas visando mais

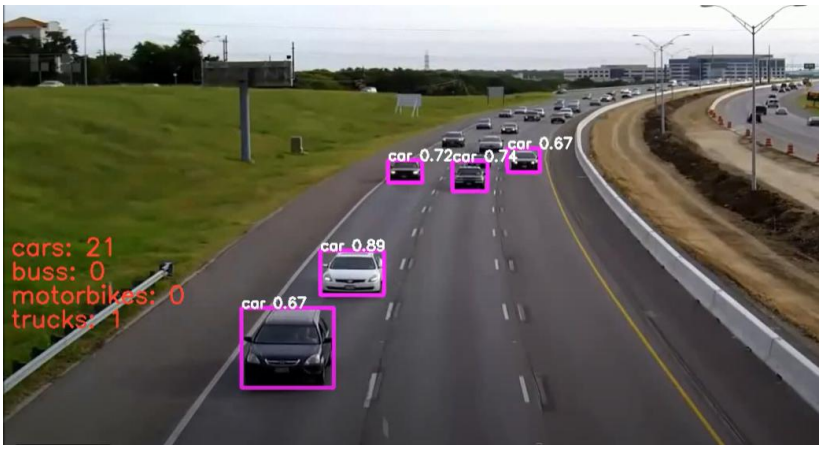
agilidade na finalização do percurso, temporização mais adequadas dos semáforos dependendo do dia, horário, condições climáticas, tipo de usuários da via, oportunidades de interação e melhorando a experiência de deslocamento dos usuários.

Com o pré-processamento das informações contidas na plataforma será possível projetar insights sobre padrões de deslocamento, pontos de congestionamento recorrentes, horários de pico, entre outros aspectos, auxiliando assim na implementação de políticas de transporte mais eficazes e na tomada de decisões estratégicas para o planejamento urbano.

1.2 Materiais e Métodos

Inicialmente, foi realizada uma análise das diversas ferramentas disponíveis para coleta de dados em tempo real e verificado que a utilização de imagens para monitoramento de semáforos é comumente empregada. Com base nisso, optou-se por utilizar a captura de imagens do tráfego na via onde o semáforo está instalado, ao empregar a biblioteca OpenCV, implementada em Python no ambiente Google Colab. Para simular imagens de tráfego em tempo real através de câmeras instaladas nos semáforos, foi utilizado um vídeo que retrata a movimentação de veículos. Posteriormente, aplicou-se uma rede neural utilizando o modelo pré-treinado YOLO (You Only Look Once) para detecção de objetos, a fim de processar as imagens e extrair informações sobre o número de veículos de cada classe, como carros, motos, ônibus e caminhões. A partir dessas informações, foi calculada a densidade de veículos nas vias, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

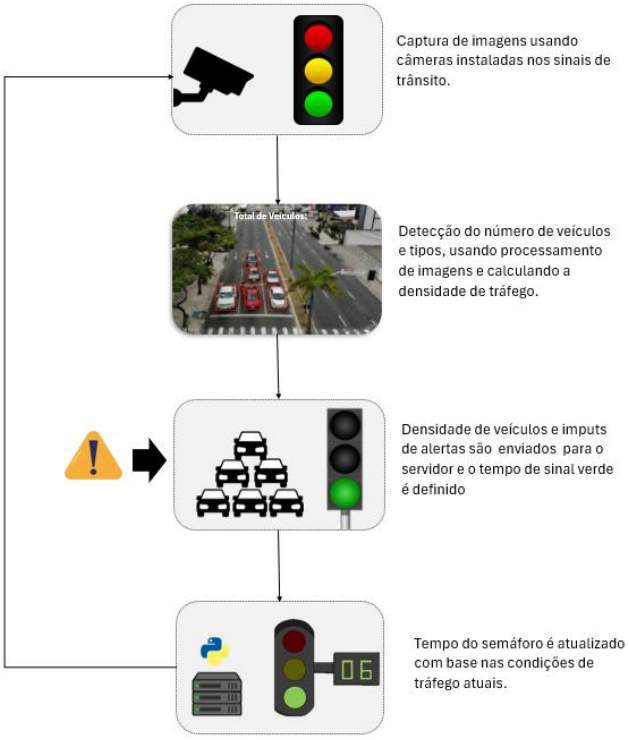
Figura 2 - Identificação e cálculo da densidade de veículos



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Com os dados coletados, o algoritmo processa a densidade de veículos e possíveis alertas para definir o tempo do sinal verde para cada faixa. Os tempos de sinal vermelho são ajustados em conformidade. O tempo do sinal verde é restrito dentro de um intervalo máximo e mínimo para evitar a inanição de qualquer faixa específica, garantindo uma distribuição equilibrada do tempo de sinal para todas as direções. As etapas do desenvolvimento do presente estudo podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura no desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaborada pelos autores, 2024.

Para determinar o tempo ideal de sinal verde com base no número de veículos de cada classe em um semáforo, foram utilizadas as velocidades médias dos veículos ao arrancar e seus tempos de aceleração. Com essas informações, estimou-se o tempo médio que cada classe de veículo leva para atravessar um cruzamento. O tempo do sinal verde é então calculado utilizando a equação apresentada abaixo.

$$GST = \frac{\sum_{vehicleClass} (NoOfVehicles_{vehicleClass} * AverageTime_{vehicleClass})}{(NoOfLanes + 1)} \quad (1)$$

Onde,

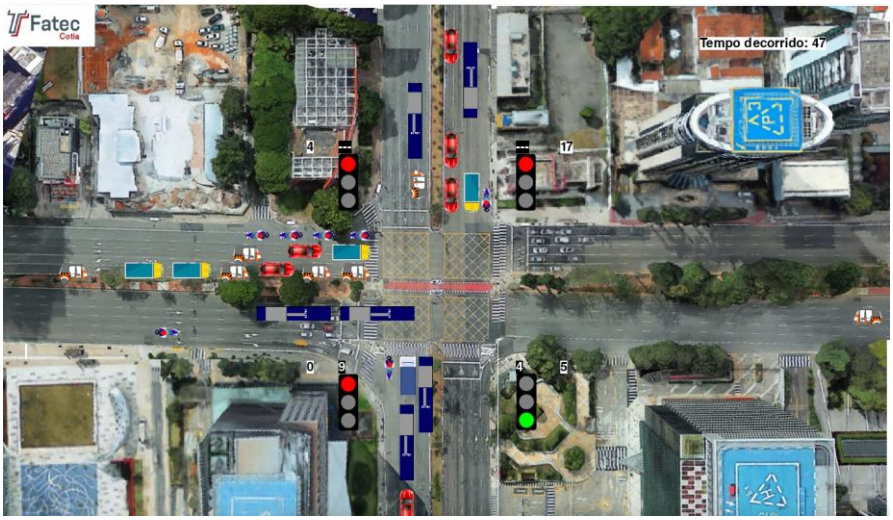
- GST é o tempo de sinal verde
- NoOfVehiclesOfClass é o número de veículos de cada classe de veículo no sinal detectado pelo módulo de detecção de veículos
- AverageTimeOfClass é o tempo médio que os veículos dessa classe levam para atravessar um cruzamento
- NoOfLanes é o número de faixas no cruzamento.

Os sinais de trânsito mudam de forma cíclica, seguindo um padrão fixo e não priorizando a direção mais densa. Isso está alinhado com o sistema atual, onde os sinais ficam verdes sequencialmente, mantendo a familiaridade e evitando confusões ou a necessidade de alteração dos trajetos pelos motoristas. A ordem dos sinais permanece a mesma do sistema existente, incluindo a contabilização dos sinais amarelos.

Uma simulação utilizando Pygame foi empregada para replicar o tráfego da vida real, auxiliando na visualização do sistema e na comparação com os sistemas estáticos atualmente em uso. A simulação desenvolvida por Gandhi (2023) foi adaptada para o nosso contexto e inclui uma interseção de quatro vias com quatro sinais de trânsito. Cada sinal possui um temporizador que mostra o tempo restante para a transição de verde para amarelo, de amarelo para vermelho, ou de vermelho para verde.

Na simulação, veículos como carros, motos, ônibus e caminhões se deslocam de todas as direções e o número de veículos que passam o cruzamento é exibido ao lado de cada sinal além de um temporizador que exibe o tempo decorrido desde o início da simulação, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4: Simulação em funcionamento no ambiente Python



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2024)

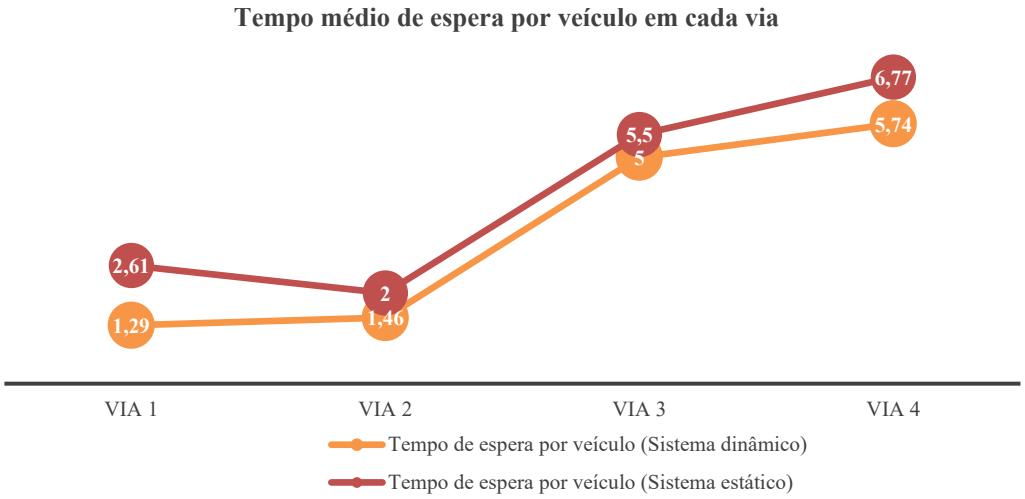
O tempo total da simulação foi estabelecido em 300 segundos. Ao término da simulação, são exibidas as seguintes métricas: o número de veículos que passaram por cada via, o total de veículos por unidade de tempo e o tempo total da simulação. Foram realizadas simulações em dois cenários distintos: um com o sistema dinâmico de semáforo e outro com um sistema estático. No sistema estático, o tempo do semáforo foi fixado em 30 segundos, sem autoajuste conforme o fluxo de veículos ou alertas gerados pelo sistema.

2 Resultados e Discussão

A partir dos dados gerados pela simulação, foram avaliados os benefícios de um sistema de semáforo com tempo dinâmico em comparação com um sistema de tempo estático. As métricas consideradas incluíram o fluxo de tráfego, que compara o número médio de veículos que atravessaram a interseção por unidade de tempo em ambos os cenários, e o tempo médio de espera, que mede quanto tempo os veículos aguardam na interseção antes de prosseguir.

No gráfico abaixo é possível verificar o tempo médio de espera por veículos em cada uma das quatro vias da simulação. O sistema de semáforo com tempo dinâmico se mostrou mais eficiente em todas as vias analisadas, resultando em tempos médios de espera menores para os veículos em comparação com o sistema de tempo estático. Na via 1 o tempo médio de espera por veículo foi reduzido quase pela metade, já na via 4 houve uma redução de mais de 1 segundo por veículo.

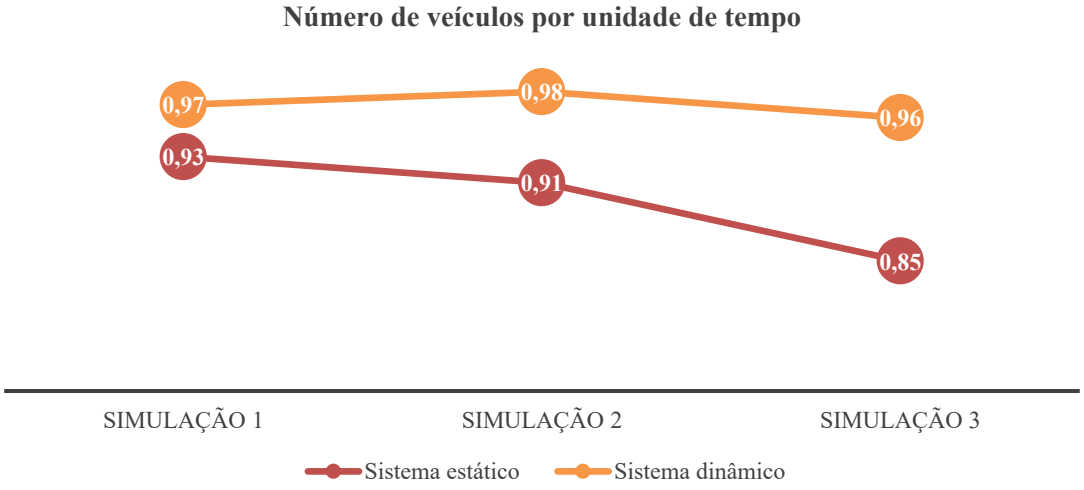
Figura 5: Gráfico com tempo médio de espera por veículo



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2024)

O sistema de semáforo com tempo dinâmico demonstra uma melhor performance em todas as simulações, permitindo que um número maior de veículos atravesse a interseção por unidade de tempo em comparação com o sistema de tempo estático. A eficiência superior do sistema dinâmico pode ser evidenciada no gráfico abaixo, o qual o sistema com tempos dinâmicos consegue processar uma maior quantidade de veículos, indicando sua capacidade de adaptação às condições de tráfego para otimizar o fluxo de veículos.

Figura 6: Gráfico com número de veículos por unidade de tempo na simulação



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2024)

3 Considerações Finais

Este artigo apresentou uma proposta de solução para melhorar a mobilidade urbana. A solução proposta foi atingida dentro das limitações de tempo e recursos, e consistiu em gerenciar os pontos de congestionamento ajustando dinamicamente os tempos dos semáforos de acordo com as condições em tempo real do trânsito e *inputs* de alertas no sistema. A simulação realizada comparando um sistema de semáforo com tempo dinâmico a um sistema com tempo estático evidenciou os benefícios significativos do primeiro. O sistema de tempo dinâmico demonstrou uma capacidade superior de gerenciar o fluxo de tráfego, reduzindo o tempo médio de espera dos veículos e aumentando o número de veículos que atravessam a interseção por unidade de tempo.

A análise das métricas, como o tempo médio de espera e o fluxo de tráfego, mostrou que o sistema dinâmico é mais eficiente em lidar com variações no volume de tráfego, proporcionando uma gestão mais eficaz e adaptável às condições reais de tráfego urbano. Este resultado reflete a importância da ciência de dados em tempo real na otimização dos sistemas de controle de tráfego.

A integração de algoritmos de tempo dinâmico e análise em tempo real permite uma resposta rápida às mudanças no fluxo de veículos, minimizando congestionamentos e melhorando a fluidez do trânsito. Este estudo reforça a necessidade de investimentos em tecnologias avançadas de gestão de tráfego que utilizam dados em tempo real para criar cidades mais inteligentes e eficientes.

Uma possível melhoria para futuras implementações no projeto seria a integração de um sistema de reconhecimento de pedestres na faixa de pedestres, permitindo facilitar a travessia de pedestres sempre que houvesse demanda, seguindo critérios estabelecidos durante a implantação do sistema.

Referências

AROCHO, Rafael. **Os desafios da análise de dados em tempo real**. Estatmg, 2023. Disponível em: https://estatmg.com.br/2023/03/04/os-desafios-da-analise-de-dados-em-tempo-real/. Acesso em: 21 fev. 2024.

AWARI. **A importância da ciência de dados em tempo real**. Awari, 2023. Disponível em: https://awari.com.br/a-importancia-da-ciencia-de-dados-em-tempo-real/?utm_source=blog&utm_campaign=projeto+blog&utm_medium=A%20i

mport%C3%A2ncia%20da%20ci%C3%AAncia%20de%20dados%20em%20tempo%20real. Acesso em: 17 fev. 2024.

BERTINI, R. L. You are the traffic jam: an examination of congestion measures. In: ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 85., 2005, Washington, DC. **Proceedings [...]**. Washington, DC, 2005.

CNM. Confederação Nacional de Municípios. **Análise do impacto da frota de veículos nos Municípios brasileiros**. [2023?]. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2023/Estudos_tecnicos/202309_ET_MOB_Impacto_frota_veiculos.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. [2024?]. Disponível em: [Inserir URL do DENATRAN, se houver]. Acesso em: 1 maio 2024.

GANDHI, M. M., et al. Smart control of traffic light using artificial intelligence. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES AND INNOVATIONS IN ENGINEERING (ICRAIE), 5., 2020. **Proceedings [...]**. [S. l.]: IEEE, 2020.

JUNGA, Abel Mateus. **Aplicação da inteligência artificial no desenvolvimento de um semáforo inteligente para os cruzamentos da cidade de Maputo**. 2022. [S. l.]: [s.n.], 2022.

PLOEG, F. V. D.; POELHEKKE, S. Globalization and the rise of mega-cities in the developing world. **Cesifo Working Paper**, n. 2208, fev. 2008. (Category Trade Policy).

PRATA, D. F. R. F. et al. Os impactos causados congestionamento e crescimento da frota de veículos na cidade de Itaperuna/RJ. **Revista Multidisciplinar da UNIPAC**, v. 1, n. 1, 2020.

QUEIROZ, Adriele. **Análise de dados em tempo real**. Dio, 2023. Disponível em: https://www.dio.me/articles/analise-de-dados-em-tempo-real. Acesso em: 18 fev. 2024.

ROCHA, Anderson Felipe de Melo. **Implantação de semáforo inteligente como solução na mobilidade urbana**. 2021. [S. l.]: [s.n.], 2021.

RUFOLO, A. M.; BIANCO, M. J. The impact of congestion pricing and parking taxes on spatial competion. **School of Urban Studies and Planning Portland State University**, 1998.

SCARINGELLA, R. S. A crise da mobilidade urbana em São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, v. 15, n. 1, jan./mar. 2001.

RBTI – Revista Brasileira em Tecnologia da Informação
Volume 07, Número 01 – 2025
ISSN: 2675-1828
Editor Científico: Jaime Cazuhiro Ossada

Impacto da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) na Segurança da Informação: Como a LGPD está Moldando as Práticas de Segurança de Dados no Brasil com Ênfase em Sistemas de Saúde

Rodrigo Estrela
rodrigo.estrela@fiocruz.br

RESUMO

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) estabelece um marco regulatório essencial para a proteção de dados pessoais no Brasil, especialmente relevante para o setor de saúde, onde a segurança da informação é crucial. Este artigo explora como a LGPD está moldando as práticas de segurança de dados nas instituições de saúde, destacando a importância de políticas claras de segurança, criptografia e anonimização, treinamentos contínuos e Avaliações de Impacto à Proteção de Dados (PIA). A adoção dessas práticas não apenas assegura a conformidade legal, mas também fortalece a proteção contra riscos de violação de dados, promovendo uma cultura organizacional comprometida com a privacidade e a segurança. A conformidade com a LGPD é, portanto, uma estratégia fundamental para garantir a integridade e a confiança nas operações de tratamento de dados pessoais.

Palavras Chave: LGPD; segurança da informação; proteção de dados pessoais.

Artigo Submetido: 01/09/2024

Artigo Aceito Publicação: 01/02/2025

Impact of the General Data Protection Law (LGPD) on Information Security: How the LGPD is Shaping Data Security Practices in Brazil with Emphasis on Health Systems

ABSTRACT

The General Data Protection Law (LGPD) establishes a crucial regulatory framework for personal data protection in Brazil, particularly significant for the healthcare sector, where information security is vital. This article examines how the LGPD is shaping data security practices in healthcare institutions, highlighting the importance of clear security policies, encryption and anonymization, continuous training, and Privacy Impact Assessments (PIA). Adopting these practices not only ensures legal compliance but also strengthens protection against data breach risks, fostering an organizational culture committed to privacy and security. Therefore, compliance with the LGPD is a fundamental strategy to ensure integrity and trust in personal data processing operations.

Key Words: LGPD; information security; personal data protection.

1 Introdução

A crescente digitalização das informações e a expansão do uso da internet transformaram profundamente a maneira como os dados são coletados, armazenados e utilizados no Brasil e no mundo. Em resposta a essas mudanças, surge a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), regulamentação que estabelece diretrizes rigorosas para a proteção e privacidade dos dados pessoais. Sancionada em agosto de 2018 e em vigor desde setembro de 2020, a LGPD tem como objetivo principal garantir a transparência e a segurança no tratamento dos dados pessoais, exigindo das organizações um compromisso robusto com a segurança da informação.

O impacto da LGPD é particularmente significativo no setor de saúde, onde os dados sensíveis, como informações médicas, histórico de tratamentos e dados genéticos, são frequentemente manipulados. A proteção inadequada desses dados pode resultar em consequências graves para os indivíduos, incluindo discriminação, estigmatização e perda de privacidade. Além disso, os sistemas de saúde no Brasil, muitas vezes marcados pela precariedade e desatualização tecnológica, enfrentam desafios adicionais para se adequarem às exigências da LGPD.

Neste contexto, a LGPD não só impõe uma série de obrigações às instituições de saúde, como também representa uma oportunidade para a modernização e a adoção de melhores práticas de segurança da informação. Este artigo explora como a LGPD está moldando as práticas de segurança de dados no Brasil, com um enfoque especial nos dados sensíveis e nos desafios enfrentados pelos sistemas de saúde. A análise aborda as principais mudanças trazidas pela LGPD, os benefícios esperados e as dificuldades de implementação, oferecendo um panorama abrangente das transformações em curso no cenário da segurança da informação.

2 Referencial Teórico

Os dados sensíveis, conforme definido pela LGPD, incluem informações sobre origem racial ou étnica, convicção religiosa, opinião política, filiação a sindicato ou a organização de caráter religioso, filosófico ou político, dados referentes à saúde ou à vida sexual, dados genéticos ou biométricos, quando vinculados a uma pessoa natural. No

setor de saúde, a proteção desses dados assume uma relevância ainda maior devido ao seu potencial impacto na vida dos indivíduos.

As informações médicas e de saúde são extremamente valiosas não apenas para os próprios pacientes, mas também para terceiros mal-intencionados. Vazamentos ou acessos não autorizados a esses dados podem levar a fraudes, roubo de identidade, e até mesmo a chantagens. Portanto, a LGPD enfatiza a necessidade de medidas de segurança mais robustas para garantir a confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados sensíveis.

2.1 Desafios Enfrentados pelos Sistemas de Saúde

Os sistemas de saúde no Brasil enfrentam desafios consideráveis para atender às exigências da LGPD. Muitos hospitais, clínicas e centros de saúde ainda operam com sistemas de TI desatualizados, que carecem de funcionalidades de segurança modernas. Além disso, a falta de recursos financeiros e de pessoal qualificado dificulta a implementação de políticas de proteção de dados abrangentes.

Um estudo recente destacou que uma porcentagem significativa das instituições de saúde no Brasil ainda não está em conformidade total com a LGPD. As principais barreiras identificadas incluem:

- **Infraestrutura Desatualizada:** Muitos sistemas de TI nos hospitais foram desenvolvidos sem considerar as exigências modernas de segurança e privacidade, tornando-os vulneráveis a ataques cibernéticos.
- **Falta de Treinamento e Conscientização:** Profissionais de saúde frequentemente não recebem treinamento adequado sobre práticas de segurança da informação e proteção de dados, resultando em maior risco de violações por erro humano.
- **Recursos Financeiros Limitados:** Implementar medidas robustas de segurança da informação e garantir conformidade com a LGPD requer investimentos significativos, que muitas instituições de saúde, especialmente as públicas, não têm condições de arcar.

2.3 Como a LGPD Está Transformando as Práticas de Segurança de Dados

Apesar dos desafios, a LGPD também tem sido um catalisador importante para a melhoria das práticas de segurança de dados no Brasil. A lei obriga as organizações a adotarem medidas técnicas e administrativas adequadas para proteger os dados pessoais, incluindo:

Implementação de Políticas de Segurança: As instituições precisam desenvolver e implementar políticas claras de segurança da informação, incluindo planos de resposta a incidentes e procedimentos para o tratamento de dados pessoais.

- **Criptografia e Anonimização:** O uso de técnicas de criptografia e anonimização de dados é incentivado para reduzir o risco de exposição de informações sensíveis.
- **Treinamento e Conscientização:** A LGPD enfatiza a importância do treinamento contínuo dos funcionários em práticas de segurança e proteção de dados, promovendo uma cultura organizacional mais consciente e responsável.
- **Avaliação de Impacto de Privacidade:** Organizações devem realizar avaliações de impacto à proteção de dados (Privacy Impact Assessments - PIA) para identificar e mitigar riscos associados ao tratamento de dados pessoais.

2.4 Implementação de Políticas de Segurança

A implementação de políticas de segurança é um passo fundamental para garantir a conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e proteger adequadamente os dados pessoais, especialmente os dados sensíveis. No contexto da LGPD, essas políticas devem ser abrangentes e detalhadas, cobrindo todas as áreas relevantes da organização. A seguir, exploramos os principais componentes dessas políticas e como elas podem ser desenvolvidas e implementadas de maneira eficaz.

2.4.1 Desenvolvimento de Políticas de Segurança da Informação

- **Diagnóstico Inicial:** O primeiro passo para desenvolver políticas de segurança é realizar um diagnóstico completo da infraestrutura de TI e dos processos de tratamento de dados existentes na instituição. Isso inclui a

identificação dos tipos de dados coletados, armazenados e processados, bem como os sistemas e procedimentos atualmente em uso para proteger esses dados.

- **Definição de Objetivos e Metas:** Com base no diagnóstico, a instituição deve definir objetivos claros para a política de segurança da informação, alinhados com os requisitos da LGPD. Isso pode incluir a proteção de dados sensíveis, a prevenção de violações de dados e a garantia da continuidade dos negócios em caso de incidentes.
- **Criação de Diretrizes e Procedimentos:** A política de segurança deve incluir diretrizes claras para o tratamento de dados pessoais. Isso abrange desde a coleta e armazenamento até o compartilhamento e descarte de dados. As diretrizes devem ser baseadas em princípios de minimização de dados, necessidade e proporcionalidade.

3 Planos de Resposta a Incidentes

- **Definição de Incidentes de Segurança:** A instituição deve definir o que constitui um incidente de segurança, incluindo violações de dados, acessos não autorizados e falhas de sistema. Cada tipo de incidente deve ter um protocolo de resposta específico.
- **Equipe de Resposta a Incidentes:** Formar uma equipe dedicada à resposta a incidentes de segurança é essencial. Essa equipe deve ser composta por profissionais de TI, especialistas em segurança da informação e representantes de outras áreas relevantes, como jurídico e comunicação.
- **Procedimentos de Resposta:** Os procedimentos de resposta a incidentes devem ser detalhados e incluir passos como a identificação e contenção do incidente, análise do impacto, notificação às autoridades competentes (como a Autoridade Nacional de Proteção de Dados - ANPD) e comunicação com os indivíduos afetados. A LGPD exige que a notificação ocorra em prazo razoável, dependendo da gravidade do incidente.
- **Planos de Recuperação:** Além de responder ao incidente, a instituição deve ter um plano de recuperação para restaurar a normalidade o mais rápido

possível. Isso inclui a restauração de sistemas e dados a partir de backups seguros e a implementação de medidas para evitar a recorrência do incidente.

4 Procedimentos para o Tratamento de Dados Pessoais

- **Controle de Acesso:** Garantir que apenas pessoas autorizadas tenham acesso aos dados pessoais é fundamental. Isso pode ser feito através de controles de acesso baseados em função (Role-Based Access Control - RBAC) e autenticação multifator.
- **Registro de Atividades de Tratamento:** A LGPD exige que as organizações mantenham registros detalhados das atividades de tratamento de dados. Esses registros devem incluir informações sobre a finalidade do tratamento, as categorias de dados pessoais envolvidas e as medidas de segurança adotadas.
- **Avaliação de Impacto à Proteção de Dados (DPIA):** Para tratamentos de dados de alto risco, é necessário realizar uma DPIA, que avalia os riscos e impactos potenciais sobre a privacidade dos indivíduos e define medidas para mitigá-los.
- **Consentimento e Direitos dos Titulares:** As políticas devem garantir que o consentimento dos titulares de dados seja obtido de forma clara e inequívoca, e que os direitos dos titulares, como acesso, correção, exclusão e portabilidade dos dados, sejam respeitados e facilitados.

5 Treinamento e Conscientização

- **Programas de Treinamento:** Todos os funcionários, desde o nível operacional até a alta administração, devem participar de programas de treinamento regulares sobre segurança da informação e proteção de dados pessoais. Esses programas devem cobrir as políticas de segurança da instituição, os procedimentos de resposta a incidentes e as melhores práticas de segurança.
- **Cultura de Segurança:** Promover uma cultura de segurança dentro da organização é crucial. Isso pode ser feito através de campanhas de

conscientização, comunicações internas regulares sobre a importância da segurança da informação e incentivos para comportamentos seguros.

6 Monitoramento e Revisão Contínua

- **Monitoramento Contínuo:** Implementar sistemas de monitoramento contínuo para detectar e responder rapidamente a possíveis ameaças e vulnerabilidades. Isso inclui o uso de ferramentas de detecção de intrusões, sistemas de gestão de eventos e informações de segurança (SIEM) e auditorias regulares de segurança.
- **Revisão e Atualização de Políticas:** As políticas de segurança da informação devem ser revisadas e atualizadas regularmente para refletir mudanças na legislação, evolução das ameaças cibernéticas e melhorias tecnológicas. Isso garante que a instituição continue em conformidade com a LGPD e outras regulamentações relevantes.
- **Criptografia e Anonimização:** Reduzindo o Risco de Exposição de Informações Sensíveis

A proteção dos dados pessoais, especialmente os dados sensíveis, é uma das principais preocupações da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). A adoção de técnicas de criptografia e anonimização é fortemente incentivada para minimizar os riscos associados à exposição não autorizada de informações. Essas técnicas desempenham um papel crucial na segurança da informação, proporcionando camadas adicionais de proteção que dificultam o acesso e o uso indevido de dados pessoais. A seguir, detalhamos a importância, os tipos e as melhores práticas de implementação de criptografia e anonimização.

7 Criptografia de Dados

7.1 Importância da Criptografia

A criptografia é um processo que transforma dados legíveis (plaintext) em dados ilegíveis (ciphertext) usando algoritmos matemáticos, tornando-os acessíveis apenas a quem possui a chave de descriptografia. Esta técnica é essencial para proteger dados em

trânsito (dados sendo transferidos através de redes) e em repouso (dados armazenados em dispositivos de armazenamento).

7.2 Tipos de Criptografia

- **Criptografia Simétrica:** Utiliza a mesma chave para criptografar e descriptografar dados. É eficiente e rápida, sendo adequada para a criptografia de grandes volumes de dados, mas requer um gerenciamento seguro das chaves.
- **Criptografia Assimétrica:** Utiliza um par de chaves – uma pública para criptografia e uma privada para descriptografia. É mais segura para a transmissão de dados, pois a chave privada nunca é compartilhada.
- **Criptografia de Chave Pública (PKI):** Envolve o uso de uma infraestrutura de chave pública para gerenciar chaves e certificados digitais, garantindo a autenticidade e a integridade dos dados.

7.3 Implementação de Criptografia

- **Dados em Trânsito:** Utilizar protocolos seguros como HTTPS, TLS (Transport Layer Security) e VPNs (Virtual Private Networks) para proteger dados transmitidos através de redes.
- **Dados em Repouso:** Implementar criptografia de disco completo (Full Disk Encryption - FDE) e criptografia de arquivos para proteger dados armazenados em servidores, dispositivos móveis e outros meios de armazenamento.
- **Gerenciamento de Chaves:** Utilizar sistemas de gerenciamento de chaves (Key Management Systems - KMS) para armazenar, rotacionar e proteger chaves de criptografia. Garantir que as chaves sejam acessíveis apenas a pessoas autorizadas.

8 Anonimização de Dados

8.1 Importância da Anonimização

A anonimização transforma dados pessoais de maneira que os indivíduos não possam ser identificados, direta ou indiretamente. É uma técnica valiosa para garantir a privacidade,

especialmente em casos onde os dados precisam ser utilizados para análises, pesquisas ou compartilhamento com terceiros sem comprometer a identidade dos indivíduos.

8.2 Técnicas de Anonimização

- **Pseudonimização:** Substitui identificadores diretos (como nomes ou números de identificação) por pseudônimos, que podem ser revertidos se necessário. Embora útil, a pseudonimização não oferece o mesmo nível de proteção que a anonimização completa.
- **Generalização:** Remove ou abstrai detalhes específicos dos dados, como substituir uma data de nascimento exata por uma faixa etária.
- **Perturbação:** Adiciona ruído ou modifica os dados de maneira a dificultar a identificação dos indivíduos, mantendo a utilidade dos dados para análise.
- **Supressão:** Remove completamente informações identificáveis dos dados, tornando impossível a reidentificação dos indivíduos.

8.3 Implementação de Anonimização:

- **Avaliação de Necessidade:** Avaliar a necessidade de anonimização com base no uso pretendido dos dados. Identificar quais dados precisam ser anonimizados para proteger a privacidade dos indivíduos.
- **Escolha de Técnicas Apropriadas:** Selecionar as técnicas de anonimização mais adequadas para o tipo de dados e o contexto de uso, garantindo um equilíbrio entre proteção da privacidade e utilidade dos dados.
- **Monitoramento e Revisão:** Monitorar a eficácia das técnicas de anonimização e revisar periodicamente as práticas de anonimização para assegurar que os dados permaneçam protegidos contra reidentificação.

8.3.1 Benefícios e Desafios

3.3.1.1 Benefícios:

- **Proteção Avançada:** Criptografia e anonimização proporcionam uma camada adicional de segurança, reduzindo significativamente o risco de acesso não autorizado e uso indevido de dados pessoais.

- **Conformidade com a LGPD:** Implementar essas técnicas ajuda as organizações a cumprir os requisitos da LGPD, demonstrando um compromisso com a proteção dos dados pessoais.
- **Confiança do Cliente:** A adoção de medidas robustas de segurança aumenta a confiança dos pacientes e clientes na capacidade da organização de proteger suas informações pessoais.

8.3.1.2 Desafios:

- **Complexidade Técnica:** A implementação de criptografia e anonimização pode ser tecnicamente complexa e requer conhecimentos especializados.
- **Desempenho:** A criptografia pode impactar o desempenho dos sistemas, especialmente durante a criptografia e descriptografia de grandes volumes de dados.
- **Reversibilidade da Pseudonimização:** A pseudonimização, embora útil, não oferece a mesma proteção que a anonimização completa e pode ser revertida sob certas circunstâncias.
- **Treinamento e Conscientização:** Promovendo uma Cultura de Segurança e Proteção de Dados

O treinamento contínuo e a conscientização dos funcionários são cruciais para promover uma cultura de segurança e proteção de dados dentro das organizações. A LGPD enfatiza a importância de educar os colaboradores sobre as melhores práticas de segurança da informação e sobre como manusear dados pessoais de forma adequada. Ao investir em programas de treinamento e campanhas de conscientização, as organizações podem reduzir significativamente os riscos de violação de dados causados por erros humanos e fortalecer a postura de segurança em toda a empresa. Essa abordagem proativa ajuda a criar um ambiente onde todos os funcionários estão cientes de suas responsabilidades e comprometidos com a proteção da privacidade dos indivíduos.

9 Avaliação de Impacto de Privacidade: Identificando e Mitigando Riscos Associados ao Tratamento de Dados Pessoais

As Avaliações de Impacto de Privacidade (Privacy Impact Assessments - PIAs) são ferramentas essenciais que ajudam as organizações a identificar e mitigar riscos associados ao tratamento de dados pessoais. Através das PIAs, é possível avaliar como os dados são coletados, processados e armazenados, garantindo que as práticas adotadas estejam em conformidade com a LGPD. Além disso, elas permitem a identificação precoce de possíveis vulnerabilidades, facilitando a implementação de medidas corretivas antes que ocorram incidentes de segurança. A realização regular dessas avaliações promove um ambiente de tratamento de dados mais seguro e transparente, alinhado às exigências legais e às expectativas de privacidade dos indivíduos.

3 Considerações finais

A implementação da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) é um avanço crucial na proteção da privacidade e segurança dos dados pessoais no Brasil. Para as organizações, especialmente no setor de saúde, a conformidade com a LGPD não é apenas uma exigência legal, mas também uma oportunidade para fortalecer suas práticas de segurança da informação e aumentar a confiança de seus clientes e pacientes.

Adotar políticas claras de segurança da informação, técnicas de criptografia e anonimização, treinamentos contínuos e avaliações de impacto de privacidade são passos fundamentais para assegurar que os dados pessoais sejam tratados de forma segura e responsável. Essas práticas, quando integradas de maneira eficaz, não apenas protegem contra riscos de violação de dados, mas também promovem uma cultura organizacional comprometida com a privacidade e a segurança.

A LGPD impulsiona as organizações a revisarem e aprimorarem continuamente seus processos e sistemas, garantindo que estejam atualizados frente às novas ameaças e desafios tecnológicos. Este movimento não só minimiza os riscos de exposição de informações sensíveis, mas também fortalece a posição das organizações no mercado, diferenciando-as como líderes em segurança da informação.

Em suma, a conformidade com a LGPD vai além da mera obediência à legislação; é uma estratégia essencial para a construção de um ambiente de confiança e segurança. Ao implementar práticas robustas de proteção de dados, as organizações podem operar

de forma ética e segura, assegurando a integridade e a privacidade das informações pessoais em um mundo cada vez mais digitalizado.

Referências

AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO DE DADOS (ANPD). Guia de boas práticas LGPD para saúde. Brasília: ANPD, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anpd/pt-br/assuntos/noticias/guia-de-boas-praticas-lgpd-para-saude. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 21 maio 2025.

SOUZA, F.; SILVA, A. B. Segurança da informação e a Lei Geral de Proteção de Dados no setor de saúde. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 370-389, abr./jun. 2020. DOI: 10.7819/rbgn.v22i2.4066.

RBTI – Revista Brasileira em Tecnologia da Informação
Volume 07, número 01 – 2025
ISSN: 2675-1828
Editor Científico: Jaime Cazuhiro Ossada

Os perigos da rápida evolução das Inteligências Artificiais e seu impacto na sociedade: Uma análise das preocupações e perspectivas dos especialistas

Antonio Henrique Nascimento Machado de Souza
antonio.souza58@fatec.sp.gov.br
Isadora Mota de Souza
isadora.souza4@fatec.sp.gov.br
Jônatas Cerqueira Dias
jonatas.dias2@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O rápido avanço das tecnologias de Inteligência Artificial (IA) tem suscitado preocupações e perspectivas entre os especialistas, especialmente no que diz respeito aos impactos na sociedade, promovendo mudanças econômicas e sociais, que provem mudanças significativas e relevantes. O crescente investimento e evolução da IA promove a necessidade de compreensão dos possíveis impactos com sua rápida evolução, considerando o embasamento de especialistas, e quais medidas devem ser implementadas para mitigar os riscos, gerando um uso seguro e ético da IA. Como objetivo foi determinado a detecção dos principais impactos sociais previstos, realizando, uma análise aprofundada destes perigos que acompanham a rápida evolução da Inteligência Artificial, examinando de que forma essas ameaças impactam a sociedade. Os especialistas destacam uma série de preocupações, incluindo a autonomia da IA, seu impacto na democracia, questões éticas relacionadas a vieses algorítmicos e a necessidade urgente de regulamentação. As perspectivas variam, mas muitos especialistas enfatizam a importância de abordar esses desafios de forma colaborativa e global. Este estudo ressalta a complexidade dos desafios que a rápida evolução das inteligências artificiais apresenta para a sociedade. A compreensão dessas preocupações e perspectivas é crucial para orientar políticas, regulamentações e desenvolvimentos futuros, garantindo que a IA beneficie a humanidade de maneira ética e responsável, principalmente respaldada em responsabilidades regulamentarias e sociais a respeito do impacto da IA na sociedade.

Palavras-Chave: Evolução Inteligência Artificial; Impactos sociais; Inteligência Artificial; Perigos das inteligências artificias; TAI.

The dangers of the rapid evolution of Artificial Intelligence and its impact on society: An analysis of experts' concerns and perspectives

ABSTRACT

The rapid advance of Artificial Intelligence (AI) technologies has raised concerns and perspectives among experts, especially with regard to the impacts on society, promoting economic and social changes, which provide significant and relevant changes. The growing investment and evolution of AI promotes the need to understand the possible impacts of its rapid evolution, considering the basis of experts, and what measures should be implemented to mitigate the risks, generating a safe and ethical use of AI. The objective was to detect the main predicted social impacts by carrying out an in-depth analysis of these dangers that accompany the rapid evolution of Artificial Intelligence, examining how these threats impact society. Experts highlight a number of concerns, including the autonomy of AI, its impact on democracy, ethical issues related to algorithmic biases and the urgent need for regulation. Perspectives vary, but many experts emphasize the importance of addressing these challenges collaboratively and globally. This study highlights the complexity of the challenges that the rapid evolution of artificial intelligences presents to society. Understanding these concerns and perspectives is crucial to guiding future policies, regulations and developments, ensuring that AI benefits humanity in an ethical and responsible manner, especially backed by regulatory and social responsibilities regarding AI's impact on society.

Key Words: Artificial Intelligence; Dangers of artificial intelligence; Social impacts. Evolution of Artificial Intelligence; TAI.

1 Introdução

Nos últimos anos, o campo da Inteligência Artificial (IA) testemunhou avanços notáveis que estão transformando profundamente a forma como interagimos com a tecnologia e, por extensão, com o mundo ao nosso redor. Sua capacidade de aprendizado de máquina, algoritmos complexos e automação de tarefas desempenham um papel cada vez mais central na sociedade contemporânea (FACELI et al., 2021). No entanto, à medida que as inteligências artificiais se desenvolvem a uma velocidade exponencial, crescem também as preocupações sobre os perigos inerentes a essa rápida evolução e o impacto que ela tem sobre a sociedade. Desta forma, uma série de preocupações e desafios surge, abrindo espaço para um exame crítico das implicações éticas, sociais e políticas dessa evolução (CARVALHO, 2021; MENDONÇA JUNIOR; NUNES, 2023).

Este artigo se dedica a explorar e analisar essas preocupações e perspectivas críticas dos especialistas em IA, fornecendo uma visão abrangente das implicações profundas que a IA traz consigo. A presente pesquisa tem como objetivo realizar uma análise aprofundada dos perigos que acompanham a rápida evolução da IA e examinar de que forma essas ameaças impactam a sociedade. Destaca-se ainda a relevância deste estudo no atual contexto, uma vez que a IA se desenvolve a passos largos e permeia diversos aspectos de nossas vidas. Tais avanços não só apresentam promessas, mas também possuem dilemas éticos, sociais e políticos que exigem análise crítica (Carvalho, 2021; De Bona; Arruda Schons; Lopes-Flois, 2023; Karasinski; Candiotto, 2022).

Pode-se apontar, portanto, que a escolha deste tema é motivada pela crescente relevância e urgência de compreendermos as implicações das tecnologias de IA em nosso cotidiano. À medida que a IA avança a passos largos, ela traz não apenas benefícios e oportunidades, mas também suscita preocupações profundas e desafios éticos, sociais e políticos (Burrell; Fourcade, 2021). É fundamental que compreendamos as perspectivas e preocupações dos especialistas neste campo para que possamos tomar decisões informadas e promover um uso responsável e seguro das inteligências artificiais.

A rápida evolução da IA traz à tona uma série de preocupações que merecem atenção cuidadosa. Questões éticas, incluindo vieses algorítmicos e privacidade de dados,

tornaram-se pontos centrais de debates intensos. Além disso, a manipulação de informações, a substituição de empregos e as mudanças nas dinâmicas sociais são alguns dos impactos que as inteligências artificiais podem introduzir em nossa sociedade (De Bona; Arruda Schons; Lopes-Flois, 2023; Fidalgo, 2022). Compreender esses perigos e suas implicações é imperativo para a formulação de medidas proativas e salvaguardas adequadas.

Com isto, propõe-se a seguinte pergunta de pesquisa: "Quais são os principais perigos e implicações éticas da rápida evolução da IA na sociedade contemporânea?" Esta questão direciona o foco da pesquisa para uma análise detalhada dos desafios enfrentados pela sociedade diante do avanço acelerado da IA, contribuindo para uma compreensão mais completa de suas implicações e para o desenvolvimento de estratégias para lidar com esses desafios.

2 Procedimentos metodológicos

Para o alcance do objetivo estabelecido, a presente pesquisa realiza o uso de uma abordagem híbrida para a realização de uma pesquisa aplicada, essa abordagem envolve duas principais estratégias: o “Método de Abordagem” e os “Procedimentos Técnicos” (Garcia, 2016; Gil, 2002; Marconi; Lakatos, 2003; Silva, 2015):

Método de Abordagem: O método utilizado para formar as conclusões é dedutivo, partindo de observações gerais e conhecimento prévio estabelecido pela revisão bibliográfica para análises particulares (Gil, 2002; Silva, 2015). Além disso, adota uma abordagem exploratória qualitativa.

Procedimentos Técnicos: Em termos de procedimentos técnicos, o presente estudo faz uso da pesquisa bibliográfica, aprofundando a investigação das questões relacionadas ao âmbito de estudo (Gil, 2002; Silva, 2015). Para identificar fontes primárias e secundárias, optou-se por artigos em revistas cientificas e livros e artigos de divulgação como fontes secundárias (Silva, 2015). Desta forma a plataforma bibliográfica

selecionada foi a Dimension.ai[1] e o Litmaps[2] cujas fontes de informação seguem os critérios de relevância, seguindo as diretrizes estabelecidas por (Gil, 2002).

Os termos (descritores, operadores e limitadores) definidos para a pesquisa na plataforma de busca foram definidos conforme o Quadro 1, que apresenta conjuntos de artigos de interesse aplicado a plataforma Dimension.ai relacionados a "Perigos da Inteligência Artificial".

Quadro 1 – Descritores de busca utilizados na plataforma Dimension.ai

Descritores	"*Hazards of Artificial Intelligence*" **OR** "Risks of Artificial Intelligence" **OR** "Artificial Intelligence Traps" **OR** "Threats of Artificial Intelligence"		
Campos de busca	**Intervalo de Publicação**	**Tipo de Documento**	**Língua**
Título e Resumo	2019 a 2023	Artigo	Sem Restrição

Fonte: Autoria própria (2023).

Estes descritores, apresentados no Quadro 1, foram utilizados após testes com outros termos, na finalidade de obter os melhores resultados para a presente pesquisa. Adicionalmente, a fim de mapear e visualizar de forma sistemática as tendências e os tópicos emergentes na literatura acadêmica, foi empregada a ferramenta Litmaps. A utilização coordenada destas ferramentas, Dimensions.ai e Litmaps, desempenhou um papel instrumental na condução deste estudo. Essas ferramentas facilitaram a identificação de fontes relevantes, organização dos dados e visualização das tendências, contribuindo, assim, para o desenvolvimento de uma pesquisa fundamentada e abrangente.

Desta forma, a definição das normas de segregação do material pesquisado segue os seguintes critérios: "Alta relevância referente ao tema", "Documento aborda os assuntos descritos" e "Relevância em conexões entre artigos". A segregação dos dados coletados será realizada por meio de técnicas de leitura exploratória e seletiva, como etapa

[1] **Dimensions.ai** é uma plataforma de pesquisa acadêmica que oferece um amplo acesso a uma variedade de recursos acadêmicos e científicos, fornecendo acesso a uma vasta coleção de literatura acadêmica.

[2] **Litmaps** é uma plataforma de mapeamento de conhecimento que possibilitou uma análise gráfica da paisagem da pesquisa em IA permitindo a identificação de conexões conceituais e a revelação dos principais temas de interesse dentro da comunidade acadêmica.

inicial de análise. Essa segregação inicial visa identificar categorias ou temas primários relacionados ao tema.

Em um estágio subsequente, aplicou-se as técnicas de leitura, i) analítica e ii) interpretativa, para aprofundar nossa compreensão dos dados. A leitura analítica terá como objetivo estruturar e resumir as informações contidas nas fontes, permitindo-nos extrair respostas relevantes para nossas questões de pesquisa. A leitura interpretativa, embora muitas vezes ocorra em conjunto com a leitura analítica, buscará estabelecer conexões entre o conteúdo das fontes pesquisadas, contando aqui com maior suporte do Litmaps e seus grafos para estabelecer conexões significativas entre o conteúdo de nossas fontes de pesquisa e os conhecimentos prévios existentes sobre o tema (Gil, 2002; Marconi; Lakatos, 2003).

3 Resultados e discussões

Foram escolhidos sessenta e nove artigos da plataforma Dimensions.ai com base nos critérios previamente delineados. Posteriormente, esses materiais foram submetidos a uma análise que considerou a relevância para o tema de pesquisa e a acessibilidade. Inicialmente, realizou-se uma avaliação preliminar, incluindo a verificação do título, resumo e palavras-chave dos artigos de acesso público, conforme a técnica de leitura exploratória (Gil, 2017).

Após essa fase inicial de triagem dos artigos, restaram nove artigos que atenderam aos critérios estabelecidos, no entanto, vale ressaltar que o fator inerente ao acesso aos materiais se demostrou uma barreira durante a fase de triagem, não podendo fazer uso de outros materiais que poderiam ser de grande proveito. Esses artigos passaram por uma análise mais aprofundada, seguindo as etapas de leitura analítica e interpretativa (Gil, 2002; Marconi; Lakatos, 2003), atingindo nove artigos totais, evidenciados no **Quadro 2**:

Quadro 2 – Coletânea de artigos resultantes da filtragem bibliográfica na plataforma Dimensions.ai

ID	Título	Autores	DOI
19	The Risk of Artificial Intelligence in Cyber Security and the Role of Humans	(Oche, 2019)	10.21522/tijar.2014.se.19.01.art001
22	45 Ways to Look at Benefits And Risks of Artificial Intelligence: What to Expect?	(Skurdauskaitė, 2020)	10.15388/polit.2020.97.5

24	Social and Legal Risks of Artificial Intelligence: An Analytical Study	(Al-Tkhayneh; Al-Tarawneh; Abulibdeh; Alomery, 2023)	10.36941/ajis-2023-0079
26	Review of the Validity and Rationality of Artificial Intelligence Regulation: Application of the EU's AI Regulation Bill to Accidents Caused by Artificial Intelligence	(Lim; Park; Kim, 2022)	10.32473/flairs.v35i.130713
27	The role of experts in the public perception of risk of artificial intelligence	(Neri ; Cozman, 2020)	10.1007/s00146-019-00924-9
33	“Don’t let me be misunderstood”	(Strauss, 2021)	10.14512/tatup.30.3.44
39	The Threats of Artificial Intelligence Scale (TAI)	(Kieslich; Marcinkowski , 2021)	10.1007/s12369-020-00734-w
49	What are the Ethical Considerations Involved in the Creation of a Superintelligent AI?	(Bonneau-Diesce; Chan, 2022)	10.47611/jsrhs.v11i2.2511
59	Artificial intelligence and human rights: a scientific review of impacts and interactions	(Martsenko, 2022)	10.31648/sp.8245
Legenda: ID = Identificador, correspondente a ordem de listagem na plataforma Dimensions.ai.			

Fonte: Autoria própria (2023).

Esses artigos estão relacionados ao que tem sido denominado como Ameaças da Inteligência Artificial (TAI[3]), seja na análise das regulamentações necessárias para mitigar o avanço da inteligência artificial, na investigação de vieses algorítmicos presentes no treinamento de sistemas de inteligência artificial, ou nos impactos diretos dessas questões na sociedade, sendo submetidos a uma série de questionamentos, conforme a Lista 1.

O artigo discute as perspectivas sobre o tema?

Quais são os riscos inerentes à inteligência artificial abordados no artigo e como esses riscos impactam diferentes aspectos da sociedade contemporânea, como economia, privacidade e emprego?

[3] Threats of Artificial Intelligence

De que maneira o artigo sugere intervenções, incluindo possíveis regulamentações, para lidar com os desafios éticos, sociais e políticos identificados decorrentes da rápida evolução da inteligência artificial?

Conforme os questionamentos abordados que estão vinculados aos objetivos da presente pesquisa é imprescindível a análise dos artigos referente aos questionamentos levantados, assim como observado **no Quadro 3**:

Quadro 3 – Argumentações para as questões da Lista 1

ID	Questões	Avaliação
19	a)	O presente artigo tem como objetivo analisar as falhas encontradas em sistemas que utilizam inteligência artificial (IA). A crescente complexidade desses sistemas, impulsionada pelo constante investimento em tecnologias de aprimoramento de algoritmos de IA, aumenta tanto a gravidade quanto a frequência das falhas. Nesse contexto, deve-se compreender os riscos associados à IA, especialmente no campo da cibersegurança, onde a imprevisibilidade dos sistemas autônomos representa uma preocupação significativa.
	b)	O artigo destaca a crescente preocupação com os riscos apresentados pela inteligência artificial, especialmente no âmbito da cibersegurança. A imprevisibilidade dos sistemas totalmente autônomos é apontada como um dos maiores desafios, sugerindo que, conforme a IA se torna mais complexa e difundida, a segurança dos sistemas pode ser comprometida. Isso ressalta a importância de se compreender e mitigar os riscos associados à IA para garantir sua utilização segura e eficaz.
	c)	O artigo também levanta questões sobre o entendimento político, regulatório e legislativo em relação à IA, destacando possíveis lacunas legais que podem surgir. A falta de uma compreensão abrangente e consistente desses aspectos pode dificultar a implementação de regulamentações eficazes para lidar com os riscos da IA. Portanto, é importante promover um debate informado e desenvolver políticas que garantam uma abordagem responsável e ética no desenvolvimento e uso da inteligência artificial.
22	a)	O artigo utiliza uma abordagem abrangente, fundamentada em figuras públicas e um arcabouço teórico, para analisar os diversos impactos da inteligência artificial (IA) nos panoramas sociais contemporâneos. Ao examinar o tema, o artigo busca não apenas compreender os benefícios, mas também os riscos inerentes à IA, além de explorar como esses fatores moldam a sociedade moderna.
	b)	O artigo identifica a autonomia como um dos principais riscos da inteligência artificial, destacando que a falta de controle sobre sistemas autônomos pode gerar consequências imprevisíveis. Além disso, aborda de maneira mais ampla como a rápida evolução da IA pode afetar não apenas o mercado de trabalho, mas também questões como privacidade, economia e segurança cibernética. Esses impactos podem resultar em mudanças significativas na dinâmica social e econômica, exigindo uma abordagem cuidadosa e proativa para lidar com esses desafios.
	c)	O artigo sugere que, além da regulamentação jurídica da IA, outras intervenções também são necessárias para lidar com os desafios éticos, sociais e políticos identificados. Isso inclui o desenvolvimento de políticas públicas que promovam a transparência e a responsabilidade na implementação da IA, bem como a promoção de discussões éticas e educacionais sobre seu uso. Além disso, destaca-se a importância de envolver múltiplos "stakeholders", incluindo especialistas, empresas, governos e a sociedade civil, na formulação de soluções abrangentes e sustentáveis para os desafios apresentados pela rápida evolução da inteligência artificial.

24	A	Sim. O artigo alerta da postura dos especialistas de darem foco ao aumento da conscientização a respeito da IA e seu potencial de impacto ético e legal, apesar de seus benefícios.
	B	Sim. O artigo aborda os riscos inerentes a IA, principalmente ao se tratar de seus efeitos negativos se não for respaldada por bases éticas, pois pode gerar decisões discriminatórias e desafios éticos, com isso, apostando também para conteúdo como manipulações através de imagens e vídeos, colando em fragilidade a privacidade de indivíduos.
	C	Sim. Para os autores a regulamentação é necessária para garantir que a inteligência artificial não leve a decisões discriminatórias em instituições e para proteger a privacidade dos usuários.
26	A	Sim. O artigo discute principalmente as perspectivas sobre a regulamentação da inteligência artificial, analisando a validade e racionalidade das medidas regulatórias propostas pela União Europeia em 2021.
	B	Sim. O artigo aborda os riscos inerentes à inteligência artificial, incluindo o uso indevido e distorcido, viés de dados, discriminação por algoritmos e violação da privacidade.
	C	O artigo propõe formas de intervenção através de regulamentações, analisando a eficácia das medidas regulatórias propostas pela EU.
27	A	Sim. O artigo utilizou como fonte um posicionamento público de especialista que são os verdadeiros termômetros perceptivos de risco da IA pela população.
	B	O artigo aborda os riscos inerentes à inteligência artificial, incluindo riscos existenciais e outros tipos de riscos, como riscos de privacidade, segurança e discriminação.
	C	O artigo não propõe formas específicas de intervenção através de regulamentações, mas discute a importância de uma comunicação clara e transparente dos especialistas para o público em geral, a fim de ajudar a moldar uma percepção mais precisa e informada do risco da inteligência artificial.
33	A	Sim, o artigo discute perspectivas sobre o tema da inteligência artificial e sua relação com riscos sociais e éticos.
	B	Sim, o artigo aborda os riscos inerentes à inteligência artificial, que pode levar a discriminação, falta de transparência, perda de privacidade e segurança, entre outros riscos, como retratado.
	C	O artigo não propõe formas de intervenção através de regulamentações, mas sim uma abordagem problemática e prática para melhor compreender e detectar, com o objetivo de melhorar a literacia[4] crítica em relação à tecnologia e promover seu uso construtivo.
39	A	O artigo introduz uma escala para medir as percepções de ameaças da inteligência artificial. A escala pode ser utilizada para avaliar as preocupações dos cidadãos relativamente à utilização de sistemas de IA.
	B	Sim, o artigo aborda os riscos inerentes à inteligência artificial dando ênfase aos aspectos relacionados aos dimensionamentos de suas percepções.
	C	O artigo não propõe formas de intervenção através de regulamentações.
49	A	Sim. O artigo se propões a avaliar riscos potenciais e considerações éticas envolvidas no desenvolvimento da inteligência artificial e propor formas de evitar.
	B	Sim. O artigo propõe uma visão do que seria o ideal a respeito da IA apontando análises inerentes aos riscos da evolução da IA de maneira descuidada, mas apontando que a evolução possui benefícios.
	C	Aborda âmbitos permissivos relacionados a liberação de IA's pois algumas geram benefícios, mas também aponta o lado governamental e sua jurisprudência adequada.
59	A	Sim, o artigo discute as perspectivas sobre o tema da inteligência artificial e seus impactos nas interações humanas e nos direitos humanos. Examinando a

[4] Capacidade de saber e produzir conteúdo apropriados

		possibilidade de conceder personalidade jurídica à IA e analisa a responsabilidade legal por danos causados por seu uso.
	B	Sim, o artigo aborda os riscos inerentes à inteligência artificial, destacando a importância de considerar as ameaças e problemas do uso da IA sem controle humano adequado.
	C	Sim, o artigo propõe formas de intervenção através de regulamentações, argumentando que é necessário melhorar a legislação internacional e nacional para o uso seguro da IA em benefício da humanidade e não contra os direitos humanos. Ele defende a necessidade de fixar legalmente as obrigações dos produtores de IA para criá-la de forma a garantir justiça na sociedade, apoiar atividades e direitos humanos básicos e não reduzir, limitar ou enganar a autonomia humana.
Legenda: ID = Identificador, correspondente a ordem de listagem na plataforma Dimensions.ai.		

Fonte: Autoria própria (2023).

Com base nas análises propostas nessa seção pode-se dar ênfase a alguns aspectos que tangem o objetivo proposto da presente pesquisa, construindo assim uma visão mais nítida do que foi alcançado.

3.1 Inteligência Artificial no cotidiano e seu protagonismo

A investigação sobre a forte presença da IA no cotidiano é essencial para compreender as dinâmicas sociais contemporâneas. A IA permeia variados aspectos da vida diária, com assistentes virtuais como Siri, Alexa e Google Assistente, que simplificam e aprimoram tarefas cotidianas (Oche, 2019). Essas entidades digitais exemplificam a influência da IA na vida moderna, realizando desde simples lembretes até comandos mais complexos.

A crescente presença dessas tecnologias destaca a necessidade de entender não apenas suas funcionalidades práticas, mas também as percepções públicas sobre elas. A percepção pública da IA é relevante à medida que essas tecnologias se infiltram em diversos domínios sociais. Essa percepção varia entre confiança irrestrita e apreensão cautelosa, sugerindo a necessidade de uma abordagem equilibrada para evitar subestimações ou superestimações dos impactos da IA. O entendimento crítico dessas percepções é crucial para orientar políticas, regulamentações e práticas éticas relacionadas ao protagonismo crescente da IA no cotidiano (Kieslich; Lünich; Marcinkowski, 2021).

3.2 Preocupações e perspectivas

As reflexões sobre a ameaça que a IA representa para a sociedade incidem não tanto na própria IA, mas em sua autonomia, revelando-se como uma preocupação de magnitude significativa (Oche, 2019; Skurdauskaitė, 2020). O espectro dessas apreensões amplia-se ao contemplar cenários específicos, como o desenvolvimento de armas autônomas e as estratégias de manipulação de marketing, evidenciando as dimensões éticas e sociais intrínsecas à disseminação dessa tecnologia (Skurdauskaitė, 2020).

Um ponto de atenção em crescente evidência diz respeito à necessidade de aumentar a conscientização sobre a IA e seu potencial impacto na sociedade (Al-Tkhayneh Et Al., 2023). Apesar dos benefícios inegáveis, observa-se que a autonomia da IA pode gerar implicações prejudiciais do ponto de vista ético e legal. Neste contexto, especialistas assumem um papel central na disseminação de informações sobre os riscos associados à inteligência artificial. Nota-se que a postura desses especialistas varia consideravelmente, desde uma abordagem pessimista, enfatizando os potenciais riscos, até uma perspectiva pragmática que busca esclarecer as ameaças reais, minimizando especulações. A comunicação efetiva desses especialistas ao público em geral emerge como uma peça-chave na formação de uma percepção mais precisa e informada sobre os riscos da IA (Neri; Cozman, 2020).

A crescente notoriedade do medo público em relação a robôs autônomos e inteligência artificial é evidenciada por pesquisas de opinião, fenômeno que ganha destaque não apenas na esfera popular, mas também no cenário acadêmico (Kieslich; Lünich; Marcinkowski, 2021). Este reconhecimento das preocupações públicas e acadêmicas ressalta a complexidade subjacente às interações entre a sociedade e a IA exigindo abordagens equilibradas e políticas que enderecem de maneira eficaz esses receios generalizados.

3.3 Responsabilidade, justiça e transparência

A construção de análises sobre a justiça e transparência no contexto da IA assume um papel crucial em meio às transformações que esta tecnologia impõe, com ênfase particular na necessidade de mitigar seus impactos, sobretudo no mercado de trabalho. Não é surpreendente reconhecer os significativos efeitos econômicos desencadeados por movimentos tecnológicos, porém, diante da atual ascensão da IA, torna-se imperativo

desenvolver estratégias capazes de reverter ou, pelo menos, minimizar os danos gerados (Skurdauskaitė, 2020). Este imperativo fundamenta-se na perspectiva de assegurar equidade e transparência nos processos de implementação e utilização da IA, com especial atenção aos desdobramentos socioeconômicos. Essa abordagem proativa reflete um compromisso com a busca de soluções que não apenas incorporem a inovação tecnológica, mas que também atendam aos princípios fundamentais de justiça e responsabilidade social.

3.4 Ética, viés algorítmico

A construção de análises sobre a ética e viés algorítmico inerentes à IA revela preocupações cruciais na interseção entre tecnologia e valores humanos. A constatação de algoritmos que discriminam com base em raça, gênero e orientação sexual destaca a natureza intrinsecamente discriminatória da IA, uma vez que ela aprende com as contribuições humanas (SKURDAUSKAITĖ, 2020). Esse fenômeno é exacerbado por conjuntos de dados tendenciosos, que servem de base para sistemas de inteligência artificial, resultando em decisões intrinsecamente discriminatórias (AL-TKHAYNEH et al., 2023; STRAUSS, 2021).

A necessidade de construir a inteligência artificial sobre uma base ética sólida é evidenciada pelo impacto direto desses algoritmos nas vidas das pessoas. Tal abordagem não apenas protege os direitos humanos e a dignidade individual, mas também os aprimora. A adoção dessa perspectiva ética na IA não é apenas uma salvaguarda contra práticas discriminatórias, mas também serve como uma bússola moral, estabelecendo uma base normativa global sólida que respeita o Estado de direito no cenário digital (AL-TKHAYNEH et al., 2023). Essa é uma medida essencial para garantir que a IA contribua positivamente para a sociedade, sem comprometer valores fundamentais.

3.5 Regulamentações

A análise das regulamentações relacionadas à IA destaca a necessidade premente de estabelecer diretrizes que orientem o avanço dessas tecnologias. A ausência de regulamentação pode resultar em disparidades políticas, comprometendo o desenvolvimento equitativo dessas inovações (OCHE, 2019). Uma preocupação adicional surge em relação aos países menos desenvolvidos, que muitas vezes carecem

da capacidade necessária para assegurar a proteção de dados pessoais e de suas comunidades contra ameaças como ataques cibernéticos e desinformação, podendo a IA ampliar ainda mais essa lacuna entre as nações (AL-TKHAYNEH et al., 2023).

Abordar as regulamentações para agentes de IA requer uma reflexão cuidadosa sobre os métodos a serem adotados. Em um extremo do espectro, a proibição total da operação e desenvolvimento de máquinas autônomas é proposta como uma medida radical para mitigar riscos e incertezas. Contudo, essa abordagem pode inviabilizar o progresso de IA benéfica que poderia ter impactos significativos e positivos em nossas vidas. Alternativamente, permitir o desenvolvimento e implantação de máquinas autônomas implica aceitar os riscos e custos sociais associados, ressaltando a importância de estabelecer um quadro regulatório eficaz para guiar esses agentes (BONNEAU-DIESCE; CHAN, 2022). Encontrar o equilíbrio adequado entre restrição e permissão é crucial para otimizar o papel da IA na sociedade.

4 Considerações finais

A presença da Inteligência Artificial (IA) no cotidiano destaca sua influência multifacetada em várias esferas da vida moderna. Assistentes virtuais exemplificam a integração da IA em tarefas diárias. Contudo, a crescente presença dessas tecnologias exige tanto a compreensão de suas funcionalidades práticas quanto das percepções públicas sobre elas.

Os artigos pesquisados abordam principalmente os perigos gerados pelo impacto da IA na sociedade, destacando os impactos éticos e legais, vieses algorítmicos e a regulamentação da IA. A autonomia da IA emerge como um ponto crítico, com preocupações sobre sua imprevisibilidade, como no desenvolvimento de armas autônomas e impactos no mercado de trabalho, onde muitos empregos tendem a ser substituídos. A busca por soluções que incorporem inovação tecnológica respeitando princípios de justiça e responsabilidade social é vital.

A urgência de regulamentações para orientar o avanço da IA é evidente, como proposto pela União Europeia. Encontrar o equilíbrio entre restrição e permissão é crucial para otimizar os benefícios da IA sem comprometer valores fundamentais.

Os resultados deste estudo revelaram uma vasta produção de pesquisas explorando os impactos da IA na sociedade, especialmente em termos éticos e regulamentares. Destaca-se também a carência de divulgação dos reais riscos para a população, uma responsabilidade dos especialistas da área. A rápida evolução da IA, impulsionada por empresas como OpenAI, Google e Microsoft, contrasta com a população que não está preparada para essas mudanças.

Essas lacunas éticas, morais e tecnológicas impactam diretamente a população, gerando esforços econômicos significativos e possíveis consequências sociais, como a perda de empregos devido à automação e os desafios éticos na implementação de IA.

Referências bibliográficas

AL-TKHAYNEH, K. M. et al. Social and Legal Risks of Artificial Intelligence: An Analytical Study. **Academic Journal of Interdisciplinary Studies**, v. 12, n. 3, p. 308–318, 1 maio 2023.

BONNEAU-DIESCE, J.; CHAN, A. What are the Ethical Considerations Involved in the Creation of a Superintelligent AI?. **JSR**, maio 2022. Disponível em: <www.JSR.org>. Acesso em: 21 maio 2025.

BURRELL, J.; FOURCADE, M. The Society of Algorithms. **Annual Review of Sociology**, v. 47, n. 1, p. 213–237, 31 jul. 2021.

CARVALHO, A. C. P. de L. F. de. Inteligência Artificial: riscos, benefícios e uso responsável. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 21–36, abr. 2021.

DE BONA, C.; ARRUDA SCHONS, E.; LOPES-FLOIS, L. Inteligências artificiais: existe ética na implementação de algoritmos? **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v. 25, n. 45, p. 225–246, 18 ago. 2023.

FACELI, K. et al. **Inteligência Artificial**: uma abordagem de aprendizado de máquina. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

FIDALGO, L. B. B. Discriminações algorítmicas: racismo e sexismo nas relações laborais. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 10, p. 67341–67354, 14 out. 2022.

GARCIA, E. **Pesquisa bibliográfica versus revisão bibliográfica**: uma discussão necessária. 2016.

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

KARASINSKI, M.; CANDIOTTO, K. B. B. Inteligência Artificial e os Riscos Existenciais Reais: Uma Análise das Limitações Humanas de Controle. **Filosofia Unisinos**, p. 1–12, 16 nov. 2022.

KIESLICH, K.; LÜNICH, M.; MARCINKOWSKI, F. The Threats of Artificial

Intelligence Scale (TAI): Development, Measurement and Test Over Three Application Domains. **International Journal of Social Robotics**, v. 13, n. 7, p. 1563–1577, 1 nov. 2021.

LIM, E.; PARK, H.; KIM, B. Review of the Validity and Rationality of Artificial Intelligence Regulation: Application of the EU's AI Regulation Bill to Accidents Caused by Artificial Intelligence. **SSRN Electronic Journal**, 2022.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTSENKO, N. Artificial Intelligence and Human Rights: a Scientific Review of Impacts and Interactions. **Studia Prawnoustrojowe**, n. 58, 19 dez. 2022.

MENDONÇA JUNIOR, C. do N.; NUNES, D. J. C. Desafios e oportunidades para a regulação da inteligência artificial: a necessidade de compreensão e mitigação dos riscos da IA. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 07, p. 7753–7785, 10 jul. 2023.

NERI, H.; COZMAN, F. The role of experts in the public perception of risk of artificial intelligence. **AI and Society**, v. 35, n. 3, p. 663–673, 1 set. 2020.

OCHE, J. O. The Risk of Artificial Intelligence in Cyber Security and the Role of Humans. **Texila International Journal of Academic Research**, p. 1–7, 29 abr. 2019.

SILVA, A. M. da. **Metodologia da Pesquisa**. 2. ed. Fortaleza: EdUECE, 2015.

SKURDAUSKAITĖ, I. 45 požiūriai į dirbtinio intelekto grėsmes ir galimybes - ko tikėtis? **Politologija**, v. 97, n. 1, p. 123–129, 2020.

STRAUSS, S. "Don't let me be misunderstood" Critical AI literacy for the constructive use of AI technology. **Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis / Journal for Technology Assessment in Theory and Practice**, v. 30, n. 3, p. 44–49, 20 dez. 2021.

RBTI – Revista Brasileira em Tecnologia da Informação
Volume 07, Número 02 – 2025
ISSN: 2675-1828
Editor Científico: Jaime Cazuhiro Ossada

Gestão de pessoas: uma perspectiva sobre a aplicação da realidade virtual e aumentada nas organizações

Alair Helena Ferreira Hayashi
alair.ferreira@fatec.sp.gov.br
Gabriele Lima Cruz
gabriele.cruz2@fatec.sp.gov.br
Jamila Camargo Rocha
jamila.rocha@fatec.sp.gov.br
Letícia Lins Gomes Paiva
leticia.paiva@fatec.sp.gov.br
Víctor De Almeida Souza
victor.souza89@fatec.sp.gov.br

RESUMO

Como vantagem competitiva, as novas tecnologias têm cada vez mais impacto na maioria dos negócios e estão sendo progressivamente mais aplicadas em diversas áreas, incluindo a Gestão de Recursos Humanos (GRH). A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) são tecnologias inovadoras, com potencial comprovado em diversos campos, como o de entretenimento, saúde, educação e indústria. Surgem como ferramentas emergentes de inúmeras aplicabilidades a diferentes setores de atividade pela capacidade de simulação de ambientes reais, imersão e interatividade, sendo ferramentas promissoras de apoio aos processos de GRH. O objetivo deste artigo é analisar como as empresas utilizam as tecnologias de RV e RA para aperfeiçoar seus processos organizacionais, principalmente na área de gestão de pessoas, a partir do entendimento das características das organizações envolvidas. Metodologicamente, este estudo foi realizado a partir de pesquisas bibliográficas e documentais. Quanto aos métodos de investigação, foram utilizados o estudo qualitativo, exploratório e o método de estudo de caso múltiplo, mediante entrevistas com dirigentes de empresas nesse segmento. O trabalho traz compreensão sobre a evolução da tecnologia aplicada no ambiente organizacional, seu impacto na estratégia organizacional e como se conecta com o processo de desenvolvimento de competências. A principal contribuição do estudo foi evidenciar que as ferramentas de RV e RA vêm sendo utilizadas no âmbito organizacional, mostrando-se como um recurso vantajoso, capaz de acompanhar as inovações tecnológicas e a competitividade organizacional, além de explorar a necessidade de se pensar em formas de aplicar tais inovações nos processos de Gestão de Pessoas.

Palavras Chave: Realidade Virtual. Realidade Aumentada. Gestão de Pessoas.

Artigo Submetido: 10/09/2024

Artigo Aceito Publicação: 01/02/2025

People management: perspective on the challenges and benefits of the application of virtual and augmented reality in organizations.

ABSTRACT

As a competitive advantage, new technologies are increasingly impacting most businesses and are being progressively applied in several areas, including Human Resource Management (HRM). Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) are innovative technologies with guaranteed potential in various fields, such as entertainment, health, education and industry. They emerge as emerging tools with numerous applicability to different sectors of activity due to their ability to simulate real environments, involving and interactivity, being promising tools to support HRM processes. The objective of this article is to analyze how companies use VR and AR technologies to improve their organizational processes, especially in the area of people management, based on an understanding of the characteristics of the organizations involved. Methodologically, this study was carried out based on bibliographical and documentary research. As for the investigation methods, the qualitative, exploratory study and the multiple case study method were used, through interviews with managers. The work brings understanding about the evolution of applied technology in the organizational environment, its impact on the organizational strategy and how it connects with the competence development process. The main contribution of the study was to show that VR and AR tools have been used in the organizational scope, showing themselves as a rejected resource, capable of keeping up with technological innovations and organizational competitiveness, in addition to exploring the need to think about ways to apply such innovations in People Management processes.

Key Words: *Virtual Reality. Augmented Reality. People Management.*

1 Introdução

A crescente globalização e os avanços tecnológicos criaram uma série de desafios para as organizações, que por sua vez precisam ser capazes de responder à imprevisibilidade do mercado. A mudança é constante e a competitividade obriga as organizações a encontrarem formas de se adaptar, diferenciar e obter vantagem competitiva (OLIVEIRA, 2021).

Essas mudanças organizacionais tornaram a Gestão de Recursos Humanos (GRH) uma área estratégica da organização, que desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento organizacional. A aplicabilidade da tecnologia na GRH tem se mostrado uma importante ferramenta de apoio aos profissionais da área, com impacto substancial e positivo nos processos e práticas de Gestão de Pessoas. Schumpeter (1997) propõe que inovação se conceitua por ser um novo bem ou uma nova qualidade de um bem, um novo método de produção, abertura de um novo mercado, utilização de novas fontes de oferta de matéria-prima ou bens semimanufaturados ou nova organização da indústria. Essa forma de gerar novas oportunidades pode desenvolver maior probabilidade de atingir o sucesso das organizações atuais.

A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) são as mais recentes inovações, que se destacam pela interatividade e imersão em ambientes virtuais, para que os indivíduos possam adentrar em um ambiente virtual controlado e interagir com objetos ou pessoas, como se estivessem presentes fisicamente. A aplicabilidade e o seu potencial são evidentes em vários campos de atividade, como o setor de saúde, jogos, educação, turismo (BOGDAN-MARTIN, 2021).

Portanto, a RV e RA podem ser tecnologias com grande potencial na GRH, por facilitar maiores resultados e reduzir o tempo de algumas atividades, resultando em diferenciação e vantagem competitiva.

Assim, essa pesquisa tem como objetivo responder à pergunta: “Quais as vantagens na utilização de tecnologias de realidade virtual e aumentada na Gestão de Pessoas?”

Sendo assim, esse artigo será estruturado da seguinte forma: na primeira parte, serão discutidas as principais fases da evolução da GRH do ponto de vista histórico, apresentar o que é essa tecnologia da realidade aumentada, suas aplicações em diferentes setores, quais são os benefícios e desafios do uso atual da RV e RA, qualificando o uso dessas tecnologias como inovações e discutindo quais são suas vantagens no desenvolvimento das competências necessárias para a Indústria 4.0. Por fim, a apresentação do estudo de casos múltiplos.

Com isso, pretende-se buscar dados e informações possíveis relacionadas aos novos paradigmas tecnológicos que estão sendo discutidos tanto no meio acadêmico quanto no ambiente mercadológico.

2 Evolução da Gestão de Recursos Humanos

A GRH precisa ser focada na estratégia de negócio da organização e na aprendizagem organizacional, entretanto, do ponto de vista histórico, nem sempre foi dessa forma. A GRH atua ao nível da cultura organizacional, na qual cada um dos colaboradores representa uma contribuição para a competitividade (BUREN III, GREENWOOD, & SHEEHAN, 2011). Nesse sentido, esse segundo tópico visa mostrar as mudanças e a evolução da visão da GRH, ao longo do tempo.

A Gestão de Recursos Humanos (GRH) tem como principal objetivo atrair, reter e desenvolver pessoas, e com isso criar oportunidades para as pessoas se desenvolverem dentro da empresa, além de, promover a motivação profissional para que assim possa garantir a qualidade de vida no trabalho. Como uma peça fundamental das organizações, a GRH passou por várias evoluções ao longo da história. Teve como início o século XX, quando o termo Gestão de Recursos Humanos era ainda usualmente conhecido como Gestão de Pessoal (HASLINDA, 2009; TUBEY et al., 2015).

Na época, a função tinha um caráter administrativo e havia necessidade de controle da força de trabalho e os Recursos Humanos (RH) tinha como um fator básico a competitividade. Posteriormente, com o aumento e melhoria da produção e da indústria e o aumento da criação de emprego, surgiram as primeiras preocupações coletivas com as condições de trabalho. (TUBEY et al., 2015).

Segundo Tavares (2011), no começo do século XX, a forma de gerenciar os colaboradores consistia em um sistema de trabalho desumano, em que o bem-estar das pessoas não era considerado uma preocupação. Aos trabalhadores era exigido um trabalho em que a força física era fundamental e não eram necessárias qualificações para além da destreza manual. Além disso, durante a Revolução Industrial foram muitas as transformações nas organizações. Na época não tinha um sistema eficaz de gestão de pessoas, pois esta era realizada por parte dos proprietários ou familiares das empresas com pouca ou nenhuma formação em gestão, apenas tendo em consideração a intuição ou experiência do trabalho exercido.

Henry Ford tinha quase uma obsessão com a eficiência e tinha o intuito de aconselhar seus colaboradores a alcançarem um bem-estar maior no trabalho, criando assim, um departamento sociológico (TAVARES, 2011). Posteriormente, começa a se pensar mais no bem-estar humano durante as funções laborais, sem descuidar do fator produtivo e o controle dos custos. Motivado pela mudança tecnológica, os anos 80 foram uma década de grande evolução na área da GRH, da qual os trabalhadores começam a ser considerados elementos estratégicos para a organização (SOUSA, *et al*., 2006).

Na fase tecnicista, em meados da década de 50, o profissional de recursos humanos (RH) foi reconhecido como o administrador de pessoal. Nessa época surgiu uma denominação, que se mantém até os dias atuais, a utilização do termo Gestor de Recursos Humanos, tradução literal do termo *Human Resource Manager* (MARRAS, 2016).

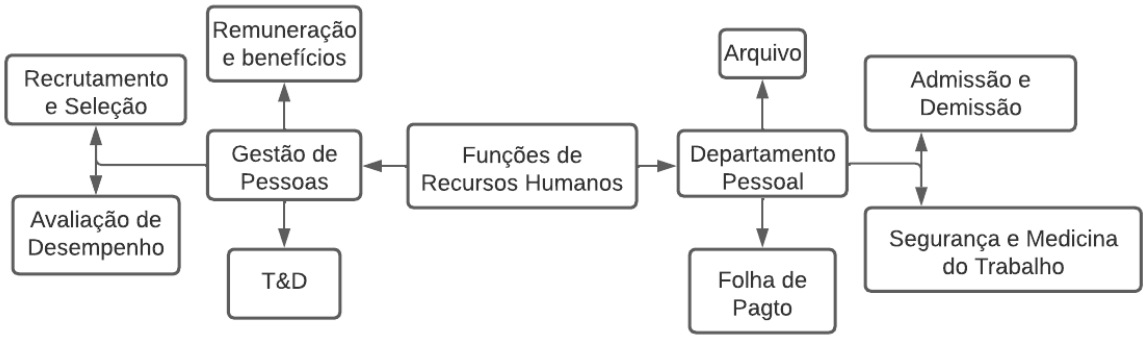
A GRH sofreu uma grande evolução a partir da década de 80, sendo esta parte motivada pela globalização e pelas grandes alterações tecnológicas (HALL, 2004).

Na década de 90, por conta da internacionalização dos negócios e das atividades econômicas, o conceito e as práticas do RH tiveram também uma evolução conceitual (CAETANO & VALA, 2002). Num tempo em que a globalização, a competição e o forte impacto da tecnologia se tornaram os maiores desafios fora da organização, a vantagem competitiva das empresas está na maneira como o conhecimento das pessoas é utilizado, de forma a colocá-lo eficazmente em prática, na procura de novos produtos e serviços inovadores. Para Cowling e Mailer (1998), a GRH tem um papel chave na facilitação da

mudança, porque a maioria das organizações tem que mudar para sobreviver e a mudança tem, necessariamente, que envolver as pessoas.

Apesar da flexibilidade da área de RH em atuar em diferentes vertentes, os processos podem ser resumidos em Departamento Pessoal (DP) e Recursos Humanos. Segundo Alves (2020), o DP é muito confundido com o RH, mesmo que um setor complementa o outro, eles têm algumas diferenças. Enquanto o setor de Recursos Humanos faz toda parte de recrutamento e seleção, avaliações e treinamentos, o Departamento Pessoal por sua vez entra em ação para a admissão deste colaborador em seu quadro de trabalho, exigindo toda a documentação necessária para esse fim.

Figura 1 - Divisão do trabalho para os Recursos Humanos.



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de ALVES (2020, p.1).

A tecnologia tem tido profundo impacto em todos os processos organizacionais, incluindo no setor de Recursos Humanos. Quando se fala de DP e tecnologia, podemos citar os *softwares* utilizados para armazenar todas as documentações dos colaboradores em um sistema interno já, quando se refere a tecnologia e Gestão de Pessoas percebe-se novas tecnologias surgindo e mudando a forma com que as organizações recrutam, selecionam e retêm os colaboradores. E entre as áreas de gestão de pessoas, podemos citar o recrutamento e seleção e treinamento que, principalmente depois da Pandemia de Covid 19, em 2020, teve que mudar a forma pela qual as organizações retêm novos candidatos. Com o auxílio das novas tecnologias o recrutamento *online* é, neste momento, "uma das mais atuais, úteis e dinâmicas aplicações das tecnologias de informação no domínio da gestão das pessoas". Cada vez mais as pessoas estão recorrendo à internet para procurar

oportunidades profissionais e assim as empresas podem até mesmo aplicar a RA e à RV para realizar os seus processos seletivos (PERETTI, 2007).

3 RA e RV Aplicadas em Diferentes Setores: Aplicação Transdisciplinar

Para melhor compreensão, é importante definir os conceitos de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) descritos na literatura.

> A Realidade Virtual (RV) é uma "interface avançada do usuário" para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição etc. também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário. (KIRNER E SISCOUTTO, 2007, p. 7).

Já o conceito de realidade aumentada, nas visões de Kirner; Siscoutto, (2007, p.3), são "[...] interfaces de voz, interfaces tangíveis, etc., possibilitando aos usuários, acessarem aplicações como se estivessem atuando no mundo real; falando, pegando, apertando, fazendo gestos, etc." A empresa espanhola Iberdrola (2022), complementa: "a Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que permite sobrepor elementos virtuais à nossa visão da realidade". De acordo com Pereira (2015, p.1): "a realidade aumentada é um campo da computação que estuda a percepção do mundo real com informações geradas por meio de um computador". Considerando os conceitos da realidade expandida que inclui realidade aumentada, realidade virtual e sua evolução ao longo do tempo, é válido explorar a aplicação dessa ferramenta tecnológica em outros setores, como o educacional, industrial e da saúde. A dessa perspectiva, é possível compreender melhor a realidade em que se está inserida essa tecnologia. A realidade expandida também é utilizada nos processos de recursos humanos auxiliando na gestão de pessoas, contribuindo para o melhor desenvolvimento dos colaboradores na organização.

Diante da evolução das ferramentas tecnológicas, a realidade virtual e aumentada vem se tornando fenômenos digitais e representa uma mudança disruptiva em diversos contextos da sociedade, englobando os impactos na forma de aprendizagem, nos processos industriais e até na saúde.

A educação é um campo onde a realidade virtual e aumentada proporciona elementos computacionais com três dimensões e que têm potencial de possibilitar um maior entendimento e absorção de conceitos, resultando no engajamento dos alunos e no aprimoramento da aprendizagem (FILHO e DIAS, 2019).

Segundo Clark (2006), a realidade virtual e aumentada pode ser utilizada para tornar o aprendizado mais interessante e agradável, tendo em vista o aprimoramento, a motivação e a atenção, possibilitando a diminuição de custos ao deixar de fazer uso do objeto e ambientes reais.

No âmbito da indústria, outra área amplamente impactada, a realidade aumentada se estabeleceu, no campo das engenharias, pois foi uma das primeiras áreas a utilizar essa tecnologia como exemplo, a que foi aplicada na linha de montagem da Boeing, que chega na década de 90, fazendo uso de um ambiente real na montagem de equipamentos eletrônicos de aeronaves para projetar um sistema de sobreposição de imagens virtuais, visando auxiliar os colaboradores na montagem dos equipamentos, cuidados periódicos relacionados a manutenção e restauração deles. (FERREIRA, 2014).

A área da saúde é outra que pode se beneficiar muito com a evolução da utilização da Realidade Aumentada, podendo ser usada em diversos campos, auxiliando na saúde física e mental dos pacientes. Segundo Ferreira (2014), na saúde física, a Realidade Aumentada pode ser usada para treinar novos médicos, que ao invés de treinar em pessoas reais, podem fazer uso da realidade aumentada para promover treinamentos; já na saúde mental, a Realidade Aumentada pode ajudar pacientes a se recuperarem de fobias de insetos, por exemplo, possibilitando que o paciente tenha contato com o inseto que não esteja de fato presente.

Diante do exposto, pode-se notar que a realidade virtual e aumentada vem sendo explorada desde a década de 90 e diversos setores podem se beneficiar dela e impactar no modo como interagiremos com o nosso entorno, gerando diversos benefícios e potencialidades ao serem aplicadas nas áreas que englobam o GRH.

4 Realidade Virtual e Aumentada

Diante do atual cenário empresarial do século XXI, cada vez mais as organizações estão adotando o uso da tecnologia para melhorar seus processos de treinamento e integração de colaboradores, visando tornar a experiência mais dinâmica e interativa, além de aumentar a produtividade do trabalho. Tais processos otimizam o tempo da empresa e do funcionário, além de obter melhores retornos sobre o capital investido nesses processos, visa desenvolver atitudes de colaboradores mais motivados, que possam se sentir parte da equipe.

Para compreender melhor a importância da realidade expandida nos processos das organizações, é de grande valia conhecer como ocorreu seu surgimento, bem como seus criadores, através de um breve histórico de sua evolução ao longo do tempo.

> A Realidade Virtual apareceu com os simuladores de voo da Força Aérea dos Estados Unidos, construídos após a 2ª Guerra Mundial. Em seguida surgiu na indústria de entretenimento. Em 1962, Morton Heilig patenteou o Sensorama; daí surgiram muitos outros idealistas inovadores. (BRAGA, 2001, p. 1).

A realidade virtual, como é conhecida atualmente, só teve seu nome e futuro consolidados por conta de Jaron Lanier. Responsável por ser um dos precursores da realidade virtual e um dos maiores conhecedores dessa tecnologia, construindo produtos desde o início dos anos 80 (FILHO, 2018 *online*).

Já a Realidade Aumentada, segundo Lima:

> A história da realidade Aumentada inicia-se em 1968 com Ivan Sutherland desenvolvendo o sistema o *Head Mounted Display* (HMD), este sistema com imagens por *wireframes*. Em 1975, Myron Krueger desenvolveu o "*videoplace*" este projeto detectava os movimentos realizados pelo usuário, produzindo a realidade virtual. Em 1990, Tom Caudell desenvolveu um sistema de realidade aumentada similar a um óculos para auxiliar na manutenção em aeronaves. (LIMA, 2020, *Online*).

No século XXI, com a evolução da Realidade Virtual, existem vários tipos que se diferenciam conforme o nível de imersão e interação com o usuário, em que as mais utilizadas atualmente são: simulação "que faz com que o usuário se sinta completamente imerso no mundo virtual escolhido através de óculos especiais, fones e outros equipamentos de acordo com a experiência escolhida" (FILHO, 2018, *online*), e realidade

aumentada “usuário está fora do mundo virtual, mas interage e se comunica com personagens ou objetos virtuais dentro de seu próprio ambiente. Funciona melhor em ambientes grandes, podendo ter interação de várias pessoas ao mesmo tempo” (FILHO, 2018, *online*).

Nesse contexto, a realidade expandida foi observada como uma ferramenta de grande importância para as organizações visto que ela faz com que as empresas alcancem eficiência e qualidade diferenciadas.

Diante disso, a realidade expandida teve efeitos nos setores da indústria, fabricação e arquitetura, serviços públicos, gestão de talentos, varejo, comércio eletrônico e marketing experimental, gestão empresarial, aprendizagem e formação, além da manutenção industrial através da ação remota. Dessa forma, essas informações demonstram que a realidade expandida já não é mais ficção científica, visto que essa tecnologia está integrada ao presente e, nos próximos anos, protagonizará avanços que vão moldar o futuro.

5 Benefícios e Potencialidades da Tecnologia Aplicada nas Organizações

Tendo em vista as múltiplas aplicações da realidade virtual e aumentada, Torres (2019), cita algumas vantagens em utilizar a RV/RA no âmbito do GRH, (termo que, neste artigo será entendido como sinônimo de Gestão de Pessoas), particularmente na integração dos colaboradores, destacam-se algumas na sequência: proporciona ao colaborador recém chegado a experiência de conhecer a organização por completo, as áreas, os colegas de trabalho e características do cargo; aumenta o envolvimento e a motivação; o processo se torna mais interessante, atraindo o colaborador; diminui a burocracia no trabalho dos colaboradores de Recursos Humanos; aumenta o desempenho; minimiza a rotatividade de colaboradores.

De acordo com os estudos de Fernandes, no âmbito da Gestão e Desenvolvimento de Recursos Humanos, constatou-se que:

> Os profissionais de RH consideram que a eficácia na aprendizagem, a otimização e dinamização dos processos, o aumento de motivação, o teste de candidatos e a apresentação da organização num ambiente virtual, a proximidade e interatividade com candidatos e colaboradores, assim como o impacto positivo na experiência dos colaboradores são as principais potencialidades da utilização de RV e RA. (FERNANDES, 2020, p. 4).

Vale salientar que para estes mesmos profissionais supracitados, a aplicação da RV e da RA na Gestão e Desenvolvimento de Recursos Humanos poderá ser fomentada pelo cenário pandêmico provocado pelo vírus COVID-19.

Neste sentido, Fernandes também aborda que:

> A Gestão de Recursos Humanos (GRH) tem evoluído simultaneamente com os avanços tecnológicos e vive atualmente num ambiente altamente competitivo. A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) são tecnologias inovadoras com potencialidades reconhecidas em diversas áreas. Pela capacidade de simulação de contextos reais, imersão e interatividade entre ambientes virtuais e reais são ferramentas promissoras de apoio aos processos de GRH. (FERNANDES, 2020, pág. 4).

No campo de recrutamento e seleção, as aplicações em Realidade Aumentada favorecem a recepção de candidaturas espontâneas, como também a realização da triagem dos candidatos, diminuindo o tempo e custo desta etapa. Para Araújo & Ramos (2002) *apud* Santos (2019), as organizações têm de acelerar o processo de recrutamento visando aumentar a produtividade da área. Peretti (2007) *apud* Santos (2019), cita outra vantagem importante, que é a possibilidade de atingir pessoas em escala global e encaminhá-las para o perfil objetivado pelas entidades recrutadoras.

Portanto, a utilização de tecnologias de RV na área de RH promove a inovação, a motivação e uma melhor relação custo-benefício (KHANDELWAL & UPADHYAY, 2019 *apud* FERNANDES, 2020). Logo, a realidade virtual e aumentada pode ser usada como mecanismos de inovação tecnológica, pois podem propiciar impactos benéficos no modelo de negócios das organizações que as implementam.

6 RV e RA como Inovação Tecnológica Aplicada a Novos Modelos de Negócios

O século XXI é caracterizado por mudanças aceleradas nos mercados, nas tecnologias e formas organizacionais, por isso a inovação deve ser encarada como um tema de alta importância para o crescimento das empresas e sua sustentabilidade financeira. As organizações usam a inovação como meio de obter vantagem competitiva e gerar lucro. Com base nessa compreensão, a inovação estratégica se concentra em modelos de negócios que podem utilizar RA e RV como ferramentais que diferenciam o

negócio. As empresas reformulam seus conceitos de negócios e ajustam suas estratégias para ganhar ou aumentar sua vantagem competitiva (SKARZINSKI & GIBSON, 2008).

A inovação é uma das forças que impulsionam a mudança econômica e segundo Schumpeter (1997), a razão das mudanças tecnológicas e as inovações em empresas se dá pelo fato delas estarem em busca de lucros. As tecnologias de RV e RA provaram sua versatilidade, pois sua natureza imersiva aumenta a presença em um ambiente real e permite simular situações ou tarefas, além de gerar maior engajamento do que os métodos tradicionais. Portanto, utilizar a inovação de processo ajuda as empresas a atingirem seus objetivos e, assim, obterem uma vantagem competitiva.

Considerando a atualização do Manual de Oslo (2018, p. 76), pode-se dizer que "Um modelo de negócios inclui todos os principais processos de negócios, como produção, arranjos logísticos, de marketing e cooperativos em uso, bem como os principais produtos que uma empresa vende, atualmente ou no futuro, para atingir suas metas e objetivos estratégicos."

A partir disso, pode-se entender que a inovação também ocorre no modelo de negócios de uma empresa, de fato, "o modelo de negócios de uma empresa é um importante local de inovação e uma importante fonte de criação de valor para a empresa e seus fornecedores, parceiros e clientes." (AMIT; ZOTT, 2001, p. 493).

Quando se trata da inovação do modelo de negócios, a premissa é que, para se destacar da concorrência, as empresas precisam mudar completamente a forma como concebem seus negócios. Hamel (2000) já apontava a importância da nova lógica de modelagem de negócios no início do século: a estratégia por si só não será mais suficiente para dar sustentabilidade às empresas que buscam se diferenciar.

Portanto, a inovação do modelo de negócio equivale à inovação que supere seus concorrentes, visto que se refere à descoberta de um modelo de negócio que é fundamentalmente diferente dos modelos de outras empresas existentes, porém, ao ser caracterizado como inovação, o novo modelo precisa de fato causar algum impacto sobre a necessidade de expansão do mercado para empresas inovadoras (MARKIDES, 2006). Com isso, a busca de ferramentas inovadoras como a RV/RA pode proporcionar um impacto positivo nos modelos de negócios, graças a sua interatividade e imersão em

ambientes virtuais. Novos negócios surgem com o propósito de se especializam em serem fornecedores de novas tecnologias, que tem como objetivo solucionar problemas em outras empresas, essas novas empresas são conhecidas como Serviços Intensivos em Conhecimento (SICs).

7 Serviços Intensivos em Conhecimento e Co-criação

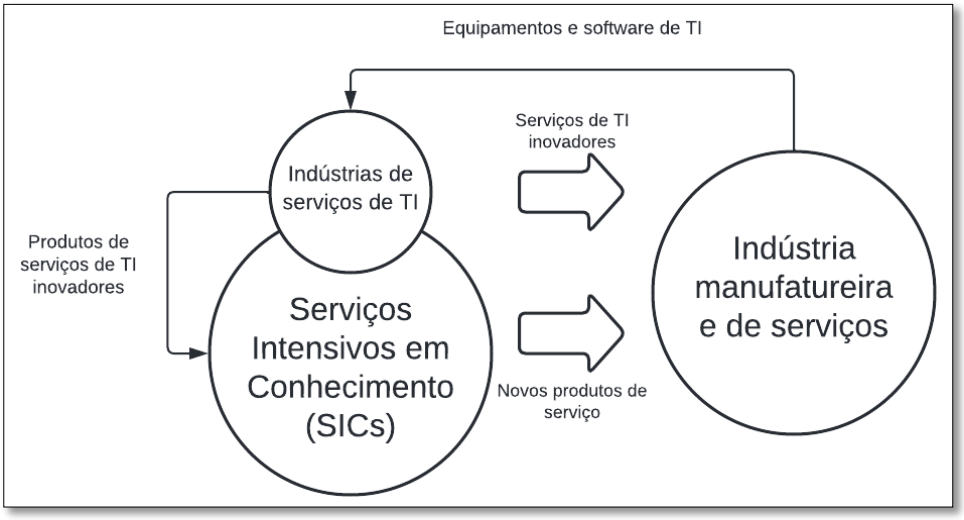
As inovações introduzidas nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) têm influenciado a forma como as empresas estruturam os seus modelos de negócios. Ao usar novas tecnologias como RV/RA, é possível impactar positivamente os modelos de negócios devido à sua alta interatividade e imersão em ambientes virtuais.

A possibilidade de mudança nos modelos de negócios muitas vezes leva ao surgimento de novas empresas, paradigma que nasce independente de trajetórias passadas e, portanto, são mais livres para inovar.

Os serviços intensivos em conhecimento (SICs) desempenham um papel cada vez mais importante, onde o conhecimento e a experiência acumulados ao longo do tempo são usados para construir novas soluções, e os clientes são cocriadores de inovações desenvolvidas como soluções de problemas específicos dos clientes. Esse ramo de negócios desempenha um papel especial nos sistemas de inovação, sendo "solucionadores de problemas" para empresas de manufatura avançada e serviços de infraestrutura baseados em tecnologia da informação e comunicação (TIC) (CASTELLACCI, 2008).

Segundo Hertog (2000), o SIC constitui uma classe de atividades de serviços altamente inovadoras e, além disso, podem atuar como facilitadores da inovação em outros setores econômicos. Os SICs são organizações privadas que se especializam em determinados conhecimentos técnicos e fornecem produtos e serviços baseados em conhecimento. Uma imagem um tanto simplificada do papel dos serviços de Tecnologia de Informação (TI) como um componente desses serviços e a posição das empresas com características de SICs no sistema de inovação são apresentadas na Figura 2.

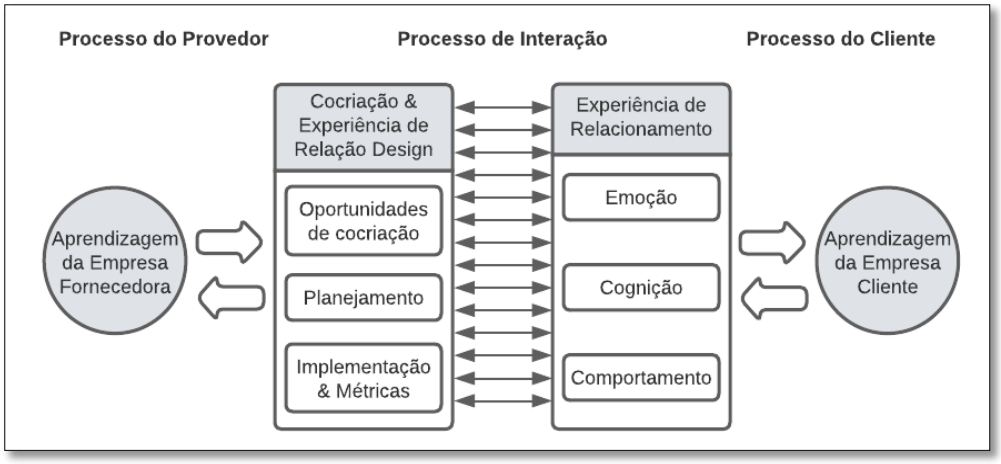
Figura 2 - As contribuições dos serviços de TI e Serviços de Intensivos em Conhecimento (SICs) para a inovação na economia



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de BAARK et al (2014, p. 32).

Outro aspecto importante da indústria que fornece soluções de tecnologia para outras empresas são seus relacionamentos de co-criação, conforme demonstrado na Figura 3. A co-criação de valor é definida por Auh *et al*. (2007, p. 363), como "Participação construtiva dos clientes na criação e entrega de bens ou serviços".

Figura 3 - Um quadro conceitual para o processo de co-criação de valor.



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de PAYNE, STORBACKA e FROW (2008, p. 86).

Segundo Verleye (2015, p. 327), a "experiência da co-criação é um fenômeno multidimensional", logo, os fatores como conectividade, ambiente e interação entre os *stakeholders* devem ser considerados como base da co-criação.

As tecnologias inovadoras de RV/RA são adaptadas a cada empresa e suas necessidades, e sua abordagem não é padrão, exigindo assim uma forte interação entre clientes e provedores de tecnologia, por esse motivo se adequam ao conceito de SICS, apresentado anteriormente. Além disso, por apresentarem características imersivas e interativas essa tecnologia pode influenciar positivamente o desenvolvimento das competências essenciais que são visadas para garantir a diferenciação de empresas no mercado competitivo. Particularmente para a gestão de pessoas, podem ser criadas equipes interdisciplinares para a produção de novos projetos convergentes com a estratégia organizacional.

8 Vantagens da RA e RV no Processo de Desenvolvimento de Competências

Em geral, as organizações precisam de profissionais cada vez mais qualificados para lidar com processos e produtos que estão cada vez mais complexos e o novo modelo advindo da indústria 4.0, mostra que são necessárias competências específicas para atuar neste contexto. Para potencializar essas competências é necessário pensar em novas formas de desenvolvimento, com isso, são necessárias inovações como a utilização de tecnologias de realidade virtual e aumentada, à medida que se tornam mais acessíveis e têm o potencial de fornecer ambientes interativos estimulantes que ajudam a facilitar a busca de conhecimento e pensamento crítico pelos usuários.

As competências estão relacionadas a colocar em prática uma combinação de atitudes, personalidade e conhecimentos pessoais adquiridos no âmbito de uma organização dentro da estratégia e sua cultura. Fleury & Fleury (2001, p. 188) definem competência como: "um saber agir responsável e reconhecido, que implica mobilizar, integrar, transferir conhecimentos, recursos e habilidades, que agreguem valor econômico à organização e valor social ao indivíduo".

A competência surge de uma combinação de motivações, traços, autoconceito, atitudes ou valores, conhecimento de conteúdo ou habilidades cognitivo-

comportamentais, qualquer característica pessoal que pode ser avaliada ou medida de forma confiável e pode ser usada para diferenciar entre desempenho excelente de um médio. Costa (2018, p.71) desenvolveu um novo portfólio de competências que trata do tema indústria 4.0, identificando competências a partir da combinação do portfólio de competências desenvolvido por Schaper *et al*., em 2012 e as competências essenciais citadas no *World Economic Forum* em 2016. O resultado dessa combinação foi compilado em grupos de competências essenciais a fim de satisfazer as exigências da indústria 4.0, ilustradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Competências requeridas pelos profissionais da Indústria 4.0

Grupo de Competências		Competências
Habilidades	1) Competências cognitivas	Flexibilidade cognitiva, criatividade, raciocínio lógico, resolução de problemas complexos, raciocínio matemático, observação, e competências analíticas.
	2) Habilidade pessoais e mentais	Conhecimento em psicologia, linguagem corporal, resiliência, e competências intraempreendedor.
Competências básicas	3) Competências de conteúdo	Aprendizagem ativa, expressão oral, expressão escrita, compreensão escrita, e literacia em TIC.
	4) Competência de processo	Escuta ativa, pensamento crítico, monitorização própria e dos outros, e competências interdisciplinares.
Competências interfuncionais	5) Competências sociais e interpessoais	Coordenação com os outros, inteligência emocional, negociação, persuasão, orientação para o serviço, formar e ensinar os outros, responsabilidade social e ética, colaboração virtual, e competências de comunicação.
	6) Competências de sistema	Julgamento e tomada de decisão, análise de sistemas, gestão de mudança e adaptação, gestão de risco e governação, complacência, e competências interpessoais.
	7) Competências técnicas	Manutenção e reparação de equipamentos, operação e controle de equipamentos, programação, controle de qualidade, experiência em design, e conhecimentos de novas tecnologias.
	8) Competências intelectuais	Competências linguísticas e mente aberta.

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de COSTA (2018, p. 71).

Diante das constantes mudanças no ambiente de negócios, que muitas das vezes são guiadas pelo conceito das megatendências, as organizações precisam ser capazes de agir rapidamente em resposta às mudanças nas demandas do mercado, como a indústria 4.0. Segundo Andrade *et al*., (2015, p. 4) “as megatendências globais são processos de transformação de longo prazo, com amplo escopo e dramático impacto para os futuros mercados”. O uso de inovações abre a possibilidade de impulsionar os processos a fim de obter vantagem.

Com o uso correto de ferramentas inovadoras, o processo de agregação de valor real pode se tornar mais eficiente para que as organizações possam aproveitar o desenvolvimento de novas competências. Ferramentas como a realidade virtual e aumentada se adequam bem a essa necessidade, pois são altamente versáteis, sua natureza imersiva aumenta a sensação de presença em um ambiente real, e permite simular uma situação ou tarefa e gerar maior engajamento do que os métodos tradicionais.

Neste contexto, parece necessário desenvolver ferramentas que permitam às organizações desenvolver competências de forma mais eficiente e eficaz. Segundo Ceitil (2007, p. 78), cada vez mais as competências são percebidas pelas empresas como um fator diferenciador e que poderá garantir o sucesso perante a competitividade.

9 Procedimentos Metodológicos

Este artigo será classificado quanto à abordagem, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos. No que se refere a forma de abordagem trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois, não se busca a generalização dos resultados. Gil (2002, p. 134) diz que "nas pesquisas qualitativas, o conjunto inicial de categorias em geral é reexaminado e modificado sucessivamente, com vista em obter ideais mais abrangentes e significativos, e que nas pesquisas qualitativas, necessita-se valer de textos narrativos, matrizes, esquemas etc."

Referente aos objetivos, o estudo se classifica como exploratório. As pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2002, p. 27). Segundo Vergara (2004, p. 45) a pesquisa exploratória é realizada em determinada área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias.

Quanto aos procedimentos técnicos, o estudo se classifica como pesquisa bibliográfica, documental e apresenta um estudo de caso múltiplo. A pesquisa bibliográfica é realizada ou desenvolvida a partir de material já elaborado, incluindo principalmente livros e artigos científicos (GIL, 2002 p. 42). Já a pesquisa documental, muito se assemelha à pesquisa bibliográfica, mas se difere na natureza das fontes. Para

Gil (2002, p. 46) a pesquisa documental utiliza materiais que ainda não passaram por processamento analítico. O estudo de caso múltiplo possibilita o levantamento de evidências para a produção de informações mais confiáveis do que os estudos de caso únicos (YIN, 2001). Para analisar os resultados faz se o uso da análise inter-casos, com isso é possível entender as experiências de sucesso e de fracasso, tentando compreender as diferenças e similaridades dos casos (EISENHARDT, 1989).

Este estudo é caracterizado por abordar questões inerentes à realidade virtual e aumentada, com o objetivo de identificar como a gestão de pessoas pode utilizar essas tecnologias para melhorar seus processos organizacionais. Com isso, o estudo de caso múltiplos foi aplicado por meio de entrevistas semiestruturadas, pois proporcionam aos pesquisados a possibilidade de manifestarem suas respectivas opiniões na investigação, mediante a divulgação de suas respectivas opiniões, ideias e pensamentos. O estudo de caso múltiplos foi aplicado em empresas fornecedoras de soluções tecnológicas de RV e RA, sendo que os principais clientes são oriundos das áreas de engenharia, arquitetura, entretenimento e publicidade.

9.1 Universo e Amostra da Pesquisa

O universo da pesquisa foi composto por empresas que atuam com tecnologias de realidade virtual e aumentada, a busca foi realizada por meio de pesquisas na ferramenta *google* e em mídias digitais.

É importante enfatizar que foram consultadas 19 organizações para identificar as soluções tecnológicas, contudo, três dessas empresas manifestaram interesse em participar do estudo. Diante disso, a amostra das organizações de tecnologia para se fazer o estudo de caso múltiplo, realizado por conveniência e oportunidade. (POZZEBON; FREITAS, 1998).

Neste sentido, foram escolhidas três organizações, sendo localizadas respectivamente no Rio Grande do Sul, Paraná, e São Paulo. Diante do panorama, as organizações foram convidadas, por meio de uma carta convite assinada pelos pesquisadores, enviada por e-mail dirigido à organização objeto de investigação. As organizações que constituem o estudo de caso múltiplo são: Empresa 1, Empresa 2 e Empresa 3.

Foram realizadas entrevistas remotamente, durante o segundo semestre de 2022, com os diretores das organizações, com conhecimento sobre os temas pesquisados e com pontos de vista diferentes sobre o tema O intuito das entrevistas foi de analisar como as empresas utilizam as tecnologias de RV e RA para aperfeiçoar seus processos organizacionais. Optou-se por manter o anonimato dos entrevistados, bem como das empresas. Ressalta-se que as entrevistas foram realizadas remotamente, no período de outubro de 2022 a novembro de 2022.

10 Resultados e Discussão

Nesta seção são descritas as características das empresas analisadas no desenvolvimento da pesquisa qualitativa, seguindo-se análise comparativa dos resultados obtidos com as entrevistas semiestruturadas. As empresas entrevistadas foram:

EMPRESA 1: A primeira organização entrevistada é voltada para a área de arquitetura e engenharia, oferecendo soluções de realidade virtual para construtoras e eventos em geral. Situada no estado do Rio Grande do Sul, implementou essas tecnologias em seu portfólio desde 2019, com o intuito de ampliar as áreas de conhecimento para o público e, portanto, não se fixar em apenas projetos arquitetônicos. Caracteriza-se por ser uma empresa de pequeno porte.

EMPRESA 2: A segunda organização entrevistada atua no setor de entretenimento virtual, oferece soluções de entretenimento inovadoras para *shoppings* e a venda de licenciamentos de soluções, locação de equipamento e prestação de serviços de desenvolvimento e modelagem de ambientes virtuais. Possui sua sede no estado do Paraná e tem como objetivo gerar experiências únicas, divertir e maravilhar públicos de todas as preferências e idades.

EMPRESA 3: A terceira organização entrevistada atua no setor de serviços e consultoria de TI, sendo parceria licenciada companhia ZAPPAR para operar comercialmente com a plataforma no Brasil e em Portugal. Possui mais de 10 anos de pesquisa e experiência no estudo e desenvolvimento de conteúdo para Realidade Aumentada e Virtual. Oferece soluções sólidas, inovadoras e de alto impacto, com atendimento ágil, comprometimento e excelente custo-benefício. Situada no Estado de

São Paulo é especialista em transformar produtos, campanhas e ideias em experiências interativas que geram engajamento, mídia espontânea e retorno financeiro.

10.1 Análise Comparativa dos Resultados

As evidências coletadas em cada empresa foram analisadas comparativamente e confrontadas com as premissas apresentadas no referencial teórico. Os autores sintetizam no Quadros 2, 3, e 4 os resultados obtidos para cada pergunta realizada nas entrevistas.

As três empresas estudadas têm como propósito geral oferecer soluções inovadoras que possuam interatividade e capacidade de simulação de ambientes reais, sendo recursos para gerar engajamento das atividades realizadas pelas empresas.

Verifica-se quais são as características desse mercado, as perspectivas dessas tecnologias e as vantagens de sua adoção. De acordo com o Quadro 2, é possível observar os trechos da entrevista acerca da visão de mercado das empresas entrevistadas.

Quadro 2 - Visão de mercado das empresas entrevistadas sobre o tema RA e RV.

Empresa	1 - Como são vistas as tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada no Brasil?	2 - Quais os perfis de empresas que buscam essa tecnologia? Por qual motivo?	3 - Quais são as expectativas das empresas que buscam essa tecnologia? O que elas esperam alcançar?
EMPRESA 1	"...ainda não são muito difundidas. Poucos já tiveram contato com elas. Os que tiveram, acham a tecnologia incrível, mas ainda não buscam implementar nos seus negócios."	"Geralmente construtoras e empresas para interação de eventos. A imersão em realidade virtual permite que o usuário entre no seu futuro lar (...) além de ter sensações reais [referindo-se à utilização no setor de construtoras]. Já as empresas que querem para interação em eventos, buscam a tecnologia para proporcionar experiências interativas e multissensoriais através de jogos, onde o objetivo é surpreender, entreter e engajar."	"Elas esperam se diferenciar e se destacar no mercado, aumentando o nível de satisfação do seu público."
EMPRESA 2	"Ainda como algo embrionário e de entusiastas, o mercado brasileiro ainda não	"Os mais diversos perfis, mas no geral, são empresas que buscam a inovação dos processos e	"Em linhas gerais, as empresas buscam dar um passo à frente com relação a imersão dos processos.

	popularizou a tecnologia.”	estar alinhadas com as tecnologias do momento e do futuro.”	Pode ser para a simulação de alguma atividade evitando riscos ou ainda proporcionar aos seus clientes algum tipo de simulação.”
EMPRESA 3	“Infelizmente ainda com um olhar muito superficial e total desconhecimento das infinitas possibilidades de uso.”	“Empresas de médio e grande porte e de segmentos diversificados, mas geralmente fabricantes de produtos (...) o motivo que se destaca é a necessidade de agregar mais valor as informações sobre o produto e criar maior engajamento com o consumidor conectado.”	“Diferencial no produto e na maneira de se comunicar com seus consumidores, a busca por um maior engajamento é sempre o objetivo principal das marcas.”

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados coletados na pesquisa (2022).

De acordo com o Quadro 2, quando perguntados como são vistas as tecnologias de RV e RA no Brasil as três empresas concordam que a tecnologia ainda não se popularizou no território brasileiro, são vistas com um olhar superficial, apesar de possuírem um grande potencial. Vale ressaltar que as empresas possuem pontos de vista diferentes, por oferecerem soluções para setores distintos na economia e se situarem em diferentes estados do Brasil.

Já, quando perguntados quais perfis de empresas que buscam essa tecnologia e o motivo, é possível perceber que são de diversos perfis, a empresa Empresa 1 geralmente é requisitada por construtoras, já a empresa Empresa 3 tem como seu público-alvo os fabricantes de produtos. Contudo, as empresas que procuram tal solução estão buscando uma forma de inovar seus processos, agregando valor aos seus produtos ou serviços através das experiências interativas proporcionadas pela tecnologia (CLARK, 2006).

De acordo com a última pergunta do Quadro 2, é possível observar quais são as expectativas das empresas que buscam a RV e a RA. As três entrevistadas entram em consenso na reposta, que as empresas que pretendem aderir a essa tecnologia estão buscando formas de obter um diferencial competitivo, através da imersão e engajamento. Mudanças tecnológicas e inovações se dão pelo fato de as empresas estarem em busca de lucros (SCHUMPETER, 1997).

No Quadro 3 serão apresentados o que os diretores dizem acerca do valor agregado da tecnologia.

Quadro 3 – Valor agregado da aplicação das tecnologias de RA e RV nos clients corporativos.

Empresa	4 - Quais os principais benefícios da utilização dessa tecnologia?	5 - Quais competências podem ser adquiridas ao utilizar-se dessas tecnologias?	6 - Ao utilizar essas tecnologias é possível gerar uma vantagem competitiva para as organizações?
Empresa 1	"Nós trabalhamos mais fortemente no ramo de arquitetura, engenharia e construção. Os benefícios nessa área são: ganho de tempo e redução de gastos na execução; segurança para o cliente; permite a visualização de detalhes; proporciona sensações reais do ambiente."	"Capacidade de inovação; Pensamento criativo; Conhecimento e familiaridade com software; Adaptabilidade e flexibilidade; Visão global de negócios."	"Sim. A realidade virtual é um mundo de infinitas possibilidades para as mais diversas áreas de atuação do mercado."
Empresa 2	"Redução do abismo cognitivo entre uma atividade e a simulação da mesma em comparação com outras tecnologias que utilizam 3D ou ainda telas em duas dimensões."	"Criatividade; adaptabilidade; flexibilidade cognitiva; julgamento e tomada de decisões."	"Claro, é um produto extremamente inovador e que gera uma satisfação nas pessoas que utilizam"
Empresa 3	"Gerar uma imagem de empresa conectada e atualizada com a evolução tecnológica, criar engajamento com seu consumidor, conquista de confidencialidade e fidelidade e aumento nas vendas."	"Afinidade e proximidade com a evolução tecnológica, conquistar um público digital e conectado."	"Com certeza, sim."

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados coletados na pesquisa (2022).

Conforme expresso no Quadro 3, quando perguntados sobre quais os benefícios da utilização da RV e RA são citados o aumento da interatividade, engajamento e da capacidade de simulação de contextos reais. Tais benefícios podem gerar a diminuição de tempo e gastos financeiros na execução de processos (FERNANDES, 2020). Já quando perguntas acerca das competências provenientes da sua utilização são citadas com maior frequência a criatividade, inovação, adaptabilidade, flexibilidade e familiarização tecnológica. Essas são algumas das competências requeridas pela indústria 4.0 (COSTA, 2018). Por se tratar de ferramentas de alta versatilidade e capacidade de imersão permitem que às organizações que utilizam a tecnologia desenvolvam as competências de forma mais eficiente e eficaz.

Evidenciou-se que, para os diretores as tecnologias de RV e RA geram uma vantagem competitiva para as organizações, são consideradas um produto extremamente inovador e de inúmeras possibilidades. Ao recorrer a um modelo emergente de inovação para alavancar seus processos ou produtos as organizações pretendem obter vantagem competitiva e gerar lucros (OLIVEIRA, 2021).

De acordo com as respostas dos diretores na pergunta 7, do Quadro 4, os custos da tecnologia são bem variáveis, dependem do tipo de projeto e da especificação requerida. Segundo a empresa Costa frame "Os projetos que utilizam algum software pronto possuem baixo custo. Já os que necessitam de alguma programação especifica possuem um investimento inicial alto, no entanto, fornece seu retorno ao longo do tempo".

Quadro 4 – Processo de implementação da RA e RV nos clientes corporativos.

Empresa	7 - O custo destas tecnologias é elevado? Poderá ser um impeditivo?	8 - Qual o tempo total de implementação? Necessita de manutenção ou acompanhamento constante?
Empresa 1	"Depende para o que será utilizado. Por exemplo, para interação e jogos, o custo é barato, pois você só vai precisar dos óculos e jogos prontos disponíveis. Para o ramo de arquitetura, engenharia e construção, se tem um investimento inicial (...) depois os gastos são os mesmos que um escritório convencional, pois são utilizados os mesmos *softwares* de arquitetura para geração dos projetos. O custo fica elevado quando é preciso fazer algo específico, com programação, pois nesse caso, são criados "*games*" específicos para certa demanda [referindo-se ao custo elevado de mão-de-obra, e não da tecnologia]. Porém, uma vez que você adquira, terá o produto de forma "vitalícia", podendo utilizar quantas vezes quiser."	"É relativo. Se uma empresa adquire a tecnologia, que foi comprada pronta para uso, ela terá implementação imediata e não precisa acompanhamento constante. Já uma empresa que vai trabalhar apenas com isso, a implementação vai depender do conhecimento que o profissional tem (se ele tem ou precisa adquirir). O tempo de implementação vai depender do quanto ele é familiarizado e o quanto tem de conhecimento com *softwares*. A manutenção pode ser considerada a mesma que um departamento de TI."
Empresa 2	"Está muito mais barato do que já foi. Inclusive, estamos barateando a tecnologia com o objetivo de popularizar essa tecnologia."	"Nosso novo produto é de rápida implantação. Cerca de 30 dias. Não necessita de manutenções preventivas, apenas de cuidados de uso."
Empresa 3	"Não muito. Não se torna um impeditivo porque os projetos podem ser produzidos de acordo com o orçamento disponível."	"O tempo e a manutenção dependem muito da complexidade de cada projeto. Uma experiência simples de Realidade Aumentada pode ser desenvolvida entre 15 e 20 dias, já um de maior complexidade pode variar de 90 a 120 dias."

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados coletados na pesquisa (2022).

Conforme expresso na última pergunta do Quadro 4, o tempo de implementação depende da complexidade do projeto, e sua manutenção é a mesma de um departamento de TI. O tempo de implementação pode ser de até 30 dias para tecnologias simples e que já estão prontas. Contudo, os projetos que possuem necessidades diferenciadas e um período um pouco maior, de até 120 dias. O desenvolvimento de projetos específicos e de complexidade maior necessitam da participação construtiva dos clientes, podendo ser classificadas como processos de co-criação (AUH *et al*., 2007).

Em relação aos custos, percebe-se que varia de acordo com a necessidade do cliente e a complexidade do projeto. Sendo, por isso, um serviço intensivo em conhecimento, cada cliente demanda uma solução específica para seu problema. Algumas conseguirão integrar *softwares* que já são usados nos processos de prestação dos serviços, outras empresas contratam produtos prontos, padronizados; e outras, ainda, vão desenvolver *softwares* específicos, dedicados ao negócio.

Em suma, observa-se que as três empresas possuem visões similares quanto as inovações tecnológicas emergentes de RV e RA, mesmo fornecendo soluções para setores e estados distintos. Também foi observado a necessidade dos profissionais de RH adquirirem competências como curiosidade, flexibilidade e visão global de negócios para assim conseguirem entender e acompanhar o cenário de inovações constantes do século XXI.

11 Considerações Finais

A GRH tem evoluído constantemente para acompanhar e integrar o desenvolvimento tecnológico em seus processos, com resultados positivos para a área de Gestão de Pessoas e para as organizações.

Neste cenário evolutivo, surgem tecnologias consideradas inovadoras, como a RV e a RA, que proporcionam benefícios comprovados em diversos setores, apresentando-se como ferramentas promissoras para se alcançar a vantagem competitiva nas organizações. Tais tecnologias emergentes também possuem potencial para utilização nos processos de Gestão de Pessoas, pois proporcionam experiências notáveis em imersão e interatividade.

As tecnologias de RV e RA tendem a ser popularizadas e difundidas em todos os setores no mundo, tornando as experiências para os usuários dos serviços, cada vez mais completa. Com a disseminação dessa tecnologia, percebe-se a importância de a introduzir essa abordagem na GRH de forma a agilizar, simplificar e fortalecer os resultados dos diferentes processos que gerem as pessoas nas organizações, garantindo que os profissionais dessa área possuam as competências digitais necessárias para aplicá-la.

Esse estudo teve como objetivo principal analisar como as empresas utilizam as tecnologias de RV e RA para aperfeiçoar seus processos organizacionais, a partir do entendimento das características das organizações envolvidas. Com base neste objetivo principal e através dos objetivos específicos, pretendeu-se encontrar uma resposta à questão de investigação "Quais as vantagens na utilização de tecnologias de realidade virtual e aumentada na Gestão de Pessoas?"

A principal contribuição dos resultados obtidos, em particular no estudo de múltiplos casos, é que a utilização desta tecnologia traz vantagens para as organizações pela sua capacidade de proporcionar realismo aos processos, por meio do aumento da interatividade, engajamento e da capacidade de simulação de contextos reais. Essas novas tecnologias permitem colocar em prática uma combinação de atitudes, personalidade e conhecimentos pessoais adquiridos, portanto, impulsionam o desenvolvimento de competências como a criatividade, capacidade de inovação, flexibilidade e adaptabilidade. Entre as diversas vantagens que esta tecnologia traz às organizações, destaca-se a redução de riscos, tempo e custos na execução de certos processos.

Nessa pesquisa, foi possível verificar algo importante: independentemente do foco (setor, localização, Estado), os impactos que a ferramenta proporciona são bem similares, o que evidência a importância de se pensar em formas de aplicar essas tecnologias nos processos de Gestão de Pessoas.

Outra contribuição desse estudo e dos resultados obtidos está na necessidade de conscientizar os profissionais de Recursos Humanos sobre a necessidade de se debruçar sobre o tema de forma a acompanhar a evolução prática da utilização da RV/RA. Muitas das vezes o investimento nestas tecnologias é considerado um desafio para algumas organizações e departamentos de RH, o que não necessariamente condiz com a realidade

apresentada pelos fornecedores da tecnologia, que afirmam que os valores podem ser flexíveis e se adequam ao orçamento disponível no orçamento das organizações.

Conclui-se que, do ponto de vista acadêmico, há possibilidade para futuras pesquisas sobre aplicações da RV e RA na área de Recursos Humanos, devido ao fato dessa tecnologia estar se tornando cada vez mais acessível e a existência de um alto potencial para melhorar os processos da Gestão de Pessoas. Sugere-se para estudos futuros, a verificação dos tipos de aplicações comercializadas por empresas de tecnologia, mais especificamente as que são utilizadas na área de Recursos Humanos e o seu custo efetivo, assim como os possíveis efeitos negativos dos indivíduos que eventualmente tenham algum tipo de desconforto durante a experiência imersiva.

Referências

ALVES, Fernanda Souza. **Departamento Pessoal x Recursos Humanos**. 2020. Disponível em: https://medium.com/@fernandasouzaalves/departamento-pessoal-x-recursos-humanos-89d40043138a. Acesso em: 2 abr. 2022.

AMIT, Raphael; ZOTT, Christoph. Value creation in E-business. **Strategic Management Journal**, [S. l.], v. 22, n. 6-7, p. 493-520, 2001. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.187. Acesso em: 7 maio 2022.

ANDRADE, Leonel P. C. Silva et al. Avaliação de tendências tecnológicas e demandas da indústria de transformação para um centro de P&D&I. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 8., 2015, Salvador, Bahia. **Anais [...]**. Salvador, BA: ABCM, 2015. Disponível em: https://abcm.org.br/anais/cobef/2015/PDFS/COF-2015-0615.PDF. Acesso em: 1 abr. 2022.

AUH, Seigyoung; BELL, Simon J.; MCLEOD, Colin S.; SHIH, Eric. Co-production and customer loyalty in financial services. **Journal of Retailing**, [S. l.], v. 83, n. 3, p. 359-370, ago. 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022435907000255. Acesso em: 7 maio 2022.

BAARK, Erick; HU, Mei-Chih; SHARIF, Naubahar. Information Technology Services: A Key Knowledge-Intensive Business Service Industry in Hong Kong SAR. **Science Technology & Society**, v. 19, n. 1, p. 27-55, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269601347_Information_Technology_Services_A_Key_Knowledge-Intensive_Business_Service_Industry_in_Hong_Kong_SAR_China#pf6. Acesso em: 18 maio 2022.

BOGDAN-MARTIN, Doreen. **What taking VR and AR mainstream means for sustainable development**. [S. l.]: Weforum, 17 fev. 2021. Disponível em:

https://www.weforum.org/global_future_councils/gfc-on-virtual-reality-and-augmented-reality/articles/virtual-reality-augmented-reality-sustainable-development. Acesso em: 9 abr. 2022.

BRAGA, Mariluci. Realidade Virtual e Educação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 1, 2001. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/500/50010104.pdf. Acesso em: 7 maio 2022.

BUREN III, H. J.; GREENWOOD, M.; SHEEHAN, C. Strategic Human Resource Management and the decline of employee focus. **Human Resource Management Review**, v. 22, p. 209-219, 2011.

CAETANO, A.; VALA, J. **Gestão de Recursos Humanos**: contextos, processos e técnicas. Lisboa: Editora RH, 2002.

CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regime and trajectories: manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. **Research Policy**, v. 37, p. 978-994, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733308000553. Acesso em: 7 maio 2022.

CEITIL, M. **Gestão e desenvolvimento de Competências**. Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

CLARK, D. **Games and e-learning**. 2006. Disponível em: http://www.cedma-europe.org/newsletter%20articles/misc/Games%20and%20e-Learning%20(Nov%2006).pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

COSTA, F. M. P. **Identificar e caracterizar as competências necessárias ao profissional de Engenharia e Gestão Industrial para enfrentar a Indústria 4.0**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2018. Disponível em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/57169. Acesso em: 22 mar. 2022.

COWLING, A.; MAILER, C. **Gerir os Recursos Humanos**. Lisboa: Dom Quixote, 1998.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, 1989.

FERNANDES, Constança Isabel Teixeira. **Realidade virtual e realidade aumentada na gestão e desenvolvimento de recursos humanos**. 2020. Tese (Doutorado) – [s.n.], 2020. Disponível em: http://hdl.handle.net/10400.22/17344. Acesso em: 9 abr. 2022.

FERREIRA, Joana Rita Santos. **Realidade Aumentada**: conceito, tecnologia e aplicações - estudo exploratório. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – [s.n.], 2014. Disponível em: https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5907/1/3930_7645.pdf. Acesso em: 1 maio 2022.

FILHO, Marcelo. **A evolução da realidade virtual**. [S. l.]: Technomotion, 2018. Disponível em: https://www.technomotion.com.br/2018/09/a-evolucao-da-realidade-virtual/. Acesso em: 7 maio 2022.

FILHO, Paulo de Sá; DIAS, Raqueline da Silva. Realidade virtual e aumentada: uma metodologia ativa a ser utilizada na Educação. **Revista Com Censo**, v. 6, n. 4, nov. 2019. Disponível em: http://www.periodicos.se.df.gov.br/index.php/comcenso/article/view/741/472. Acesso em: 1 maio 2022.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. Construindo o conceito de competência. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 5, n. esp., p. 183-196, 2001.

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

HALL, D. The protean career: A quarter-century journey. **Journal of Vocational Behavior**, p. 1-13, 2004.

HAMEL, G. **Leading the revolution**. Boston: HBS Press, 2000. Disponível em: https://silo.pub/leading-the-revolution.html. Acesso em: 7 maio 2022.

HASLINDA, A. Evolving terms of human rescourse management and development. **The Journal of International Social Research**, v. 2, n. 9, p. 180-186, 2009.

HERTOG, P. Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. **International Journal of Innovation Management**, v. 4, n. 4, p. 491-528, 2000. Disponível em: https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S136391960000024X. Acesso em: 7 maio 2022.

IBERDROLA. **Realidade Virtual**: outro mundo ao alcance de seus olhos. [2022]. Disponível em: https://www.iberdrola.com/inovacao/realidade-virtual. Acesso em: 22 mar. 2022.

KIRNER, Claudio; SISCOUTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada**: conceitos, projeto e aplicações. [S. l.]: SVRPS, 2007. Disponível em: http://de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

LIMA, Edmilson. **Realidade Aumentada**. [S. l.]: Linkedin, 2020. Disponível em: https://br.linkedin.com/in/edmilson-lima-me-6493a32b?trk=pulse-article_main-author-card. Acesso em: 7 maio 2022.

MANUAL DE OSLO: diretrizes para coletar, relatar e usar dados sobre inovação. 4. ed. Paris: OCDE Publishing; Luxemburgo: Eurostat, 2018. (The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities).

MARKIDES, Constantinos. Disruptive Innovation: In Need of Better Theory. **Product Innovation Management**, [S. l.], v. 23, p. 19-25, 2006. Disponível em: [URL inválido removido]. Acesso em: 7 maio 2022.

MARRAS, J. P. **Administração de Recursos Humanos**. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

OLIVEIRA, Joana. **A inovação como fator crítico no desempenho organizacional**: estudo de caso nas PME's da região de Aveiro, Portugal. 2021. [S. l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/36493/1/202842355.pdf. Acesso em: 9 abr. 2022.

PAYNE, A. F.; STORBACKA, K.; FROW, P. Managing the co-creation of value. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 36, p. 86-96, 2008. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11747-007-0070-0. Acesso em: 14 maio 2022.

PEREIRA, Rodolfo de Castro Domingos. **Realidade Aumentada**: conceitos, tecnologias e aplicações. 2015. [S. l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/544/1/Rodolfo%20de%20Castro%20Domingos%20Pereira.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

PERETTI, J. M. **Recursos Humanos**. Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

POZZEBON, M.; FREITAS, H. M. R. de. Pela aplicabilidade – com um maior rigor científico – dos estudos de caso em sistemas de informação. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 2, n. 2, p. 143-170, 1998.

SANTOS, Mariana Mota. **Realidade virtual e realidade aumentada no processo de recrutamento**. 2019. Tese (Mestrado) – [s.n.], 2019. Disponível em: http://hdl.handle.net/10400.22/16050. Acesso em: 9 abr. 2022.

SCHUMPETER, J. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997.

SKARZINSKI, P.; GIBSON, R. **Innovation to the core**. Boston: HBS Press, 2008. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/342187313/Capitulo-1-Innovation-at-the-Core. Acesso em: 7 maio 2022.

SOUSA, M.; GOMES, J.; GOMES, P.; DUARTE, T. **Gestão de Recursos Humanos**: métodos e práticas. Lisboa: Lidel, 2006.

TAVARES, M. **Gestão de Pessoas**: novos rumos desta função nas organizações. Portugal: Universidade Lusíada Editora, 2011.

TORRES, Maria. **A Realidade Virtual e Realidade Aumentada no Onboarding**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão de Recursos Humanos) – Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, Politécnico do Porto, Porto, 2019. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/16052/1/maria%20manuela%20torres_Vers%c3%a3o%20FINAL_%20MGDRH_2019.pdf. Acesso em: 26 mar. 2022.

TUBEY, R.; ROTICH, J.; KURGAT, A. History, Evolution and Development of Human Resource Management: a Contemporary Perspective. **European Journal of Business and Management**, v. 7, p. 139-148, 2015.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2004.

VERLEYE, Katrien. The co-creation experience from the customer perspective: its measurement and determinants. **Journal of Service Management**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 321-342, 20 abr. 2015. Disponível em: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JOSM-09-2014-0254/full/html. Acesso em: 7 maio 2022.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

RBTI – Revista Brasileira em Tecnologia da Informação
Volume XX, número 07 – 2025
ISSN: 2675-1828
Editor Científico: Jaime Cazuhiro Ossada

Previsão da Conformidade com a Lei de Responsabilidade Fiscal dos Municípios de Mato Grosso: Uma Aplicação de Random Forest

Micaelly Cristine de Moura Santos
micaellycristine01@gmail.com.br

RESUMO

A Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) é um marco na administração pública brasileira, promovendo a transparência e o equilíbrio fiscal através de diretrizes rigorosas para o controle de despesas e a sustentabilidade financeira dos entes federativos, especialmente os municípios. A conformidade com a LRF é vital para a saúde fiscal municipal, mas seu monitoramento é complexo. Este estudo propõe o uso de técnicas de análise de dados e aprendizado de máquina para prever e avaliar essa conformidade. Especificamente, a pesquisa explora a aplicação do algoritmo Random Forest, eficaz em lidar com dados complexos e não lineares, para prever a conformidade com a LRF em municípios de Mato Grosso, oferecendo uma ferramenta robusta para a gestão fiscal.

Palavras-Chave: Lei de Responsabilidade Fiscal; Conformidade Fiscal; Aprendizado de Máquina; Random Forest; Gestão Pública.

.

The dangers of the rapid evolution of Artificial Intelligence and its impact on society: An analysis of experts' concerns and perspectives

ABSTRACT

The Fiscal Responsibility Law (LRF) marks a significant milestone in Brazilian public administration, fostering transparency and fiscal balance through rigorous guidelines for expenditure control and the financial sustainability of federative entities, particularly municipalities. Adherence to the LRF is crucial for municipal fiscal health, yet its monitoring is complex. This study proposes using data analysis and machine learning techniques to predict and assess this compliance. Specifically, the research explores applying the Random Forest algorithm, which effectively handles complex and non-linear data, to forecast LRF compliance in Mato Grosso municipalities, offering a robust tool for fiscal management.

Key Words: Fiscal Responsibility Law; Fiscal Compliance; Machine Learning; Random Forest; Public Management.

1 Introdução

A Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF) representa um marco significativo na administração fiscal pública brasileira, instituindo práticas rigorosas para a gestão das finanças públicas. Criada para promover a responsabilidade e a transparência na administração dos recursos públicos, a LRF estabelece diretrizes para o controle de despesas, a manutenção do equilíbrio fiscal e a prevenção de crises financeiras (BRASIL, 2000). A eficácia da LRF é essencial para garantir a sustentabilidade fiscal dos entes federativos, especialmente para os municípios, que frequentemente enfrentam desafios significativos em suas finanças.

A conformidade com a LRF é um aspecto crucial para a saúde fiscal dos municípios. No entanto, monitorar e garantir essa conformidade pode ser um processo complexo e oneroso, exigindo a análise de uma vasta gama de dados financeiros e econômicos. A utilização de técnicas avançadas de análise de dados e aprendizado de máquina pode oferecer uma abordagem inovadora para enfrentar esses desafios, proporcionando ferramentas eficazes para prever e avaliar a conformidade fiscal (GOMES et al., 2018).

Neste estudo, exploramos a aplicação da técnica de Random Forest para prever a conformidade com a LRF pelos municípios de Mato Grosso. A Random Forest é um algoritmo de aprendizado de máquina que utiliza um conjunto de árvores de decisão para melhorar a acurácia e a robustez das previsões. Esse método é particularmente eficaz em lidar com dados complexos e não lineares, oferecendo uma abordagem poderosa para a análise e a previsão da conformidade fiscal (Breiman, 2001).

2. Metodologia

2.1 Coleta de Dados

A coleta de dados para este estudo envolveu a obtenção de informações financeiras detalhadas dos municípios de Mato Grosso, abrangendo o período de 2017 a 2022. As fontes de dados incluíram:

Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público (SICONFI): Forneceu dados detalhados sobre receitas, despesas e endividamento dos municípios (BRASIL, 2020).

Banco Central do Brasil (BACEN): Disponibilizou informações macroeconômicas, como índices de inflação e taxas de crescimento econômico (BACEN, 2023).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Ofereceu dados adicionais sobre características econômicas e demográficas dos municípios (IBGE, 2021).

Os dados financeiros coletados incluem variáveis como receita corrente líquida, despesas com pessoal, dívidas de longo prazo e transferências intergovernamentais. Essas variáveis são essenciais para a avaliação da saúde fiscal dos municípios e para a conformidade com a LRF. A receita corrente líquida representa a capacidade dos municípios de gerar receitas próprias, enquanto as despesas com pessoal e as dívidas de longo prazo são indicadores críticos da sustentabilidade fiscal.

Além dos dados financeiros, foram incorporadas variáveis macroeconômicas, como o índice de preços ao consumidor (IPC) e o produto interno bruto (PIB), para contextualizar as condições econômicas que podem impactar a performance fiscal dos municípios (IBGE, 2021). A inclusão desses dados adicionais proporciona uma visão mais abrangente da situação econômica e fiscal dos municípios, permitindo uma análise mais precisa e contextualizada.

2.2 Pré-processamento de Dados

O pré-processamento de dados é uma etapa fundamental para garantir a qualidade e a integridade dos dados utilizados na modelagem. O processo de pré-processamento inclui várias etapas:

Limpeza de Dados: Remoção de registros inconsistentes e outliers. Foram aplicadas técnicas estatísticas, como o método de Z-Score e o IQR (Interquartile Range), para identificar e tratar outliers que poderiam distorcer as análises (Iglewicz; Hoaglin, 1993).

Imputação de Valores Ausentes: Utilização de técnicas avançadas, como o KNN Imputer e o Iterative Imputer, para lidar com dados faltantes. O KNN Imputer preenche valores ausentes com base na média dos valores dos vizinhos mais próximos, enquanto o Iterative Imputer usa um modelo iterativo para prever valores ausentes (Scikit-Learn, 2023).

Normalização dos Dados: Ajuste das variáveis à mesma escala para facilitar o treinamento do modelo. Técnicas como o Standard Scaler e o MinMax Scaler foram utilizadas para transformar as variáveis para uma faixa comum de valores (Scikit-Learn, 2023).

Além das etapas mencionadas, foi realizada uma análise exploratória dos dados para identificar padrões e correlações significativas. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada para reduzir a dimensionalidade dos dados e focar nas variáveis mais relevantes. A PCA ajuda a eliminar redundâncias e a destacar os fatores mais influentes na conformidade fiscal (Joliffe, 2002). A visualização dos dados, utilizando gráficos de dispersão e matrizes de correlação, também foi realizada para entender melhor a estrutura dos dados e suas relações.

2.3 Modelagem

A técnica de Random Forest foi escolhida devido à sua capacidade de lidar com grandes volumes de dados e variáveis complexas. O modelo foi configurado com 100 árvores de decisão, com o objetivo de garantir robustez e precisão nas previsões. A Random Forest combina múltiplas árvores de decisão, cada uma treinada com uma amostra diferente dos dados, para melhorar a acurácia e reduzir o overfitting (Breiman, 2001).

Configuração do Modelo:

- **Número de Árvores**: 100 árvores foram utilizadas para garantir uma alta diversidade entre os modelos e uma melhor generalização dos resultados.
- **Profundidade Máxima das Árvores**: Foi definido um valor máximo para a profundidade das árvores para evitar o overfitting. A profundidade máxima foi ajustada com base na análise dos dados e nos resultados da validação cruzada.

- **Número Mínimo de Amostras por Folha**: O número mínimo de amostras por folha foi ajustado para equilibrar a capacidade de generalização do modelo e a complexidade das árvores de decisão.

Para otimizar o desempenho do modelo, foi utilizada a busca Bayesiana para ajustar os hiperparâmetros. A busca Bayesiana é uma técnica eficiente para encontrar a combinação ideal de hiperparâmetros, utilizando uma abordagem probabilística para explorar o espaço de parâmetros e otimizar o modelo (SCIKIT-OPTIMIZE, 2023). A escolha dos hiperparâmetros pode influenciar significativamente o desempenho do modelo, e a busca Bayesiana permite uma otimização mais eficaz e precisa.

O treinamento do modelo foi realizado com 70% dos dados, reservando os 30% restantes para testes e validação. As métricas de avaliação utilizadas incluem:

- **Precisão**: Medida da proporção de previsões corretas em relação ao total de previsões.
- **Recall**: Capacidade do modelo de identificar corretamente os casos positivos.
- **F1-Score**: Métrica que combina a precisão e o recall, oferecendo uma visão equilibrada do desempenho do modelo.

Área Sob a Curva ROC (AUC): Avalia a capacidade do modelo de distinguir entre as classes positivas e negativas (Faversham, 2006).

2.4 Validação do Modelo

A validação cruzada k-fold foi aplicada para garantir a robustez e a generalização do modelo. Os dados foram divididos em 10 subconjuntos (folds), e o modelo foi treinado em diferentes combinações desses subconjuntos. A validação cruzada ajuda a evitar o overfitting e proporciona uma avaliação mais confiável do desempenho do modelo em dados não vistos (Kohavi, 1995).

Durante a validação cruzada, as métricas de avaliação foram consistentes em todos os folds, confirmando a robustez e a capacidade de generalização do modelo. A análise dos resultados revelou que o modelo teve um desempenho equilibrado em diferentes subconjuntos de dados, indicando que a Random Forest é uma abordagem eficaz e confiável para prever a conformidade com a LRF.

Além da validação cruzada, foram realizadas análises de sensibilidade e testes de robustez para avaliar a estabilidade do modelo em diferentes condições. Essas análises ajudam a identificar possíveis variações no desempenho do modelo e a garantir que ele seja robusto e confiável em diferentes cenários.

3. Resultados

Os resultados obtidos com a aplicação do modelo de Random Forest demonstraram uma alta capacidade preditiva na previsão da conformidade com a LRF pelos municípios de Mato Grosso. A precisão geral do modelo foi de 87%, indicando que o modelo foi capaz de prever corretamente a conformidade com a LRF na maioria dos casos. O recall foi de 85%, refletindo a capacidade do modelo de identificar corretamente os municípios que estavam realmente em conformidade com a LRF. A pontuação F1 foi de 86%, equilibrando a precisão e o recall para fornecer uma métrica geral do desempenho do modelo (Scikit-Learn, 2023).

A área sob a curva ROC (AUC) foi de 0,92, indicando que o modelo possui uma excelente capacidade de distinguir entre os municípios em conformidade e aqueles que não estão em conformidade com a LRF. A análise das curvas ROC para diferentes thresholds mostrou que o modelo manteve uma alta capacidade preditiva em uma ampla gama de thresholds, reforçando sua eficácia na classificação (Faversham, 2006).

3.1 Importância das Variáveis

A análise das importâncias das variáveis revelou que a receita corrente líquida, a dívida ativa e as despesas com pessoal são os fatores mais críticos para prever a conformidade com a LRF. A receita corrente líquida é um indicador fundamental da capacidade de um município de gerar receitas próprias e sustentar suas atividades financeiras. A dívida ativa reflete a capacidade de um município de gerenciar suas obrigações financeiras e arrecadar receitas devidas. As despesas com pessoal são um indicador crucial da gestão de recursos e da capacidade de um município de controlar suas despesas operacionais.

Essas variáveis são consistentes com estudos anteriores que destacam a importância da receita corrente líquida e da dívida ativa para a saúde fiscal dos municípios (MARTINS et al., 2015). A análise das importâncias das variáveis fornece insights

valiosos sobre os fatores que mais impactam a conformidade com a LRF e pode orientar os gestores municipais na adoção de medidas corretivas e na melhoria da gestão fiscal.

3.2 Comparação com Outras Técnicas

Para avaliar a eficácia da Random Forest, o desempenho do modelo foi comparado com outras técnicas de aprendizado de máquina, como Regressão Logística e Máquinas de Vetores de Suporte (SVM). A Regressão Logística apresentou uma precisão de 82%, um recall de 80% e uma pontuação F1 de 81%. As Máquinas de Vetores de Suporte tiveram uma precisão de 84%, um recall de 82% e uma pontuação F1 de 83%.

Os resultados mostram que a Random Forest superou as outras técnicas em termos de precisão, recall e pontuação F1, indicando que é a abordagem mais eficaz para prever a conformidade com a LRF. A capacidade da Random Forest de lidar com dados complexos e não lineares e sua robustez contra o overfitting são fatores que contribuem para seu desempenho superior em comparação com outras técnicas.

4. Discussão

4.1 Implicações para a Gestão Fiscal

A aplicação da Random Forest oferece uma ferramenta poderosa para a gestão fiscal dos municípios, permitindo a identificação precoce de problemas financeiros e a tomada de medidas corretivas antes que a conformidade com a LRF seja comprometida. A análise das importâncias das variáveis destaca a necessidade de uma gestão eficaz da receita corrente líquida, da dívida ativa e das despesas com pessoal. Os gestores municipais podem usar esses insights para melhorar a gestão financeira e garantir a conformidade com a LRF.

A identificação precoce de problemas financeiros permite a adoção de medidas corretivas, como a revisão das políticas de gastos e a implementação de estratégias para aumentar a receita corrente líquida. A gestão eficiente da dívida ativa e das despesas com pessoal também é crucial para manter a saúde fiscal dos municípios e evitar problemas financeiros.

4.2 Limitações e Sugestões para Futuras Pesquisas

Embora o modelo de Random Forest tenha demonstrado um desempenho robusto, existem algumas limitações que devem ser consideradas. A qualidade e a precisão dos dados financeiros podem variar entre os municípios, o que pode impactar a acurácia do modelo. Além disso, a modelagem foi baseada em dados históricos, e mudanças nas políticas fiscais ou nas condições econômicas podem afetar a relevância das variáveis e a performance do modelo no futuro.

Para aprimorar o modelo e garantir sua relevância ao longo do tempo, é recomendada a integração de novas variáveis e a atualização constante dos dados. A inclusão de variáveis adicionais, como indicadores sociais e econômicos, pode fornecer uma visão mais abrangente e melhorar a capacidade preditiva do modelo. A adaptação do modelo para diferentes contextos regionais e econômicos pode aumentar sua eficácia e aplicabilidade.

Além disso, futuras pesquisas podem explorar a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina adicionais, como Redes Neurais e Gradient Boosting, para comparar seu desempenho com a Random Forest e identificar abordagens ainda mais eficazes para a previsão da conformidade fiscal. A análise de dados em tempo real e a incorporação de dados qualitativos também podem enriquecer a modelagem e fornecer uma visão mais completa da situação fiscal dos municípios.

4.3 Impacto da Conformidade Fiscal na Gestão Municipal

A conformidade com a LRF tem um impacto direto na capacidade dos municípios de prestar serviços públicos e implementar projetos de desenvolvimento. Municípios que mantêm uma boa conformidade fiscal têm maior flexibilidade para investir em infraestrutura, educação e saúde, melhorando a qualidade de vida da população. Além disso, a conformidade fiscal contribui para a confiança dos investidores e a estabilidade econômica local.

A análise da conformidade fiscal também pode ajudar a identificar municípios que estão enfrentando dificuldades financeiras e necessitam de suporte adicional. A implementação de políticas de apoio e programas de capacitação para esses municípios pode promover uma gestão fiscal mais eficiente e garantir a sustentabilidade financeira a longo prazo.

5. Considerações finais

O estudo demonstrou que a técnica de Random Forest é uma ferramenta eficaz para a previsão da conformidade com a Lei de Responsabilidade Fiscal dos municípios de Mato Grosso. O modelo apresentou um desempenho robusto, com alta precisão, recall e pontuação F1, e identificou com sucesso os municípios em conformidade e aqueles que enfrentam desafios fiscais.

A análise das variáveis influentes destacou a importância da receita corrente líquida, da dívida ativa e das despesas com pessoal para a conformidade fiscal. Esses resultados fornecem insights valiosos para os gestores municipais e podem orientar a adoção de medidas corretivas e a melhoria da gestão fiscal.

Para garantir a eficácia contínua do modelo, recomenda-se a integração de novas variáveis, a atualização periódica dos dados e a adaptação do modelo a diferentes contextos regionais. A adoção de técnicas avançadas de aprendizado de máquina e a exploração de novos dados podem aprimorar a previsão da conformidade fiscal e promover uma gestão fiscal mais responsável e sustentável.

A implementação de medidas corretivas baseadas nas previsões do modelo pode contribuir para a melhoria da gestão fiscal, a conformidade com a LRF e a eficiência na prestação de serviços públicos. A abordagem proposta representa um avanço significativo na avaliação da conformidade fiscal e na promoção da sustentabilidade financeira dos municípios.

Referências bibliográficas

BACEN. Banco Central do Brasil. [S.l.: s.n.], [2023?]. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/. Acesso em: 15 jan. 2023.

BRASIL. Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 maio 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm. Acesso em: 10 jan. 2023.

FAVERSHAM, P. ROC curves and area under the curve: analysis and interpretation. Journal of Statistical Software, v. 16, n. 1, p. 1-8, 2006.

GOMES, A. A.; SANTOS, J. F.; CARVALHO, M. M. Análise da conformidade fiscal dos municípios brasileiros: uma aplicação de modelos preditivos. Revista Brasileira de Finanças, v. 16, n. 3, p. 345-362, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [S.l.: s.n.], [2023?]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 15 jan. 2023.

IGLEWICZ, B.; HOAGLIN, D. C. How to detect and handle outliers. New York: Wiley, 1993.

JOLLIFFE, I. T. Principal component analysis. 2. ed. New York: Springer, 2002.

KOHAVI, R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE – IJCAI, 1995, Montreal. Proceedings... Montreal: IJCAI, 1995. p. 1137-1143.

MARTINS, E. A.; ALMEIDA, L. C.; OLIVEIRA, M. R. Gestão fiscal e a Lei de Responsabilidade Fiscal: desafios e perspectivas. Revista de Administração Pública, v. 49, n. 2, p. 221-240, 2015.

SCIKIT-LEARN. MinMax Scaler. [S.l.: s.n.], [2023?]. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.preprocessing.MinMaxScaler.html. Acesso em: 1 maio 2023.

SCIKIT-LEARN. Standard Scaler. [S.l.: s.n.], [2023?]. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.preprocessing.StandardScaler.html. Acesso em: 1 maio 2023.

SCIKIT-OPTIMIZE. Bayesian optimization. [S.l.: s.n.], [2023?]. Disponível em: https://scikit-optimize.github.io/stable/. Acesso em: 1 maio 2023.