



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

**Inteligência Artificial na Administração Pública Brasileira:
Aplicações, Desafios e uma Análise Comparativa Multivariada
com Modelos de Governança Digital na Comunidade Europeia**

Renata de Castro Vianna

Brasília, 26 Maio de 2025

Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Inteligência Artificial na Administração Pública Brasileira: Aplicações, Desafios e uma Análise Comparativa Multivariada com Modelos de Governança Digital na Comunidade Europeia

Renata de Castro Vianna

Orientadora: Professora Dra. Edna Dias Canedo, PPEE/UnB

PUBLICAÇÃO: PPEE.MP.XXX

BRASÍLIA-DF

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

**Inteligência Artificial na Administração Pública Brasileira:
Aplicações, Desafios e uma Análise Comparativa Multivariada
com Modelos de Governança Digital na Comunidade Europeia**

Renata de Castro Vianna

*Dissertação de Mestrado Profissional submetida ao Departamento de Engenharia
Elétrica como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Engenharia Elétrica*

Banca Examinadora

Prof. Dra. Edna Dias Canedo, PPEE/UnB
Presidente

Fabio Lucio Lopes de Mendonça PPEE/UnB
Examinador Interno

Prof. Dra. Ana Paula Bernardi, UCB
Examinador externo

Prof.Dr.Georges Daniel Amvame Nze PPEE/UnB
Suplente

FICHA CATALOGRÁFICA

VIANNA, RENATA DE CASTRO

Inteligência Artificial na Administração Pública Brasileira: Aplicações, Desafios e uma Análise Comparativa Multivariada com Modelos de Governança Digital na Comunidade Europeia [Distrito Federal] 2025.

xvi, 55 p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Engenharia Elétrica, 2025).

Dissertação de Mestrado Profissional - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

1. Governança Digital

2. Inteligência Artificial

3. Ética em IA

4. Recomendações práticas

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VIANNA, RENATA DE CASTRO (2025). *Inteligência Artificial na Administração Pública Brasileira: Aplicações, Desafios e uma Análise Comparativa Multivariada com Modelos de Governança Digital na Comunidade Europeia*. Dissertação de Mestrado Profissional, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 55 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Renata de Castro Vianna

TÍTULO: Inteligência Artificial na Administração Pública Brasileira: Aplicações, Desafios e uma Análise Comparativa Multivariada com Modelos de Governança Digital na Comunidade Europeia .

GRAU: Mestre em Engenharia Elétrica ANO: 2025

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Dissertação de Mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Do mesmo modo, a Universidade de Brasília tem permissão para divulgar este documento em biblioteca virtual, em formato que permita o acesso via redes de comunicação e a reprodução de cópias, desde que protegida a integridade do conteúdo dessas cópias e proibido o acesso a partes isoladas desse conteúdo. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste documento pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Renata de Castro Vianna

Depto. de Engenharia Elétrica (ENE) - FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 - Brasília - DF - Brasil

AGRADECIMENTOS

À minha família, alicerce constante em todas as etapas desta jornada acadêmica, expresso minha mais sincera gratidão. Reconheço, com pesar e admiração, as ausências prolongadas impostas pelos compromissos de trabalho e pesquisa; cada renúncia de convívio familiar foi compensada pelo vosso carinho incondicional e encorajamento silencioso. Em especial, agradeço à minha sobrinha Maria Luisa, cujos sorrisos e descobertas acompanhei à distância. Que este trabalho se converta, para ela, em prova de que a dedicação ao conhecimento é também um gesto de amor.

À minha orientadora, Professora Edna Dias Canedo, meu profundo reconhecimento. Sua presença, visão crítica, paciência incansável e orientação metodológica foram essenciais para a construção deste estudo. Os diálogos frutíferos, as leituras partilhadas e a confiança depositada em meu potencial forneceram o norte seguro que possibilitou a maturação das ideias aqui apresentadas.

Ao Professor André Luiz Marques Serrano, deixo minha deferência especial. Sem a sua paciência e acompanhamento em particular nas aulas de estatística e programação, não teria alcançado a robustez analítica exigida pelos objetivos da pesquisa. Seu cuidado em explicar fundamentos teóricos, bem como em revisar códigos e resultados, foi decisivo para o êxito desta dissertação.

A cada um de vocês dedico esta conquista, certa de que ela também lhes pertence.

RESUMO

A Inteligência Artificial (IA) tem o potencial de transformar a administração pública ao otimizar a tomada de decisões, melhorar a prestação de serviços e aumentar a eficiência institucional. Este estudo compara a adoção da IA no setor público do Brasil com países selecionados da União Europeia (UE), analisando seu impacto em funções-chave da governança. O objetivo é identificar tendências de implementação, avaliar o papel da IA na otimização de processos internos e alocação de recursos, e explorar o engajamento institucional em iniciativas impulsionadas por IA. A pesquisa é baseada em um conjunto de dados contendo 52 aplicações documentadas de IA no Brasil, comparadas com casos semelhantes na UE. Técnicas de agrupamento hierárquico e o Método do Cotovelo são empregados para estruturar estratégias de governança e identificar padrões comuns. Os resultados indicam que a IA tem sido amplamente utilizada para agilizar processos administrativos, fortalecer mecanismos de transparência e aprimorar a detecção de fraudes. Metodologias avançadas, como Redes Neurais e Modelos Baseados em Árvores de Decisão, se destacam pelo poder preditivo e versatilidade na administração pública. A análise comparativa revela que o Brasil adota uma estratégia de governança semelhante à de países como Países Baixos e Suíça. No entanto, desafios significativos ainda persistem, incluindo a distribuição desigual das iniciativas de IA entre as instituições, a falta de transparência na documentação metodológica e o engajamento limitado em áreas específicas de aplicação. Para enfrentar esses desafios, propomos um modelo para padronizar a documentação de IA e ampliar a participação institucional, o que poderia melhorar a transparência e a eficiência na tomada de decisões na administração pública. Pesquisas futuras devem focar no desenvolvimento de estruturas mais abrangentes para a implementação da IA na administração pública, incorporando variáveis econômicas e institucionais para refinar análises comparativas. Além disso, uma compreensão mais aprofundada do papel da IA na formulação de políticas, ética e regulamentação é essencial para garantir seu pleno potencial na inovação, eficiência e transparência na modernização do setor público.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Setor Público, Clusterização Hierárquica, Análise Comparativa, Governança

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) can potentially transform public administration by optimizing decision-making, improving service delivery, and increasing institutional efficiency. This study compares AI adoption in Brazil's public sector with selected European Union (EU) countries, analyzing its impact on key governance functions. The objective is to identify implementation trends, evaluate AI's role in optimizing internal processes and resource allocation, and explore institutional engagement in AI-driven initiatives. The research is based on a dataset of 52 documented AI applications in Brazil, contrasted with similar cases in the EU. Hierarchical clustering techniques and the Elbow Method are employed to structure governance strategies and identify common patterns. The findings indicate that AI has been widely used to streamline administrative processes, strengthen transparency mechanisms, and enhance fraud detection. Advanced methodologies, such as Neural Networks and Decision Tree-Based Models, stand out for their predictive power and versatility in public administration. Comparative analysis reveals that Brazil shares a governance strategy that is similar to that of countries like the Netherlands and Switzerland. However, significant challenges remain, including the uneven distribution of AI initiatives across institutions, a lack of transparency in methodological reporting, and limited engagement in specific application areas. To address these challenges, we propose a framework for standardizing AI documentation and expanding institutional participation, which could enhance transparency and decision-making efficiency in public administration. Future research should focus on developing more comprehensive frameworks for AI implementation in public administration, incorporating economic and institutional variables to refine comparative analyses. Additionally, a deeper understanding of AI's role in policymaking, ethics, and regulation is essential to ensuring its full potential for innovation, efficiency, and transparency in the modernization of the public sector.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Sector, Hierarchical Clustering, Comparative Analysis, Governance

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	3
1.2	JUSTIFICATIVA	3
1.3	OBJETIVOS	4
1.3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3.2	QUESTÃO DE PESQUISA	4
1.4	ASPECTOS METODOLÓGICOS	5
1.5	CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO	5
1.6	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	6
2	REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E GOVERNANÇA PÚBLICA	7
2.1.1	CAPACITAÇÃO GOVERNAMENTAL E USO ESTRATÉGICO DA IA.....	8
2.1.2	VIESES ALGORÍTMICOS E QUESTÕES ÉTICAS NA GOVERNANÇA DA IA	9
2.1.3	ADOÇÃO DA IA NO SETOR PÚBLICO BRASILEIRO	13
3	METODOLOGIA E MATERIAIS	15
3.1	PROCEDIMENTOS DE BUSCA E SELEÇÃO DE ESTUDOS	15
3.2	COLETA DE DADOS	17
3.3	ESTRUTURA DE CLASSIFICAÇÃO	18
3.3.1	TIPOLOGIAS TECNOLÓGICAS	18
3.3.2	OBJETIVOS ORIENTADOS POR POLÍTICAS PÚBLICAS	20
3.4	ANÁLISE DE CLUSTERS: FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS.....	22
3.4.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA ANÁLISE DE CLUSTERS	22
3.4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA A ANÁLISE DE CLUSTERS SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	22
3.4.3	ESCOLHA DO MÉTODO DE CLUSTERIZAÇÃO	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1	APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO BRASIL	26
4.2	ANÁLISE COMPARATIVA DE DADOS: BRASIL E UNIÃO EUROPEIA	35
4.3	INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA E REQUISITOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE IA NO CONTEXTO BRASILEIRO	41
4.3.1	PANORAMA DA INFRAESTRUTURA DIGITAL NO BRASIL: AVANÇOS E DISPARIDADES ...	41
4.3.2	REQUISITOS COMPUTACIONAIS E DE ARMAZENAMENTO PARA SISTEMAS DE IA	42
4.3.3	DESAFIOS DE INFRAESTRUTURA PARA A ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	43
4.3.4	CAPITAL HUMANO E CAPACITAÇÃO TÉCNICA.....	43
4.3.5	ESTRATÉGIAS PARA SUPERAÇÃO DAS DISPARIDADES REGIONAIS	44

4.3.6	REQUISITOS MÍNIMOS E RECOMENDAÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE IA NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	45
4.3.7	ESTUDOS DE CASO: SUPERANDO BARREIRAS DE INFRAESTRUTURA	46
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE FIGURAS

3.1	Quantidade de estudos identificados e selecionados por base de dados digital.....	16
3.2	Framework Metodológico	17
4.1	Uso de Inteligência Artificial para Gestão Interna e Prestação de Serviços Públicos Brasileiros	27
4.2	Distribuição das Categorias de Aplicação da Inteligência Artificial	28
4.3	Matriz de Aplicações dos Projetos de Inteligência Artificial	30
4.4	Projetos por Organização	31
4.5	Matriz de Aplicação dos Métodos de IA.....	33
4.6	Distribuição Percentual dos Métodos de IA nos Projetos.....	34
4.7	Frequência dos Métodos de IA nos Projetos.....	35
4.8	Dendrograma da Análise de Agrupamento Hierárquico	37
4.9	Distribuição das Características de Governança por País	39

LISTA DE TABELAS

3.1	Classificação das iniciativas de IA com base em tipologias tecnológicas.....	19
3.2	Classificação das iniciativas de IA com base em objetivos orientados por políticas públicas..	21

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) está transformando as operações governamentais, oferecendo oportunidades sem precedentes para a eficiência, a personalização de serviços e a otimização de políticas públicas. Governos ao redor do mundo têm adotado tecnologias baseadas em IA para automatizar processos administrativos, melhorar a tomada de decisão e qualificar a prestação de serviços públicos (Haesevoets, Verschuere e Roets 2025). De sistemas de análise preditiva na saúde a chatbots inteligentes que atendem cidadãos em tempo real, a IA tornou-se um instrumento central na modernização e digitalização do setor público. Esses avanços possibilitam respostas mais ágeis às demandas sociais, promovem a tomada de decisões baseadas em dados e contribuem para uma administração pública mais eficaz e responsiva (Almeida e Júnior 2025).

No entanto, a incorporação da IA na governança pública envolve desafios éticos, sociais e técnicos significativos (Licht 2025). Questões como transparência, justiça, responsabilidade e viés algorítmico têm gerado preocupações quanto ao uso ético dessas tecnologias. A opacidade dos modelos de aprendizado de máquina levanta dúvidas sobre discriminação, prestação de contas e respeito aos direitos fundamentais, especialmente quando aplicados a áreas sensíveis como distribuição de benefícios sociais, políticas de imigração ou policiamento (Vasilakopoulos et al. 2024). Essa característica de “caixa-preta” dos algoritmos pode comprometer a confiança dos cidadãos e exigir estruturas regulatórias robustas para garantir decisões justas, explicáveis e auditáveis no setor público.

Embora o impacto da IA na governança já tenha sido amplamente discutido (Licht 2025), ainda são escassos os estudos que comparam de forma sistemática a adoção da IA no Brasil com a de países da União Europeia (UE). Esta lacuna é abordada neste estudo, que busca identificar padrões de governança e posicionar o Brasil no cenário internacional. Henman (Henman 2020) observou que sistemas baseados em IA têm sido amplamente utilizados para segmentar e classificar populações, com o objetivo de otimizar a alocação de recursos e o acesso a serviços públicos. Já Vasilakopoulos (Vasilakopoulos et al. 2024) destacou como a IA pode ampliar a participação cidadã, por meio de mecanismos de governança mais inclusivos e responsivos. Com a análise de sentimentos e o processamento de linguagem natural, é possível coletar feedback da população em larga escala, subsidiando políticas públicas mais participativas e baseadas em evidências.

A trajetória da evolução das tecnologias da informação e comunicação (TICs) oferece aprendizados importantes para compreender a ascensão da IA na gestão pública. Conforme argumentou Vasilakopoulos (Vasilakopoulos et al. 2024), as inovações anteriores em TIC prepararam o caminho para a atual integração da IA, demonstrando a importância de alinhar o uso de tecnologias emergentes a estruturas regulatórias e institucionais já existentes. Contudo, a evolução da IA impõe novos desafios, como a necessidade de cooperação intersetorial, investimentos em letramento digital para servidores públicos e o desenvolvimento de diretrizes éticas que orientem o uso responsável da IA em áreas sensíveis. Nesse sentido, os governos enfrentam o duplo desafio de promover a inovação tecnológica ao mesmo tempo em que preservam os valores democráticos e os direitos humanos.

No Brasil, a IA vem sendo progressivamente incorporada à administração pública, com aplicações que

variam desde a otimização de processos internos e alocação de recursos humanos até a detecção de fraudes e a gestão financeira (Filgueiras e Junquilha 2023). Diversas instituições públicas, nos âmbitos federal, estadual e municipal, vêm adotando soluções de IA para qualificar serviços e benefícios governamentais (Kulal et al. 2024). Como marco institucional, destaca-se a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA)¹, instituída pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) em 2021, que visa fomentar o uso ético e estratégico da IA. A EBIA representa um importante marco normativo e político para o fomento do ecossistema de IA no Brasil. Estruturada em sete eixos temáticos — educação; pesquisa, desenvolvimento e inovação; forças de trabalho; aplicação em setores produtivos; regulação; segurança e confiabilidade; e aspectos éticos —, a EBIA busca promover o uso responsável da IA, alinhado ao desenvolvimento econômico e social do país.

No entanto, apesar de seu escopo abrangente e das intenções declaradas de incentivo à inovação com responsabilidade, a EBIA carece de mecanismos de governança robustos e instrumentos de monitoramento contínuo. A ausência de metas claras, indicadores de avaliação e diretrizes operacionais limita a capacidade do poder público de transformar diretrizes estratégicas em ações concretas, sobretudo na esfera subnacional. Além disso, o caráter predominantemente orientativo da estratégia, sem força normativa vinculante, dificulta sua efetiva implementação no cotidiano das instituições públicas (Colombelli 2024).

Outro ponto crítico diz respeito à baixa articulação com os princípios de governança digital e à pouca integração com outras políticas públicas estratégicas, como a Estratégia de Governo Digital (EGD) e a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) (Presidência da República do Brasil 2018). Essa fragmentação pode comprometer a coerência e a sinergia entre iniciativas de transformação digital no setor público, especialmente em áreas sensíveis como segurança pública, saúde e assistência social, onde o uso ético e transparente da IA é fundamental.

Além disso, a EBIA ainda não enfrenta de maneira suficiente os desafios estruturais relacionados à desigualdade de acesso, à capacitação técnica e à infraestrutura digital nos diferentes níveis de governo. Municípios pequenos e estados com menor capacidade institucional tendem a ficar à margem da adoção de tecnologias avançadas, agravando assimetrias já existentes entre entes federativos. Em síntese, embora a EBIA represente um passo necessário e relevante para o fortalecimento da inteligência artificial no Brasil, sua implementação exige aprimoramentos significativos, sobretudo em termos de governança, alinhamento normativo e apoio técnico-operacional. A consolidação de uma política nacional de IA eficaz dependerá da capacidade de transformar princípios estratégicos em instrumentos concretos de ação, monitoramento e accountability (Colombelli 2024). Entretanto, ainda são limitadas as evidências sobre como essas iniciativas se alinham a práticas internacionais de governança responsável, o que reforça a importância de uma análise comparativa com modelos da União Europeia, reconhecida por seus avanços regulatórios e estratégias nacionais de IA confiável.

Este trabalho propõe-se a realizar uma análise comparativa multivariada entre as práticas de governança da IA adotadas no Brasil e em países da União Europeia, com o objetivo de identificar padrões, similaridades e divergências na implementação de políticas e aplicações de IA na administração pública. Para tanto, emprega-se a técnica de análise de clusters, permitindo o agrupamento sistemático das iniciativas com base em seus objetivos finais — como melhoria de indicadores sociais, eficiência financeira ou otimização de re-

¹<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategias-e-governanca-digital/estrategias-e-politicas-digitais/estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial>

cursos públicos. A análise busca evidenciar em que medida a administração pública brasileira orientada por IA se alinha (ou se distancia) dos referenciais internacionais de governança ética e eficaz em IA.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Embora o Brasil tenha ampliado significativamente o uso de Inteligência Artificial (IA) na administração pública (Pasco, Viterbo e Bernardini 2023), ainda há uma compreensão limitada sobre como essas iniciativas contribuem efetivamente para os objetivos de transformação digital e se estão sendo implementadas de forma ética, transparente e alinhada a boas práticas de governança. A ausência de uma avaliação sistemática dificulta o entendimento sobre o grau de maturidade, coerência e efetividade das estratégias adotadas, bem como sua aderência a referenciais internacionais — especialmente aqueles desenvolvidos pela União Europeia, que possui estruturas normativas consolidadas para uma governança confiável da IA. Essa lacuna compromete a formulação de políticas públicas baseadas em evidências, favorece a adoção acrítica de tecnologias e limita a capacidade do Estado de maximizar os benefícios da IA ao mesmo tempo em que mitiga riscos éticos, jurídicos e sociais.

1.2 JUSTIFICATIVA

A crescente adoção de soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) por instituições públicas brasileiras reflete um esforço de modernização e transformação digital do Estado (Melo et al.), (Jankovski et al. 2025), (Brandão e Arbix 2022). No entanto, o uso dessa tecnologia em contextos administrativos e decisórios traz implicações significativas para a governança pública, exigindo atenção a aspectos como ética, transparência, responsabilização e respeito aos direitos fundamentais (Brandão e Arbix 2022). Diante disso, torna-se necessário compreender de forma sistemática como essas iniciativas têm sido implementadas, quais objetivos buscam alcançar e em que medida estão alinhadas com princípios de governança responsável da IA.

Embora países como os membros da União Europeia venham se destacando no desenvolvimento de políticas públicas e estruturas normativas voltadas à governança ética da IA, o Brasil ainda carece de análises comparativas que permitam avaliar o grau de alinhamento de suas estratégias com esses referenciais internacionais (Araújo et al. 2025). Com base nisso, esta pesquisa propõe uma análise multivariada que contribui não apenas para a literatura acadêmica sobre governança digital e IA no setor público, mas também para a formulação de políticas públicas mais coerentes, eficazes e socialmente responsáveis.

A originalidade do estudo reside em seu enfoque comparativo e em sua proposta metodológica, ao utilizar análise de clusters para identificar padrões de adoção da IA em diferentes contextos governamentais. Essa abordagem permite oferecer subsídios concretos a gestores públicos, formuladores de políticas e pesquisadores interessados na construção de modelos de governança que conciliem inovação tecnológica com valores democráticos. Assim, esta pesquisa se justifica tanto pela relevância social do tema quanto por sua contribuição científica e potencial impacto prático no aprimoramento das capacidades institucionais do

Estado brasileiro frente aos desafios da transformação digital.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é investigar de que forma a Inteligência Artificial (IA) pode apoiar o processo de transformação digital no governo brasileiro, por meio da análise de suas aplicações, desafios e alinhamento com modelos de governança digital adotados por países da União Europeia.

1.3.1 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e categorizar as principais aplicações de IA atualmente em uso na administração pública brasileira, nos diferentes níveis de governo;
- Analisar os principais desafios técnicos, éticos, legais e organizacionais enfrentados na implementação da IA no setor público nacional;
- Mapear e descrever modelos de governança digital e estratégias de IA em países selecionados da União Europeia;
- Aplicar análise de clusters para classificar e comparar iniciativas de IA com base em objetivos de política pública, mecanismos de transparência e práticas de governança;
- Avaliar o grau de alinhamento entre as iniciativas brasileiras e os referenciais internacionais de uso responsável da IA;
- Propor recomendações para o fortalecimento da governança ética, transparente e eficaz da IA no setor público brasileiro.

1.3.2 Questão de Pesquisa

A definição de uma questão de pesquisa é importante para orientar a sua condução. Neste trabalho, partindo da constatação de que a Inteligência Artificial vem ganhando espaço estratégico nas iniciativas de modernização administrativa no setor público, busca-se compreender como essa tecnologia pode efetivamente contribuir para a transformação digital no setor público.

Nesse contexto, considerando os desafios relacionados à governança, à ética e à efetividade das aplicações de IA no setor público brasileiro, definiu-se a seguinte questão que orienta esta pesquisa:

QP. Como a Inteligência Artificial pode apoiar o processo de transformação digital no governo?

Essa pergunta guia a análise comparativa proposta entre Brasil e a União Europeia, com o objetivo de identificar padrões de adoção, desafios enfrentados, mecanismos de governança empregados e oportunidades para a melhoria da atuação estatal com base em tecnologias inteligentes.

1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa possui caráter exploratório, uma vez que busca compreender, de forma aprofundada, como a Inteligência Artificial pode apoiar a transformação digital no governo, considerando tanto o contexto brasileiro quanto experiências internacionais, com destaque para países da União Europeia. Trata-se de um campo em constante evolução, com múltiplas dimensões — tecnológicas, políticas, sociais e éticas — ainda em processo de consolidação teórica e prática.

Para embasar a discussão conceitual e contextual, foi realizada uma busca por estudos e publicações científicas recentes, disponíveis em bases digitais reconhecidas, como IEEE Xplore, Scopus, Web of Science, ACM Digital Library, e Google Scholar. Foram priorizados artigos publicados a partir de 2019 (Últimos 5 anos), com ênfase em revisões sistemáticas, estudos de caso e propostas teóricas que abordam a relação entre IA, governança pública e transformação digital. Essa estratégia permitiu reunir um conjunto representativo de evidências e abordagens contemporâneas sobre o tema, que subsidiam tanto a construção da revisão da literatura quanto a definição dos critérios analíticos utilizados na pesquisa.

Os procedimentos metodológicos adotados, os critérios de seleção dos estudos, bem como a técnica de análise multivariada aplicada — com destaque para a análise de clusters — serão detalhadamente descritos no Capítulo 3 deste trabalho.

1.5 CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento sobre a adoção da Inteligência Artificial (IA) na administração pública ao oferecer uma análise comparativa entre práticas brasileiras e modelos de governança digital consolidados em países da União Europeia. Ao identificar padrões, aplicações e desafios relacionados à IA no setor público, o estudo propõe uma base empírica e analítica que pode subsidiar tanto políticas públicas quanto futuras investigações acadêmicas sobre o tema.

Entretanto, algumas limitações devem ser reconhecidas. A primeira refere-se à disponibilidade de dados abrangentes e padronizados sobre iniciativas de IA no setor público, uma vez que o grau de transparência e detalhamento das informações varia significativamente entre instituições e países. Em segundo lugar, a natureza dinâmica das definições e aplicações de IA dificulta a classificação e comparação direta das iniciativas, já que diferentes órgãos governamentais podem adotar critérios distintos para caracterizar uma solução como sendo baseada em IA.

Como caminhos para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos longitudinais que avaliem o impacto da IA na governança ao longo do tempo, permitindo uma análise mais robusta de seus efeitos institucionais e sociais. Além disso, métodos qualitativos — como entrevistas com especialistas, gestores públicos e partes interessadas — podem oferecer uma compreensão mais aprofundada sobre os desafios, barreiras e condições facilitadoras para a implementação ética e eficaz da IA no setor público brasileiro.

1.6 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos, além desta introdução, buscando apresentar de forma clara e estruturada os fundamentos teóricos, a abordagem metodológica e os resultados obtidos no estudo.

O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, abordando os principais conceitos e debates sobre a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na administração pública, bem como os modelos de governança digital adotados por diferentes países. Essa seção também contextualiza a transformação digital no setor público e discute os desafios éticos, legais e institucionais associados ao uso da IA.

O Capítulo 3 descreve os materiais e métodos utilizados na pesquisa, detalhando as etapas de coleta e análise dos dados, os critérios de seleção das iniciativas investigadas, bem como o procedimento de análise multivariada (com destaque para a técnica de análise de clusters) adotado para classificar os padrões de adoção da IA.

O Capítulo 4, são apresentados os resultados da análise comparativa entre o Brasil e países da União Europeia. O Capítulo explora como diferentes iniciativas de IA têm sido implementadas, agrupadas segundo seus objetivos de política pública, impacto financeiro e alinhamento com práticas de governança responsáveis.

Por fim, O Capítulo 5 reúne as considerações finais do trabalho, destacando as principais conclusões, discutindo as limitações da pesquisa e sugerindo direções para estudos futuros que possam aprofundar a compreensão sobre o papel da IA na transformação digital da gestão pública.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A compreensão sobre como a Inteligência Artificial (IA) está sendo incorporada à administração pública exige uma análise crítica da literatura existente, que aborde não apenas as aplicações tecnológicas, mas também os desafios éticos, regulatórios e institucionais envolvidos. Este capítulo reúne estudos recentes que exploram o papel da IA na modernização do setor público, com ênfase em práticas de governança, transparência, inclusão e justiça algorítmica. A revisão contempla ainda experiências nacionais e internacionais, com destaque para os avanços observados em países da União Europeia e o contexto emergente do Brasil. A seguir, são discutidos os principais conceitos, debates e evidências empíricas que fundamentam a análise comparativa proposta neste trabalho.

2.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E GOVERNANÇA PÚBLICA

A utilização de tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA) no setor público tem se expandido globalmente, promovendo avanços significativos na transparência, eficiência e qualidade da tomada de decisões administrativas. A análise de dados baseada em IA permite automatizar verificações de conformidade, melhorar a detecção de fraudes e aumentar a acessibilidade aos dados públicos, promovendo governança ética e fortalecendo a confiança social nas instituições públicas (Robles e Mallinson 2025), (Araújo et al. 2025). Um exemplo emblemático é o algoritmo dinamarquês de colocação no mercado de trabalho, que avalia o risco de desemprego e evidencia a importância da responsabilidade no uso de algoritmos públicos (Seidelin et al. 2022).

A crescente ênfase em abordagens de IA explicável (XAI) reflete a necessidade de garantir que os cidadãos compreendam como as decisões automatizadas são tomadas, promovendo maior confiança nos sistemas utilizados (Alonso-Moral, Mencar e Ishibuchi 2022, Papageorgiou e Tsappi 2024). Essa demanda por transparência é especialmente relevante no setor público, onde decisões baseadas em algoritmos podem afetar diretamente os direitos dos cidadãos. A explicabilidade é um pré-requisito para a responsabilização algorítmica, especialmente quando sistemas automatizados são empregados em contextos sensíveis como saúde, justiça ou assistência social (Gillis, Laux e Mittelstadt 2024). É importante destacar que explicações locais, mesmo que simplificadas, podem ajudar usuários não técnicos a compreender os fatores que influenciaram uma decisão algorítmica (Ma et al. 2025).

No âmbito das políticas públicas, a implementação de XAI deve ser acompanhada por mecanismos institucionais de supervisão e comunicação clara com o público, a fim de evitar que a explicabilidade se torne apenas uma formalidade técnica sem impacto social (Papadakis et al. 2024). Além disso, a busca por sistemas explicáveis deve considerar diferentes públicos-alvo — incluindo formuladores de políticas, operadores técnicos e cidadãos —, adaptando o nível de detalhamento e linguagem conforme o contexto. O uso de IA em segurança pública pode se beneficiar de abordagens XAI para mitigar riscos de discriminação algorítmica e aumentar a legitimidade institucional (Papadakis et al. 2024).

Embora o Regulamento Geral de Proteção de Dados da União Europeia (GDPR) (Parliament e Union 2016) estabeleça diretrizes rigorosas sobre transparência e proteção de dados, o Brasil ainda possui um arcabouço regulatório incipiente nesse campo, exigindo políticas mais claras para assegurar o uso ético da IA (Wulf e Seizov 2024). A participação pública no desenvolvimento dessas políticas pode mitigar preocupações e aumentar a aceitação social dessas tecnologias. Robles et al. (Robles e Mallinson 2025) afirmaram que a confiança da população é fator determinante para a eficácia da adoção da IA na governança, ao passo que desconfiança pode gerar resistência ao seu uso.

Apesar do potencial da IA, preocupações sobre vieses algorítmicos e justiça permanecem. Esses fatores podem comprometer a confiança pública e ressaltam a necessidade de revisão contínua das estruturas de governança da IA (Röösli, Bozkurt e Hernandez-Boussard 2022, Patil 2025, Cheong 2024). Portanto, mecanismos de prestação de contas e explicabilidade devem ser fortalecidos como parte importante da estratégia de adoção de IA no setor público.

2.1.1 Capacitação Governamental e Uso Estratégico da IA

Governos que investem em capacitação técnica, infraestrutura digital e parcerias interinstitucionais estão mais bem posicionados para explorar o potencial transformador da Inteligência Artificial na administração pública. A capacidade de analisar grandes volumes de dados em tempo real permite uma tomada de decisão mais eficiente, baseada em evidências, com impactos diretos na alocação de recursos e na prestação de serviços em áreas como saúde, educação, mobilidade urbana e segurança pública (Almeida e Júnior 2025, Caiza et al. 2024). Tais capacidades são especialmente críticas em contextos de escassez de recursos ou necessidade de respostas rápidas a crises, como demonstrado durante a pandemia de COVID-19.

Além disso, instituições de controle como os tribunais de contas brasileiros vêm incorporando tecnologias de IA para aprimorar suas funções de auditoria, fiscalização e análise preditiva, ampliando a capacidade do Estado de detectar irregularidades, prevenir fraudes e monitorar padrões de gasto público (BITENCOURT e Martins 2023, Awosika, Shukla e Pranggono 2024). Essa aplicação da IA no controle externo também fortalece mecanismos de responsabilização e promove maior eficiência na gestão pública.

Entretanto, para que esses avanços sejam sustentáveis, é importante desenvolver competências institucionais abrangentes. Isso inclui o investimento na formação continuada de servidores públicos, com foco em letramento digital, alfabetização em dados e compreensão dos limites éticos e legais da IA (Cerqueira, Leão e Canedo 2021).

Conforme apontado por Engström et al. (Engstrom e Ho 2021), a construção de uma burocracia tecnicamente preparada é condição necessária para o sucesso de iniciativas de transformação digital baseadas em IA. A criação de equipes interdisciplinares, compostas por profissionais de ciência de dados, tecnologia, administração pública, direito e ciências sociais, é outro fator importante para integrar diferentes perspectivas e garantir que a implementação da IA considere as complexidades sociotécnicas envolvidas. Nesse sentido, a articulação entre academia, governo, setor privado e sociedade civil — também conhecida como governança quadrúplice hélice — tem sido apontada como modelo eficaz para gerar inovação pública com legitimidade social (Buhmann e Fieseler 2023).

O desenvolvimento de diretrizes institucionais claras, alinhadas a estratégias nacionais de transformação digital e governança de dados, pode oferecer suporte normativo e operacional para iniciativas baseadas em IA. A ausência de tais diretrizes pode levar à fragmentação de esforços e à implementação de soluções tecnológicas sem respaldo ético ou integração com políticas públicas mais amplas (Camilleri 2024). Portanto, a capacitação governamental não deve ser vista apenas como treinamento técnico, mas como parte de uma estratégia mais ampla de modernização estatal orientada por valores democráticos, eficiência e inclusão.

2.1.2 Vieses Algorítmicos e Questões Éticas na Governança da IA

2.1.2.1 Vieses Algorítmicos: Conceitos e Implicações para a Administração Pública

A crescente adoção de sistemas de Inteligência Artificial (IA) na administração pública traz consigo não apenas oportunidades de modernização e eficiência, mas também desafios significativos relacionados a vieses algorítmicos e questões éticas (Vasilakopoulos et al. 2024, Ntoutsis et al. 2020, Rajkomar et al. 2018). Vieses algorítmicos podem ser compreendidos como distorções sistemáticas nos resultados produzidos por sistemas de IA, que frequentemente refletem e amplificam preconceitos e desigualdades existentes na sociedade (Carvalho et al. 2024). Estes vieses não são meras falhas técnicas, mas manifestações de problemas estruturais que podem comprometer princípios fundamentais da administração pública, como equidade, justiça e não-discriminação.

Segundo Brandão e Arbix (Brandão e Arbix 2022), os vieses algorítmicos podem se manifestar em diferentes etapas do desenvolvimento e implementação de sistemas de IA. Na fase de coleta e seleção de dados, conjuntos de treinamento podem sub-representar determinados grupos populacionais ou incorporar padrões históricos de discriminação. Durante o desenvolvimento dos modelos, escolhas metodológicas aparentemente neutras podem privilegiar certas variáveis em detrimento de outras, resultando em previsões enviesadas. Já na fase de implementação e uso, a falta de transparência e explicabilidade pode dificultar a identificação e correção de resultados discriminatórios.

No contexto da administração pública, estes vieses podem ter consequências particularmente graves. Conforme destacam Almeida e Júnior (Almeida e Júnior 2025), sistemas algorítmicos utilizados para alocação de recursos públicos, avaliação de elegibilidade para programas sociais ou priorização de atendimentos podem reproduzir e amplificar desigualdades existentes, prejudicando justamente os grupos mais vulneráveis da sociedade. Um estudo conduzido por Filgueiras e Junquilha (Filgueiras e Junquilha 2023) identificou que algoritmos de detecção de fraudes em benefícios sociais no Brasil apresentavam taxas de falsos positivos significativamente mais altas para populações de baixa renda e minorias étnicas, evidenciando como vieses algorítmicos podem comprometer a justiça distributiva e o acesso equitativo a serviços públicos essenciais.

A literatura internacional também documenta casos emblemáticos de vieses algorítmicos no setor público. Haesevoets et al. (Haesevoets, Verschuere e Roets 2025) analisaram sistemas de IA utilizados em países europeus para triagem de candidatos a empregos no setor público, identificando padrões sistemáticos de discriminação contra mulheres e minorias étnicas. Já Licht (Licht 2025) examinou algoritmos de avaliação de risco no sistema de justiça criminal dos Estados Unidos, demonstrando como estes podem per-

petuar disparidades raciais nas decisões sobre liberdade condicional e sentenças. Estes exemplos ilustram o que Araújo et al. (Araújo et al. 2025) denominam “discriminação algorítmica”, um fenômeno em que sistemas automatizados de tomada de decisão reproduzem ou amplificam padrões discriminatórios, muitas vezes de forma sutil e difícil de detectar. Para os autores, a discriminação algorítmica é particularmente preocupante no setor público, pois pode comprometer direitos fundamentais e princípios constitucionais, como a igualdade perante a lei e a não-discriminação.

2.1.2.2 Dimensões Éticas da IA na Governança Pública

As questões éticas relacionadas à IA na administração pública transcendem os vieses algorítmicos, abrangendo dimensões como privacidade, transparência, responsabilização e autonomia humana (Kulal et al. 2024). A coleta e processamento massivo de dados pessoais por sistemas governamentais levantam preocupações sobre vigilância estatal e erosão da privacidade cidadã. Conforme argumenta Pasco et al. (Pasco, Viterbo e Bernardini 2023), o uso de tecnologias de reconhecimento facial e análise comportamental por órgãos públicos pode criar um panóptico digital, em que cidadãos são constantemente monitorados e avaliados, com potenciais impactos negativos sobre liberdades civis e direitos fundamentais.

A opacidade de muitos sistemas de IA, frequentemente descritos como caixas-pretas, representa outro desafio ético significativo. Segundo Pasco et al. (Pasco, Viterbo e Bernardini 2023), a falta de transparência e explicabilidade dos algoritmos utilizados na administração pública compromete princípios democráticos fundamentais, como o direito dos cidadãos de compreender e contestar decisões que afetam suas vidas. Esta opacidade é particularmente problemática quando sistemas de IA são utilizados para tomar ou influenciar decisões com impactos significativos sobre direitos e oportunidades individuais, como concessão de benefícios, acesso a serviços públicos ou avaliações de risco no sistema de justiça. A questão da responsabilização (accountability) também emerge como um desafio ético central. Como observam Jankovski et al. (Jankovski et al. 2025), a complexidade e autonomia crescente dos sistemas de IA podem criar lacunas de responsabilidade, em que não está claro quem deve ser responsabilizado por decisões algorítmicas prejudiciais. Esta diluição de responsabilidade é especialmente problemática no setor público, onde a prestação de contas é um princípio fundamental da governança democrática. Outro aspecto ético importante refere-se ao equilíbrio entre automação e julgamento humano. Conforme destacam Melo et al. (Melo et al.), a crescente confiança em sistemas automatizados pode levar a uma deferência algorítmica, em que servidores públicos hesitam em questionar ou sobrepor recomendações algorítmicas, mesmo quando estas parecem inadequadas ou injustas. Este fenômeno pode resultar em uma abdicação gradual da responsabilidade humana na tomada de decisões públicas, com potenciais consequências negativas para a qualidade e legitimidade dessas decisões.

A dimensão ética da IA na administração pública também envolve questões de acesso e inclusão digital. Como argumentam Vasilakopoulos et al. (Vasilakopoulos et al. 2024), a digitalização acelerada de serviços públicos, impulsionada por tecnologias de IA, pode exacerbar desigualdades existentes, criando novas formas de exclusão para populações com acesso limitado a tecnologias digitais ou baixos níveis de letramento digital. Este fosso digital pode comprometer o princípio da universalidade no acesso a serviços públicos, criando cidadãos de primeira e segunda classe em termos de interação com o Estado.

2.1.2.3 Marcos Regulatórios e Governança Ética da IA

Em resposta aos desafios éticos e riscos de vieses algorítmicos, diversos países e organizações internacionais têm desenvolvido marcos regulatórios e diretrizes para a governança ética da IA no setor público. A União Europeia tem sido pioneira neste campo, com a proposta do AI Act, que estabelece um sistema de classificação de risco para aplicações de IA e impõe requisitos mais rigorosos para sistemas considerados de alto risco, incluindo muitas aplicações no setor público (Parliament e Union 2016). No contexto brasileiro, a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial estabelece princípios gerais para o desenvolvimento e uso ético da IA, incluindo transparência, não-discriminação e prestação de contas (Cerqueira, Leão e Canedo 2021). No entanto, como observam Brandão et al. (Brandão e Arbix 2022), a EBIA ainda carece de mecanismos concretos de implementação e fiscalização, o que limita sua efetividade na prevenção de vieses algorítmicos e outros problemas éticos.

A Carta Ibero-Americana de Inteligência Artificial na Administração Pública, adotada pelo Centro Latino-Americano de Administração para o Desenvolvimento (Criado 2024), representa outro marco importante, estabelecendo princípios e diretrizes específicas para o uso de IA por governos da região. O documento enfatiza a necessidade de transparência algorítmica, avaliações de impacto ético e mecanismos de supervisão humana para sistemas de IA utilizados na administração pública.

Além de marcos regulatórios formais, a literatura destaca a importância de abordagens de governança mais amplas e participativas. Segundo Filgueiras e Junquilho (Filgueiras e Junquilho 2023), a governança ética da IA no setor público deve envolver múltiplos stakeholders, incluindo servidores públicos, especialistas técnicos, organizações da sociedade civil e cidadãos afetados por sistemas algorítmicos. Esta abordagem multissetorial pode contribuir para identificar e mitigar vieses algorítmicos, promover transparência e garantir que sistemas de IA sejam desenvolvidos e implementados de forma alinhada com valores democráticos e direitos fundamentais (Porto et al. 2025). Haesevoets et al. (Haesevoets, Verschuere e Roets 2025) propuseram um framework de governança algorítmica responsável para o setor público, que inclui cinco componentes principais: (1) avaliações de impacto algorítmico; (2) transparência e explicabilidade; (3) supervisão humana significativa; (4) mecanismos de contestação e reparação; e (5) participação pública no design e avaliação de sistemas. Os autores argumentam que este framework pode ajudar a prevenir vieses algorítmicos e promover o uso ético da IA na administração pública.

2.1.2.4 Estratégias para Mitigação de Vieses Algorítmicos

A literatura identifica diversas estratégias técnicas e organizacionais para mitigar vieses algorítmicos e promover o uso ético da IA no setor público. No nível técnico, Almeida et al. (Almeida e Júnior 2025) destacam a importância de práticas como: (1) auditoria de dados para identificar e corrigir sub-representações ou distorções em conjuntos de treinamento; (2) técnicas de fairness-aware machine learning, que incorporam considerações de equidade no desenvolvimento de modelos; e (3) métodos de explicabilidade algorítmica, que tornam o funcionamento de sistemas de IA mais transparente e compreensível. Araújo et al. (Araújo et al. 2025) enfatizam a importância de avaliações de impacto algorítmico (Algorithmic Impact Assessments - AIAs), que analisam sistematicamente os potenciais efeitos de sistemas de IA sobre diferentes grupos populacionais antes de sua implementação. Segundo os autores, estas avaliações podem

ajudar a identificar e mitigar vieses algorítmicos precocemente, prevenindo danos a grupos vulneráveis.

No nível organizacional, Licht (Licht 2025) destaca a necessidade de diversidade nas equipes responsáveis pelo desenvolvimento e implementação de sistemas de IA no setor público. Equipes diversas em termos de gênero, raça, formação acadêmica e experiência profissional tendem a identificar potenciais vieses e problemas éticos que poderiam passar despercebidos em equipes mais homogêneas.

Vasilakopoulos et al. (Vasilakopoulos et al. 2024) argumentam pela importância de capacitação e letramento em IA para servidores públicos, especialmente aqueles envolvidos na aquisição, implementação e uso de sistemas algorítmicos. Este letramento inclui não apenas aspectos técnicos, mas também competências para identificar e questionar potenciais vieses e problemas éticos em sistemas de IA. Finalmente, Kulal et al. (Kulal et al. 2024) enfatizam o papel da participação cidadã na governança algorítmica, propondo mecanismos como júris de cidadãos, consultas públicas e codesign de sistemas de IA. Segundo os autores, estas abordagens participativas podem contribuir para identificar e mitigar vieses algorítmicos, promover transparência e garantir que sistemas de IA no setor público reflitam valores e prioridades da sociedade como um todo, não apenas de elites técnicas ou burocráticas.

2.1.2.5 Desafios Persistentes e Direções Futuras

Apesar dos avanços em marcos regulatórios e estratégias de mitigação, desafios significativos persistem na governança ética da IA e no combate a vieses algorítmicos no setor público. Brandão et al. (Brandão e Arbix 2022) identificaram uma lacuna de implementação entre princípios éticos abstratos e práticas concretas, observando que muitas organizações públicas ainda carecem de capacidades técnicas, recursos e incentivos para traduzir diretrizes éticas em ações efetivas. Filgueiras et al. (Filgueiras e Junquilha 2023) destacaram tensões entre valores potencialmente conflitantes, como eficiência e equidade, privacidade e segurança, ou automação e autonomia humana. Estas tensões exigem deliberação cuidadosa e compromissos difíceis, que não podem ser resolvidos apenas por meio de soluções técnicas ou regulatórias.

Olhando para o futuro, Melo et al. (Melo et al.) argumentaram pela necessidade de uma abordagem mais integrada à governança ética da IA no setor público, que combine elementos regulatórios, técnicos, organizacionais e participativos. Os autores propõem um ecossistema de governança algorítmica, envolvendo múltiplos atores e mecanismos complementares de supervisão e responsabilização. Haesevoets et al. (Haesevoets, Verschuere e Roets 2025) enfatizaram a importância de pesquisa empírica sobre os impactos reais de sistemas de IA no setor público, observando que muito do debate atual sobre vieses algorítmicos e questões éticas baseia-se em preocupações teóricas ou casos anedóticos, sem evidências sistemáticas sobre como estes sistemas afetam diferentes grupos populacionais na prática. Finalmente, Araújo et al. (Araújo et al. 2025) destacaram a necessidade de contextualização de princípios e práticas de governança ética da IA para diferentes realidades nacionais e locais. Os autores argumentam que abordagens desenvolvidas em contextos do Norte Global podem não ser diretamente aplicáveis a países como o Brasil, que enfrentam desafios específicos relacionados a desigualdades estruturais, capacidades institucionais limitadas e dinâmicas políticas particulares.

Do ponto de vista normativo, diferentes países e organizações internacionais têm desenvolvido marcos

legais e diretrizes éticas para nortear a aplicação responsável da IA. A União Europeia, por exemplo, propôs um regulamento específico para IA (AI Act) (Outeda 2024), que classifica riscos e impõe obrigações diferenciadas conforme o grau de impacto social dos sistemas. No Brasil, embora haja iniciativas como a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), ainda há desafios para a consolidação de uma governança ética que articule proteção de dados, direitos fundamentais e responsabilidade institucional (Carvalho et al. 2024).

Ademais, a participação cidadã e o controle social devem ser elementos centrais nos modelos de governança algorítmica. Consultas públicas, comitês de ética, auditorias externas e mecanismos participativos são instrumentos que podem fortalecer a legitimidade democrática das decisões mediadas por IA. A automação de políticas públicas sem escuta social tende a reproduzir desigualdades invisíveis e a gerar decisões opacas que penalizam os mais vulneráveis (Tubaro et al. 2025).

Por fim, é imprescindível adotar a lógica do human-in-the-loop (humano no circuito), assegurando que as decisões mais sensíveis — sobretudo aquelas que afetam diretamente os direitos e a vida das pessoas — sejam sempre acompanhadas de supervisão humana qualificada (McKay 2024). Essa prática não só protege contra abusos, como também reforça a confiança da sociedade no uso legítimo e responsável da IA no setor público (Cheng, Varshney e Liu 2021).

2.1.3 Adoção da IA no Setor Público Brasileiro

No Brasil, a adoção de tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA) no setor público tem ganhado visibilidade como parte dos esforços de transformação digital do Estado. A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), publicada em 2021, estabelece diretrizes para o desenvolvimento e a aplicação responsável da IA no país, com foco em inovação, pesquisa, capacitação profissional, governança de dados e respeito aos direitos humanos (Saldanha, Dias e Guillaumon 2022). No entanto, embora a estratégia represente um marco importante, sua implementação prática ainda enfrenta desafios significativos relacionados à capacidade institucional, à articulação federativa e à ausência de mecanismos robustos de coordenação entre os diferentes entes governamentais.

A ausência de uma governança unificada para IA no setor público brasileiro resulta em iniciativas fragmentadas, muitas vezes isoladas e com pouca padronização. Enquanto alguns órgãos avançam na adoção de soluções inovadoras — como tribunais de contas, Receita Federal, e órgãos de controle interno —, outras instituições ainda carecem de infraestrutura técnica, servidores qualificados e diretrizes normativas para aplicação segura e eficaz da IA. Isso compromete a coerência nacional das políticas públicas digitais e pode aumentar as desigualdades regionais no acesso a tecnologias emergentes (Kuziemiński e Misuraca 2020, Bispo et al. 2024).

A IA possui grande potencial para apoiar a formulação de políticas públicas e melhorar a alocação de recursos, sobretudo em áreas como saúde, segurança, mobilidade e educação. Casos internacionais, como o programa READI em Chicago ou o uso de IA para distribuição de vacinas em contextos emergenciais, demonstram os benefícios do uso estratégico da IA na administração pública (Bhatt et al. 2023, Akbarpour et al. 2023). No Brasil, já se observam experiências positivas no uso de IA para detecção de fraudes, automação de serviços, análise preditiva e modernização de canais de atendi-

mento, como chatbots em órgãos federais (Silva et al. 2024) e estaduais (Bruno 2024).

Contudo, esses avanços também trazem riscos relevantes. A utilização de IA em políticas públicas pode intensificar desigualdades preexistentes, principalmente quando os dados de entrada reproduzem padrões discriminatórios ou quando os algoritmos são aplicados sem transparência e mecanismos de contestação. A literatura internacional alerta para o uso autoritário da IA em países onde não há salvaguardas institucionais suficientes, com riscos à liberdade de expressão, privacidade e participação democrática (Beraja et al. 2023, Jacobsen et al. 2023).

No contexto brasileiro, esses riscos se agravam diante da fragilidade de mecanismos de regulação tecnológica e da baixa maturidade digital em muitos órgãos públicos. A implementação de IA sem regras claras de governança pode gerar não apenas ineficiências, mas também efeitos colaterais graves, como a vigilância excessiva de populações vulneráveis, o uso indevido de dados pessoais e a tomada de decisões automatizadas sem responsabilização.

Por isso, a confiança da população torna-se um elemento central para a legitimação das tecnologias de IA no setor público. Estudos indicam que a percepção de transparência, justiça e possibilidade de revisão das decisões algorítmicas influencia diretamente a aceitação social dessas tecnologias (Lima e Serrano 2022). A ausência de canais participativos e de prestação de contas pode gerar resistência por parte da sociedade civil, movimentos sociais e outros atores, comprometendo o impacto positivo esperado da IA na governança pública.

Dessa forma, é importante que a adoção de IA no setor público brasileiro esteja ancorada em políticas públicas integradas, com estratégias de capacitação de servidores, marcos regulatórios claros, avaliação contínua de impactos e articulação entre os diferentes níveis de governo. Somente com uma abordagem estruturada, ética e participativa será possível garantir que a IA contribua efetivamente para o fortalecimento da democracia, a eficiência administrativa e a promoção da equidade social.

Embora os estudos descritos nesse capítulo ofereçam contribuições relevantes sobre o uso da Inteligência Artificial na administração pública, tanto em nível nacional quanto internacional, ainda é necessário aprofundar a compreensão sobre como essas tecnologias podem apoiar, de forma estruturada, o processo de transformação digital no contexto governamental brasileiro. Em particular, faz-se importante investigar de que maneira a IA tem sido aplicada no setor público do Brasil, quais desafios emergem nesse processo, e em que medida essas iniciativas estão alinhadas com modelos de governança digital considerados referência, como aqueles adotados por países da União Europeia. Essa análise comparativa pode oferecer subsídios valiosos para o aprimoramento das políticas públicas nacionais, contribuindo para uma adoção ética, eficaz e socialmente responsável da IA no setor público.

3 METODOLOGIA E MATERIAIS

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, com foco na análise detalhada de casos de implementação de Inteligência Artificial no setor público brasileiro. A pesquisa está fundamentada em estudos anteriores sobre a integração da IA na administração pública e nos modelos de governança, utilizando como base referenciais internacionais e adaptando-os ao contexto nacional. Conforme destacado por Noordt and Misuraca (van Noordt e Misuraca 2022), metodologias semelhantes têm sido aplicadas na União Europeia para avaliar o papel da IA na modernização das estruturas de governança pública.

A metodologia adotada possui caráter exploratório, sendo estruturada para identificar sistematicamente os efeitos da IA sobre funções centrais da governança, com ênfase especial nos aspectos de transparência e responsabilização. Por meio da análise de aplicações reais e de estruturas normativas, esta pesquisa busca compreender como iniciativas baseadas em IA influenciam a tomada de decisão, a eficiência operacional e a confiança institucional no setor público.

3.1 PROCEDIMENTOS DE BUSCA E SELEÇÃO DE ESTUDOS

Com o intuito de fundamentar teoricamente esta pesquisa e contribuir para a resposta à questão de pesquisa — **QP. Como a Inteligência Artificial pode apoiar o processo de transformação digital no governo?** — foi realizada uma busca sistemática de estudos nas principais bases de dados científicas. Essa busca visou identificar publicações que abordassem a aplicação da Inteligência Artificial no setor público, com ênfase em aspectos relacionados à transformação digital, à governança, à ética algorítmica, à transparência e à responsabilização institucional.

A estratégia de busca adotada foi construída a partir de termos derivados da questão de pesquisa, combinados com operadores booleanos para ampliar a abrangência e a precisão dos resultados. A string de busca utilizada foi a seguinte: (*“artificial intelligence” OR “inteligência artificial” OR “AI”*) AND (*“public sector” OR “setor público” OR “public administration” OR “administração pública” OR “government” OR “governo”*) AND (*“governance” OR “governança” OR “digital transformation” OR “transformação digital” OR “accountability” OR “responsabilidade” OR “transparency” OR “transparência” OR “ethics” OR “ética”*).

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados científicas, reconhecidas internacionalmente pela qualidade e relevância dos estudos indexados nas áreas de ciência da computação, administração pública e políticas públicas: IEEE Xplore, Scopus, Web of Science, ACM Digital Library, e Google Scholar (utilizada como fonte complementar para localização de literatura cinzenta e artigos de acesso aberto). Com o objetivo de garantir a atualidade e relevância dos estudos analisados, foi adotado como critério temporal a seleção de publicações realizadas a partir do ano de 2019, abrangendo, portanto, os últimos cinco anos. Este recorte justifica-se pela rápida evolução das tecnologias de IA e pela formulação recente de políticas nacionais e internacionais, como a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA) e o AI Act da União Europeia, ambos lançados no período analisado.

Em relação aos critérios de inclusão, foram incluídos na análise os estudos que atenderam aos seguintes critérios:

- Publicação em periódico científico ou anais de conferência com revisão por pares;
- Foco explícito na aplicação ou nos impactos da IA no setor público ou em políticas públicas;
- Abordagem de temas relacionados à governança digital, ética, transparência, prestação de contas (accountability) ou transformação digital;
- Disponibilidade do texto completo;
- Idioma português ou inglês.

Já como critérios de exclusão, foram excluídos da amostra os seguintes trabalhos:

- Estudos duplicados entre bases de dados;
- Publicações anteriores ao ano de 2019;
- Artigos com foco exclusivamente técnico em IA, sem articulação com o setor público ou com dimensões de governança;
- Trabalhos não revisados por pares, como resumos expandidos, dissertações, teses ou relatórios institucionais (excetuando-se casos identificados como literatura cinzenta relevante no Google Scholar).

Inicialmente, a busca retornou um total de 359 artigos, conforme ilustrado na Figura 3.1. Após a execução da string de busca nas bases de dados, todos os arquivos BibTeX dos estudos foram baixados e armazenados localmente. Em seguida, esses dados foram importados para a ferramenta StArt¹. Durante a importação, a StArt identificou e removeu automaticamente os artigos duplicados, resultando em 347 artigos únicos para análise. A partir desse conjunto, foram selecionados 87 estudos após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, conforme também mostrado na Figura 3.1.

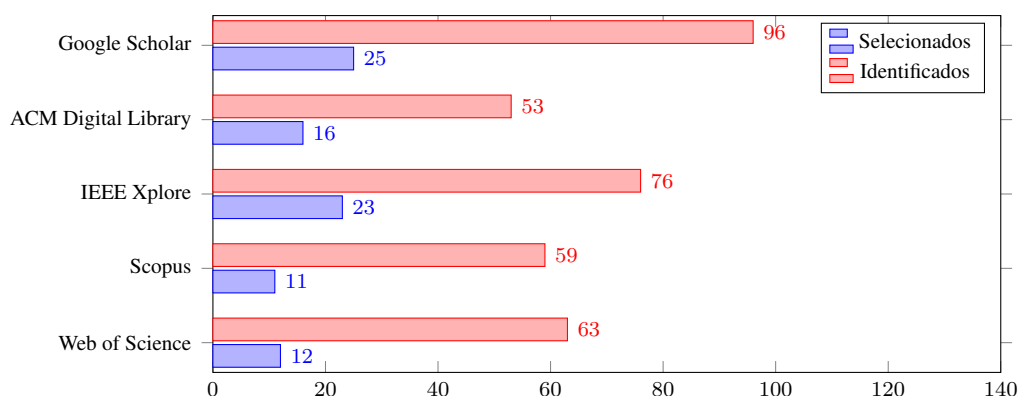


Figura 3.1: Quantidade de estudos identificados e selecionados por base de dados digital

¹Ferramenta StArt para apoio à condução de revisões sistemáticas disponível em: <<https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1>>

Os estudos selecionados por meio dessa estratégia metodológica formaram a base empírica da revisão de literatura apresentada no Capítulo 2, oferecendo o suporte conceitual necessário para a análise exploratória e comparativa realizada nesta dissertação.

A Figura 3.2 ilustra, de forma visual, as principais etapas do processo metodológico adotado no estudo, detalhando as fases desenvolvidas após a revisão da literatura. A primeira fase, intitulada 1. Coleta de Dados, abrange a obtenção de informações provenientes das bases OECD AI, do catálogo brasileiro de IA, da base de dados da EU JRC, além dos artigos selecionados na revisão de literatura (conforme mostrado na Figura 3.1). A segunda fase, 2. Classificação do Framework, envolve a identificação e organização das políticas públicas e das tipologias tecnológicas relacionadas ao tema. Por fim, a terceira etapa, 3. Análise Comparativa dos Dados, contempla a aplicação do algoritmo de clusterização, a implementação dos padrões de IA e o processo de normalização, possibilitando a comparação e interpretação dos dados coletados.

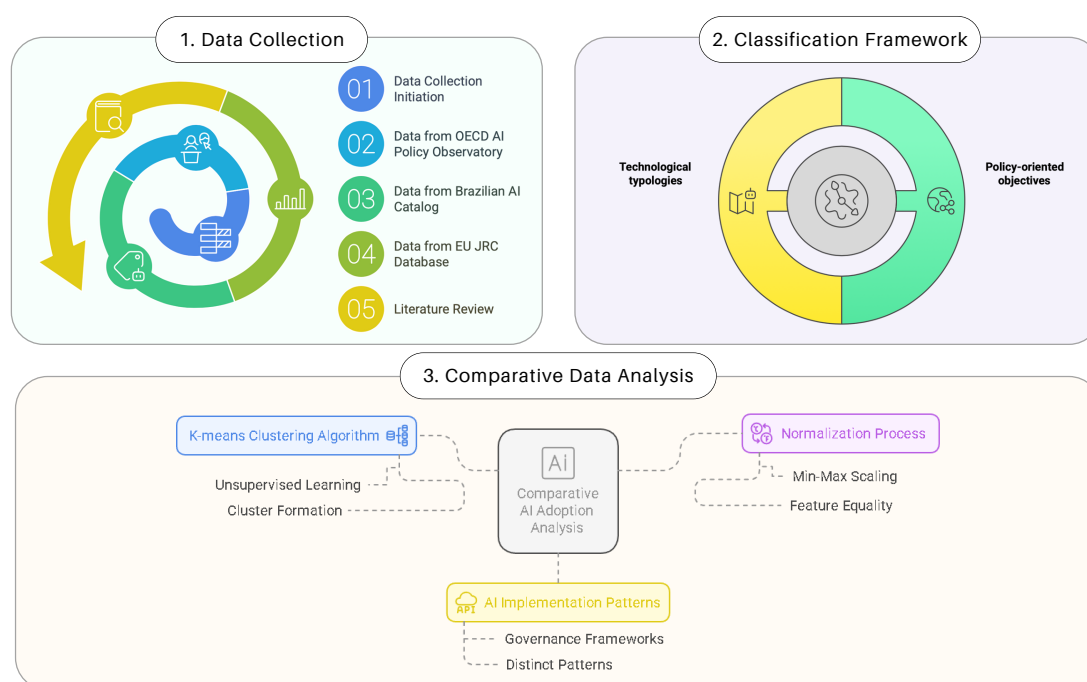


Figura 3.2: Framework Metodológico

3.2 COLETA DE DADOS

A Figura 3.2 apresenta o delineamento metodológico da pesquisa, estruturado em três etapas principais, sendo a primeira a coleta de dados. Esta fase consiste na obtenção de informações provenientes de múltiplas fontes, com o objetivo de garantir uma base abrangente e confiável para a análise. Especificamente, os dados sobre aplicações de Inteligência Artificial (IA) na administração pública brasileira foram obtidos a partir de dois repositórios principais: o Observatório de Políticas de IA da OCDE² e o Catálogo

²<<https://oecd.ai/en/dashboards/overview>>

Brasileiro de Iniciativas em IA³. Esses repositórios oferecem uma visão estruturada sobre iniciativas de IA em diferentes níveis e esferas da administração pública nacional.

Para o caso da União Europeia, a coleta de dados foi realizada por meio do banco de dados do Joint Research Centre (JRC) sobre IA na administração pública⁴, que reúne casos de uso de IA em diversos Estados-membros. Esse conjunto de dados permite a realização de comparações internacionais, uma vez que fornece informações padronizadas sobre aplicações de IA, modelos de governança e abordagens regulatórias adotadas na UE.

Adicionalmente, a revisão da literatura incorporou estudos acadêmicos e relatórios técnicos do setor para contextualizar o papel da IA na administração pública. Foram analisados artigos revisados por pares, anais de conferências e documentos especializados, com o objetivo de identificar perspectivas teóricas e empíricas sobre a governança da IA. Essa triangulação metodológica assegura que o estudo esteja fundamentado tanto em práticas reais quanto em debates acadêmicos, permitindo uma análise mais abrangente e crítica das aplicações de IA no setor público.

3.3 ESTRUTURA DE CLASSIFICAÇÃO

Para avaliar de forma sistemática a implementação da Inteligência Artificial (IA) na administração pública, este estudo adota uma estrutura de classificação baseada em duas dimensões principais: (i) *tipologias tecnológicas* e (ii) *objetivos orientados por políticas públicas*. Essa abordagem permite uma comparação estruturada dos padrões de adoção de IA entre o Brasil e países selecionados da União Europeia, gerando insights sobre como diferentes governos utilizam a IA para alcançar metas específicas de governança.

A categorização das iniciativas de IA foi baseada no banco de dados de monitoramento da Comissão Europeia, que apresenta uma taxonomia estruturada das aplicações de IA na administração pública dos países da UE. Para o Brasil, as iniciativas foram classificadas manualmente com base nesse modelo europeu, utilizando os dados provenientes do Observatório de Políticas de IA da OCDE e do Catálogo Brasileiro de Iniciativas em IA. Essa estratégia visa garantir a consistência na comparação e permitir a identificação de padrões de adoção em diferentes contextos de governança.

3.3.1 Tipologias Tecnológicas

A primeira dimensão da classificação refere-se às técnicas de IA subjacentes utilizadas na administração pública. Essas tipologias abrangem um conjunto de metodologias que vão desde modelos estatísticos tradicionais até algoritmos avançados de aprendizado de máquina (machine learning), cada um com capacidades e aplicações específicas. A Tabela 3.1 apresenta as principais tipologias de IA consideradas neste estudo, fornecendo uma visão estruturada sobre as abordagens tecnológicas utilizadas nas iniciativas analisadas.

³<<https://catalogoia.omeka.net/collections/browse>>

⁴<<https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/7342ea15-fd4f-4184-9603-98bd87d8239a>>

Tipologia Tecnológica	Descrição
Redes Neurais (Neural Networks)	Modelos computacionais inspirados no cérebro humano, usados para reconhecer padrões complexos e realizar previsões com grandes volumes de dados.
Processamento de Linguagem Natural (Natural Language Processing)	Técnica que permite que sistemas computacionais compreendam, interpretem e gerem linguagem humana, aplicada em chatbots, análise de sentimentos e documentos.
Métodos Baseados em Árvores de Decisão (Decision Tree-Based Methods)	Algoritmos que utilizam estruturas hierárquicas de decisão para classificar dados e apoiar decisões, comuns em sistemas explicáveis.
Regressão Linear e Variações (Linear Regression or Variations)	Métodos estatísticos usados para modelar a relação entre variáveis, geralmente empregados para prever valores contínuos.
Aprendizado de Máquina (Machine Learning)	Conjunto de métodos que permitem que algoritmos aprendam com dados históricos para identificar padrões e tomar decisões sem programação explícita.
Métodos de Agrupamento Estatístico (Statistical Clustering Methods)	Técnicas que agrupam dados com características semelhantes, comumente usadas para segmentar populações ou identificar padrões ocultos.
Regressão Logística (Logistic Regression)	Técnica estatística usada para prever variáveis categóricas (como sim/não), bastante utilizada em classificação de eventos binários.
Métodos Estatísticos de Desvio-Padrão (Standard Deviation Statistical Methods)	Ferramentas que analisam variações nos dados com base em medidas estatísticas de dispersão, úteis para controle de qualidade e anomalias.
Métodos Estatísticos de Probabilidade Bayesiana (Bayesian Probability Statistical Methods)	Modelos que aplicam probabilidade condicional para atualizar previsões com base em novas evidências, muito usados em decisões sob incerteza.

Tabela 3.1: Classificação das iniciativas de IA com base em tipologias tecnológicas.

Dentre essas tipologias, destacam-se as Redes Neurais, reconhecidas por sua capacidade de lidar com tarefas complexas, como reconhecimento de padrões e modelagem preditiva, sendo particularmente valiosas em aplicações como detecção de fraudes e processamento de linguagem natural. Os Métodos Baseados em Árvores de Decisão, por sua vez, são amplamente utilizados em tarefas de classificação e regressão devido à sua interpretabilidade e facilidade de implementação. Já a Regressão Linear e suas variações continuam sendo ferramentas fundamentais para a análise de relações entre variáveis.

O Aprendizado de Máquina, enquanto categoria ampla, abrange diversos algoritmos que se adaptam a padrões extraídos de dados, possibilitando aplicações em áreas como alocação de recursos e monito-

ramento de políticas públicas. Métodos como o Agrupamento Estatístico (clustering) e os Modelos de Probabilidade Bayesiana atendem a necessidades mais específicas, como o aprendizado não supervisionado e a modelagem probabilística sob incerteza.

Essa classificação evidencia a diversidade das técnicas de IA e ressalta sua adaptabilidade a diferentes desafios da administração pública, abrindo caminho para implementações mais direcionadas, eficazes e alinhadas às demandas de políticas públicas contemporâneas.

3.3.2 Objetivos Orientados por Políticas Públicas

A segunda dimensão da estrutura de classificação refere-se aos objetivos de impacto político-administrativo associados às aplicações de Inteligência Artificial (IA). Essa categorização permite analisar se as soluções baseadas em IA são implementadas com o intuito de aprimorar a qualidade dos serviços, promover a transparência, otimizar a alocação de recursos públicos ou enfrentar questões sociais específicas. A Tabela 3.2 apresenta os principais objetivos identificados nas iniciativas de IA aplicadas à administração pública, oferecendo um referencial abrangente para compreender a diversidade de finalidades dessas tecnologias.

Entre esses objetivos, destacam-se os esforços voltados à ampliação da transparência nas operações do setor público e ao fomento da participação cidadã na formulação e execução de políticas públicas. Tais iniciativas são essenciais para fortalecer a confiança da população nas instituições governamentais e garantir a responsabilização das ações estatais.

Outro objetivo relevante é o uso da IA para melhorar o controle social e ampliar a capacidade dos cidadãos de influenciar decisões e políticas públicas, promovendo um modelo de governança mais inclusivo e responsivo. Aplicações voltadas para a personalização dos serviços públicos — com foco no atendimento individualizado às necessidades e preferências dos usuários — contribuem para o aumento da satisfação cidadã e para a ampliação da acessibilidade dos serviços.

Adicionalmente, a IA pode promover melhorias na qualidade da informação do setor público (PSI), possibilitando o uso mais eficaz de dados para subsidiar decisões mais informadas, ágeis e orientadas por evidências. Essas contribuições reforçam o papel da IA como instrumento estratégico de modernização da gestão pública e de aprimoramento da entrega de serviços à sociedade.

Objetivo Orientado por Política Pública	Descrição
Aumento da transparência das operações do setor público	Utilização da IA para tornar processos governamentais mais abertos e acessíveis, permitindo maior supervisão por parte da sociedade.
Aumento da participação pública nas ações governamentais e na formulação de políticas	Ferramentas de IA que viabilizam consultas públicas, análise de sentimentos ou feedback cidadão em processos decisórios.
<i>Continua na próxima página</i>	

<i>Continuação da tabela 3.2</i>	
Objetivo Orientado por Política Pública	Descrição
Aprimoramento do controle social e da influência cidadã sobre ações e políticas públicas	Aplicações que ampliam a capacidade de monitoramento da população e fortalecem o controle democrático das instituições.
Serviços personalizados	Utilização de IA para adaptar serviços públicos às preferências e necessidades individuais dos cidadãos.
Serviços centrados no cidadão	Redesenho de serviços com foco na experiência e nos direitos do cidadão, com apoio de tecnologias inteligentes.
Melhoria na qualidade das informações e serviços públicos (PSI)	IA aplicada para gerar informações mais precisas, completas e úteis para a tomada de decisão e prestação de serviços.
Serviços públicos mais responsivos, eficientes e com melhor relação custo-benefício	Automatização e otimização de processos administrativos visando agilidade, eficiência e economia.
Desenvolvimento de novos serviços ou canais de atendimento	Criação de soluções inovadoras baseadas em IA, como chatbots, assistentes virtuais e canais digitais de interação com o governo.
Redução de custos	Aplicações que visam à diminuição de despesas operacionais e administrativas por meio da automação inteligente.
Aumento da capacidade de resposta das operações governamentais	Agilidade nas ações estatais, com base em dados em tempo real e análises preditivas fornecidas por IA.
Melhoria na gestão de recursos públicos	IA utilizada para alocar recursos com mais eficiência, identificar desperdícios e aprimorar o planejamento orçamentário.
Aumento da qualidade de processos e sistemas administrativos	Monitoramento e análise contínua de processos internos para garantir melhorias sustentadas em desempenho.
Melhoria da colaboração e da comunicação institucional	Facilitação do fluxo de informação e integração entre setores e órgãos governamentais.
Redução ou eliminação de riscos de corrupção e abuso de poder por agentes públicos	Uso de IA para detectar comportamentos suspeitos, auditar transações e prevenir condutas ilícitas.
Promoção de maior equidade, honestidade e justiça	Implementação de sistemas que priorizem decisões justas, imparciais e socialmente equilibradas.

Tabela 3.2: Classificação das iniciativas de IA com base em objetivos orientados por políticas públicas.

A Inteligência Artificial também desempenha um papel fundamental na promoção de serviços públicos mais responsivos, eficientes e com melhor relação custo-benefício, ao mesmo tempo em que possibilita o desenvolvimento de novos serviços ou canais de atendimento para responder às demandas crescentes da sociedade. A redução de custos e a melhoria na gestão de recursos públicos constituem objetivos estratégicos, uma vez que a otimização promovida por soluções baseadas em IA contribui para simplificar operações e alocar recursos de forma mais eficaz. Além disso, a colaboração e a comunicação aprimoradas entre órgãos

governamentais favorecem a coordenação institucional e a inovação, ao mesmo tempo em que reduzem o risco de corrupção e abuso de poder por parte de servidores públicos, fortalecendo uma governança mais ética. Por fim, iniciativas de IA voltadas à promoção da equidade, da honestidade e da justiça evidenciam o potencial dessa tecnologia para enfrentar problemas sociais e fomentar sistemas públicos mais justos e inclusivos. Essa classificação destaca os múltiplos impactos políticos e administrativos da IA, oferecendo um referencial para alinhar os avanços tecnológicos aos objetivos mais amplos da governança e do bem-estar social.

3.4 ANÁLISE DE CLUSTERS: FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS

3.4.1 Fundamentação Teórica da Análise de Clusters

A análise de clusters constitui uma técnica estatística multivariada que permite identificar padrões de similaridade entre observações, agrupando-as em conjuntos homogêneos (Bartlett 1947, Hahs-Vaughn 2024). Esta abordagem analítica é particularmente valiosa quando se busca compreender estruturas complexas em grandes volumes de dados, possibilitando a identificação de agrupamentos naturais que poderiam passar despercebidos em análises mais convencionais (Black e Babin 2019). No contexto da administração pública, a análise de clusters oferece um potencial significativo para a avaliação comparativa de iniciativas governamentais, permitindo identificar padrões de implementação, estratégias de governança e resultados alcançados (Yoshimi Tanaka et al. 2015). Conforme destacaram (Santos e Fonseca 2022), esta técnica tem sido cada vez mais utilizada para subsidiar a tomada de decisão baseada em evidências no setor público, especialmente em contextos de transformação digital e adoção de novas tecnologias.

A escolha da análise de clusters para este estudo justifica-se pela necessidade de identificar padrões de similaridade entre as iniciativas de Inteligência Artificial (IA) implementadas no Brasil e em países da União Europeia, considerando múltiplas variáveis simultaneamente. Como argumentam Brandão et al. (Brandão e Arbix 2022), a complexidade dos ecossistemas de inovação governamental exige abordagens analíticas capazes de capturar nuances e interdependências que análises univariadas ou bivariadas não conseguiriam revelar adequadamente.

3.4.2 Procedimentos Metodológicos para a Análise de Clusters Seleção e Preparação das Variáveis

A seleção das variáveis para a análise de clusters foi realizada com base em critérios teóricos e empíricos, considerando sua relevância para a caracterização das iniciativas de IA no setor público. Foram incluídas variáveis relacionadas a: (i) objetivos das iniciativas; (ii) tecnologias empregadas; (iii) mecanismos de transparência; (iv) estruturas de governança; e (v) resultados alcançados. Esta abordagem multidimensional permite uma caracterização mais abrangente das iniciativas analisadas, capturando diferentes aspectos de sua implementação e impacto (Filgueiras e Junquillo 2023). Antes da aplicação dos algoritmos de clusterização, foi necessário realizar procedimentos de normalização dos dados, uma vez que as

variáveis apresentavam escalas distintas.

Assim, para fins de comparação entre os padrões de adoção da Inteligência Artificial no setor público brasileiro e nos países da União Europeia, este estudo empregou o algoritmo de agrupamento K-means. Trata-se de uma técnica de aprendizado de máquina não supervisionado, que tem como objetivo particionar um conjunto de dados em k grupos (ou clusters), com base na similaridade entre os elementos. O algoritmo busca minimizar a variância dentro dos grupos formados e maximizar as diferenças entre os grupos, permitindo identificar padrões distintos de implementação de IA em diferentes modelos de governança.

A estrutura de classificação apresentada anteriormente serviu de base para a definição das variáveis utilizadas no agrupamento. O processo de clusterização seguiu uma sequência de etapas metodológicas. Primeiramente, os dados foram normalizados utilizando a técnica de min-max scaling, de modo a garantir que todas as variáveis contribuíssem de forma equilibrada para a formação dos clusters. A normalização é importante para evitar que variáveis com maior magnitude dominem a análise, distorcendo os resultados. Neste estudo, optou-se pela normalização z-score, que transforma cada variável de modo que sua média seja zero e seu desvio padrão seja igual a um, conforme a equação:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (3.1)$$

onde x representa os valores originais das variáveis e x' corresponde aos valores normalizados.

Em seguida, o número ideal de agrupamentos (k) foi determinado por meio do Método do Cotovelo (Elbow Method), que avalia a soma dos erros quadráticos (SSE — Sum of Squared Errors) para diferentes valores de k . Essa abordagem consiste em calcular a SSE para cada valor de k e observar o ponto em que a redução do erro passa a ser marginal com o aumento do número de clusters. Esse “cotovelo” na curva representa o ponto ideal de segmentação dos dados, pois equilibra complexidade e representatividade dos agrupamentos.

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in C_i} ||x_j - \mu_i||^2 \quad (3.2)$$

onde C_i representa o i -ésimo agrupamento (cluster), μ_i é o seu centróide, e x_j são os pontos de dados pertencentes a esse agrupamento. Após a definição do valor de k , o algoritmo executou um processo iterativo, no qual as iniciativas de IA foram atribuídas ao centróide mais próximo, com atualizações sucessivas dos centróides a cada iteração. Esse processo continuou até a convergência, isto é, até que os agrupamentos se estabilizassem e não houvesse mais alterações significativas na alocação dos dados.

$$\mu_i = \frac{1}{|C_i|} \sum_{x_j \in C_i} x_j \quad (3.3)$$

3.4.3 Escolha do Método de Clusterização

Para este estudo, optou-se pela análise de clusters hierárquica aglomerativa, que parte de cada observação como um cluster individual e progressivamente agrupa os clusters mais similares até formar um único cluster contendo todas as observações (Romesburg 2004). Esta abordagem foi escolhida por sua capacidade de revelar a estrutura hierárquica dos dados, permitindo visualizar diferentes níveis de agrupamento através de dendrogramas, o que facilita a interpretação dos resultados (Murtagh e Contreras 2012). Como medida de dissimilaridade, utilizou-se a distância euclidiana quadrática, que é amplamente empregada em análises de clusters e adequada para variáveis quantitativas contínuas. Para o método de ligação entre clusters, adotou-se o método de Ward, que minimiza a variância dentro dos clusters, resultando em agrupamentos mais homogêneos e de tamanhos equilibrados (Milligan 1980). A escolha do método de Ward justifica-se por sua eficácia comprovada em estudos comparativos de governança pública, como demonstrado por Araújo et al. (Araújo et al. 2025) e Vasilakopoulos et al. (Vasilakopoulos et al. 2024), que destacam sua capacidade de identificar padrões coerentes em dados governamentais complexos.

Após a formação dos clusters, realizou-se uma análise detalhada de suas características, identificando as variáveis que mais contribuíram para a diferenciação entre os agrupamentos. Esta etapa é fundamental para atribuir significado substantivo aos clusters identificados, transformando-os em categorias interpretáveis que possam informar a análise comparativa (Romesburg 2004). A validação dos clusters foi realizada através de técnicas de validação cruzada, como a divisão aleatória dos dados em conjuntos de treinamento e teste, verificando a estabilidade dos agrupamentos (Hennig 2007). Adicionalmente, foram realizadas análises de sensibilidade, variando os parâmetros do algoritmo para avaliar a robustez dos resultados. A interpretação dos clusters foi orientada pelo referencial teórico sobre governança de IA no setor público, buscando identificar padrões significativos que pudessem contribuir para a compreensão das diferentes abordagens adotadas pelo Brasil e pelos países da União Europeia (Licht 2025, Haesevoets, Verschuere e Roets 2025).

A implementação da análise de clusters foi realizada utilizando a linguagem de programação Python (versão 3.9), com o auxílio das bibliotecas NumPy (Harris et al. 2020), Pandas (McKinney et al. 2010), Scikit-learn (Pedregosa et al. 2011) e SciPy (Harris et al. 2020). Estas ferramentas são amplamente reconhecidas na comunidade científica por sua robustez e eficiência no processamento de dados e implementação de algoritmos estatísticos. O código desenvolvido para a análise seguiu as melhores práticas de programação científica, incluindo documentação detalhada, controle de versão e testes de validação. Todos os procedimentos foram implementados de forma reproduzível, permitindo que outros pesquisadores possam replicar os resultados obtidos (Wilson et al. 2017). Para a visualização dos resultados, foram utilizadas as bibliotecas Matplotlib (Hunter 2007) e Seaborn (Waskom 2021), que possibilitaram a criação de representações gráficas informativas, como dendrogramas, gráficos de dispersão multidimensional e mapas de calor, facilitando a interpretação dos padrões identificados.

O processo foi executado até atingir a convergência, momento em que os deslocamentos dos centróides ficaram abaixo de um limiar previamente definido. Os agrupamentos resultantes foram então analisados com o objetivo de identificar padrões nas estratégias de adoção de IA, comparando o cenário brasileiro com os países da União Europeia.

Os clusters foram examinados com base na distribuição das técnicas de IA utilizadas e nos objetivos orientados por políticas públicas, evidenciando tanto semelhanças quanto divergências relevantes entre

os contextos analisados. Ao empregar a técnica de clusterização K-means, este estudo proporciona uma comparação baseada em dados entre diferentes estratégias de governança de IA, identificando em que aspectos o Brasil se alinha ou se distancia das tendências observadas na Europa.

Os resultados obtidos oferecem subsídios para recomendações de políticas públicas voltadas à melhoria da integração da IA na administração pública brasileira, com foco em maior alinhamento estratégico, ética, eficiência e inovação institucional.

QP Sumário: A aplicação da técnica de agrupamento K-means permitiu identificar padrões relevantes na adoção da Inteligência Artificial (IA) entre o Brasil e os países da União Europeia, com base em variáveis tecnológicas e objetivos de política pública. Os agrupamentos formados evidenciaram diferentes estratégias de implementação, revelando desde enfoques mais voltados à eficiência operacional até iniciativas com forte orientação para participação cidadã e transparência. Essa análise comparativa possibilitou observar o grau de alinhamento entre os modelos de governança brasileiros e europeus, destacando, por exemplo, a concentração de aplicações brasileiras em áreas de automação de processos e gestão interna, enquanto os países da UE demonstram maior diversidade de aplicações voltadas à inclusão digital e à responsabilização institucional.

Tais achados contribuem diretamente para responder à questão de pesquisa desta dissertação — **QP. Como a Inteligência Artificial pode apoiar o processo de transformação digital no governo?** — ao demonstrar, de forma empírica, os diferentes caminhos percorridos por governos na integração da IA em suas estruturas administrativas. A análise evidencia que a IA não apenas potencializa a eficiência dos serviços públicos, mas também pode ser um instrumento estratégico para promover inovação cidadã, equidade e governança ética. Os resultados reforçam a importância de desenvolver políticas públicas que considerem a pluralidade de objetivos e contextos, promovendo uma transformação digital sustentável e alinhada aos princípios democráticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo explora as diversas formas pelas quais a Inteligência Artificial vem sendo aplicada no contexto brasileiro, com foco especial em sua atuação nos processos de gestão interna e na prestação de serviços públicos. Por meio de representações visuais, a análise evidencia como as metodologias baseadas em IA estão distribuídas e utilizadas em diferentes contextos organizacionais e político-administrativos. Além do mapeamento dessas tendências no cenário nacional, o estudo adota uma abordagem comparativa, examinando semelhanças e divergências entre o Brasil e os países da União Europeia. Por meio de dendrogramas e mapas de calor (heatmaps), são identificados padrões relevantes nas estratégias de governança e modernização do setor público, oferecendo subsídios para compreender como diferentes regiões estão conduzindo inovações sustentadas por IA.

4.1 APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO BRASIL

A Figura 4.1 apresenta um gráfico de barras horizontais que ilustra as diversas aplicações da Inteligência Artificial em processos de gestão interna no setor público brasileiro. O eixo horizontal (x) representa a quantidade de menções atribuídas a cada aplicação, enquanto o eixo vertical (y) enumera as diferentes funções administrativas analisadas.

As aplicações mais frequentemente citadas pelos estudos na literatura são a **Otimização de Processos Internos (Produtividade)** e a **Melhoria na Alocação de Recursos Humanos**, ambas com o maior número de ocorrências, o que evidencia sua centralidade nas metodologias de gestão interna apoiadas por IA. Essa predominância aponta para uma tendência clara: a IA tem se consolidado como uma ferramenta importante para tornar as instituições públicas mais ágeis, eficientes e orientadas por dados. Ao automatizar fluxos de trabalho, reduzir ineficiências e aprimorar a distribuição da força de trabalho, a IA demonstra um forte potencial para modernizar a governança pública, contribuindo para o aumento da qualidade dos serviços e para uma resposta mais eficaz às demandas da sociedade.

Outras aplicações de destaque incluem o uso da IA para **Aprimorar a Detecção de Fraudes e/ou Corrupção e Melhorar a Gestão Financeira da Organização**, indicando que a tecnologia também está sendo utilizada como instrumento para fortalecer a integridade institucional e a responsabilidade fiscal. Embora ainda existam preocupações legítimas quanto a vieses algorítmicos e à opacidade das chamadas **caixas-pretas decisórias**, a capacidade da IA de detectar anomalias, sinalizar atividades suspeitas e otimizar a distribuição de recursos representa um avanço significativo rumo a uma governança mais transparente e responsável. O principal desafio, neste contexto, passa a ser assegurar que essas tecnologias sejam implementadas de forma ética, inclusiva e centrada no interesse público, evitando a simples reprodução de práticas burocráticas tradicionais.

Para além da gestão interna, a Figura 4.1 também evidencia o modo como a IA vem sendo aplicada na melhoria dos serviços públicos. O gráfico categoriza diferentes áreas de impacto, indicando o número

de vezes em que cada aplicação foi reconhecida nas iniciativas analisadas. Nesse caso, o foco se desloca da eficiência administrativa nos bastidores para as interações diretas com cidadãos e empresas, demonstrando o papel crescente da IA em promover acessibilidade, agilidade e inovação nos diversos setores que compõem a administração pública.

A Figura 4.1 apresenta uma visão consolidada das principais áreas de aplicação da Inteligência Artificial (IA) no setor público brasileiro, tanto no que se refere à gestão interna das instituições quanto à prestação direta de serviços à população. O gráfico permite observar quais finalidades têm sido mais recorrentes nas iniciativas analisadas, revelando prioridades estratégicas e tendências de uso da IA no contexto governamental. Ao diferenciar os domínios de aplicação — internos e voltados ao cidadão —, a figura contribui para compreender de forma mais clara como a tecnologia vem sendo mobilizada para modernizar processos administrativos e aprimorar a interface entre Estado e sociedade.

Uso de IA na Administração Pública

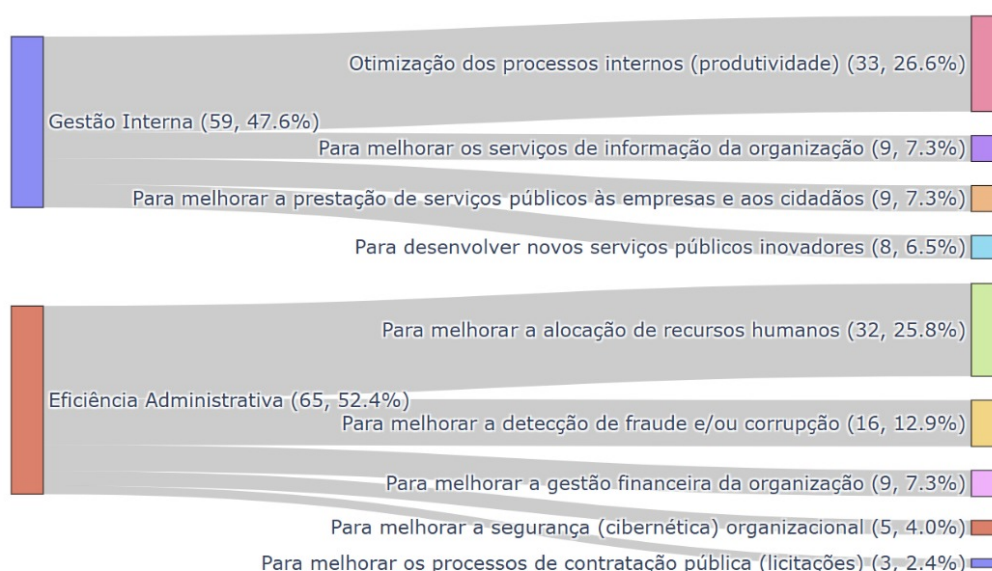


Figura 4.1: Uso de Inteligência Artificial para Gestão Interna e Prestação de Serviços Públicos Brasileiros

As três principais aplicações — **Aprimorar os Serviços de Informação da Organização, Ampliar a Prestação de Serviços Públicos a Empresas e Cidadãos e Inovar os Serviços Públicos** — refletem um compromisso crescente com o uso da Inteligência Artificial (IA) para promover melhorias centradas no cidadão. Essas tendências indicam que os governos estão utilizando a IA não apenas para otimizar processos internos, mas também para ampliar o acesso público à informação, melhorar a entrega de serviços e fomentar a inovação na gestão pública. O potencial dessas iniciativas é significativo: a IA pode reduzir a fricção burocrática, antecipar as necessidades da população e viabilizar serviços públicos mais personalizados, acessíveis e inclusivos.

Embora as aplicações atuais da IA estejam fortemente voltadas para a eficiência operacional, há uma oportunidade clara de expandir seu escopo para abranger práticas de governança participativa, formulação preditiva de políticas públicas e engajamento proativo com a sociedade. Quando implementada de forma ética e estratégica, a IA pode se tornar uma poderosa aliada na promoção da transparência, da inclusão e do empoderamento cidadão — assegurando que os avanços tecnológicos se traduzam em progresso democrático efetivo. O futuro da IA na administração pública não se resume à automação de tarefas: trata-se de transformar o governo em uma estrutura mais adaptável, responsiva e alinhada às necessidades em constante evolução da sociedade.

A Figura 4.2 oferece uma perspectiva mais ampla sobre as diversas aplicações da Inteligência Artificial (IA) nos domínios organizacionais e relacionados a políticas públicas. O gráfico de barras horizontais apresenta a distribuição de projetos de IA em diferentes categorias, com o eixo x indicando o número de projetos e o eixo y listando as respectivas áreas de aplicação. Essa visualização permite compreender as prioridades estratégicas que orientam a implementação da IA na administração pública.

Observa-se que as iniciativas baseadas em IA estão mais concentradas em áreas voltadas à eficiência e à gestão de recursos, conforme indicado pelo elevado número de projetos relacionados à otimização de processos e à alocação de recursos humanos. Esses dados reforçam o papel da IA como uma tecnologia facilitadora do aumento da produtividade e da racionalização das operações, contribuindo para que as instituições públicas aloque de forma mais eficaz sua força de trabalho e seus recursos.

Para além das eficiências operacionais, a IA também tem avançado em áreas críticas como detecção de fraudes, gestão financeira e fiscalização governamental — setores essenciais para o fortalecimento da transparência e da responsabilização institucional. Embora as aplicações relacionadas à prestação de serviços públicos, à cibersegurança e ao monitoramento de políticas sociais apresentem menor número de projetos, sua presença sinaliza o potencial crescente da IA para enfrentar desafios sociais mais amplos. Essa distribuição sugere que, embora a otimização interna ainda seja o foco predominante, há uma mudança gradual — e promissora — no sentido de utilizar a IA para o engajamento público, a inovação nos serviços e a transformação da governança.

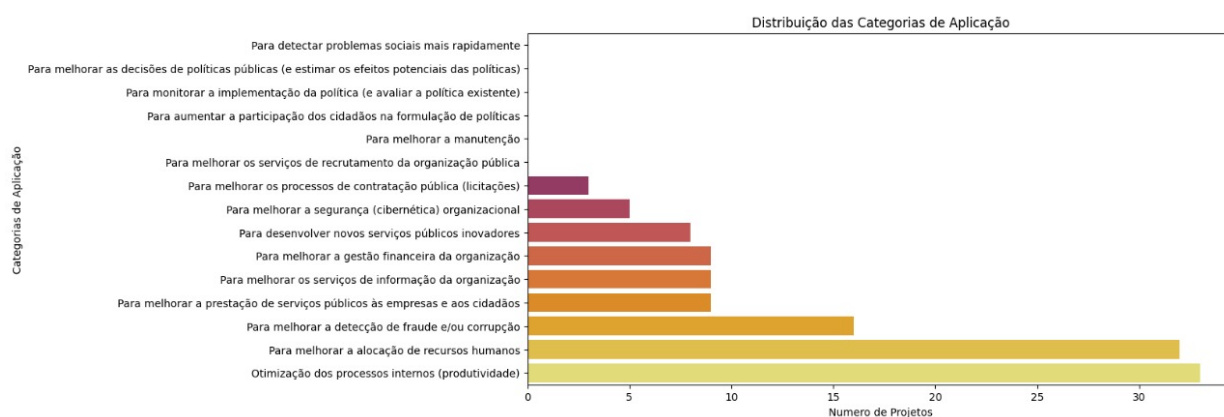


Figura 4.2: Distribuição das Categorias de Aplicação da Inteligência Artificial

A Figura 4.3 apresenta uma visualização detalhada da distribuição dos projetos relacionados à Inteligência Artificial em diferentes categorias de aplicação. O eixo horizontal (x) representa categorias distin-

tas, que vão desde o monitoramento de políticas públicas e a participação social até a gestão financeira, a detecção de fraudes e a cibersegurança. O eixo vertical (y) enumera os projetos individuais, numerados sequencialmente. Cada barra azul escura indica o grau de relevância de um projeto específico dentro de uma determinada categoria.

Essa matriz permite identificar tendências importantes na adoção de IA nos diversos domínios da administração pública. Algumas categorias, como **Aumento da Transparência nas Operações do Setor Público e Capacidade de Resposta das Operações Governamentais**, apresentam uma alta concentração de projetos, o que reforça o papel central da IA no aprimoramento da eficiência administrativa e da responsabilização institucional. Esses dados evidenciam o esforço de modernização da máquina pública, com foco na redução de ineficiências burocráticas e no fortalecimento da confiança da população por meio de maior transparência. Por outro lado, áreas como **Novos Serviços ou Canais** apresentam uma distribuição mais esporádica, o que pode indicar iniciativas emergentes ou campos em que a implementação da IA ainda se encontra em estágio inicial. Essa distribuição desigual pode refletir desafios como a escassez de conhecimento técnico, limitações de recursos ou a ausência de estruturas regulatórias mais robustas para fomentar a inovação nessas áreas.

Um aspecto particularmente relevante da visualização é o caráter multidisciplinar de muitos dos projetos identificados — diversas iniciativas se estendem por múltiplas categorias de aplicação, o que evidencia a flexibilidade e o potencial transversal da IA na administração pública. Por exemplo, projetos voltados à melhoria da análise de dados frequentemente se articulam com esforços para fortalecer a tomada de decisão e o engajamento cidadão, demonstrando como a IA pode atuar como ferramenta integradora em diferentes funções de governança.

Em contrapartida, certas categorias apresentam número reduzido de projetos, o que pode sinalizar lacunas ou oportunidades ainda pouco exploradas para o avanço da IA. Essas lacunas podem refletir o fato de que o potencial da IA ainda não foi plenamente realizado em setores mais complexos ou tradicionalmente menos digitalizados.

Por fim, a Figura 4.3 oferece uma análise aprofundada sobre o papel crescente da IA na governança e na prestação de serviços públicos, evidenciando tanto suas aplicações já consolidadas quanto os espaços promissores para desenvolvimento futuro. Esses achados reforçam a necessidade de investimentos estratégicos, de fortalecimento da capacidade técnica e institucional e de políticas públicas de apoio para que o potencial transformador da IA seja plenamente aproveitado.

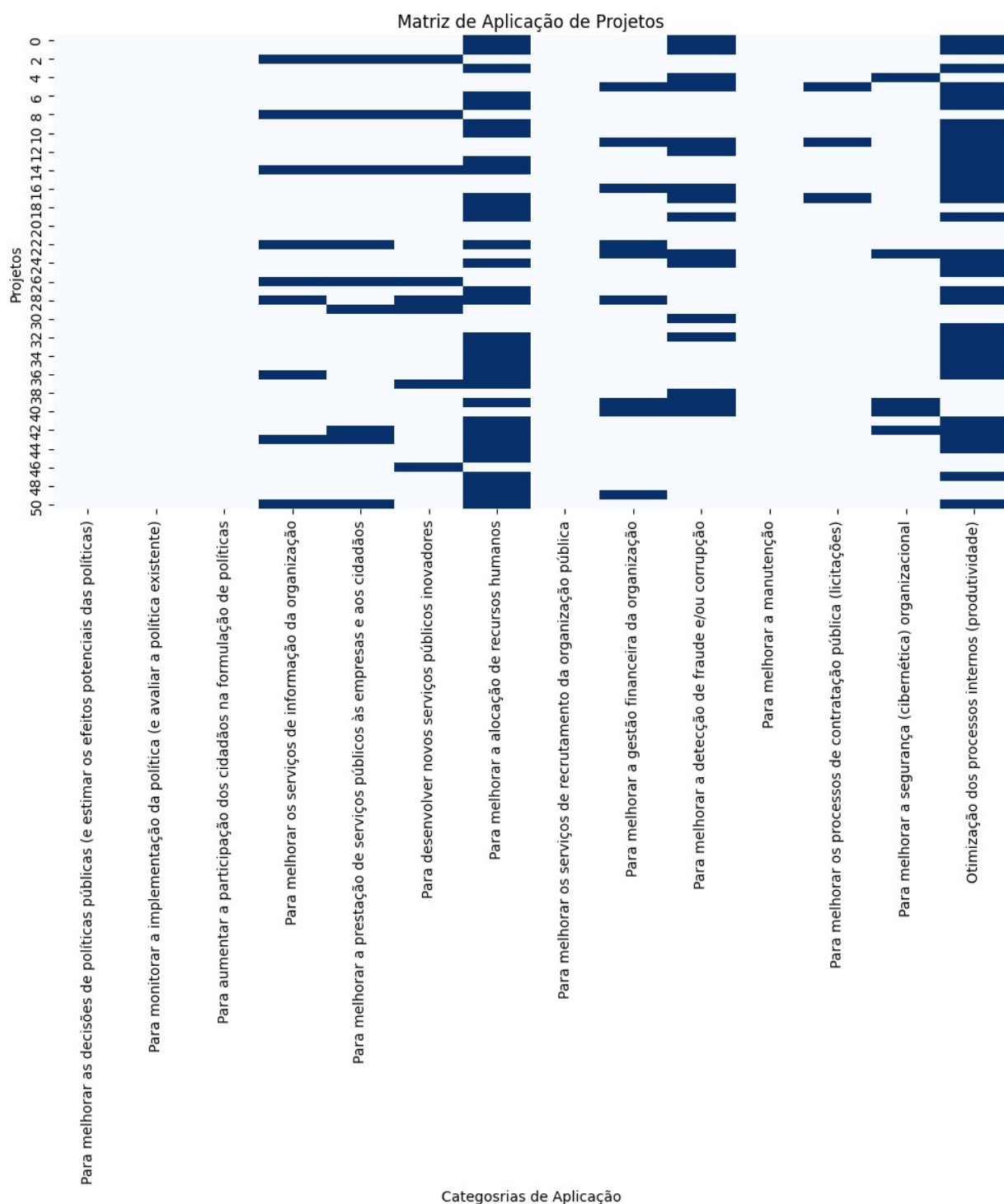


Figura 4.3: Matriz de Aplicações dos Projetos de Inteligência Artificial

A Figura 4.4 ilustra a distribuição de projetos baseados em Inteligência Artificial entre diferentes organizações brasileiras, oferecendo uma visão sobre o nível de engajamento institucional na implementação dessas tecnologias. O eixo vertical (y) lista as instituições responsáveis — incluindo órgãos governamentais, instituições financeiras, organizações de pesquisa e entidades reguladoras —, enquanto o eixo horizontal (x) representa o número de projetos atribuídos a cada organização.

Os dados revelam que a Controladoria-Geral da União (CGU), o Banco do Brasil e a Polícia Federal lideram em número de iniciativas, posicionando-se como protagonistas na adoção de soluções baseadas em IA. Em seguida, destacam-se o Tribunal de Contas da União (TCU), a Caixa Econômica Federal e a Empresa Brasil de Comunicação (EBC), também com participação significativa em projetos voltados à modernização administrativa por meio da IA.

Enquanto algumas instituições desempenham um papel central em múltiplos projetos, outras atuam de forma mais pontual, sendo responsáveis por apenas uma iniciativa. Esse padrão revela tanto uma concentração de esforços em órgãos estratégicos, quanto uma distribuição setorial desigual da adoção da IA. Compreender essa configuração institucional contribui para identificar lacunas de colaboração, oportunidades de parcerias intersetoriais e áreas com potencial de expansão futura. A forte presença de projetos voltados à governança e à gestão financeira reforça o papel estratégico da IA na promoção da transparência, da eficiência operacional e do controle institucional, ao passo que setores com baixa incidência de projetos podem representar oportunidades ainda inexploradas.

Contudo, a distribuição desigual da adoção da IA sugere que algumas instituições podem enfrentar limitações de recursos, carência de expertise técnica ou ausência de visão estratégica para incorporar essas tecnologias. Superar essas disparidades exige não apenas investimentos financeiros, mas também compartilhamento de conhecimento, apoio regulatório e estruturas colaborativas que possibilitem a instituições de diferentes portes explorar o potencial da IA de forma equitativa.

Assim, essa visualização representa mais do que um retrato atual do envolvimento institucional: ela oferece um mapa estratégico para o futuro da IA na administração pública. Ao fomentar a cooperação entre instituições, promover uma alocação equitativa de recursos e garantir que a IA seja orientada por objetivos sociais mais amplos, os órgãos públicos podem atuar de forma coletiva na construção de um setor público mais inovador, transparente e inclusivo. A pergunta já não é mais se a IA transformará a governança, mas sim quão eficazes serão as instituições em cooperar para maximizar os benefícios dessa transformação para toda a sociedade.

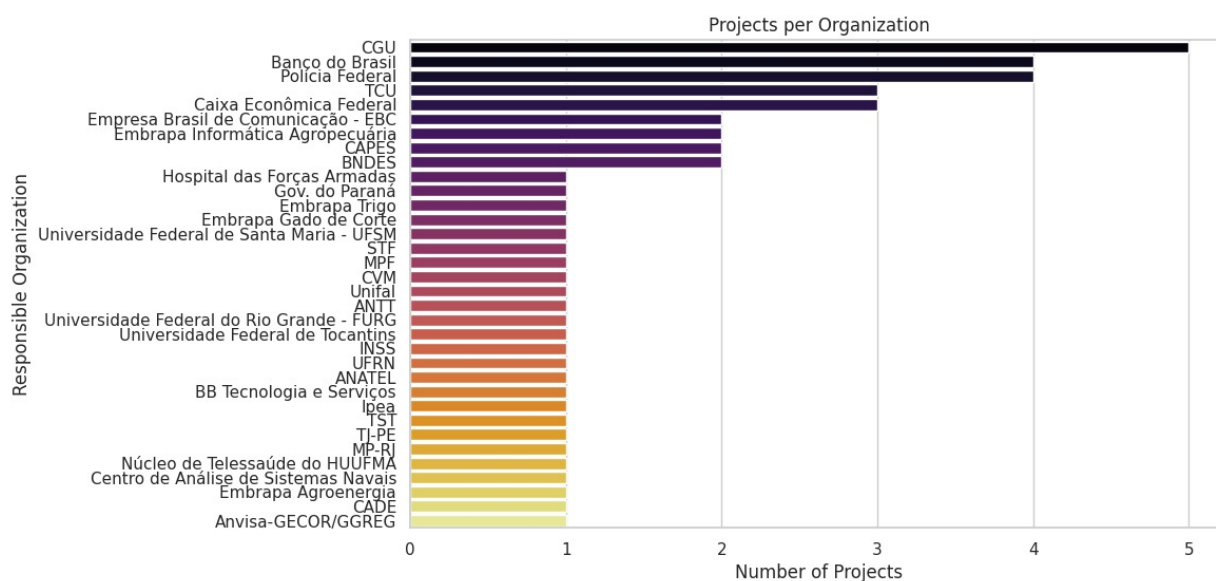


Figura 4.4: Projetos por Organização

As Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 apresentam, em conjunto, uma visão abrangente das metodologias de IA aplicadas em diversos projetos, ilustrando sua distribuição, frequência de uso e impacto geral. A figura 4.5 exibe uma visualização em forma de matriz das metodologias de IA atribuídas a cada projeto, proporcionando uma compreensão do panorama metodológico das aplicações de IA. No eixo x estão representados os diferentes métodos de IA — que vão desde Redes Neurais e Métodos Baseados em Árvores de Decisão até Métodos Estatísticos de Probabilidade Bayesiana — enquanto o eixo y lista os projetos individualmente.

Essa visualização evidencia tanto a predominância de determinadas metodologias quanto lacunas na transparência metodológica. Uma parcela significativa dos projetos está categorizada como "Não Informado", indicando que o método de IA utilizado não foi divulgado ou documentado de forma explícita. Essa falta de transparência dificulta a compreensão completa das melhores práticas e das tendências predominantes, ressaltando a necessidade de uma melhor padronização e relato mais detalhado na implementação das metodologias de IA.

Entre as metodologias divulgadas, as Redes Neurais e os Métodos Baseados em Árvores de Decisão se destacam como as técnicas mais frequentemente aplicadas, reforçando sua reputação de versatilidade em reconhecimento de padrões, classificação e modelagem preditiva. A ampla adoção dessas técnicas reflete a crescente preferência por decisões orientadas por dados e automação em diversos setores. Métodos como Regressão Linear e Aprendizado de Máquina também apresentam uma aplicação significativa, demonstrando sua relevância contínua, especialmente em análises preditivas e modelagem estatística. Em contrapartida, técnicas como Regressão Logística, Métodos Estatísticos de Clusterização, Métodos Estatísticos de Desvio Padrão e Métodos Estatísticos Baseados em Probabilidade Bayesiana aparecem com muito menos frequência, indicando que essas abordagens tendem a ser utilizadas para finalidades mais especializadas e específicas a determinados domínios. Seja por uso legado, aplicações de nicho ou mudanças nas preferências metodológicas, a presença limitada dessas técnicas evidencia a evolução das prioridades no desenvolvimento de IA.

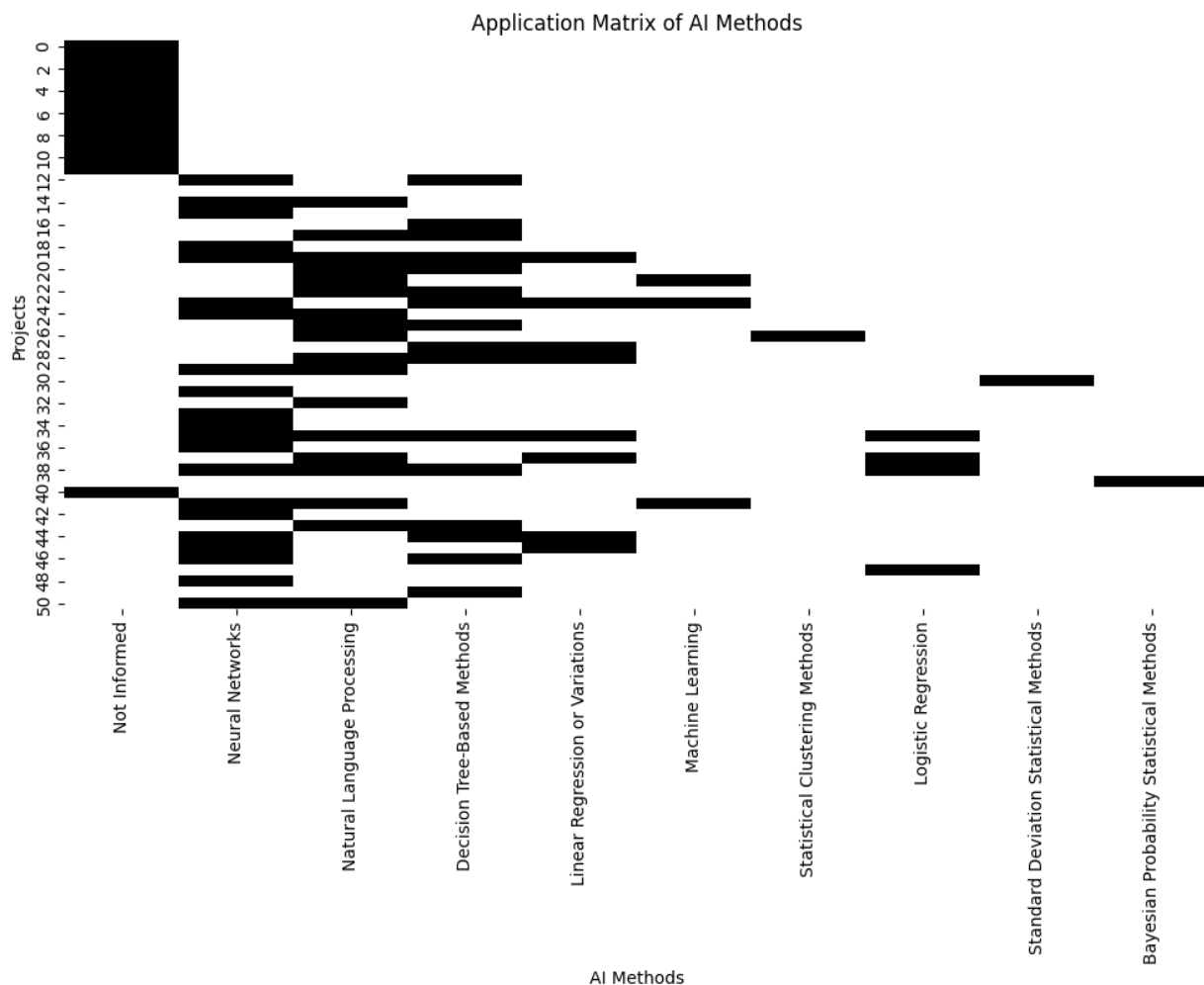


Figura 4.5: Matriz de Aplicação dos Métodos de IA

Para complementar essa análise, a Figura 4.6 quantifica a distribuição dos métodos de IA entre os projetos, expressa em porcentagens, oferecendo uma perspectiva comparativa mais clara sobre sua prevalência. Os resultados confirmam a predominância das Redes Neurais (41,18%), um método amplamente aplicado em deep learning, visão computacional e processamento de linguagem natural. Essa prevalência reflete a versatilidade e eficácia das redes neurais no tratamento de dados complexos e de alta dimensionalidade, tornando-as um pilar das aplicações modernas de IA. Logo em seguida, o Processamento de Linguagem Natural (PLN) representa 35,29%, enfatizando seu papel fundamental na análise automatizada de textos, avaliação de sentimentos e na tomada de decisões orientadas por políticas públicas.

A importância do PLN destaca o crescente valor dos dados não estruturados na governança e a necessidade de ferramentas capazes de extrair insights acionáveis a partir de grandes volumes de informação textual. Métodos Baseados em Árvores de Decisão (30,77%) completam o top 3, sendo valorizados por sua interpretabilidade, eficiência e adaptabilidade em tarefas tanto de classificação quanto de regressão. Esses métodos são especialmente preferidos em contextos onde transparência e explicabilidade são essenciais, como nos processos decisórios do setor público.

Embora a Regressão Linear (15,69%) continue sendo uma ferramenta analítica amplamente utilizada,

sua predominância em declínio sugere uma mudança para técnicas de IA mais avançadas, capazes de lidar com dados não lineares e de alta dimensionalidade. A Regressão Logística (7,84%), embora útil em classificações binárias, também apresenta menor aplicação em comparação com abordagens de aprendizado de máquina mais flexíveis. Métodos de Aprendizado de Máquina, Clusterização Estatística, Métodos Estatísticos de Desvio Padrão e Métodos Estatísticos Baseados em Probabilidade Bayesiana, juntos, representam uma fração menor das aplicações nos projetos (variando de 5,88% a 1,96%), evidenciando seus papéis mais especializados em modelagem probabilística, aprendizado não supervisionado e análise estatística.

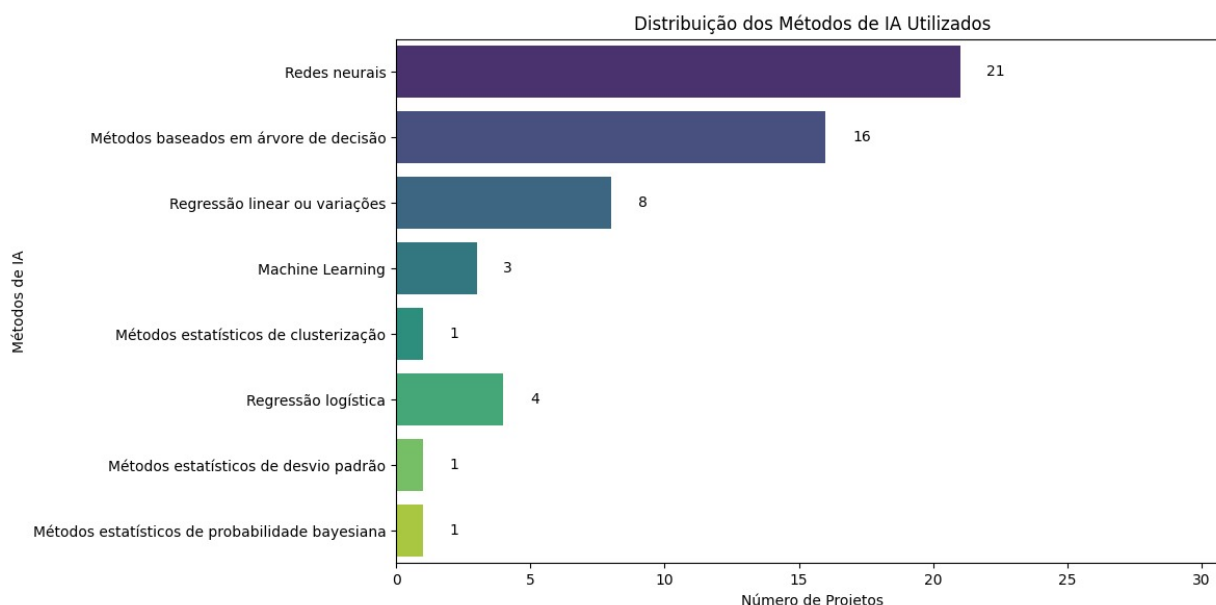


Figura 4.6: Distribuição Percentual dos Métodos de IA nos Projetos

Por fim, a Figura 4.7 complementa essas análises ao apresentar o número absoluto de vezes que cada método de IA foi aplicado nos projetos. As Redes Neurais permanecem como a técnica mais utilizada, aparecendo em 22 projetos, reforçando seu papel central nas soluções baseadas em IA. O Processamento de Linguagem Natural (PLN) vem logo em seguida, com 18 projetos, refletindo sua crescente importância no processamento automatizado de documentos, análise de sentimentos e avaliação de políticas. Os Métodos Baseados em Árvores de Decisão (16 projetos) destacam sua relevância contínua em modelos de decisão transparentes, especialmente em análises financeiras, governança e detecção de fraudes.

A Regressão Linear ou suas variações aparecem em 8 casos, evidenciando sua importância na modelagem preditiva e na análise estatística das relações entre variáveis. A Regressão Logística é utilizada em 4 projetos, destacando sua aplicação em tarefas de classificação binária. A categoria ampla de Aprendizado de Máquina é mencionada em 3 instâncias, possivelmente abrangendo abordagens algorítmicas híbridas ou generalizadas que não se enquadram em subcategorias específicas. Métodos menos utilizados, como Métodos Estatísticos de Clusterização, Métodos Estatísticos de Desvio Padrão e Métodos Estatísticos Baseados em Probabilidade Bayesiana (cada um presente em 1 projeto), desempenham papéis especializados em modelagem probabilística e aprendizado não supervisionado.

A análise das Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 evidencia as tendências predominantes na adoção de metodologias de IA, com algumas técnicas se destacando como dominantes, enquanto outras assumem papéis mais espe-

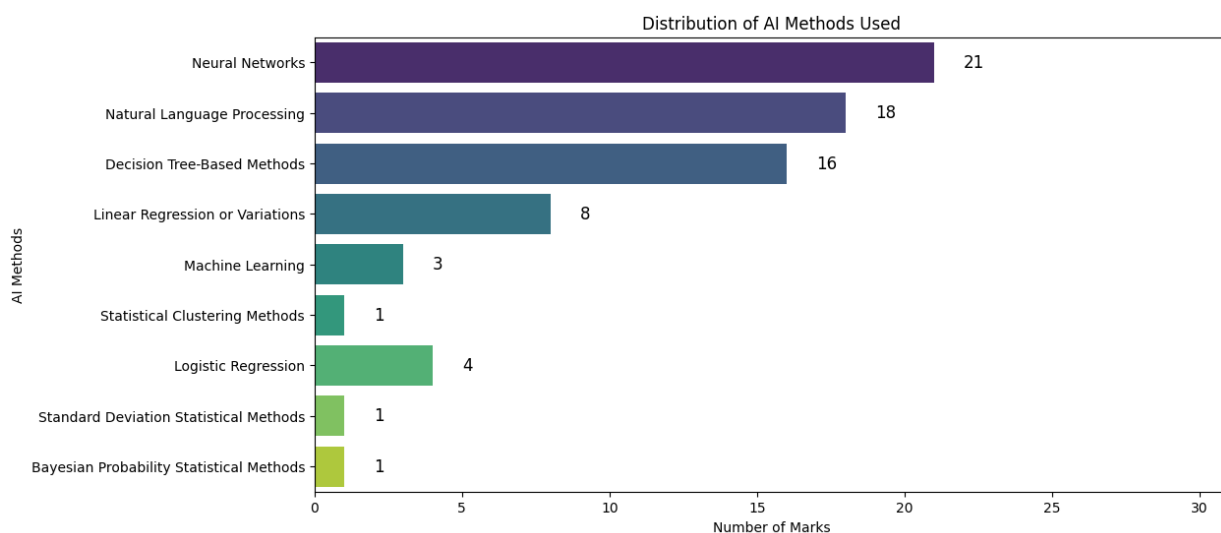


Figura 4.7: Frequência dos Métodos de IA nos Projetos

cializados. Redes Neurais, Processamento de Linguagem Natural (PLN) e Métodos Baseados em Árvores de Decisão aparecem como as abordagens mais amplamente aplicadas, refletindo uma preferência por modelos flexíveis e preditivos, capazes de lidar com estruturas de dados complexas. Em contraste, técnicas estatísticas tradicionais, como Regressão Linear, Regressão Logística e Métodos de Probabilidade Bayesiana, são menos frequentes, indicando que essas ferramentas costumam atuar de forma complementar, e não como metodologias principais, em muitos projetos. Paralelamente, uma parcela significativa das iniciativas baseadas em IA carece de divulgação explícita das metodologias utilizadas, destacando um problema mais amplo relacionado à transparência e à padronização nos relatos sobre IA.

Essa distribuição aponta tanto avanços quanto desafios na adoção da IA. Por um lado, a predominância de deep learning, árvores de decisão e PLN reflete um crescente grau de sofisticação nas aplicações de IA. Por outro, a falta de transparência metodológica e a sub-representação de certas técnicas estatísticas indicam barreiras potenciais para uma implementação mais ampla da IA.

Para o futuro, a padronização das práticas de relato de IA e o estímulo à inovação metodológica serão essenciais. A maior transparência pode diminuir lacunas de conhecimento, fortalecer a colaboração entre setores e promover melhores práticas, garantindo que as iniciativas baseadas em IA evoluam de maneira eficiente e justa. Em última análise, esses resultados delineiam um ecossistema de IA que equilibra metodologias de ponta com técnicas legadas, adoção ampla com aplicação seletiva, e transparência com opacidade — um cenário dinâmico preparado para crescimento e aprimoramento contínuos.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DE DADOS: BRASIL E UNIÃO EUROPEIA

O dendrograma apresentado na Figura 4.8 resume os resultados da análise de agrupamento hierárquico, revelando padrões de similaridade entre os países analisados com base em variáveis essenciais para a administração pública e a governança digital. O eixo vertical do dendrograma representa a dissimilaridade entre os grupos formados, enquanto o eixo horizontal exibe os países analisados. A altura em que dois

grupos se unem indica o grau de diferença entre eles: quanto menor a altura da união, maior a similaridade estrutural entre as nações; uniões em níveis mais altos indicam diferenças significativas nos padrões de governança e na adoção tecnológica.

A estrutura hierárquica dos agrupamentos evidencia como os países se organizam naturalmente conforme seus níveis de maturidade digital, a robustez das políticas públicas que apoiam a Inteligência Artificial e a extensão dos seus esforços de modernização administrativa. Esse processo de agrupamento, visualizado por meio do dendrograma, destaca os variados graus de progresso e comprometimento entre as nações na integração da IA aos seus setores públicos. O dendrograma identifica três grandes grupos, cada um codificado por cores para representar países com características compartilhadas e trajetórias semelhantes na adoção de IA e no avanço da administração pública digital.

O primeiro grupo, geralmente composto por países tecnologicamente mais avançados, reúne nações com infraestrutura digital consolidada, estratégias globais para IA e ênfase em uma governança orientada pela inovação. Esses países costumam atuar como pioneiros, estabelecendo referências para a integração da IA e demonstrando o potencial transformador das ferramentas digitais na melhoria dos serviços públicos. O segundo grupo inclui países em fase de transição, que apresentam avanços significativos em determinadas áreas da transformação digital, mas ainda enfrentam desafios como limitações de recursos, implementação desigual de políticas ou lacunas em expertise técnica.

Essas nações frequentemente se inspiram no primeiro grupo, adaptando estratégias às suas realidades socioeconômicas e políticas específicas. Por fim, o terceiro grupo, que pode reunir países com menor maturidade digital, destaca aqueles onde a adoção da IA e a modernização administrativa ainda estão em estágio inicial. Para esses países, o foco geralmente está na construção de capacidades fundamentais, no fomento à colaboração entre stakeholders e na criação de ambientes propícios ao crescimento futuro.

Neste estudo, o primeiro grupo (marcado em laranja) é composto pela Romênia, Hungria e Reino Unido. A formação deste cluster indica uma convergência impulsionada por fatores estruturais, incluindo políticas econômicas e estruturas administrativas, que moldam suas abordagens para a adoção tecnológica. Embora esses países apresentem diferentes níveis de maturidade digital, a proximidade entre eles sugere que compartilham estratégias comuns para integrar a IA nos seus setores públicos. Essa característica reflete um foco conjunto em equilibrar inovação com supervisão regulatória, além de esforços para adaptar os marcos regulatórios da IA às necessidades de setores estratégicos. Esse agrupamento ressalta a importância de abordagens personalizadas que harmonizem o avanço tecnológico com as prioridades de governança, permitindo que esses países naveguem nas complexidades da adoção da IA.

O segundo e maior grupo (marcado em verde) inclui países como Portugal, França, Alemanha e Espanha, que se destacam pela forte convergência em políticas industriais, estruturas regulatórias e níveis de maturidade digital. Essas nações fizeram avanços significativos na integração da IA em diversos aspectos da administração pública, utilizando-a para agilizar serviços governamentais, aprimorar processos decisórios e promover maior transparência. O Brasil também faz parte deste cluster, formando um subgrupo distinto junto com Áustria, Finlândia e Polônia. Portanto, é possível concluir que, apesar das diferenças geográficas e socioeconômicas, o Brasil compartilha prioridades estratégicas importantes em governança digital com esses países, adotando abordagens comparáveis na regulação da IA e na modernização do setor público por meio de tecnologias emergentes.

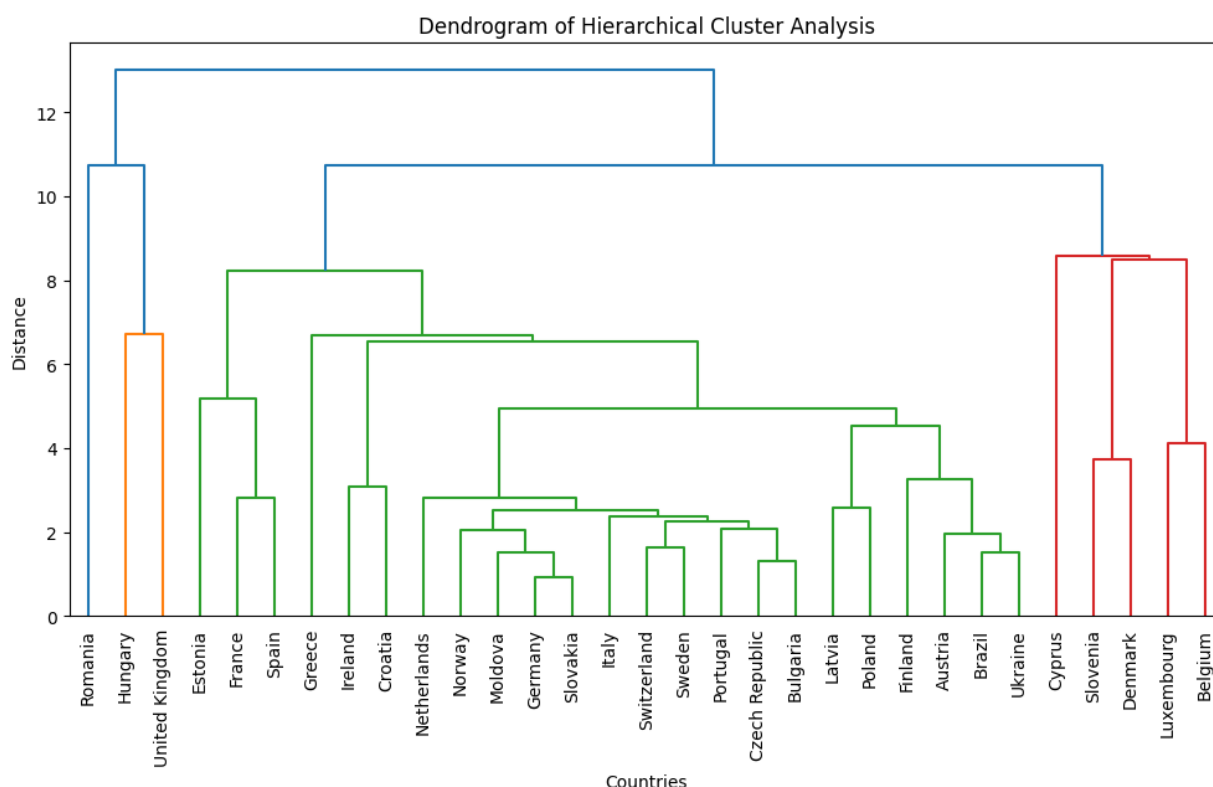


Figura 4.8: Dendrograma da Análise de Agrupamento Hierárquico

Além disso, a inclusão do Brasil nesse subgrupo destaca seu compromisso em acelerar a transformação digital, valendo-se das melhores práticas internacionais e alinhando-se com países que já utilizam a IA para melhorar a eficiência do setor público. Essa posição reflete os esforços do Brasil para superar lacunas na maturidade digital e adotar soluções que acompanhem as tendências globais, ao mesmo tempo em que enfrentam seus desafios internos. Dessa forma, o Brasil demonstra uma abordagem que utiliza a tecnologia como ferramenta para o desenvolvimento sustentável e a melhoria dos serviços públicos. Este cluster, portanto, não apenas ressalta a visão compartilhada de seus membros, mas também exemplifica como o aprendizado colaborativo e o alinhamento estratégico podem impulsionar o progresso na era digital.

O terceiro grupo (marcado em vermelho) é formado por Chipre, Eslovênia, Dinamarca, Luxemburgo e Bélgica. O que distingue essas nações dos outros grupos é a adoção de regulações especializadas em IA, estruturas avançadas de governança digital e economias que priorizam a inovação tecnológica de ponta. A inclusão desses países neste cluster indica um estágio mais avançado de integração da IA na administração pública, bem como o uso de estratégias regulatórias para garantir que a adoção da IA seja ética e eficaz. Além disso, esses países parecem estar na vanguarda do uso da IA para aprimorar a governança, demonstrando compromisso em equilibrar inovação e responsabilidade.

A posição do Brasil próxima à Áustria, Finlândia e Polônia no dendrograma indica abordagens semelhantes na integração da IA no setor público, especialmente em iniciativas voltadas para aumentar a transparência, automatizar processos administrativos e otimizar a alocação de recursos. Países como Finlândia e Áustria se destacam como líderes em reformas administrativas orientadas pela IA, promovendo governança baseada em dados e formulando políticas públicas que priorizam eficiência e responsabiliza-

ção. Esse alinhamento sugere que o Brasil está trilhando trajetória semelhante, adotando cada vez mais soluções em IA para modernizar sua administração pública, ampliar a acessibilidade e melhorar a eficiência geral. Ao se inspirar nesses países pioneiros, o Brasil se posiciona para utilizar a IA como uma ferramenta transformadora para construir um setor público mais ágil e eficaz.

Por fim, a inclusão do Brasil nesse cluster enfatiza a necessidade de avançar em políticas públicas que apoiem a transformação digital, estabeleçam regulações claras para o uso da IA no setor público e priorizem investimentos em infraestrutura tecnológica. Ao alinhar-se com países que já integraram a IA com sucesso em seus modelos de governança, o Brasil tem a oportunidade de fortalecer sua posição no cenário global da governança digital.

Além disso, esse alinhamento abre portas para a expansão da colaboração internacional e o intercâmbio de conhecimentos com nações que já desenvolveram modelos eficazes de administração pública orientada por IA. Parcerias desse tipo podem permitir que o Brasil adote as melhores práticas comprovadas, adapte os marcos regulatórios ao seu contexto particular e implemente sistemas de governança digital mais resilientes e eficientes. Em última análise, esses esforços podem ajudar o Brasil a construir um setor público mais inovador, inclusivo e voltado para o futuro, melhor preparado para atender às demandas da era digital em rápida evolução.

Por fim, a Figura 4.9 apresenta um mapa de calor que visualiza a distribuição de diversas características relacionadas à governança nos países analisados, organizados em clusters. O eixo horizontal representa diferentes variáveis associadas às operações do setor público, formulação e implementação de políticas, e efetividade da governança, enquanto o eixo vertical lista os países incluídos na análise. A intensidade da coloração no mapa de calor reflete a magnitude de cada variável, com tons mais escuros indicando valores mais altos, o que significa maior relevância ou impacto dessas características em cada país.

As variáveis analisadas abrangem um amplo espectro de aspectos fundamentais da administração pública, incluindo transparência nas operações governamentais, participação cidadã nas decisões políticas, capacidade dos cidadãos de fiscalizar e influenciar os serviços públicos, e a implementação de estratégias para oferecer serviços mais eficientes e centrados no cidadão. Além disso, o mapa de calor também reflete indicadores relacionados à otimização da gestão pública, como redução de custos, eficiência administrativa, alocação estratégica de recursos e melhoria na comunicação e colaboração entre diferentes órgãos governamentais. Algumas das variáveis examinadas abordam ainda dimensões éticas e regulatórias, incluindo medidas para mitigar riscos de corrupção e promover equidade, justiça e transparência na gestão pública.

Os padrões que emergem da análise do mapa de calor revelam disparidades significativas entre os países, evidenciando diferentes abordagens e níveis de maturidade na adoção de práticas modernas de governança. Enquanto algumas nações apresentam valores elevados em múltiplas dimensões, refletindo um compromisso amplo com a modernização administrativa e a eficiência governamental, outras exibem menor intensidade nessas características, sugerindo desafios estruturais, prioridades políticas distintas ou estágios variados na implementação das reformas do setor público.

Especificamente, o mapa de calor destaca países como Brasil, Polônia e República Tcheca, que apresentam valores mais elevados em aspectos-chave da governança, incluindo melhor gestão dos recursos públicos, redução de custos e maior transparência. Isso sugere que essas nações estão ativamente engaja-

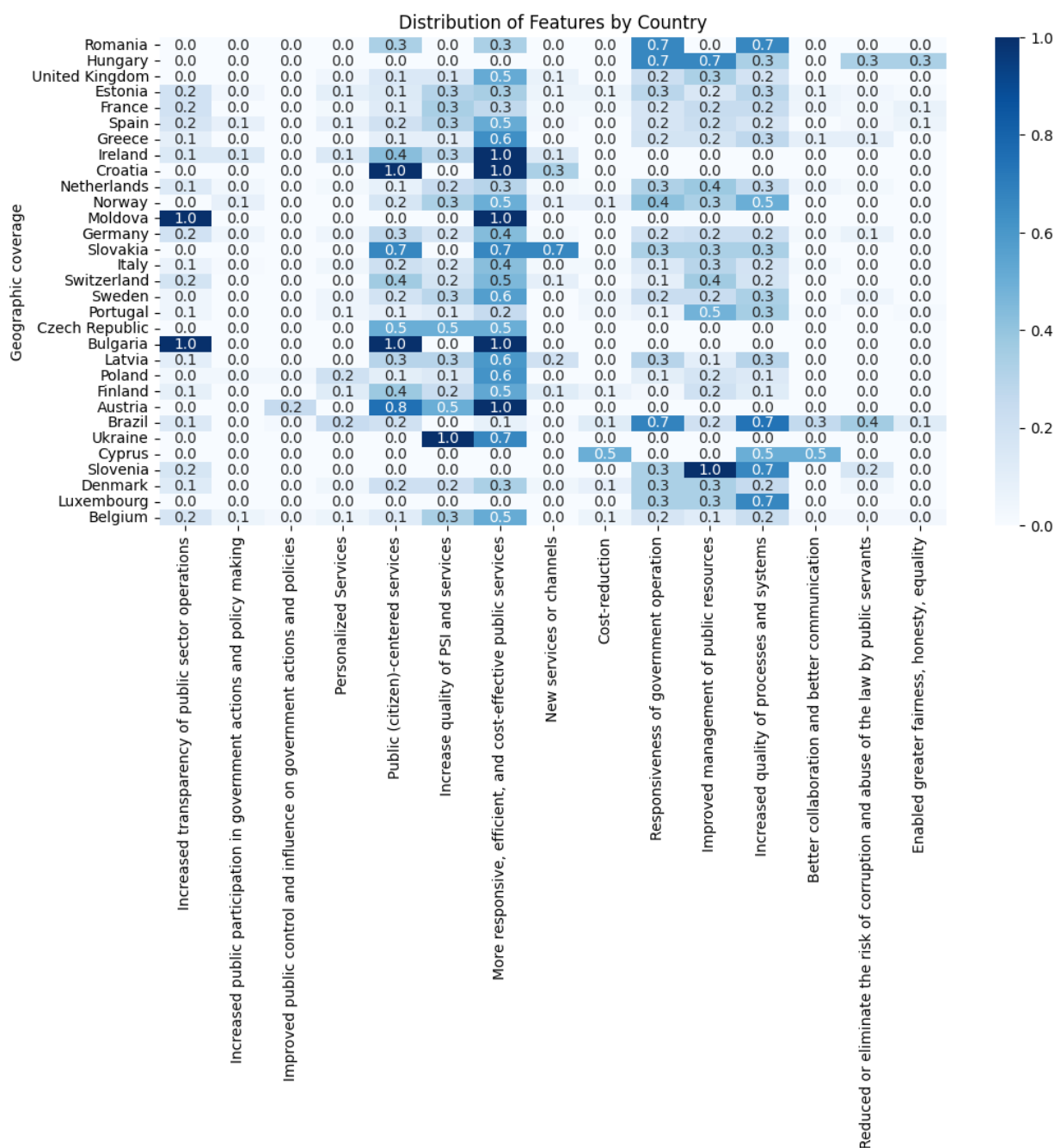


Figura 4.9: Distribuição das Características de Governança por País

das em iniciativas estratégicas para fortalecer a governança digital e aproveitar as tecnologias emergentes para otimizar a eficiência do setor público. Países como Suécia e Suíça também apresentam valores elevados em aspectos como a capacidade de resposta das operações governamentais e a maior qualidade dos processos e sistemas, indicando uma estrutura bem estabelecida de governança digital.

Por outro lado, países com menor intensidade em múltiplas variáveis podem estar adotando um ritmo mais gradual de transformação digital e reestruturação administrativa, devido a fatores políticos, econômicos ou institucionais. A distribuição dos valores no mapa de calor pode também refletir variações nos modelos de governança, com alguns países priorizando aspectos específicos, como transparência e fiscalização

social, enquanto outros focam mais na automação de processos e eficiência operacional. Notavelmente, países como Luxemburgo e Dinamarca mostram menor engajamento em certas variáveis relacionadas à governança, sugerindo uma abordagem alternativa à administração pública ou foco em outras prioridades de modernização.

De modo geral, o mapa de calor é uma ferramenta analítica poderosa para avaliar a heterogeneidade das estratégias de governança e identificar áreas potenciais para aprimoramento das políticas públicas. Isso é sustentado pelo mapeamento visual das principais dimensões da governança em múltiplas nações, fornecendo informações sobre como os países priorizam a modernização do setor público, a transparência e a eficiência em seus frameworks administrativos.

A estrutura de agrupamento do mapa de calor está alinhada com a análise de agrupamento hierárquico apresentada anteriormente, reforçando a segmentação dos países com base em características comuns de governança. O agrupamento hierárquico é um método estatístico amplamente utilizado para agrupar elementos semelhantes em conjuntos hierárquicos, permitindo a identificação de padrões e semelhanças entre os países analisados. Esse alinhamento metodológico fortalece a confiabilidade dos resultados, uma vez que diferentes técnicas analíticas convergem para a mesma segmentação, reduzindo a probabilidade de vieses e inconsistências na interpretação dos dados.

A convergência dessas metodologias analíticas oferece insights estratégicos sobre a eficiência do setor público em diversos contextos nacionais, possibilitando a identificação de boas práticas e desafios enfrentados por cada país. A governança pública, definida como o conjunto de processos, normas e políticas que regulam a administração estatal e a prestação de serviços públicos, apresenta variações significativas entre as nações devido a fatores históricos, institucionais e tecnológicos. A análise combinada do mapa de calor e do agrupamento hierárquico permite avaliar a maturidade digital dos países, a efetividade de suas políticas públicas e a adoção de tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA), para modernizar a administração pública.

Além de identificar padrões de eficiência e inovação no setor público, os resultados servem como base para discussões mais aprofundadas sobre políticas públicas voltadas à modernização administrativa e ao fortalecimento da governança digital. Governança Digital pode ser definida como o conjunto de estruturas, políticas, processos e práticas que orientam o uso estratégico das tecnologias digitais na administração pública, com o objetivo de melhorar a eficiência governamental, promover a transparência, garantir a prestação de serviços centrados no cidadão e reforçar a responsabilização institucional. Ela abrange não apenas a adoção de ferramentas tecnológicas, como inteligência artificial, big data e serviços digitais, mas também a forma como essas tecnologias são integradas aos princípios democráticos, à proteção de dados pessoais, à inclusão digital e à participação social. A governança digital pressupõe uma visão sistêmica da transformação do Estado, em que a inovação tecnológica está alinhada aos valores públicos, à equidade e à sustentabilidade institucional (Venson, Figueiredo e Canedo 2024).

A digitalização dos serviços governamentais tem sido um dos pilares da transformação do setor público, promovendo maior transparência, eficiência e acessibilidade para os cidadãos. A integração de tecnologias inteligentes, como sistemas de automação, análises preditivas e plataformas digitais interativas, pode otimizar a tomada de decisão, reduzir custos operacionais e ampliar a capacidade do governo de responder de forma rápida e eficaz às demandas da sociedade (Marsicano et al. 2024).

A análise também ressalta a relevância do Brasil dentro do cluster compartilhado com países europeus de destaque, como Holanda e Suíça. Essa posição sugere que, apesar das diferenças estruturais e socioeconômicas, o Brasil adotou estratégias que o alinham a nações reconhecidas por sua governança digital e inovação administrativa. A presença do país nesse grupo indica um potencial significativo para avançar nas políticas de transformação digital do setor público, fomentando investimentos em infraestrutura tecnológica, capacitação de servidores públicos e desenvolvimento de regulamentações que garantam o uso ético e eficiente da IA e outras tecnologias emergentes.

Assim, a análise do mapa de calor, combinada à abordagem do agrupamento hierárquico, não apenas evidencia disparidades e avanços entre os países, mas também fornece uma base robusta para futuras pesquisas sobre as melhores práticas de governança e o impacto das políticas públicas na melhoria da eficiência e transparência do setor público. Nesse contexto, o Brasil, ocupando uma posição estratégica, é crucial para acelerar sua trajetória rumo à modernização administrativa, alinhando-se a padrões internacionais e promovendo um modelo de governança digital eficiente, acessível e sustentável.

4.3 INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA E REQUISITOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE IA NO CONTEXTO BRASILEIRO

4.3.1 Panorama da Infraestrutura Digital no Brasil: Avanços e Disparidades

A implementação efetiva de sistemas de Inteligência Artificial na administração pública brasileira depende fundamentalmente de uma infraestrutura tecnológica robusta e acessível. Contudo, o Brasil apresenta um cenário marcado por contrastes significativos em termos de desenvolvimento digital, com avanços notáveis em determinadas regiões e setores coexistindo com lacunas expressivas em outras áreas do país (Mitkiewicz 2024). Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - Tecnologia da Informação e Comunicação (PNAD Contínua TIC) de 2023, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE 2023), 92,5% dos domicílios brasileiros possuíam acesso à internet, o que representa aproximadamente 72,5 milhões de residências (Estatística 2024). Este percentual representa um avanço significativo em relação a anos anteriores, evidenciando a expansão da conectividade no país. No entanto, uma análise mais detalhada revela disparidades regionais importantes: enquanto nas áreas urbanas o percentual de domicílios com acesso à internet alcançava 94,1%, nas áreas rurais este índice era de apenas 82,5%.

As desigualdades regionais são ainda mais pronunciadas quando se analisa a qualidade da conexão. De acordo com o Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), em 2024, enquanto 83,3% dos domicílios brasileiros com acesso à internet utilizavam banda larga móvel, apenas 66,7% dispunham de banda larga fixa, considerada mais estável e adequada para aplicações intensivas em dados, como sistemas de IA. Esta disparidade é particularmente acentuada nas regiões Norte e Nordeste, onde a infraestrutura de telecomunicações ainda apresenta limitações significativas. Conforme destacam Brandão et al. (Brandão e Arbix 2022), a infraestrutura de conectividade constitui apenas a camada mais básica dos requisitos tecnológicos para a implementação de IA. Além dela, são necessários data centers, capacidade de processamento, armazenamento e transmissão de grandes volumes de dados, bem

como sistemas de segurança cibernética robustos. Nestes aspectos, o Brasil também apresenta disparidades regionais expressivas, com concentração de recursos tecnológicos avançados principalmente no eixo Sul-Sudeste. Um estudo conduzido pela Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD) em 2025 aponta que, embora o Brasil tenha avançado significativamente na adoção de tecnologias digitais, incluindo IA, o país ainda enfrenta lacunas importantes em termos de infraestrutura tecnológica, especialmente em regiões menos desenvolvidas economicamente (Radović-Marković 2025). O relatório destaca que estas disparidades podem limitar os benefícios potenciais da IA para o desenvolvimento socioeconômico e a modernização da administração pública em escala nacional.

4.3.2 Requisitos Computacionais e de Armazenamento para Sistemas de IA

A implementação de sistemas de IA, especialmente aqueles baseados em técnicas avançadas como aprendizado profundo (deep learning), impõe demandas substanciais em termos de recursos computacionais e de armazenamento (Bueno e Santos 2024). Segundo Filgueiras e Junquilha (Filgueiras e Junquilha 2023), estas demandas podem ser categorizadas em três dimensões principais: capacidade de processamento, armazenamento de dados e infraestrutura de rede.

No que diz respeito à capacidade de processamento, sistemas de IA frequentemente requerem unidades de processamento gráfico (GPUs) ou unidades de processamento tensorial (TPUs), especializadas para operações de álgebra linear e cálculos paralelos intensivos. Conforme observam Melo et al. (Melo et al.), o Brasil enfrenta limitações significativas neste aspecto, com alta dependência de importação de hardware especializado e concentração de recursos computacionais avançados em poucas instituições, principalmente nas regiões Sul e Sudeste.

Um levantamento realizado pela Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação (Brasscom) em 2024 ¹ indica que apenas 23% das organizações públicas brasileiras dispõem de infraestrutura computacional adequada para implementar sistemas de IA mais complexos, como aqueles baseados em redes neurais profundas. Esta limitação é ainda mais acentuada em instituições públicas de menor porte e em regiões menos desenvolvidas economicamente.

Quanto ao armazenamento de dados, Vasilakopoulos et al. (Vasilakopoulos et al. 2024) destacam que sistemas de IA requerem não apenas grande capacidade de armazenamento, mas também arquiteturas otimizadas para acesso rápido e processamento eficiente de dados. No Brasil, a infraestrutura de data centers tem se expandido significativamente nos últimos anos, com investimentos que devem ultrapassar US 2,4 bilhões em 2025, segundo projeções da International Data Corporation. No entanto, esta expansão ocorre de forma desigual no território nacional, com concentração de aproximadamente 78% da capacidade de armazenamento nas regiões Sudeste e Sul.

A infraestrutura de rede, por sua vez, representa um desafio adicional, especialmente para aplicações de IA que requerem processamento em tempo real ou transferência de grandes volumes de dados. De acordo com Araújo et al. (Araújo et al. 2025), a latência e a largura de banda disponíveis em diferentes regiões do Brasil podem variar significativamente, impactando a viabilidade de determinadas aplicações de IA. Os autores citam o exemplo de sistemas de videomonitoramento com análise em tempo real, que podem ser

¹<https://brasscom.org.br/inteligencia/relatorio-setorial/>

inviáveis em localidades com infraestrutura de rede limitada.

4.3.3 Desafios de Infraestrutura para a Administração Pública

A administração pública brasileira enfrenta desafios específicos relacionados à infraestrutura tecnológica para implementação de IA, que vão além das questões de disponibilidade de recursos. Conforme destacam (Almeida e Júnior 2025), estes desafios incluem a fragmentação de sistemas legados, a interoperabilidade limitada entre diferentes órgãos e níveis de governo, e restrições orçamentárias para investimentos em tecnologia. A fragmentação de sistemas legados representa um obstáculo significativo para a implementação de IA no setor público. Segundo um levantamento realizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) em 2024, aproximadamente 65% dos sistemas de informação utilizados por órgãos federais foram desenvolvidos há mais de dez anos, utilizando tecnologias que dificultam a integração com soluções modernas de IA (União 2024). Esta situação é ainda mais crítica em estados e municípios com menor capacidade de investimento em modernização tecnológica.

A interoperabilidade limitada entre sistemas de diferentes órgãos e níveis de governo também constitui um desafio importante. Como observam Kulal et al. (Kulal et al. 2024), muitas aplicações de IA no setor público requerem acesso a dados distribuídos em múltiplos sistemas e bases de dados, frequentemente gerenciados por diferentes instituições. A ausência de padrões comuns e interfaces de programação de aplicações (APIs) bem definidas dificulta a integração desses dados, limitando o potencial de sistemas de IA para análise e tomada de decisão baseada em evidências.

As restrições orçamentárias representam outro obstáculo significativo, especialmente considerando as disparidades regionais em termos de capacidade fiscal. Brandão et al. (Brandão e Arbix 2022) destacam que, enquanto estados e municípios mais desenvolvidos economicamente podem realizar investimentos substanciais em infraestrutura tecnológica, regiões menos favorecidas frequentemente enfrentam limitações severas de recursos. Esta disparidade pode resultar em um "apartheid digital" na administração pública, com algumas jurisdições implementando soluções avançadas de IA enquanto outras permanecem dependentes de processos manuais ou sistemas obsoletos. Um estudo conduzido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) em 2024 analisou os investimentos em tecnologia da informação e comunicação (TIC) realizados por estados brasileiros, identificando disparidades significativas: enquanto estados como São Paulo e Santa Catarina investiam em média R\$ 142 per capita em TIC, estados como Maranhão e Pará investiam menos de R\$ 45 per capita. Esta disparidade de investimentos reflete-se diretamente na capacidade de implementação de soluções baseadas em IA na administração pública regional.

4.3.4 Capital Humano e Capacitação Técnica

Além da infraestrutura física, a implementação bem-sucedida de sistemas de IA na administração pública depende fundamentalmente de capital humano qualificado. Conforme destacam Filgueiras e Junquilha (Filgueiras e Junquilha 2023), o Brasil enfrenta um déficit significativo de profissionais especializados em IA, com disparidades regionais expressivas na disponibilidade de talentos. Segundo dados da Associação Brasileira de Startups (Abstartups) e da Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (Softex), em 2024, o Brasil possuía um déficit estimado de 530 mil profissionais na área de

tecnologia da informação, com especialistas em IA representando uma das categorias com maior escassez (Abstartups/ Softex, 2024). Este déficit é particularmente acentuado no setor público, que frequentemente enfrenta dificuldades para atrair e reter talentos técnicos devido a limitações salariais e de planos de carreira. A distribuição geográfica destes profissionais também apresenta concentrações significativas.

De acordo com Melo et al. (Melo et al.), aproximadamente 72% dos profissionais brasileiros especializados em IA estão concentrados nas regiões Sudeste e Sul, com São Paulo respondendo sozinho por cerca de 45% do total. Esta concentração reflete e reforça as disparidades regionais em termos de capacidade de implementação de soluções baseadas em IA. No contexto específico da administração pública, (Haesevoets, Verschuere e Roets 2025) identificaram três níveis de competências necessárias para a implementação efetiva de IA: (1) competências técnicas especializadas, como desenvolvimento de modelos e engenharia de dados; (2) competências de gestão de projetos de IA; e (3) letramento básico em IA para servidores que interagem com estes sistemas. Os autores argumentam que, para superar as disparidades regionais, é necessário desenvolver estratégias de capacitação que abordem estes três níveis de forma integrada.

Iniciativas como o Programa Nacional de Formação em Inteligência Artificial para o Setor Público, lançado em 2023 pelo Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, buscam abordar estas lacunas de capacitação. O programa visa formar 25 mil servidores públicos em competências relacionadas à IA até 2026, com atenção especial a regiões com menor disponibilidade de talentos especializados. No entanto, como observaram Araújo et al. (Araújo et al. 2025), estas iniciativas ainda são insuficientes diante da magnitude do desafio e da velocidade de evolução das tecnologias de IA.

4.3.5 Estratégias para Superação das Disparidades Regionais

Diante dos desafios identificados, diversas estratégias têm sido propostas e implementadas para superar as disparidades regionais na infraestrutura tecnológica necessária para a adoção de IA na administração pública brasileira. Estas estratégias podem ser categorizadas em quatro dimensões principais: políticas públicas, modelos de compartilhamento de recursos, parcerias público-privadas e abordagens tecnológicas adaptativas.

No âmbito das políticas públicas, destaca-se o Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT) e o Plano Nacional de Conectividade, que visam expandir a infraestrutura de conectividade em regiões menos atendidas. Estas iniciativas são fundamentais para criar as condições básicas necessárias para a implementação de sistemas de IA, especialmente em regiões com limitações de infraestrutura digital (Brandão e Arbix 2022).

A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), instituída em 2021, também inclui diretrizes específicas para abordar disparidades regionais. O documento estabelece como objetivo promover investimentos públicos e privados sustentados em infraestrutura, considerando as diferentes realidades regionais. No entanto, como observam (Filgueiras e Junquillo 2023), a EBIA ainda carece de mecanismos concretos de implementação e alocação orçamentária específica para atingir este objetivo. Modelos de compartilhamento de recursos representam outra estratégia promissora.

Vasilakopoulos et al. (Vasilakopoulos et al. 2024) destacam iniciativas como o Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD) e a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), que

disponibilizam infraestrutura computacional avançada para instituições públicas e acadêmicas em diferentes regiões do país. Os autores argumentam que a expansão destes modelos, com foco específico em recursos para IA, poderia democratizar o acesso a capacidades computacionais avançadas. Parcerias público-privadas também emergem como estratégias relevantes para superar limitações de infraestrutura. Almeida e Júnior (Almeida e Júnior 2025) analisaram casos bem-sucedidos de colaboração entre governos estaduais e empresas de tecnologia para implementação de soluções de IA em serviços públicos. Os autores destacam o exemplo do estado do Ceará, que estabeleceu parcerias com empresas de tecnologia para implementar sistemas de IA em áreas como segurança pública e saúde, superando limitações locais de infraestrutura.

Abordagens tecnológicas adaptativas, por sua vez, envolvem o desenvolvimento de soluções de IA que possam operar eficientemente mesmo em contextos com limitações de infraestrutura. Melo et al. (Melo et al.) descreveram técnicas como "edge computing"(computação de borda) e modelos de IA otimizados para dispositivos com recursos limitados, que podem viabilizar aplicações em regiões com restrições de conectividade ou capacidade computacional. Um exemplo notável é o projeto "IA na Ponta", desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação em Saúde (EMBRAPII) em parceria com universidades regionais. O projeto adapta modelos de IA para diagnóstico médico para operar em dispositivos móveis com conectividade limitada, permitindo sua utilização em unidades de saúde em regiões remotas da Amazônia e do semiárido nordestino.

4.3.6 Requisitos Mínimos e Recomendações para Implementação de IA na Administração Pública

Com base na análise das condições de infraestrutura e das disparidades regionais, é possível estabelecer um conjunto de requisitos mínimos e recomendações para a implementação de sistemas de IA na administração pública brasileira. Estes requisitos devem ser entendidos como diretrizes adaptáveis a diferentes contextos regionais, reconhecendo a heterogeneidade do país em termos de desenvolvimento tecnológico. Araújo et al. (Araújo et al. 2025) propuseram uma estrutura de requisitos em três níveis: básico, intermediário e avançado, correspondendo a diferentes tipos de aplicações de IA e contextos de implementação. No nível básico, os autores incluem requisitos como conectividade estável com velocidade mínima de 10 Mbps, servidores com capacidade de processamento moderada, e pessoal com treinamento básico em ciência de dados.

Estes requisitos seriam suficientes para implementar aplicações mais simples, como chatbots e sistemas de classificação de documentos. Para aplicações de nível intermediário, como sistemas de análise preditiva e reconhecimento de padrões em dados estruturados, os requisitos incluem conectividade de banda larga com velocidade mínima de 50 Mbps, servidores com GPUs de entrada, capacidade de armazenamento escalável, e equipes com especialistas em ciência de dados e engenharia de software. Já para aplicações avançadas, como sistemas de visão computacional em tempo real ou processamento de linguagem natural complexo, são necessários recursos mais robustos, incluindo infraestrutura de computação de alto desempenho e equipes multidisciplinares especializadas. Complementarmente, Kulal et al. (Kulal et al. 2024) enfatizaram a importância de requisitos não-técnicos, como estruturas de governança de dados, políticas de privacidade e segurança, e mecanismos de transparência e prestação de contas. Os autores argumentam que estes elementos são tão importantes quanto a infraestrutura técnica para garantir a implementação

responsável e efetiva de sistemas de IA no setor público. Com base nestas considerações, e reconhecendo as disparidades regionais identificadas anteriormente, recomenda-se uma abordagem gradual e contextualizada para a implementação de IA na administração pública brasileira. Esta abordagem deve priorizar:

1. Avaliação realista da infraestrutura disponível e das capacidades técnicas locais antes da seleção de projetos de IA;
2. Priorização inicial de aplicações com requisitos de infraestrutura compatíveis com as condições locais, expandindo gradualmente para soluções mais complexas à medida que a infraestrutura é fortalecida;
3. Investimentos coordenados em infraestrutura digital básica, especialmente em regiões com limitações significativas;
4. Desenvolvimento de modelos de compartilhamento de recursos computacionais entre diferentes órgãos e níveis de governo;
5. Programas de capacitação técnica adaptados às necessidades e realidades regionais;
6. Parcerias com instituições acadêmicas e empresas de tecnologia para superar limitações locais de infraestrutura e expertise;
7. Adoção de tecnologias adaptativas que possam operar eficientemente mesmo em contextos com limitações de infraestrutura.

Como observaram Brandão (Brandão e Arbix 2022), a implementação bem-sucedida de IA na administração pública brasileira não depende apenas de tecnologias avançadas, mas também de sua adequação às realidades e necessidades locais. Os autores argumentam que, em muitos casos, soluções mais simples e robustas, adaptadas ao contexto local, podem gerar mais valor público do que sistemas tecnologicamente sofisticados que não consideram as limitações de infraestrutura e as especificidades regionais.

4.3.7 Estudos de Caso: Superando Barreiras de Infraestrutura

Diversos casos de implementação de IA na administração pública brasileira demonstram estratégias bem-sucedidas para superar limitações de infraestrutura e disparidades regionais. Estes exemplos oferecem insights valiosos sobre abordagens práticas que podem ser adaptadas a diferentes contextos. Um caso notável é o Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA), implementado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em parceria com universidades regionais. O sistema utiliza técnicas de IA para detectar desmatamento e queimadas na Amazônia, operando com uma arquitetura distribuída que combina processamento em nuvem com análises locais em unidades descentralizadas (Filgueiras e Junquilho 2023). Esta abordagem permite superar limitações de conectividade em regiões remotas, onde o acesso à internet é instável ou limitado.

Outro exemplo relevante vem do estado do Ceará, que implementou o sistema "Ceará Transparente", utilizando IA para análise de dados orçamentários e detecção de potenciais irregularidades em contratos públicos. Conforme descrito por Melo et al. (Melo et al.), o sistema foi desenvolvido com uma arquitetura modular que permite diferentes níveis de funcionalidade dependendo da infraestrutura disponível. Em regiões com conectividade limitada, o sistema opera com funcionalidades básicas localmente, sincronizando com servidores centrais quando a conexão está disponível. No âmbito municipal, destaca-se o caso de Teresina (PI), que implementou um sistema de IA para otimização de rotas de coleta de resíduos sólidos, adaptado para operar com infraestrutura tecnológica limitada. O sistema utiliza algoritmos simplificados que podem ser executados em hardware convencional, demonstrando que soluções de IA podem gerar valor significativo mesmo em contextos com restrições de recursos (Araújo et al. 2025).

Estes casos ilustram princípios importantes para superar barreiras de infraestrutura: (1) adaptação de soluções às condições locais; (2) arquiteturas modulares e escaláveis; (3) combinação de processamento centralizado e distribuído; e (4) foco em problemas específicos com alto potencial de impacto. Como observam Vasilakopoulos et al. (Vasilakopoulos et al. 2024), estas abordagens pragmáticas e contextualizadas frequentemente geram resultados mais sustentáveis do que tentativas de implementar soluções tecnologicamente avançadas sem considerar as limitações locais.

Sumário: O estudo identificou três clusters de países com diferentes níveis de maturidade e estratégias em governança digital e uso de IA no setor público. Brasil se destaca em um grupo alinhado a países europeus como Polônia e Áustria, refletindo avanços em transparência, eficiência e inovação tecnológica. O mapa de calor revelou disparidades na adoção de práticas de governança, evidenciando desafios e oportunidades para modernização administrativa. A convergência entre métodos reforça a confiabilidade dos resultados e a importância de políticas públicas para fortalecer a governança digital. Por fim, o Brasil tem potencial para acelerar sua transformação digital, alinhando-se a padrões internacionais e promovendo uma administração pública mais eficiente e ética.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa realizada nesta dissertação representa uma contribuição importante para a compreensão da interseção entre Inteligência Artificial, governança e administração pública. Ao analisar múltiplos casos em diferentes níveis e esferas de governo, este trabalho oferece uma visão abrangente dos avanços, desafios e oportunidades relacionados à adoção da IA no setor público brasileiro. Os resultados evidenciam o impacto da IA na modernização da administração pública, por meio da otimização de processos internos, aprimoramento da tomada de decisão e fortalecimento do engajamento institucional. Além disso, o estudo destaca o potencial da IA para promover eficiência, transparência e responsabilidade — princípios essenciais para um modelo de governança orientado por dados e centrado no cidadão.

Um aspecto interessante revelado na análise é a crescente adoção de metodologias avançadas de IA, como Redes Neurais e Modelos Baseados em Árvores de Decisão. Essas abordagens indicam uma mudança de paradigma, migrando de técnicas estatísticas convencionais para modelos mais sofisticados, preditivos e adaptativos. Embora os métodos tradicionais continuem relevantes, seu papel tornou-se mais especializado e complementar, apoiando as capacidades ampliadas das soluções impulsionadas por IA. Essa transição reflete o reconhecimento crescente do potencial da IA para processar grandes volumes de dados, identificar padrões e gerar insights antes inalcançáveis por ferramentas analíticas convencionais.

No entanto, apesar desses avanços, o estudo também evidencia disparidades na adoção e distribuição das iniciativas de IA dentro do setor público. Enquanto algumas instituições se envolvem ativamente em múltiplos projetos com IA, outras apresentam participação limitada, resultando em um cenário desigual de desenvolvimento tecnológico. Essa assimetria suscita preocupações relacionadas à equidade e inclusão na aplicação da IA entre os entes governamentais. Sem políticas estratégicas que promovam a participação ampla e equitativa, há o risco de que a modernização orientada por IA fique restrita a instituições específicas, perpetuando ineficiências. Portanto, este estudo reforça a necessidade urgente de políticas públicas que garantam a implementação sistemática, inclusiva e alinhada aos objetivos de governança digital.

Outro desafio significativo identificado é a falta de padronização na documentação dos projetos de IA e a transparência limitada sobre as metodologias utilizadas. Uma parcela considerável das iniciativas analisadas foi classificada como “Não Informada” quanto à metodologia, evidenciando deficiências na sistematização dos dados e na divulgação das informações. Essa ausência de documentação clara dificulta a avaliação de tendências, o estabelecimento de boas práticas e o cumprimento de normas éticas e regulatórias. Sem diretrizes bem definidas para estruturar e divulgar dados relacionados à IA, o compartilhamento de conhecimento e a replicação de modelos bem-sucedidos tornam-se fragmentados, limitando o potencial de escalabilidade e impacto mais amplo. Para enfrentar essa questão, o estudo defende a criação de marcos regulatórios mais rigorosos que exijam documentação e transparência nas iniciativas de IA, promovendo um ambiente de aprendizado contínuo e confiança.

Além disso, uma análise comparativa com países da União Europeia reforça a importância desta pesquisa. A aplicação de técnicas de agrupamento hierárquico demonstra que o Brasil compartilha várias características de governança digital com economias tecnologicamente avançadas, como Holanda e Suíça.

Esse resultado indica que o país tem avançado no alinhamento de suas estratégias de governança em IA com as melhores práticas globais, mesmo diante de desafios estruturais e socioeconômicos. A análise do mapa de calor corrobora essa convergência, destacando semelhanças em esforços de transformação digital, iniciativas de transparência e implementação de políticas. Essas constatações posicionam o Brasil como um ator relevante nas discussões internacionais sobre governança de IA, abrindo caminhos para troca de conhecimentos, parcerias transnacionais e cooperação estratégica em inovação digital.

Por fim, a governança pública orientada por IA representa uma oportunidade transformadora para melhorar a capacidade de resposta, eficiência e acessibilidade da administração pública. A IA pode redefinir a interação entre governos e cidadãos, automatizando processos rotineiros, aprimorando a tomada de decisão por meio de insights baseados em dados e facilitando a oferta proativa de serviços. Contudo, para concretizar esse potencial, é necessário superar barreiras institucionais e regulatórias existentes. As próximas fases de adoção da IA devem priorizar o desenvolvimento de frameworks padronizados para documentação dos projetos, a ampliação da literacia em IA e das competências técnicas dos servidores públicos, além da implementação de modelos de governança que integrem aspectos éticos, legais e sociais.

Pesquisas futuras devem aprofundar a análise das dimensões econômicas e institucionais da adoção da IA, aprimorando os modelos de classificação e avaliando suas implicações de longo prazo para as estruturas de governança. Em particular, são recomendados estudos que investiguem como a IA influencia a formulação de políticas públicas, os modelos de prestação de serviços e a eficiência geral da administração pública. Ao incorporar perspectivas mais amplas, que considerem viabilidade econômica, escalabilidade e governança ética, futuras investigações poderão fornecer insights mais profundos sobre o papel da IA como catalisadora da transformação digital sustentável e inclusiva.

Em síntese, este estudo contribui para o debate contínuo sobre a adoção da IA na administração pública brasileira, estabelecendo uma base sólida para moldar o futuro da governança digital. Ao se posicionar ao lado de economias digitalmente maduras, o Brasil tem a oportunidade de consolidar um modelo de administração pública que harmonize eficiência operacional, responsabilidade social e inovação tecnológica. Para alcançar essa visão, serão necessários investimentos estratégicos em infraestrutura digital, o desenvolvimento de políticas regulatórias avançadas e um compromisso firme com transparência, inclusão e governança centrada no cidadão. Assim, a integração bem-sucedida da IA na administração pública representa não apenas um avanço tecnológico, mas um passo fundamental para redefinir a governança na era digital.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbarpour et al. 2023 AKBARPOUR, M.; BUDISH, E.; DWORCZAK, P.; KOMINERS, S. D. An economic framework for vaccine prioritization*. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 139, n. 1, p. 359–417, 06 2023. ISSN 0033-5533. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/qje/qjad022>>.
- Almeida e Júnior 2025 ALMEIDA, P. G. R. de; JÚNIOR, C. D. dos S. Artificial intelligence governance: Understanding how public organizations implement it. *Gov. Inf. Q.*, v. 42, n. 1, p. 102003, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.102003>>.
- Almeida e Júnior 2025 ALMEIDA, P. G. R. de; JÚNIOR, C. D. dos S. Artificial intelligence governance: Understanding how public organizations implement it. *Government Information Quarterly*, Elsevier, v. 42, n. 1, p. 102003, 2025.
- Almeida e Júnior 2025 ALMEIDA, V. L.; JÚNIOR, R. T. Transformação digital e governança de dados no setor público brasileiro. *Revista de Administração Pública*, v. 2, n. 59, p. 245–267, 2025.
- Alonso-Moral, Mencar e Ishibuchi 2022 ALONSO-MORAL, J. M.; MENCAR, C.; ISHIBUCHI, H. Explainable and trustworthy artificial intelligence [guest editorial]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, v. 17, n. 1, p. 14–15, 2022.
- Araújo et al. 2025 ARAÚJO, G. S.; SANTANA, E. E.; JUNIOR, A. F. J.; LOBATO, F. M. The artificial intelligence integration in the brazilian legal sector: A systematic review. *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, SBC, p. 575–584, 2025.
- Awosika, Shukla e Pranggono 2024 AWOSIKA, T.; SHUKLA, R. M.; PRANGGONO, B. Transparency and privacy: the role of explainable ai and federated learning in financial fraud detection. *IEEE Access*, IEEE, 2024.
- Bartlett 1947 BARTLETT, M. S. Multivariate analysis. *Supplement to the journal of the royal statistical society*, JSTOR, v. 9, n. 2, p. 176–197, 1947.
- Beraja et al. 2023 BERAJA, M.; KAO, A.; YANG, D. Y.; YUCHTMAN, N. Ai-tocracy*. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 138, n. 3, p. 1349–1402, 03 2023. ISSN 0033-5533. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/qje/qjad012>>.
- Bhatt et al. 2023 BHATT, M. P.; HELLER, S. B.; KAPUSTIN, M.; BERTRAND, M.; BLATTMAN, C. Predicting and preventing gun violence: An experimental evaluation of readi chicago*. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 139, n. 1, p. 1–56, 07 2023. ISSN 0033-5533. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/qje/qjad031>>.
- Bispo et al. 2024 BISPO, G. D.; VERGARA, G. F.; SAIKI, G. M.; MARTINS, P. H. d. S.; COELHO, J. G.; RODRIGUES, G. A. P.; OLIVEIRA, M. N. d.; MOSQUÉRA, L. R.; GONÇALVES, V. P.; NEUMANN, C.; SERRANO, A. L. M. Automatic literature mapping selection: Classification of papers on industry productivity. *Applied Sciences*, v. 14, n. 9, p. 1–17, 2024. ISSN 2076-3417. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/14/9/3679>>.
- BITENCOURT e Martins 2023 BITENCOURT, C. M.; MARTINS, L. H. N. A inteligência artificial nos órgãos constitucionais de controle de contas da administração pública brasileira. *Revista de Investigações Constitucionais*, SciELO Brasil, v. 10, n. 3, p. e253, 2023.

- Black e Babin 2019 BLACK, W.; BABIN, B. J. Multivariate data analysis: Its approach, evolution, and impact. In: *The great facilitator: Reflections on the contributions of Joseph F. Hair, Jr. to marketing and business research*. [S.l.]: Springer, 2019. p. 121–130.
- Brandão e Arbix 2022 BRANDÃO, R.; ARBIX, G. Artificial intelligence, ethics and public policy—the use of facial recognition systems in public transport in the largest brazilian cities. *Journal of Service Science and Management*, Scientific Research Publishing, v. 15, n. 5, p. 551–575, 2022.
- Bruno 2024 BRUNO, A. M. Desenvolvimento de um chatbot com inteligência artificial para atendimento aos cidadãos pela justiça eleitoral do tocantins. Universidade Federal do Tocantins, 2024.
- Bueno e Santos 2024 BUENO, E. F.; SANTOS, M. F. Inteligência artificial:: Desafios para regulação jurídica. *Revista Eletrônica Direito & TI*, v. 1, n. 18, p. 112–139, 2024.
- Buhmann e Fieseler 2023 BUHMANN, A.; FIESELER, C. Deep learning meets deep democracy: Deliberative governance and responsible innovation in artificial intelligence. *Business Ethics Quarterly*, v. 33, n. 1, p. 146–179, 2023.
- Caiza et al. 2024 CAIZA, G.; SANGUÑA, V.; TUSA, N.; MASAQUIZA, V.; ORTIZ, A.; GARCIA, M. V. Navigating governmental choices: A comprehensive review of artificial intelligence’s impact on decision-making. In: MDPI. *Informatics*. [S.l.], 2024. v. 11, n. 3, p. 64.
- Camilleri 2024 CAMILLERI, M. A. Artificial intelligence governance: Ethical considerations and implications for social responsibility. *Expert systems*, Wiley Online Library, v. 41, n. 7, p. e13406, 2024.
- Carvalho et al. 2024 CARVALHO, L. P.; SUZANO, J. A.; BATISTA, T.; SANTORO, F. M.; OLIVEIRA, J. Ethics: What is the brazilian software engineering research scenario? *Journal of Software Engineering Research and Development*, v. 12, n. 1, p. 2–1, 2024.
- Cerqueira, Leão e Canedo 2021 CERQUEIRA, J. A. S. de; LEÃO, H. A. T.; CANEDO, E. D. Ethical guidelines and principles in the context of artificial intelligence. In: ARAÚJO, R. D.; DORÇA, F. A.; ARAUJO, R. M. de; SIQUEIRA, S. W. M.; FONTÃO, A. L. (Ed.). *SBSI 2021: XVII Brazilian Symposium on Information Systems, Uberlândia, Brazil, June 7 - 10, 2021*. ACM, 2021. p. 36:1–36:8. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3466933.3466969>>.
- Cheng, Varshney e Liu 2021 CHENG, L.; VARSHNEY, K. R.; LIU, H. Socially responsible ai algorithms: Issues, purposes, and challenges. *Journal of Artificial Intelligence Research*, v. 71, p. 1137–1181, 2021.
- Cheong 2024 CHEONG, B. C. Transparency and accountability in ai systems: safeguarding wellbeing in the age of algorithmic decision-making. *Frontiers in Human Dynamics*, Frontiers Media SA, v. 6, p. 1421273, 2024.
- Colombelli 2024 COLOMBELLI, W. G. Regulamentação da ia (inteligência artificial) na administração pública brasileira: análise do projeto de lei nº 21 de 2020 e projeto de lei nº 2338 de 2023. 2024.
- Criado 2024 CRIADO, J. I. Inteligencia artificial en el sector público latinoamericano. estudio comparado a partir de la carta iberoamericana de inteligencia artificial en la administración pública. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, n. 88, p. 116–143, 2024.
- Engstrom e Ho 2021 ENGSTROM, D. F.; HO, D. E. Artificially intelligent government: a review and agenda. *Research Handbook on Big Data Law*, Edward Elgar Publishing, p. 57–86, 2021.
- Estatística 2024 ESTATÍSTICA, I. B. de Geografia e. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual. Índice de Gini do rendimento domiciliar per capita, a preços médios do ano*. [S.l.]: IBGE Rio de Janeiro, 2024.

- Filgueiras e Junquilho 2023 FILGUEIRAS, F.; JUNQUILHO, T. A. The brazilian (non)perspective on national strategy for artificial intelligence. *Discover Artificial Intelligence*, v. 3, n. 1, p. 7, Feb 2023.
- Gillis, Laux e Mittelstadt 2024 GILLIS, R.; LAUX, J.; MITTELSTADT, B. Trust and trustworthiness in artificial intelligence. In: *Handbook on Public Policy and Artificial Intelligence*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2024. p. 181–193.
- Haesevoets, Verschuere e Roets 2025 HAESEVOETS, T.; VERSCHUERE, B.; ROETS, A. AI adoption in public administration: Perspectives of public sector managers and public sector non-managerial employees. *Gov. Inf. Q.*, v. 42, n. 2, p. 102029, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.giq.2025.102029>>.
- Hahs-Vaughn 2024 HAHS-VAUGHN, D. L. *Applied multivariate statistical concepts*. [S.l.]: Routledge, 2024.
- Harris et al. 2020 HARRIS, C. R.; MILLMAN, K. J.; WALT, S. J. V. D.; GOMMERS, R.; VIRTANEN, P.; COURNAPEAU, D.; WIESER, E.; TAYLOR, J.; BERG, S.; SMITH, N. J. et al. Array programming with numpy. *Nature*, Nature Publishing Group UK London, v. 585, n. 7825, p. 357–362, 2020.
- Henman 2020 HENMAN, P. Improving public services using artificial intelligence: possibilities, pitfalls, governance. *ASIA PACIFIC JOURNAL OF PUBLIC ADMINISTRATION*, v. 42, n. 4, p. 209–221, 2020. ISSN 2327-6665.
- Hennig 2007 HENNIG, C. Cluster-wise assessment of cluster stability. *Computational Statistics & Data Analysis*, Elsevier, v. 52, n. 1, p. 258–271, 2007.
- Hunter 2007 HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2d graphics environment. *Computing in science & engineering*, IEEE Computer Society, v. 9, n. 03, p. 90–95, 2007.
- IBGE 2023 IBGE, P. Contínua-pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua. *PNAD*, 2023.
- Jacobsen et al. 2023 JACOBSEN, M. R.; SALLEE, J. M.; SHAPIRO, J. S.; BENTHEM, A. A. van. Regulating untaxable externalities: Are vehicle air pollution standards effective and efficient?*. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 138, n. 3, p. 1907–1976, 03 2023. ISSN 0033-5533. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/qje/qjad016>>.
- Jankovski et al. 2025 JANKOVSKI, B. S.; ZOLA, F. C.; MENEGHEL, G. V. G.; ZARELLI, P. R. Implementation of artificial intelligence solutions in the brazilian public sector: Challenges and opportunities. *REVISTA FOCO*, v. 18, n. 1, p. e7459–e7459, 2025.
- Kulal et al. 2024 KULAL, A.; RAHIMAN, H. U.; SUVARNA, H.; ABHISHEK, N.; DINESH, S. Enhancing public service delivery efficiency: Exploring the impact of ai. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v. 10, n. 3, p. 100329, 2024. ISSN 2199-8531. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853124001239>>.
- Kuziemski e Misuraca 2020 KUZIEMSKI, M.; MISURACA, G. Ai governance in the public sector: Three tales from the frontiers of automated decision-making in democratic settings. *Telecommunications policy*, Elsevier, v. 44, n. 6, p. 101976, 2020.
- Licht 2025 LICHT, K. de F. Resolving value conflicts in public AI governance: A procedural justice framework. *Gov. Inf. Q.*, v. 42, n. 2, p. 102033, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.giq.2025.102033>>.
- Lima e Serrano 2022 LIMA, R. S.; SERRANO, A. L. M. Social network analysis against corruption: a study of the public budget related to the covid-19 pandemic; [análise de redes sociais contra a

corrupção: estudo do orçamento público vinculado à pandemia do covid-19]. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 16, 2022. Cited by: 2; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85142362453&doi=10.11606%2fissn.1982-6486.rco.2022.191515&partnerID=40&md5=410cf22ecef75c7de5b0a8d3deacb6>>.

Ma et al. 2025 MA, Y.; GENG, H.; LENG, A.; ZHUANG, Y. Bridging the interpretability gap: Public preferences for explainable artificial intelligence in public service decision-making. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Taylor & Francis, p. 1–14, 2025.

Marsicano et al. 2024 MARSICANO, G.; CANEDO, E. D.; PEDROSA, G. V.; RAMOS, C. S.; FIGUEIREDO, R. M. da C. Digital transformation of public services in a startup-based environment: Job perceptions, relationships, potentialities and restrictions. *J. Univers. Comput. Sci.*, v. 30, n. 6, p. 720–757, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.3897/jucs.106979>>.

McKay 2024 MCKAY, M. H. Realizing the promise of ai governance involving humans-in-the-loop. In: SPRINGER. *International Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2024. p. 107–123.

McKinney et al. 2010 MCKINNEY, W. et al. Data structures for statistical computing in python. *SciPy*, v. 445, n. 1, p. 51–56, 2010.

Melo et al. MELO, M. K. de; REIS, S. A. dos; OLIVEIRA, V. D.; FARIA, A. V. A.; LIMA, R. de; WEIGANG, L.; JUNIOR, J. F. S.; SOUZA, J. G. de M.; FREITAS, V.; BROM, P. C. et al. Implementing ai for enhanced public services gov. br: A methodology for the brazilian federal government.

Milligan 1980 MILLIGAN, G. W. An examination of the effect of six types of error perturbation on fifteen clustering algorithms. *psychometrika*, Springer-Verlag, v. 45, n. 3, p. 325–342, 1980.

Mitkiewicz 2024 MITKIEWICZ, F. A. C. Transformação digital: análise da implantação da plataforma gov. br e da evolução da maturidade da política de governo digital no brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2024.

Murtagh e Contreras 2012 MURTAGH, F.; CONTRERAS, P. Algorithms for hierarchical clustering: an overview. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, Wiley Online Library, v. 2, n. 1, p. 86–97, 2012.

Ntoutsi et al. 2020 NTOUTSI, E.; FAFALIOS, P.; GADIRAJU, U.; IOSIFIDIS, V.; NEJDL, W.; VIDAL, M.-E.; RUGGIERI, S.; TURINI, F.; PAPADOPOULOS, S.; KRASANAKIS, E. et al. Bias in data-driven artificial intelligence systems—an introductory survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, Wiley Online Library, v. 10, n. 3, p. e1356, 2020.

Outeda 2024 OUTEDA, C. C. The eu’s ai act: a framework for collaborative governance. *Internet of Things*, Elsevier, p. 101291, 2024.

Papadakis et al. 2024 PAPADAKIS, T.; CHRISTOU, I. T.; IPEKTSIDIS, C.; SOLDATOS, J.; AMICONE, A. Explainable and transparent artificial intelligence for public policymaking. *Data & Policy*, Cambridge University Press, v. 6, p. e10, 2024.

Papageorgiou e Tsappi 2024 PAPAGEORGIOU, G. N.; TSAPPI, E. Developing a sustainable active mobility framework model for smart cities. In: _____. *Transportation Mobility in Smart Cities*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 321–345. ISBN 978-3-031-64769-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-64769-7_12>.

Parliament e Union 2016 PARLIAMENT, E.; UNION, C. o. E. *General Data Protection Regulation (GDPR)*. 2016. 88 p. <<https://gdpr-info.eu/>>, Last access on 10 April 2022.

- Pasco, Viterbo e Bernardini 2023 PASCO, C.; VITERBO, J.; BERNARDINI, F. Desafios para a computação na implementação e implantação de solução baseada em ia em governo: uma análise da literatura. In: *Anais do XI Workshop de Computação Aplicada em Governo Eletrônico*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 49–59. ISSN 2763-8723. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wcge/article/view/24864>>.
- Patil 2025 PATIL, K. R. Algorithmic decision-making in hr: Navigating fairness, transparency, and governance in the age of ai. *Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*, v. 16, n. 1, p. 359–367, 2025.
- Pedregosa et al. 2011 PEDREGOSA, F.; VAROQUAUX, G.; GRAMFORT, A.; MICHEL, V.; THIRION, B.; GRISEL, O.; BLONDEL, M.; PRETTENHOFER, P.; WEISS, R.; DUBOURG, V. et al. Scikit-learn: Machine learning in python. *the Journal of machine Learning research, JMLR. org*, v. 12, p. 2825–2830, 2011.
- Porto et al. 2025 PORTO, D.; PRADO, R.; MARQUES, G.; SERRANO, A.; MENDONÇA, F.; CANEDO, E. Ethical requirements in the age of artificial intelligence: A systematic literature review. In: *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2025. p. 663–672. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/34383>>.
- Presidência da República do Brasil 2018 Presidência da República do Brasil. *Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018*. 2018. <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>.
- Radović-Marković 2025 RADOVIĆ-MARKOVIĆ, M. 3 digital economy. *Globalization and Entrepreneurship: Cases from China, Japan and Bangladesh*, Taylor & Francis, 2025.
- Rajkomar et al. 2018 RAJKOMAR, A.; HARDT, M.; HOWELL, M. D.; CORRADO, G.; CHIN, M. H. Ensuring fairness in machine learning to advance health equity. *Annals of internal medicine*, American College of Physicians, v. 169, n. 12, p. 866–872, 2018.
- Robles e Mallinson 2025 ROBLES, P.; MALLINSON, D. J. Artificial intelligence technology, public trust, and effective governance. *Review of Policy Research*, v. 42, n. 1, p. 11–28, 2025. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ropr.12555>>.
- Romesburg 2004 ROMESBURG, C. *Cluster analysis for researchers*. [S.l.]: Lulu. com, 2004.
- Röösli, Bozkurt e Hernandez-Boussard 2022 RÖÖSLI, E.; BOZKURT, S.; HERNANDEZ-BOUSSARD, T. Peeking into a black box, the fairness and generalizability of a mimic-iii benchmarking model. *Scientific Data*, v. 9, n. 1, p. 24, Jan 2022. ISSN 2052-4463. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41597-021-01110-7>>.
- Saldanha, Dias e Guillaumon 2022 SALDANHA, D. M. F.; DIAS, C. N.; GUILLAUMON, S. Transparency and accountability in digital public services: Learning from the brazilian cases. *Government Information Quarterly*, v. 39, n. 2, p. 101680, 2022. ISSN 0740-624X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X22000132>>.
- Santos e Fonseca 2022 SANTOS, A. V.; FONSECA, P. G. Transformação digital no serviço público brasileiro: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Formadores*, v. 15, n. 1, 2022.
- Seidelin et al. 2022 SEIDELIN, C.; MOREAU, T.; SHKLOVSKI, I.; MØLLER, N. H. Auditing risk prediction of long-term unemployment. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 6, n. GROUP, jan. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3492827>>.

- Silva et al. 2024 SILVA, E. H. M. da; SANTOS, E. M. F. dos; MONTEIRO, M. L. de B.; BEZERRA, S. L.; MIRANDA, S. C. de. Chatcu: Inteligência artificial como assistente do auditor. *Revista do TCU*, v. 153, p. 19–45, 2024.
- Tubaro et al. 2025 TUBARO, P.; CASILLI, A. A.; MASSI, M. F.; LONGO, J.; CIERPE, J. T.; BRAZ, M. V. The digital labour of artificial intelligence in latin america: a comparison of argentina, brazil, and venezuela. *Globalizations*, Taylor & Francis, p. 1–16, 2025.
- União 2024 UNIÃO, T. d. C. da. Levantamento sobre governança e gestão de tecnologia da informação na administração pública federal. *Recuperado em*, v. 16, 2024.
- van Noordt e Misuraca 2022 van Noordt, C.; MISURACA, G. Artificial intelligence for the public sector: results of landscaping the use of ai in government across the european union. *Government Information Quarterly*, v. 39, n. 3, p. 101714, 2022. ISSN 0740-624X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X22000478>>.
- Vasilakopoulos et al. 2024 VASILAKOPOULOS, Z.; TAVANTZIS, T.; PROMIKYRIDIS, R.; TAMBOURIS, E. The use of artificial intelligence in eparticipation: Mapping current research. *FUTURE INTERNET*, v. 16, n. 6, JUN 2024. ISSN 1999-5903.
- Venson, Figueiredo e Canedo 2024 VENSON, E.; FIGUEIREDO, R. M. da C.; CANEDO, E. D. Leveraging a startup-based approach for digital transformation in the public sector: A case study of brazil's startup gov.br program. *Gov. Inf. Q.*, v. 41, n. 3, p. 101943, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101943>>.
- Waskom 2021 WASKOM, M. L. Seaborn: statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, v. 6, n. 60, p. 3021, 2021.
- Wilson et al. 2017 WILSON, G.; BRYAN, J.; CRANSTON, K.; KITZES, J.; NEDERBRAGT, L.; TEAL, T. K. Good enough practices in scientific computing. *PLoS computational biology*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 13, n. 6, p. e1005510, 2017.
- Wulf e Seizov 2024 WULF, A. J.; SEIZOV, O. “please understand we cannot provide further information”: evaluating content and transparency of gdpr-mandated ai disclosures. *AI & SOCIETY*, v. 39, n. 1, p. 235–256, Feb 2024. ISSN 1435-5655. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00146-022-01424-z>>.
- YoshimiTanaka et al. 2015 YOSHIMITANAKA, O.; DRUMOND, M.; CRISTO, E. B.; SPEDO, S. M.; PINTO, N. R. d. S. Uso da análise de clusters como ferramenta de apoio à gestão no sus. *Saúde e Sociedade*, SciELO Brasil, v. 24, n. 1, p. 34–45, 2015.