

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

EDILSON FERNANDO CARDOSO JÚNIOR

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO POLICIAMENTO PREDITIVO:
uma estratégia preventiva para a Polícia Militar do Maranhão no enfrentamento a
violência na região metropolitana da ilha de Upaon Açu**

São Luís
2025

EDILSON FERNANDO CARDOSO JÚNIOR

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO POLICIAMENTO PREDITIVO:
uma estratégia preventiva para a Polícia Militar do Maranhão no enfrentamento a
violência na região metropolitana da ilha de Upaon Açu**

Trabalho de conclusão de curso, na modalidade de artigo, apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Administração da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Gomes Teixeira

São Luís

2025

Cardoso Júnior, Edilson Fernando.

O uso da inteligência artificial e do policiamento preditivo: uma estratégia preventiva para a Polícia Militar do Maranhão no enfrentamento a violência na região metropolitana da ilha de Upaon Açu. / Edilson Fernando Cardoso Júnior. – 2025

21 f.

Orientador: Tadeu Gomes Teixeira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação, Artigo) - Curso de Administração, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Inteligência Artificial. 2. Policiamento Preditivo. 3. Segurança Pública. 4. Prevenção Criminal. I. Teixeira, Tadeu Gomes. II. Título.

EDILSON FERNANDO CARDOSO JÚNIOR

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO POLICIAMENTO PREDITIVO:
uma estratégia preventiva para a Polícia Militar do Maranhão no enfrentamento a
violência na região metropolitana da ilha de Upaon Açu**

Trabalho de conclusão de curso, na modalidade de artigo, apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Administração da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Aprovado em: 25/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Tadeu Gomes Teixeira (orientador)

Dr. em Ciências Sociais

Universidade Federal do Maranhão

Prof.^a Aline Alvares Melo

Dr.^a em Administração

Universidade Federal do Maranhão

Prof.^a Amanda F. Aboud de Andrade

Dr.^a em Ciência da Informação

Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, toda honra e toda a glória a Deus pelo dom da vida e pela aquiescência deste momento, pois sem Ele nada seria possível;

A minha esposa Camilla Cardoso, meus filhos Joaquim Fernando e Arthur Cândido, meu alicerce, pelo apoio incondicional e pela compreensão em relação a minha ausência. Ofereço essa conquista a vocês.

Aos meus pais Edilson Cardoso e Verônica Cardoso, pela renúncia, pelo exemplo e pelas orientações, sem as quais não chegaria tão longe.

As minhas irmãs Marilise, Patrícia, Magali, Magnólia, Marília e ao meu irmão Edilberto, aos sobrinhos e sobrinhas, sogros, enfim, aos meus familiares pela torcida.

Ao professor Dr. Tadeu Gomes Teixeira, meu orientador, pelo apoio e por aceitar o desafio.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para esse trabalho.

“A grande maioria dos gestores estaduais não possui informações sobre indicadores de eficiência policial [...] sem consideração por resultados efetivos na redução do crime, da violência, da letalidade, da legitimidade e da confiança do público nas corporações.”

– Marcos Rolim & Vanessa de Quadros Pereira (2022)

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar o uso da Inteligência Artificial e do Policiamento Preditivo como estratégia preventiva para a Polícia Militar do Maranhão no enfrentamento à violência na região metropolitana de Upaon Açu. A pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e exploratória, baseada em revisão bibliográfica e documental. Utilizou-se dados de 2022 a 2023 oriundos de chamadas de ocorrências policiais via 190 na região metropolitana São Luís registradas pelo Centro de Operações Policiais de Segurança (CIOPS) da Secretaria de Segurança Pública do Maranhão para prever padrões criminais com auxílio de algoritmos de aprendizado de máquina. Os resultados indicam que o uso de IA pode contribuir significativamente para o redirecionamento do policiamento ostensivo, aumentando a eficácia na prevenção criminal. Conclui-se que a adoção de estratégias com uso de ferramentas tecnológicas, respeitando os princípios legais e éticos, representa uma inovação necessária para a prestação do serviço de Segurança Pública com eficiência.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Policiamento Preditivo; Segurança Pública;
Prevenção Criminal.

ABSTRACT

This article aims to analyze the use of Artificial Intelligence and Predictive Policing as a preventive strategy for the Military Police of Maranhão in confronting violence in the metropolitan region of Upaon Açu. The research is of an applied nature, with a quantitative and exploratory approach, based on a bibliographic and documentary review. Data from 2022 to 2023 from police occurrence calls via 190 in the metropolitan region of São Luís recorded by the Police Security Operations Center (CIOPS) of the Public Security Secretariat of Maranhão were used to predict criminal patterns with the help of machine learning algorithms. The results indicate that the use of AI can significantly contribute to the redirection of ostensive policing, increasing the effectiveness of crime prevention. It is concluded that the adoption of strategies using technological tools, respecting legal and ethical principles, represents a necessary innovation for the efficient provision of Public Security services.

Keywords: Artificial Intelligence; Predictive Policing; Public Safety; Crime Prevention.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Contagem de ocorrências por Quadrante	14
Figura 2 – 20 bairros com maiores registros de chamadas de ocorrências.....	15
Figura 3 – Contagem de ocorrências por dia da semana	15
Figura 4 – Distribuição de ocorrências por dia da semana.....	16
Figura 5 – Contagem de ocorrências registradas por mês	16
Figura 6 – Contagem de ocorrências registradas por mês	17
Quadro 1 – principais aplicações práticas e a periodicidade sugerida	19
Figura 7 – Imagem de um protótipo de aplicativo.....	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO POLICIAMENTO PREDITIVO	10
3	METODOLOGIA	12
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	14
4.1	Resultado do modelo preditivo.....	17
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
	REFERÊNCIAS	21

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO POLICIAMENTO PREDITIVO: uma estratégia preventiva para a Polícia Militar do Maranhão no enfrentamento a violência na região metropolitana da ilha de Upaon Açu¹

Edilson Fernando Cardoso Júnior²
Tadeu Gomes Teixeira³

1 INTRODUÇÃO

O mundo passa por constantes e rápidas transformações sociais que tem reflexos na mesma velocidade nas vidas das pessoas e das organizações, exigindo destas, ainda que com certas resistências, mudanças de hábitos, procedimentos e consequentemente choques entre culturas.

Nesse contexto, ainda que se viva uma evolução social com tais transformações, a Segurança Pública continua sendo um dos assuntos mais atuais abordados entre os brasileiros, principalmente quando se observa os índices relacionados a fatos que atingem diretamente a sociedade, como é o caso dos crimes contra as pessoas e ao patrimônio.

Segundo o Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP, 2025), em 2024 o Brasil registrou 38.459 CVLI (Crimes Violentos Letais Intencionais – homicídios, feminicídios, roubo seguido de morte e lesão corporal seguida de morte). Esse número equivale a 18,9 mortes violentas intencionais para cada cem mil habitantes. Ao comparar esses dados com o ano de 2023 percebe-se uma redução de 5,69%. Entretanto, na contramão nacional, no Maranhão foram registrados 2.053 CVLI no ano de 2024, o que corresponde a 29,28 mortes por cem mil habitantes, correspondendo a um aumento de 11,70% se comparado com o ano de 2023.

Ainda segundo o Ministério da Justiça, a região metropolitana da ilha de Upaon Açu, que compreende os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar, em 2024 foram registrados 263 crimes violentos letais intencionais, contra 240 mortes registradas no ano anterior, o que representa um aumento de 9,58% se comparado a 2023.

Desse modo, a Polícia Militar do Maranhão deve adotar estratégias eficientes com o objetivo de reduzir os índices criminais e, para tanto, deve se valer das várias formas de policiamento que dispõe, associada às revoluções vivenciadas nos últimos tempos, dentre elas os avanços tecnológicos, os quais impulsionaram mudanças significativas no cotidiano da sociedade sob todos os aspectos. E, é nesse sentido, que surge a Inteligência Artificial (IA).

Nesse contexto, o policiamento preditivo surge como mecanismo para que a gestão da Segurança Pública possa, a partir de grandes bancos de dados, traçar estratégias policiais mais eficiente de modo a predizer ocorrências criminais e, consequentemente, prevenir o fato delituoso, controlando, dessa forma, a criminalidade.

Diante disso, questiona-se: o uso da inteligência artificial e do policiamento preditivo constitui uma estratégia preventiva eficaz para a Polícia Militar do Maranhão no combate à violência na região metropolitana de Upaon Açu?

Desse modo, o objetivo desse estudo é verificar se o uso da inteligência artificial, associada ao policiamento preditivo são ferramentas que podem auxiliar a gestão da Polícia Militar do Maranhão a enfrentar a criminalidade na ilha de Upaon Açu.

¹ Artigo apresentado para a disciplina de TCC I do Curso de Administração da UFMA e defendido como Trabalho de Conclusão de Curso perante banca examinadora em sessão pública no semestre de 2025.1, na cidade de São Luís/MA

² Aluno do Curso de Administração/UFMA. Contato: edilsonjunior.cardoso@gmail.com

³ Professor Orientador Doutor em Ciências Sociais. Departamento de Ciências Contábeis, Imobiliárias e Administração DECCA/CCSo/UFMA. Contato: tadeu.teixeira@ufma.br

Com isso, a relevância social deste trabalho reside na possibilidade de aperfeiçoamento da gestão da Segurança Pública no Maranhão, com base em modelos inovadores de prevenção à criminalidade. Diante do aumento dos índices de CVLI na região metropolitana da ilha de Upaon Açu, o estudo propõe a análise do uso da Inteligência Artificial como ferramenta de apoio à tomada de decisão estratégica.

Nesse sentido, a predição de padrões espaço-temporais de ocorrências criminais constitui uma das aplicações mais consolidadas – e de maior impacto prático – da análise de dados em Segurança Pública. Frente à crescente pressão por eficiência na alocação de recursos policiais, desenvolveu-se, neste estudo, um sistema preditivo destinado a estimar a contagem diária de ocorrências em diferentes escalas: primeiro no nível de quadrante e, subsequentemente, no de bairro. A abordagem contempla ainda a variação temporal expressa por dia da semana, mês e ano, fornecendo uma representação finamente resolvida do risco.

O modelo toma como variável-alvo a frequência de incidentes por célula espaço-temporal e utiliza, como preditores, atributos geográficos (bairro, quadrante, coordenadas X e Y) e temporais derivados (dia, mês, hora, período do dia e dia da semana), acrescidos do histórico de registros criminais. Ao integrar essas dimensões, busca-se antecipar não apenas *onde* mas também *quando* é mais provável a ocorrência de crimes, possibilitando intervenções preventivas e reativas mais direcionadas. O resultado prático esperado é a otimização do patrulhamento: viaturas e efetivos podem ser redistribuídos para áreas de maior risco nos intervalos críticos, aumentando a capacidade de dissuasão e a celeridade da resposta policial. Dessa forma, a pesquisa alia rigor metodológico a uma aplicação operacional direta, contribuindo para o planejamento estratégico e o uso inteligente de recursos em contexto urbano.

A presente pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem quantitativa. Foram utilizados artigos científicos, livros especializados, legislações e dados estatísticos da região metropolitana de São Luís no período de 2022 a 2023 disponibilizados pelo Centro de Operações Policiais de Segurança (CIOPS) da Secretaria de Segurança Pública do Maranhão e também do Ministério da Justiça e Segurança Pública.

2 O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO POLICIAMENTO PREDITIVO

As Polícias Militares (PM) desempenham papel fundamental no contexto social, desenvolvendo ações tanto repressivas quanto preventivas no enfretamento ao crime e na busca de um estado em que as pessoas e as instituições possam exercer seus papéis.

Insta destacar que o §5º do artigo 144 da Constituição Federal (Brasil, 1988), assevera que compete às Polícias Militares a polícia ostensiva e a preservação da ordem pública. Nessa esteira, importante mencionar ainda que o art. 3º do Decreto-Lei 667/1969 (Brasil, 1969) e o artigo 2º do Decreto nº 88.777/1983 (Brasil, 1983) trazem os conceitos e definem as competências e responsabilidades dessas Instituições, respectivamente, fixando que a manutenção da ordem pública, ordem pública e policiamento ostensivo são atividades inerentes daquelas Corporações.

Outrossim, de modo ainda a melhor compreender o papel das Polícias Militares, é importante sublinhar o Parecer nº GM – 025/2001 da Advocacia Geral da União que ao abordar a temática do policiamento ostensivo, expandiu a competência dessas Organizações, já que aquele corresponde somente a uma das fases da atividade de polícia, qual seja, a fiscalização (Brasil, 2001). Noutras palavras, o exercício do poder de polícia é desenvolvido em quatro fases: a ordem de polícia, o consentimento de polícia, a fiscalização de polícia e a sanção de polícia.

Com isso, a expansão trazida pela Constituição e pelo citado parecer, as Polícias Militares, salvo melhor juízo, possuem competência residual para suprir os demais órgãos policiais no caso de falência operacional desses.

Mais recente, com o advento da Lei Federal nº 14.751/2023 (Brasil, 2023) que institui Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares, ficou ainda mais cristalino as atribuições delegadas às aludidas Corporações, conforme se verifica a dicção do artigo 5º, da citada norma.

Nesse cenário, observa-se que o legislador reforçou ainda mais a missão preventiva que as PM's devem exercer, ou seja, agir de forma antecipada, planejada visando evitar o acontecimento do crime. A prevenção visa isso, conforme pontua Duarte (2011), a redução ou eliminação da vontade e até da oportunidade para se cometer o fato criminoso.

Importante registrar ainda que a prevenção não é responsabilidade só das instituições de segurança, mas de todos os atores sociais, sejam eles públicos ou privados, cada um com sua parcela de contribuição.

Assim, com os avanços da tecnologia, as atividades humanas passaram por grandes transformações, sob todos os aspectos, na saúde, por exemplo, com a telemedicina, cirurgias com técnicas de robóticas, na área de infraestruturas com uso de técnicas computacionais na construção civil, logística, dentre outras. É inegável que tais mudanças são extremamente importantes para a sociedade e, é nesse contexto que surge a Inteligência Artificial (IA) que vem ganhando mais espaço e tornando-se essencial para as pessoas e organizações.

Gomes (2010), ao conceituar Inteligência Artificial (IA), aponta que deve ser levado em consideração quatro linhas de pensamentos: a) de sistemas que pensam como seres humanos; b) de sistemas que atuam como seres humanos; c) sistemas que pensam racionalmente e d) sistemas que atuam racionalmente. Prossegue o mesmo autor que “é um ramo da Ciência da Computação cujo interesse é fazer com que os computadores pensem ou se comportem de forma inteligente [...] IA também está relacionada com psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas” (Gomes, 2010, p.239).

Nesse contexto, a IA pode ser perfeitamente utilizada no ramo da Segurança Pública, uma vez que as organizações policiais possuem uma grande quantidade de dados relativos aos crimes que já foram praticados, servindo de insumos para que sejam criados algoritmos de aprendizagem para definir padrões de comportamentos.

É nessa perspectiva de evolução que as estratégias usadas pelas forças de segurança também vêm se permitindo às mudanças com o objetivo de controlar a criminalidade. Basta lembrar dos vários modelos de policiamento utilizados ao longo do tempo, como o Policiamento Orientado para o Problema (POP) – objetivava resolver as causas dos problemas criminais; o Policiamento Comunitário – prevenção proativa do crime com o aumento da proximidade da população para ganhar confiança e apoio; Policiamento Orientado de Inteligência (POI) – as estratégias e táticas baseadas na inteligência; Teorias das janelas quebradas - visava cortar o problema na raiz para impedir que os bairros tivessem problemas criminais; Compstat – visa a redução os chamados hot spots do crime (Silva, 2016)

Com isso, acompanhando essa evolução tecnológica é que surge o Policiamento Preditivo, como um modelo inovador de gestão eficiente das operações policiais através da ciência de dados (Egbert et al. 2021), sendo desenvolvido algoritmos para analisar os dados já coletados pelas forças de segurança e, com isso, criar padrões de comportamentos e predizer onde, quando, como e horário que crimes podem ocorrer, possibilitando ao gestor a alocação de efetivo policial mais eficiente principalmente em um momento em que há cada vez menos recursos (pessoal e material) disponíveis.

Há que se registrar, por oportuno, que não se trata de querer adivinhar onde irá acontecer o crime, mas sim usar a IA para analisar os bancos de dados estatísticos e com

previsão matemática identificar os lugares, horários com maior probabilidade de acontecer um crime. O Policiamento Preditivo, portanto, analisa os dados criminais utilizando a ciência de dados, a chamada Big Data, possibilitando à gestão a atuação preventiva e visando a redução de incidência criminal (Saleh et al., 2019).

Segundo Monteiro (2024), em estudos realizados nos Estados Unidos, a eficácia da análise preditiva demonstrou-se bem-sucedida, uma vez que os algoritmos de aprendizado de máquina desenvolvidos chegaram a uma precisão de 83,95% na análise preditiva dos crimes.

Nesse passo, a criação de modelos de aprendizados de máquinas utilizando os dados já disponíveis no Centro de Operações Policiais de Segurança (CIOPS), na Unidade de Estatística e Análise Criminal (UEAC) da Secretaria de Estado da Segurança Pública (SSP) e da 3^a Seção do Estado-Maior Geral da Polícia Militar do Maranhão (PMMA), reveste-se de maior robustez na análise preditiva dos casos criminais.

Importante destacar que o Policiamento Preditivo, em meio a esse boom tecnológico que se vive, torna-se uma excelente estratégia de gestão na busca do controle da criminalidade e na prestação mais eficiente do serviço público.

Por oportuno, não se pode deixar de considerar ainda que apesar dos benefícios do uso da Inteligência Artificial na Segurança Pública, é importante ponderar questões éticas, como o risco de viés algorítmico, a necessidade de proteção de dados pessoais e o cuidado para que a tecnologia não reforce práticas discriminatórias ou ineficientes. A adoção de soluções tecnológicas deve vir acompanhada de regulamentação clara, transparência e capacitação dos profissionais de segurança.

Daí porque é necessário que os modelos de aprendizagem de máquinas levem em consideração principalmente os dados relacionados a data, hora, local e tipo de crimes sem, contudo, levar em consideração questões referentes a cor, sexo e outras que possam vir a causar qualquer tipo de discriminação.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento de qualquer pesquisa científica deve ser feito utilizando métodos que levem o pesquisador a atingir o objetivo daquela, ou seja, o próprio conhecimento, e tais métodos devem ser sistematizados e racionais para que se possam identificar equívocos e subsidiar as decisões daquele que investiga (Lakatos e Marconi, 2001).

Nesse sentido, Andrade (2017) assevera que a esses métodos e percursos a serem trilhados à procura do conhecimento é chamada de metodologia. Com isso, procurou-se traçar alguns caminhos para que se atingisse o objetivo da pesquisa.

Desse modo, a presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois visa produzir conhecimento voltado à solução de problemas concretos, conforme pontua Andrade (2017), sendo tais necessidades práticas mais especificamente na área da Segurança Pública, com foco na atuação da Polícia Militar do Maranhão.

Quanto à finalidade, trata-se de uma pesquisa exploratória, tendo em vista que de acordo com Gil (2002) ela visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Com isso, o estudo possibilita aprofundar o conhecimento sobre o uso da Inteligência Artificial e do Policiamento Preditivo como estratégias inovadoras de enfrentamento à criminalidade, especialmente na região metropolitana da ilha de Upaon Açu, área de estudo deste trabalho.

Em relação a abordagem metodológica a pesquisa é quantitativa pois visa compreender, interpretar e analisar o fenômeno estudado com base nos dados estatísticos apresentados pelo CIOPS/SSP, a partir de uma perspectiva com o uso de métodos estatísticos ou quantitativos adequados.

Quanto aos meios de investigação, a pesquisa é bibliográfica e documental. A investigação bibliográfica foi realizada por meio da leitura de livros, artigos científicos, revistas especializadas, monografias e outros trabalhos acadêmicos relacionados ao tema, com ênfase nos conceitos de Inteligência Artificial, Policiamento Preditivo, gestão de Segurança Pública e novas tecnologias aplicadas ao combate ao crime. A investigação documental se deu através da análise de legislações, pareceres jurídicos e documentos oficiais emitidos por órgãos públicos, como o Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP), a Secretaria de Estado da Segurança Pública do Maranhão (SSP/MA), e a Polícia Militar do Maranhão (PMMA).

Foi realizada uma análise estatística descritiva dos dados de chamadas feitas para o número 190 no Centro Integrado de Operações Policiais de Segurança (CIOPS) que foram obtidos em dois arquivos Excel, referentes aos anos de 2022 e 2023 nos municípios que compõem a região metropolitana da ilha de Upaon Açu (São Luís, São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar). Esses arquivos foram consolidados num único dataset (merged.xlsx), etapa indispensável para assegurar consistência temporal e padronização de variáveis.

Uma análise exploratória inicial determinou a dimensão do conjunto (334.464 linhas × 42 colunas) e evidenciou elevados percentuais de valores ausentes nas colunas Viatura, X, Y, SubTipo, Área e Bairro. A partir desse diagnóstico, definiram-se dois fluxos de preparação de dados.

No primeiro fluxo, concebido para avaliar a influência exclusivamente dos Quadrantes, removeram-se registros sem essa informação; procedeu-se à conversão de DATA_TRATADA para o formato datetime e gerou-se a variável derivada DiaDaSemana. Em seguida, agregaram-se as ocorrências por data e quadrante, resultando no arquivo cleaned_data.csv.

O segundo fluxo incorporou a granularidade espacial de Bairro. Além do tratamento idêntico aplicado ao quadrante, os valores nulos de *Bairro* foram substituídos pela categoria “DESCONHECIDO”, evitando perda de informação. As agregações contemplaram data, quadrante e bairro, originando o arquivo cleaned_data_with_bairro.csv.

Para cada fluxo, variáveis categóricas foram transformadas por *one-hot encoding*⁴, preservando a interpretabilidade do modelo. A divisão temporal de treino-teste seguiu proporção 80% – 20%, garantindo que o conjunto de teste contivesse apenas registros mais recentes e prevenindo vazamento de informação.

Como algoritmo preditivo adotou-se o XGBRegressor (XGBoost)⁵ uma implementação avançada de gradient boosting reconhecida por sua eficiência computacional e alta performance em problemas de regressão. O desempenho foi aferido por Erro Médio Absoluto (MAE), métrica adequada para contagens.

Vale destacar que a coleta e o tratamento dos dados seguiram os princípios da ética em pesquisa, especialmente no que diz respeito à anonimização das informações sensíveis, evitando qualquer violação à privacidade e aos direitos fundamentais dos cidadãos.

Espera-se, com isso, fornecer subsídios teóricos e empíricos para avaliar a viabilidade do uso de ferramentas de IA e modelos de policiamento preditivo no contexto maranhense, contribuindo com uma perspectiva inovadora na gestão pública da segurança.

⁴ É uma técnica de pré-processamento fundamental em aprendizado de máquina utilizada para converter variáveis categóricas em um formato numérico que os algoritmos possam processar efetivamente (Sharma et al., 2020)

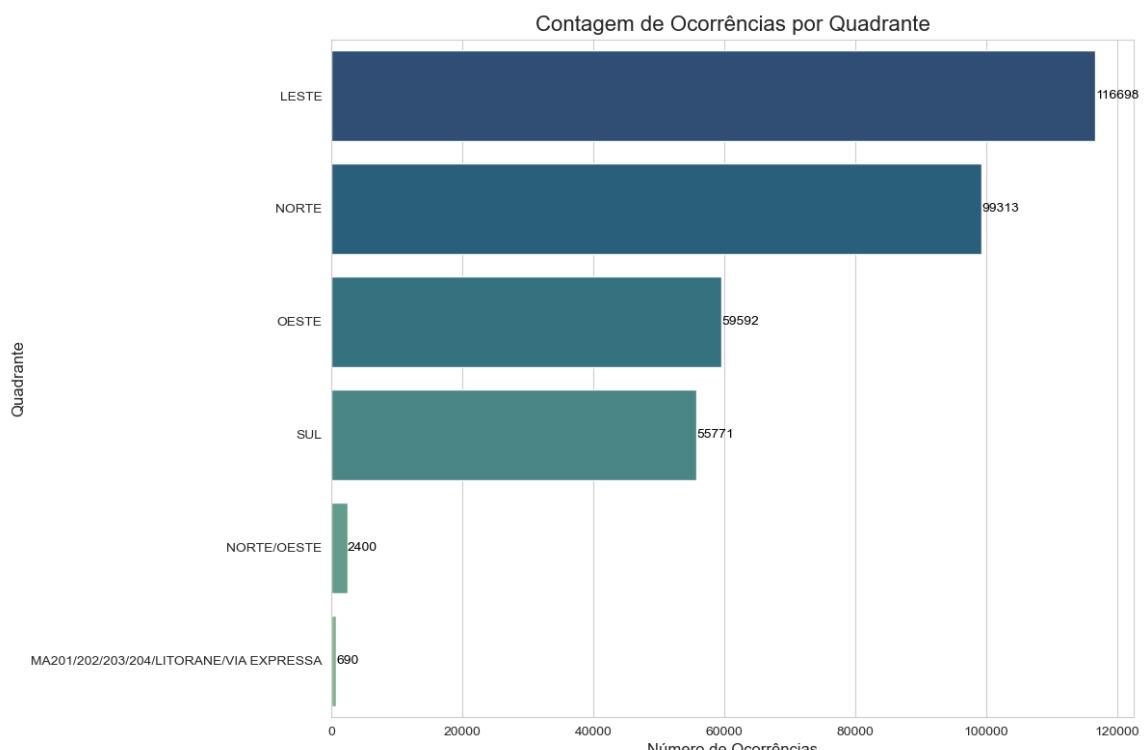
⁵ É um algoritmo avançado de aprendizado de máquina baseado no método ensemble que utiliza gradient boosting para construir modelos preditivos de alta performance (Bentéjac; Csörgő; Martínez-Muñoz, 2019)

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O conjunto de dados contém 334.464 registros e 42 variáveis, majoritariamente categóricas. Após o pré-processamento, o campo Bairro não apresenta valores ausentes (preenchido com “DESCONHECIDO”); em contraste, Viatura exibe cerca de 33% de preenchimento (224.509 registros completos) e as coordenadas X e Y mantêm aproximadamente 44% de completude (147.773 registros cada).

A distribuição espacial por quadrante apresentada na Figura 1, evidencia maior concentração na área Leste (116.698 ocorrências), seguida de Norte (99.313), Oeste (59.592) e Sul (55.771). Categorias residuais — “NORTE/OESTE” e “MA201/202/203/204/LITORANE/VIA EXPRESSA” — somam volume marginal.

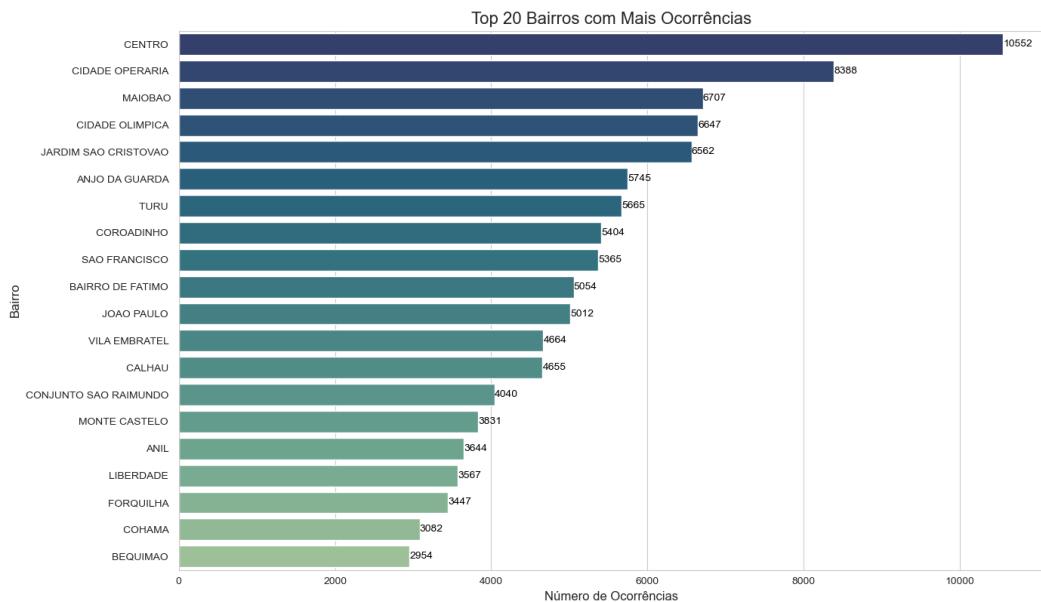
Figura 1 – Contagem de ocorrências por Quadrante 2022 e 2023



Fonte: Autor (2025). Dados CIOPS / SSP/MA.

Entre os bairros, o Centro reúne 10.552 registros, com frequência ainda elevada na Cidade Operária (8.388), no Maiobão (6.707), na Cidade Olímpica (6.647) e Jardim São Cristóvão (6.562), conforme se infere na Figura 2.

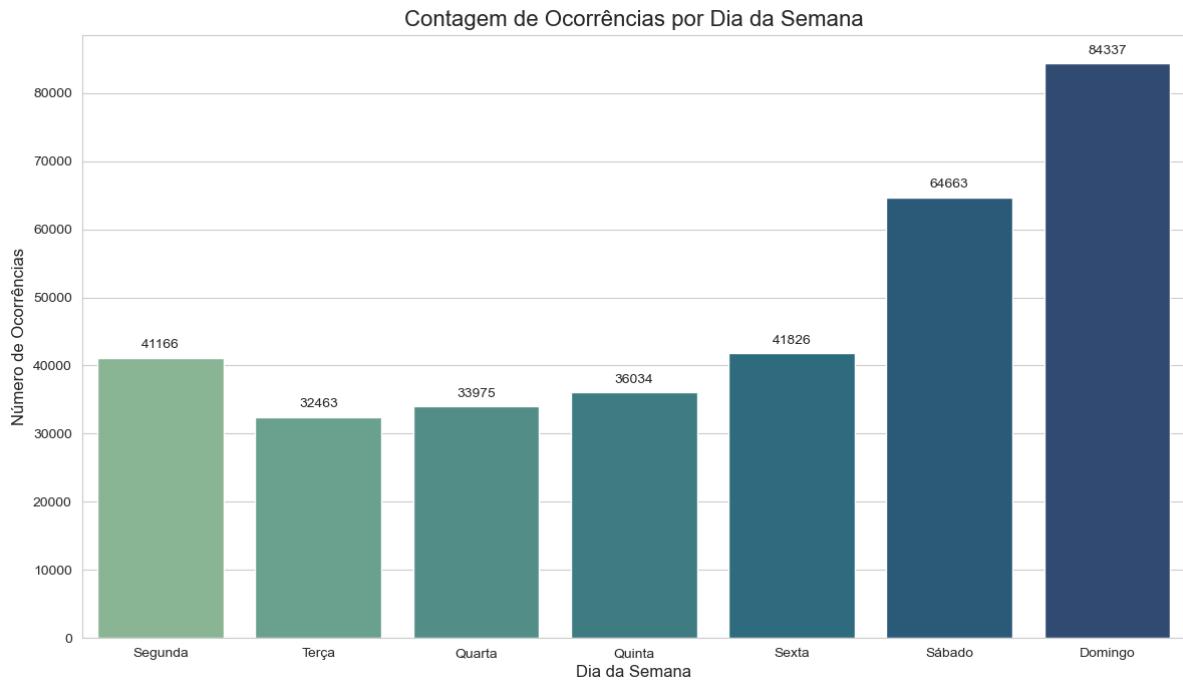
Figura 2 – 20 bairros com maiores registros de chamadas de ocorrências



Fonte: Autor (2025). Dados CIOPS / SSP/MA.

No recorte temporal, conforme apresentado na Figura 3, domingo concentra 84.337 ocorrências e sábado 64.663, configurando pico no fim de semana. Sexta-feira e segunda-feira apresentam níveis semelhantes, em torno de 41.000 registros, enquanto a terça-feira registra o menor total (32.463).

Figura 3 – Contagem de ocorrências por dia da semana

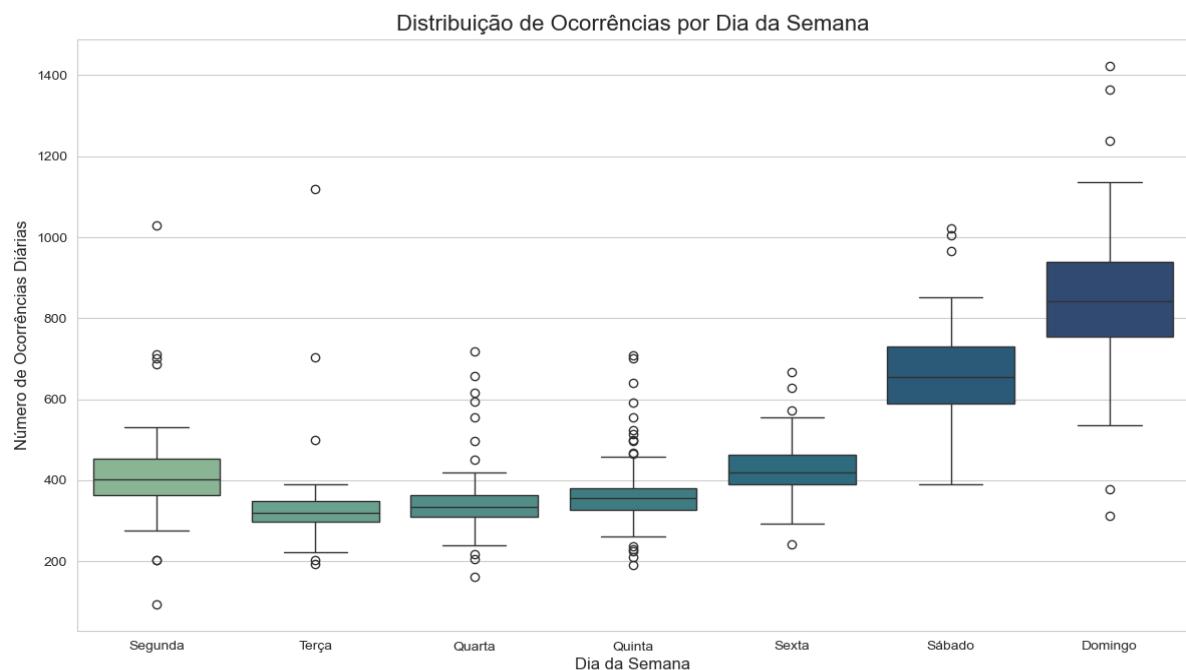


Fonte: Autor (2025). Dados CIOPS / SSP/MA.

Ainda em relação ao número de ocorrências dos dias da semana na Figura 4, percebe-se uma visão clara de como os dados variam por dia, revelando comportamento típico, variações e possíveis valores atípicos. Assim, de Segunda a Quinta há distribuições mais compactas, com medianas entre 350 e 400 ocorrências, ou seja, baixa variabilidade, poucos

outliers. Já na Sexta a mediana é mais alta (~420-450), há maior dispersão, bigodes mais largos e presença de outliers indicando maior variação. No Sábado a distribuição é ainda mais ampla, mediana por volta de 650-700, com grande variabilidade, sugerindo dias com muitos registros e alguns picos. Quanto ao Domingo, os dados apresentam a maior mediana e variabilidade, com algumas ocorrências chegando a 1.400. Isso indica fins de semana (especialmente domingo) têm muito mais registros do que dias úteis.

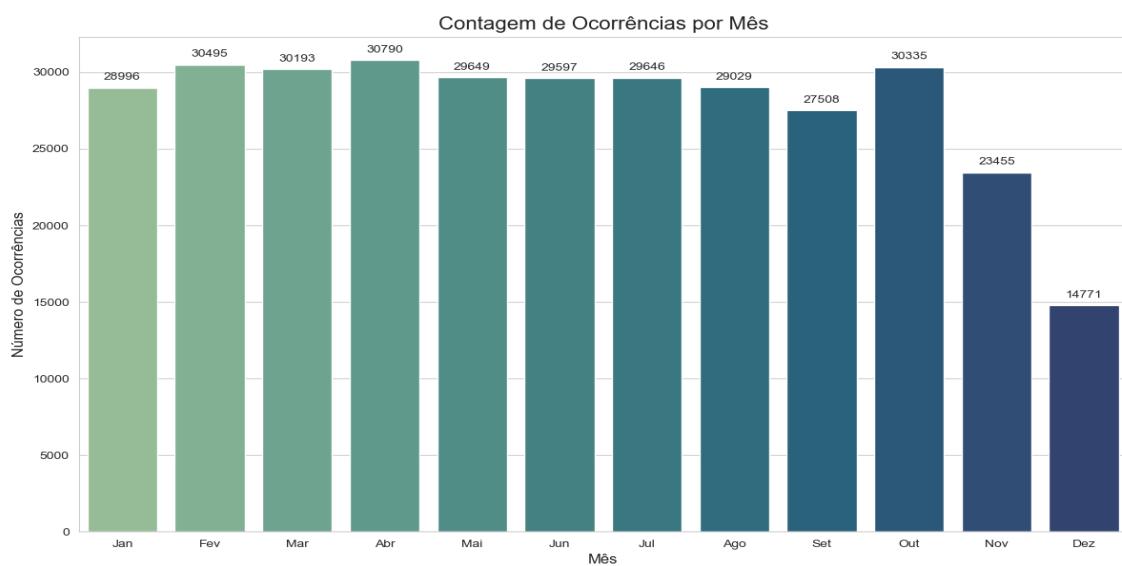
Figura 4 – Distribuição de ocorrências por dia da semana



Fonte: Autor (2025). Dados CIOPS / SSP/MA.

Ao longo do ano, de acordo com a Figura 5, os meses de janeiro a julho e outubro mantêm patamar relativamente estável, entre 29.000 e 30.000 ocorrências mensais. Novembro e dezembro exibem redução vinculada à incompletude dos dados de 2023.

Figura 5 – Contagem de ocorrências registradas por mês

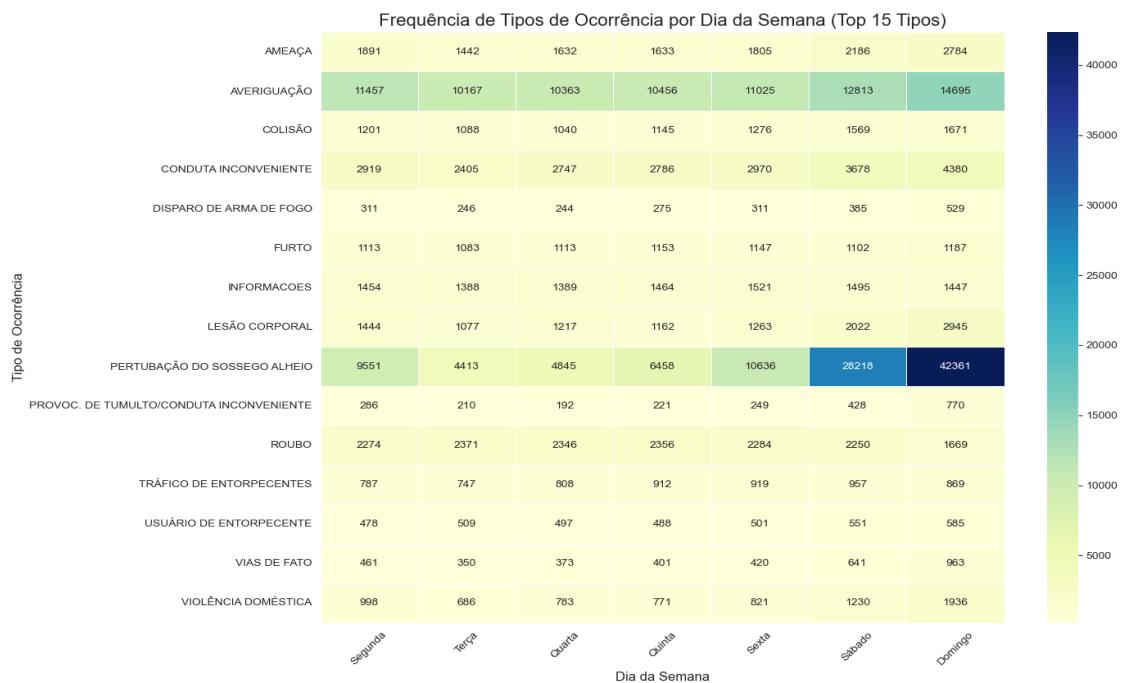


Fonte: Autor (2025). Dados CIOPS / SSP/MA.

Quanto ao tipo de ocorrência, apresentados na Figura 6, “Perturbação do Sossego Alheio” predomina (106.482 registros), seguida de “Averiguação” (80.976) e “Conduta Inconveniente” (21.885); “Roubo” ocupa a quarta posição (15.550). A interação bairro-dia da semana confirma que sábados e domingos concentram a maioria dos eventos nas localidades com maior incidência — Cidade Operária, Cidade Olímpica, Centro, Coroadinho, Anjo da Guarda, Bairro de Fátima e Vila Embratel.

A análise cruzada bairro-tipo de ocorrência indica padrões específicos: no Centro, “Averiguação” representa 3.451 registros, sugerindo prevalência de atendimentos para verificação de situações; em bairros como Cidade Operária, Cidade Olímpica, Bairro de Fátima, Anjo da Guarda, Coroadinho, Vila Embratel e Jardim São Cristóvão, “Perturbação do Sossego Alheio” concentra de 1.941 a 2.477 ocorrências, indicando recorrência de conflitos relacionados a ruído ou convivência local.

Figura 6 – Contagem de ocorrências registradas por mês



Fonte: Autor (2025). Dados CIOPS / SSP/MA.

Esses resultados fornecem subsídios para a definição de ações direcionadas por quadrante, bairro, dia da semana e tipo de ocorrência, bem como para o refinamento de modelos preditivos que priorizem as variáveis “Dia da Semana”, “Quadrante” e “Bairro”.

4.1 Resultado do modelo preditivo

A modelagem preditiva constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de soluções de aprendizado de máquina, especialmente quando se trata de prever variáveis contínuas como contagem de ocorrências. Neste contexto, o processo de desenvolvimento do modelo passou por três fases distintas: seleção do algoritmo, otimização de hiperparâmetros e avaliação de performance.

Na fase de seleção do modelo, optou-se pelo XGBRegressor (XGBoost), uma implementação avançada de gradient boosting reconhecida por sua eficiência computacional e alta performance em problemas de regressão. Esta escolha foi fundamentada na capacidade comprovada do algoritmo de entregar alta precisão preditiva e pela flexibilidade oferecida no ajuste de hiperparâmetros. Embora inicialmente tenha-se considerado um modelo

RandomForestRegressor como baseline para comparação, o XGBoost demonstrou desempenho superior após o processo de otimização, confirmando sua adequação para a tarefa proposta.

O processo de otimização de hiperparâmetros foi conduzido através do GridSearchCV, uma técnica sistemática de busca que permite explorar diferentes combinações de parâmetros para identificar a configuração ótima. A busca foi configurada especificamente para minimizar o erro médio absoluto (`neg_mean_absolute_error`), métrica que se alinha diretamente com o objetivo de reduzir a magnitude dos erros de previsão. Após a exploração exaustiva do espaço de hiperparâmetros, os valores ótimos encontrados foram: taxa de aprendizado (`learning_rate`) de 0.1, profundidade máxima (`max_depth`) de 3, número de estimadores (`n_estimators`) de 100 e taxa de subamostragem (`subsample`) de 0.9. O modelo final foi então treinado utilizando esses parâmetros otimizados no conjunto de treino completo.

A avaliação de performance do modelo foi realizada utilizando o Mean Absolute Error (MAE) como métrica principal de avaliação. Esta escolha se justifica pelo fato de o MAE fornecer uma medida direta e interpretável da magnitude média dos erros de previsão, expressa nas mesmas unidades da variável alvo (contagem de ocorrências). Os resultados obtidos demonstram a eficácia das decisões tomadas durante o desenvolvimento do modelo.

O modelo XGBoost otimizado, incorporando a feature Bairro, alcançou um MAE de aproximadamente 0.1089 ocorrências, valor significativamente inferior ao modelo baseline RandomForest, que obteve um MAE de 1.19. Esta melhoria substancial evidencia a superioridade do XGBoost para a tarefa específica. Para contextualizar a importância da engenharia de features, um modelo inicial desenvolvido sem a inclusão da variável Bairro apresentou um MAE de aproximadamente 16.10 ocorrências, destacando o valor preditivo desta feature geográfica.

A performance final do modelo é particularmente notável quando analisada em termos relativos. O MAE de aproximadamente 0.11 ocorrências indica que, em média, as previsões do modelo desviam em apenas 0.11 unidades do valor real, representando cerca de 10.25% da média da variável alvo ContagemOcorrencias. Este indicador de erro relativo demonstra alta acurácia do modelo desenvolvido, confirmando que tanto a inclusão da feature Bairro quanto a escolha do XGBoost foram decisões cruciais para o sucesso da modelagem preditiva.

Em termos percentuais, isso significa que o modelo apresenta uma acurácia de aproximadamente 89.75%, ou seja, acerta cerca de 9 em cada 10 previsões quando consideramos o erro relativo à média dos valores reais. Alternativamente, pode-se dizer que o modelo acerta aproximadamente 90 de cada 100 previsões com alta precisão.

Este indicador de erro relativo demonstra alta acurácia do modelo desenvolvido, confirmando que tanto a inclusão da feature Bairro quanto a escolha do XGBoost foram decisões cruciais para o sucesso da modelagem preditiva. A capacidade de manter o erro médio em apenas 1 ocorrência a cada 10 previsões evidencia a robustez e confiabilidade do modelo para aplicações práticas.

As saídas do modelo podem ser empregadas de modo direto pela Corporação. Primeiro, permitem priorizar patrulhamento, uma vez que as células espaço-tempo com maior risco previsto podem receber viaturas adicionais nos horários mais críticos. Segundo, subsidiam o dimensionamento de efetivo e logística, pois a demanda estimada orienta a alocação de pessoal e equipamentos. Terceiro, facilitam ações de prevenção pontual, como campanhas de redução de ruído nos bairros onde a “Perturbação do Sossego Alheio” é recorrente. Por fim, a comparação diária entre previsão e ocorrência efetiva funciona como sistema de monitoramento contínuo: sempre que o desvio médio exceder dois eventos, recomenda-se retreinar o modelo com dados atualizados para preservar sua acurácia. O Quadro 1 resume as aplicações.

Quadro 1 – principais aplicações práticas e a periodicidade sugerida

OBJETIVO OPERACIONAL	COMO EMPREGAR AS PREVISÕES	FREQUÊNCIA RECOMENDADA
Planejamento de patrulhamento	Ordenar as células espaço-tempo por contagem prevista e concentrar viaturas nos bairros e quadrantes de maior risco nos dias e horários críticos.	Atualização diária
Dimensionamento de efetivo e equipamentos	Ajustar escalas de serviço e estoque de recursos logísticos conforme a demanda prevista por área.	Revisão semanal
Ações de prevenção dirigida	Executar campanhas ou fiscalizações específicas (por exemplo, controle de ruído) nos bairros de alta incidência prevista.	Programação quinzenal
Monitoramento de precisão do modelo	Confrontar diariamente previsões e ocorrências reais; se o desvio médio ultrapassar ± 2 ocorrências, iniciar novo ciclo de treinamento.	Controle contínuo

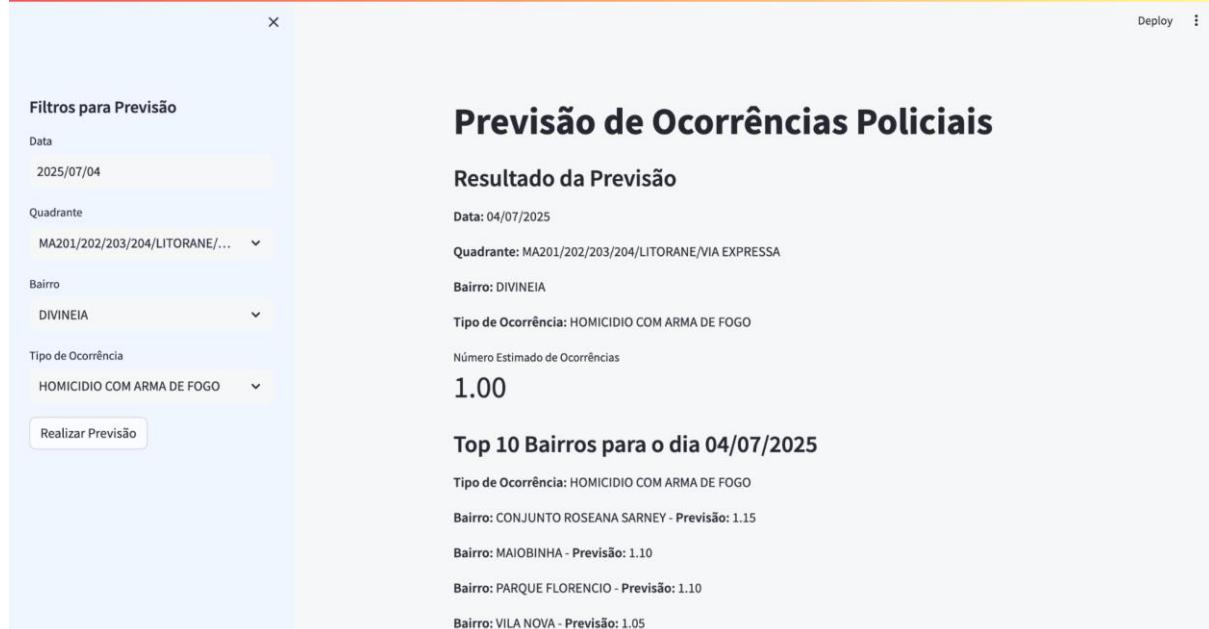
Fonte: Autor (2025).

A simulação do modelo preditivo indicou uma acurácia de 89.75% para prever a probabilidade de ocorrência de crimes em determinados locais e horários. Essa predição permite à Polícia Militar redirecionar o policiamento ostensivo para áreas e períodos de maior risco, aumentando a eficiência na prevenção.

O sistema proposto pode ser integrado ao banco de dados do CIOPS, gerando alertas operacionais e mapas de calor em tempo real, otimizando o processo decisório do Comando Operacional da PMMA.

Dessa forma, a título de exemplo de aplicação prática da Inteligência Artificial e uso do modelo preditivo no trabalho desenvolvido pela Polícia Militar do Maranhão, a Figura 7 ilustra um protótipo com a imagem do que poderia ser um produto mínimo viável a ser utilizado.

Figura 7 – Imagem de um protótipo de aplicativo



Fonte: Autor (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser o policiamento preventivo uma das missões precípuas da Polícia Militar, a adoção de modelos inovadores voltados a prevenir a ocorrência de crimes, o uso da tecnologia com essa finalidade revela-se uma estratégia de extrema importância. Daí porque a Inteligência Artificial (IA) e o Policiamento Preditivo apresentam-se como excelentes ferramentas no enfrentamento a criminalidade na região metropolitana da Ilha de Upaon Açu.

Por outro lado, sabe-se que qualquer mudança gera inicialmente resistência, entretanto, este estudo demonstra que é possível usar novas tecnologias de análise de dados buscando-se resultados mais satisfatórios e que já estão à disposição das instituições de segurança, destacando que o futuro da Segurança Pública depende, cada vez mais, da integração entre tecnologia, gestão e inteligência operacional.

Desse modo, com a previsão diária por célula espaço-temporal, a Polícia Militar do Maranhão pode intensificar o direcionamento seu efetivo humano e viaturas para os bairros/quadrantes de maior risco nos horários críticos. Isso evita patrulhamento redundante em áreas de baixa ocorrência, promovendo uma gestão logística alinhada à economicidade e ao princípio da eficiência.

Assim, as ações de policiamento preventivo podem ser mais intensivas onde e quando são necessárias, diminuindo a incidência criminal e o uso reativo de força. Isso amplia a sensação de segurança e fortalece a missão constitucional de proteger a sociedade alcançando eficácia e efetividade com menor custo.

Portanto, a redução dos crimes, especialmente os CVLI, beneficia diretamente a população: menos vítimas, menos trauma, maior confiança na Polícia Militar e diminuição dos custos sociais e econômicos relacionados à violência. A sociedade, como titular do serviço público, tem direito ao serviço público eficiente e eficaz.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico.** 10. ed. São Paulo: Atlas, 2017;
- BAYLEY, David H.; SKOLNICK, Jerome H. **Nova Polícia: Inovações da Polícia de Seis Cidades Norte-Americanas.** Tradução de Geraldo Gerson de Souza. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006;
- BENTÉJAC, C.; CSÖRGŐ, A.; MARTÍNEZ-MUÑOZ, G. A Comparative Analysis of XGBoost. arXiv preprint arXiv:1911.01914, 2019;
- BRASIL. LEI nº 14.751, de 12 de dezembro de 2023. **Lei Orgânica das Polícias Militares e Corpos de Bombeiros Militares dos Estados e do Distrito Federal,** Brasília: Governo Federal, ano 2023;
- _____. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Dados Nacionais de Segurança Pública.** Brasília: MJSP, 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYThmMDBkNTYtOGU0Zi00MjUxLWJiMzAtZjFlMmYzYTgwOTBIIiwidCI6ImViMDkwNDIwLTQ0NGMtNDNmNy05MWYyLTRiOGRhNmJmZThlMSJ9>. Acesso em: 01/06/2025.
- _____. **Constituição Federal do Brasil,** Brasília: Governo Federal, ano 1988;
- _____. ADVOCACIA GEERAL DA UNIÃO. **Parecer técnico nº GM 25/2001.** BRASÍLIA: AGU, ano 2001, 2001. Disponível em: http://www.cade.gov.br/Plenario/Sessao_386/Pareceres/ParecerSeae-AC-2006-08012.008423-International_BusInes_MachIne.PDF. Acesso em: 4 out. 2010;
- _____. Decreto Federal nº 88.777 de 30 de setembro de 1983. **Aprova o regulamento para as polícias militares e corpos de bombeiros militares (R-200).** Brasília: Governo Federal. 1983;
- _____. Decreto-Lei nº 667 de 02 de julho de 1969. **Reorganiza as Polícias Militares e os Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, dos Território e do Distrito Federal, e dá outras providências.** Brasília: Governo Federal. 1969;
- CATTANI, Frederico. **Uso da inteligência artificial como ferramenta para criminalidade.** Consultor Jurídico, 2024. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2024-fev-11/uso-da-inteligencia-artificial-como-ferramenta-para-criminalidade/>. Acesso em 28/07/2020 às 18h00;
- DUARTE, L. R. **Prevenção ao crime:** conceitos e estratégia. In SCHNEIDER, R. H. (Org.) **Abordagens atuais em segurança pública.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011;
- EGBERT, Simon. LEESE, Matthias. **Criminal Futures: Predictive policing and everyday police work.** Nova York. Editora Routledge, p. 20. 2021;
- GIL, Antônio Carlos, **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002;

- GOMES. Dennis dos Santos. **Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações**. Revista Olhar Científico – Faculdades Associadas de Ariquemes – V. 01, n.2, Ago./Dez. 2010;
- LAKATOS, Eva Marina, MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001;
- MONTEIRO. Milton Garcia. **POLICIAMENTO PREDITIVO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**: análise de desempenho do algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado Random Forest na predição de ocorrências policiais de roubo nas zonas da Região Metropolitana de São Luís. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís. 2024;
- KVIETINSKI. Egon Marques. **POLICIAMENTO PREDITIVO: Pressupostos para a Implantação de um Sistema de Gestão de Recursos Operacionais da Polícia Militar** – Porto Alegre, 2021 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em:
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/233274/001135008.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 28/07/24 – 20h30;
- ROLIM, Marcos; DE QUADROS PEREIRA, Vanessa. A eficiência policial e seus indicadores. **Revista Brasileira de Segurança Pública**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 314–331, 2022. DOI: 10.31060/rbsp.2022.v16.n3.1445. Disponível em:
<https://revista.forumseguranca.org.br/rbsp/article/view/1445>. Acesso em: 6 jul. 2025.
- SALEH. Khan. **Crime data analysis in Python using K-means clustering**. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, v. 7, n 4, p. 151– 155, 2019;
- SHARMA, A. et al. **Effect of Encoding Categorical Data on Student's Academic Performance Using Data Mining Methods**. European Journal of Engineering and Technology Research, v. 5, n. 4, p. 30-34, abr. 2020;
- SILVA, W. C. P. **Empregando o Policiamento Preditivo: Construção de um Modelo de Risco do Terreno para Crimes contra o Patrimônio dos Correios**. REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIAS POLICIAIS, v. 7, p. 53-71, 2016.