

UEA
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS



**ESCOLA DE
DIREITO**
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS



EQUIDADE:

**REVISTA ELETRÔNICA DE DIREITO DA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**

UEA
EDIÇÕES

**editora
UEA**

GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS

Roberto Cidade
Governador Interino

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

Prof. Dr. André Luiz Nunes Zogahib
Reitor

Profa. Dra. Kátia do Nascimento Couceiro
Vice-Reitor

Prof. Dr. Fábio Carmo Plácido Santos
Pró-Reitor de Ensino de Graduação

Prof. Dr. Monica Dias de Araújo
Pró-Reitora de interiorização

Prof^ª. Dr. Roberto Sanches Mubarak Sobrinho
Pró-Reitor de pesquisa e pós-graduação

Prof^ª. Dra. Samantha Coelho Pinheiro
Pró-Reitora de Planejamento

Prof. Dr. Valber Barbosa Martins
**Pró-Reitor de Extensão e Assuntos
Comunitários**

Prof. Dr. Nilson José de Oliveira Junior
Pró-Reitor de Administração

Prof^ª. Dra. Isolda Prado
Diretora da Editora UEA

Prof^ª. Dra. Glaucia Maria de Araújo Ribeiro
**Coordenação do Programa de
Pós-Graduação *Stricto sensu* em Direito
Ambiental**

EQUIDADE:

Revista Eletrônica de Direito da Universidade do Estado do Amazonas

Prof. Dr. Ricardo Tavares de Albuquerque, UEA
Coordenação do curso de Direito

Prof. Pós-Dr. Denison Melo de Aguiar, UEA
Prof^ª. Dra. Patrícia Fortes Attademo Ferreira -UEA
Prof. Dr. Ricardo Tavares, UEA
Editores Chefe

Prof^ª. Msc. Monique de Souza Arruda
Prof. Esp. Átila de Oliveira Souto
Prof. Esp. Alcemir Filomeno Pinto, UEA
Msc. Edinaldo Inocência Ferreira Junior, UEA
Esp. Glenda Martins Monteconrado, UEA
Esp. Maíza Thayná Pereira Ribeiro, UEA
Esp. Renato Gomes de Sá Leitão, UEA
Esp. Sheila N. de Paula e Silva Oliveira, UEA
Bruna Maria da Silva Mota, UEA
Editores Assistentes

Prof. Dr. Celso Antonio Pacheco Fiorillo, PUCSP
Prof^ª. Dr. Danielle de Ouro Mamed, UFMS
Prof. Dr. Antonio Carlos Morato, USP
Prof^ª. Dra. Tereza Cristina S. B. Thibau, UFMG
Prof. Dr. Sandro Nahmias Melo, UEA
Prof. Dr. Cássio André Borges dos Santos, UEA
Conselho Editorial

Prof^ª. Dr. Lidiane Nascimento Leão, UFOPA
Prof. Msc. Assis da Costa Oliveira, UFPA
Prof. Dr. Nirson da Silva Medeiros Neto, UFOPA
Prof^ª Ma. Roberta Priscila de Araújo Lima, UEA
Prof. Esp. Alcemir Filomeno Pinto, UEA
Msc. Edinaldo Inocência Ferreira Junior, UEA
Esp. Glenda Martins Monteconrado, UEA
Esp. Maíza Thayná Pereira Ribeiro, UEA
Esp. Renato Gomes de Sá Leitão, UEA
Esp. Sheila N. de Paula e Silva Oliveira, UEA
Bruna Maria da Silva Mota, UEA
Comitê Científico

Prof. Dr. Daniel Gaio - UFMG
Prof. Dr. Paulo Victor Vieira da Rocha, UEA
Prof. Dr. Alcian Pereira de Souza, UEA
Prof. Dr. Erivaldo Cavalcanti e Silva Filho, UEA
Prof^a. Msc. Monique de Souza Arruda
Prof. Esp. Átila de Oliveira Souto
Prof^a. Dra. Adriana Almeida Lima
Prof. Dr. Ygor Felipe Távora da Silva
Prof. Dr. Neuton Alves de Lima

Avaliadores

Prof. Dr. Denison Melo de Aguiar
Primeira revisão e Revisão Final

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da UEA

Vol. 14. Nº 3, Julho-Dezembro/2026

ISSN: 2675-5394

Artigo Científico

Os artigos publicados, bem como as opiniões neles emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade do Amazonas

R454

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da Universidade do Estado do Amazonas/ Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental da Universidade do Estado do Amazonas. Vol. 14. Nº 3. (2026). Manaus: Curso de Direito, 2026.

Semestral

1. Direito – Periódicos. I. Título

CDU 349.6

**ANÁLISE CRIMINAL E JUSTIÇA TERRITORIAL: MODELAGEM PREDITIVA
PARA OTIMIZAÇÃO DO ATENDIMENTO EMERGENCIAL POLICIAL EM
MANAUS-AM**

*CRIMINAL ANALYSIS AND TERRITORIAL JUSTICE: PREDICTIVE MODELING FOR
OPTIMIZING POLICE EMERGENCY RESPONSE IN MANAUS-AM*

Olavo Pereira da Silva Filho¹

RESUMO

A ineficiência na alocação de recursos para atendimento de emergências policiais constitui desafio persistente na gestão de segurança pública brasileira. Este artigo propõe modelo preditivo baseado em Cadeias de Markov para otimizar o sistema de atendimento emergencial 190 em Manaus, integrando rigor matemático com análise sociodemográfica crítica. A violência urbana na capital amazonense distribui-se heterogeneamente pelo território, refletindo profundas desigualdades sociais. O modelo proposto busca não apenas eficiência operacional, mas também justiça territorial na alocação de recursos policiais, considerando que determinados tipos de ocorrência frequentemente precedem crimes violentos letais. A metodologia combina análise quantitativa de dados históricos do Sistema Integrado de Segurança Pública (2019-2024) com variáveis sociodemográficas territoriais. Os resultados esperados incluem identificação de padrões de escalada criminal, priorização de intervenções preventivas e protocolo de implementação com diretrizes éticas. A pesquisa contribui para o campo ao integrar modelagem matemática com perspectiva sociológica, evitando reprodução de vieses discriminatórios comuns em sistemas preditivos. As implicações práticas incluem redução de crimes violentos através de intervenções precoces e distribuição equitativa de recursos policiais considerando vulnerabilidades territoriais.

Palavras-chave: Policiamento preditivo; Cadeias de Markov; Segurança pública; Justiça territorial; Desigualdade urbana.

ABSTRACT

The inefficiency in allocating resources for police emergency response constitutes a persistent challenge in Brazilian public security management. This article proposes a predictive model based on Markov Chains to optimize the 190 emergency response system in Manaus, integrating mathematical rigor with critical sociodemographic analysis. Urban violence in the Amazonian capital is heterogeneously distributed across the territory, reflecting deep social inequalities. The proposed model seeks not only operational efficiency but also territorial justice in the allocation of police resources, considering that certain types of occurrences frequently precede lethal violent crimes. The methodology combines quantitative analysis of historical data from the Integrated Public Security System (2019-2024) with territorial sociodemographic variables. Expected results include identification of criminal escalation patterns, prioritization of preventive interventions, and implementation protocol with ethical guidelines. The research contributes to the field by integrating mathematical modeling with

¹ Mestre em Segurança Pública pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4862197058773045>. ORCID: 0009-0002-2556-5078. E-mail: olavoaguia@gmail.com.

sociological perspective, avoiding reproduction of discriminatory biases common in predictive systems. Practical implications include reduction of violent crimes through early interventions and equitable distribution of police resources considering territorial vulnerabilities.

Keywords: Predictive policing; Markov Chains; Public security; Territorial justice; Urban inequality.

1. INTRODUÇÃO

A segurança pública constitui pilar fundamental do Estado democrático de direito, sendo continuamente impactada por complexas dinâmicas sociais, políticas e tecnológicas. No contexto brasileiro, a gestão de recursos para atendimento de emergências policiais enfrenta desafios estruturais relacionados à distribuição territorial da criminalidade, à precariedade de dados e à fragmentação institucional. Este artigo apresenta proposta de modelo preditivo baseado em Cadeias de Markov para otimização do sistema de atendimento emergencial 190 na cidade de Manaus, capital do Amazonas, integrando análise matemática com perspectiva sociodemográfica crítica.

A violência urbana em Manaus apresenta distribuição heterogênea pelo território municipal, refletindo profundas desigualdades sociais e territoriais. As zonas norte e leste concentram historicamente os mais altos índices de criminalidade, particularmente crimes violentos letais e intencionais. Embora o Anuário Brasileiro de Segurança Pública de 2025 aponte redução de 17,4% nos homicídios em 2024, persistem desafios estruturais na capacidade de antecipação e prevenção, especialmente de crimes que evoluem de ocorrências iniciais aparentemente menos graves.

A literatura internacional sobre policiamento orientado por inteligência demonstra que capacidade preditiva pode transformar radicalmente a efetividade das ações policiais (Ratcliffe, 2016). Sistemas baseados em inteligência permitem transição de modelos reativos para preventivos, focando recursos em áreas e momentos de maior vulnerabilidade. Contudo, a simples adoção de tecnologias preditivas sem consideração adequada dos contextos sociodemográficos pode reproduzir e amplificar vieses existentes, resultando em policiamento discriminatório e violação de direitos fundamentais, conforme alertam Lum e Isaac (2016).

No contexto amazônico, a aplicação de modelos preditivos enfrenta desafios adicionais relacionados à precariedade dos dados disponíveis e às especificidades socioculturais da violência urbana. Manaus apresenta características únicas que justificam

estudo aprofundado: heterogeneidade territorial com profundas disparidades socioeconômicas, pressão sobre serviços emergenciais que poderiam beneficiar-se de análise preditiva, e infraestrutura tecnológica existente, como o Centro Integrado de Comando e Controle e sistemas de registro de ocorrências.

A escolha das Cadeias de Markov como ferramenta matemática central justifica-se por sua capacidade de modelar processos estocásticos com memória limitada, característica adequada para análise de padrões criminais onde o estado atual determina probabilisticamente estados futuros (Ross, 2010). Além disso, possibilitam modelar progressão de ocorrências criminais identificando padrões de escalada: uma briga doméstica pode evoluir para lesão corporal, que pode culminar em homicídio. Observações empíricas de profissionais de segurança pública no Amazonas sugerem que determinados tipos de ocorrência frequentemente precedem crimes violentos letais, hipótese que o modelo proposto busca verificar empiricamente.

A dimensão sociológica é igualmente fundamental. Wacquant (2008) e Adorno (2002) argumentam que criminalidade não pode ser compreendida isoladamente de seus determinantes sociais. Modelo preditivo que ignore dinâmicas de exclusão social, marginalização territorial e desigualdade de acesso a serviços públicos corre risco de criminalizar a pobreza e estigmatizar territórios vulneráveis. A integração entre análise matemática e análise sociodemográfica é essencial para garantir que modelos contribuam para redução de desigualdades, não para seu aprofundamento.

Este artigo está estruturado em cinco seções além desta introdução. A segunda seção apresenta fundamentação teórica abordando criminologia ambiental, modelagem matemática e dimensões éticas. A terceira seção descreve metodologia proposta para desenvolvimento e validação do modelo. A quarta seção discute resultados esperados e implicações para política pública. A quinta seção analisa desafios de implementação e diretrizes éticas. Por fim, apresentam-se conclusões e recomendações para pesquisas futuras. A segurança pública constitui pilar fundamental do Estado democrático de direito, sendo continuamente impactada por complexas dinâmicas sociais, políticas e tecnológicas. No contexto brasileiro, a gestão de recursos para atendimento de emergências policiais enfrenta desafios estruturais relacionados à distribuição territorial da criminalidade, à precariedade de dados e à fragmentação institucional. Este artigo apresenta proposta de modelo preditivo baseado em Cadeias de Markov para otimização do sistema de atendimento emergencial 190 na cidade de Manaus,

capital do Amazonas, integrando análise matemática com perspectiva sociodemográfica crítica.

A violência urbana em Manaus apresenta distribuição heterogênea pelo território municipal, refletindo profundas desigualdades sociais e territoriais. As zonas norte e leste concentram historicamente os mais altos índices de criminalidade, particularmente crimes violentos letais e intencionais. Embora o Anuário Brasileiro de Segurança Pública de 2025 aponte redução de 17,4% nos homicídios em 2024, persistem desafios estruturais na capacidade de antecipação e prevenção, especialmente de crimes que evoluem de ocorrências iniciais aparentemente menos graves.

A literatura internacional sobre policiamento orientado por inteligência demonstra que capacidade preditiva pode transformar radicalmente a efetividade das ações policiais (Ratcliffe, 2016). Sistemas baseados em inteligência permitem transição de modelos reativos para preventivos, focando recursos em áreas e momentos de maior vulnerabilidade. Contudo, a simples adoção de tecnologias preditivas sem consideração adequada dos contextos sociodemográficos pode reproduzir e amplificar vieses existentes, resultando em policiamento discriminatório e violação de direitos fundamentais, conforme alertam Lum e Isaac (2016).

No contexto amazônico, a aplicação de modelos preditivos enfrenta desafios adicionais relacionados à precariedade dos dados disponíveis e às especificidades socioculturais da violência urbana. Manaus apresenta características únicas que justificam estudo aprofundado: heterogeneidade territorial com profundas disparidades socioeconômicas, pressão sobre serviços emergenciais que poderiam beneficiar-se de análise preditiva, e infraestrutura tecnológica existente, como o Centro Integrado de Comando e Controle e sistemas de registro de ocorrências.

A escolha das Cadeias de Markov como ferramenta matemática central justifica-se por sua capacidade de modelar processos estocásticos com memória limitada, característica adequada para análise de padrões criminais onde o estado atual determina probabilisticamente estados futuros (Ross, 2010). Além disso, possibilitam modelar progressão de ocorrências criminais identificando padrões de escalada: uma briga doméstica pode evoluir para lesão corporal, que pode culminar em homicídio. Observações empíricas de profissionais de segurança pública no Amazonas sugerem que determinados tipos de ocorrência frequentemente precedem crimes violentos letais, hipótese que o modelo proposto busca verificar empiricamente.

A dimensão sociológica é igualmente fundamental. Wacquant (2008) e Adorno (2002) argumentam que criminalidade não pode ser compreendida isoladamente de seus determinantes sociais. Modelo preditivo que ignore dinâmicas de exclusão social, marginalização territorial e desigualdade de acesso a serviços públicos corre risco de criminalizar a pobreza e estigmatizar territórios vulneráveis. A integração entre análise matemática e análise sociodemográfica é essencial para garantir que modelos contribuam para redução de desigualdades, não para seu aprofundamento.

Este artigo está estruturado em cinco seções além desta introdução. A segunda seção apresenta fundamentação teórica abordando criminologia ambiental, modelagem matemática e dimensões éticas. A terceira seção descreve metodologia proposta para desenvolvimento e validação do modelo. A quarta seção discute resultados esperados e implicações para política pública. A quinta seção analisa desafios de implementação e diretrizes éticas. Por fim, apresentam-se conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

2. METODOLOGIA

A pesquisa adota abordagem mista, combinando modelagem matemática quantitativa com análise crítica de implicações sociológicas. O desenvolvimento do modelo baseia-se em dados secundários do Sistema Integrado de Segurança Pública do Amazonas, contendo registros de ocorrências em Manaus no período 2019-2024. Estes dados incluem tipo de crime, data, horário, localização geográfica e características disponíveis sobre as ocorrências.

Dados complementares são obtidos de múltiplas fontes: Centro Integrado de Estatística de Segurança Pública do Amazonas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para dados censitários e sociodemográficos, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada para indicadores do Atlas da Violência, e Prefeitura de Manaus para informações sobre infraestrutura urbana por bairro. A integração destas bases permite análise multidimensional que considera não apenas padrões criminais, mas também contextos socioeconômicos territoriais.

O tratamento dos dados inclui limpeza, padronização, geocodificação de endereços, tratamento de valores ausentes, criação de variáveis derivadas e integração das bases por chaves geográficas e temporais. Particular atenção será dedicada à qualidade dos dados, reconhecendo que inconsistências nos registros podem comprometer validade do modelo.

Os estados da Cadeia de Markov consideram três dimensões fundamentais. A primeira

dimensão refere-se ao tipo de ocorrência, incluindo homicídio, tentativa de homicídio, lesão corporal, roubo, furto, violência doméstica, tráfico de drogas, ameaça, conflito interpessoal, perturbação da ordem, crime sexual e estado sem crime. A segunda dimensão considera localização geográfica, dividindo Manaus em zonas administrativas e identificando bairros de alta criminalidade. A terceira dimensão incorpora aspectos temporais, incluindo faixas horárias, dias da semana e períodos do mês.

A matriz de transição é calculada através de probabilidades empíricas, considerando janelas temporais de 24 a 72 horas. Homicídios são tratados como estados absorventes, permitindo calcular probabilidades de escalada para violência letal a partir de diferentes tipos de ocorrências iniciais. Esta abordagem permite identificar sequências de eventos que apresentam maior risco de culminar em crimes graves.

A inovação metodológica consiste na incorporação de variáveis sociodemográficas como modificadores das probabilidades de transição. Estas variáveis incluem índice de vulnerabilidade social, densidade populacional, renda média, escolaridade e acesso a serviços públicos. As probabilidades de transição são ajustadas considerando características territoriais, de modo que territórios com maior vulnerabilidade social recebam priorização de intervenções preventivas, não intensificação de policiamento repressivo.

A validação do modelo inclui análise retrospectiva comparando previsões para período 2023-2024 com ocorrências reais registradas. Métricas de avaliação incluem acurácia geral, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo, valor preditivo negativo e precisão espacial. Particular atenção é dedicada à análise de vieses, verificando se previsões concentram-se desproporcionalmente em territórios vulneráveis, o que indicaria reprodução de padrões discriminatórios históricos.

A análise de equidade territorial compara distribuição de recursos sugerida pelo modelo com distribuição atual, avaliando se proposta promove maior justiça na alocação de serviços de segurança pública. Indicadores de equidade incluem coeficiente de Gini da distribuição de patrulhamento, correlação entre vulnerabilidade social e intensidade de policiamento preventivo, e análise de impacto diferencial por zonas administrativas.

O protocolo de implementação proposto considera múltiplas dimensões. A dimensão operacional aborda viabilidade de integração com sistemas existentes, requisitos tecnológicos, capacitação de operadores e estimativa de custos. A dimensão sociológica examina impactos potenciais em comunidades vulneráveis, riscos de estigmatização territorial e estratégias para

evitar sobre-policiamento discriminatório.

As diretrizes éticas estabelecidas incluem transparência metodológica com documentação pública dos critérios e algoritmos utilizados, auditoria periódica de vieses com verificação independente de equidade nas previsões, mecanismos de accountability permitindo contestação de decisões baseadas no modelo, proteção rigorosa de dados pessoais conforme Lei Geral de Proteção de Dados, e obrigatoriedade de revisão humana antes de decisões críticas que afetem direitos fundamentais.

O sistema de monitoramento contínuo avalia não apenas efetividade operacional na redução de crimes, mas também eficiência na alocação de recursos e equidade na distribuição territorial de serviços. Indicadores de resultado incluem taxa de crimes violentos letais, tempo médio de resposta a emergências, satisfação comunitária com serviços policiais e percepção de justiça no tratamento policial em diferentes territórios.

3. RESULTADOS

3.1 Criminologia Ambiental e Padrões Espaciais do Crime

A criminologia ambiental fornece arcabouço teórico para compreender como características do ambiente urbano influenciam ocorrência de crimes. Brantingham e Brantingham (1993) desenvolveram teoria dos padrões criminais, explicando como criminosos utilizam conhecimento do espaço urbano para selecionar alvos e rotas. Cohen e Felson (1979) formularam teoria das atividades rotineiras, argumentando que crimes ocorrem quando convergem no tempo e espaço três elementos: criminoso motivado, alvo adequado e ausência de guardiões capazes. Esta teoria é particularmente relevante para análise preditiva, pois sugere que alterações nas rotinas urbanas podem ser incorporadas ao modelo para aumentar precisão.

Weisburd et al. (2004) demonstraram lei da concentração criminal, segundo a qual maior parte dos crimes em uma cidade ocorre em pequeno número de endereços ou segmentos de rua, os chamados hotspots. Esta descoberta fundamenta estratégia de policiamento orientado a problemas, que prioriza intervenções focalizadas em vez de patrulhamento generalizado. Chainey e Ratcliffe (2005) sistematizaram técnicas de mapeamento e análise espacial usando Sistemas de Informação Geográfica, demonstrando como visualização espacial revela padrões não aparentes em análises agregadas.

No contexto brasileiro, Beato Filho et al. (2001) demonstraram importância da análise

de padrões espaço-temporais para estratégias preventivas em Belo Horizonte, identificando conglomerados de homicídios associados ao tráfico de drogas. Cerqueira e Lobão (2004) realizaram análise espacial da criminalidade violenta no Brasil, identificando padrões de concentração territorial relacionados a variáveis socioeconômicas. Estes estudos evidenciam que distribuição da criminalidade reflete não apenas oportunidades situacionais, mas também estruturas de desigualdade social profundamente enraizadas.

3.2 Cadeias de Markov e Modelagem Matemática do Crime

Cadeias de Markov constituem classe de processos estocásticos caracterizados pela propriedade markoviana: probabilidade de transição para estado futuro depende apenas do estado atual, não do histórico completo. Matematicamente, Cadeia de Markov discreta no tempo é definida por conjunto de estados e matriz de transição, onde cada elemento representa probabilidade de transição entre estados (Ross, 2010). Esta propriedade é adequada para modelagem criminal, onde tipo atual de ocorrência, localização e horário determinam probabilisticamente ocorrências futuras.

Ching e Ng (2006) pioneiramente exploraram aplicação de Cadeias de Markov à análise criminal, demonstrando utilidade na modelagem de padrões de reincidência. Kemeny e Snell (1976) estabeleceram fundamentos teóricos para análise de cadeias finitas, incluindo conceitos como distribuições estacionárias e tempos de absorção, aplicáveis à identificação de estados terminais na progressão criminal, como homicídio enquanto estado absorvente.

Short et al. (2008) desenvolveram modelos matemáticos sofisticados para descrever dinâmica espaço-temporal da criminalidade, demonstrando que crimes tendem a concentrar-se em determinadas regiões devido a processos de retroalimentação positiva. Mohler et al. (2011) aplicaram processos pontuais auto-excitados relacionados às Cadeias de Markov para prever hotspots criminais com precisão superior a métodos tradicionais. A originalidade da presente proposta reside na aplicação de Cadeias de Markov não apenas para identificar hotspots, mas para modelar encadeamentos de ocorrências que precedem crimes graves, permitindo intervenções preventivas em estágios iniciais de escalada da violência.

Policciamento Orientado por Inteligência

O conceito de policiamento orientado por inteligência surgiu no Reino Unido nos anos 1990 como resposta à necessidade de estratégias policiais mais proativas e baseadas em evidências. Ratcliffe (2016) propõe modelo 3I (Interpret, Influence, Impact), segundo o qual

inteligência criminal deve ser interpretada adequadamente, influenciar decisões estratégicas e ter impacto mensurável na redução da criminalidade. Diferentemente do policiamento reativo tradicional, essa abordagem prioriza coleta, análise e disseminação de informações para antecipar e prevenir crimes.

Perry et al. (2013) analisaram experiências internacionais com policiamento preditivo, identificando fatores críticos de sucesso: qualidade dos dados, treinamento adequado de analistas, integração entre departamentos, transparência metodológica e avaliação contínua de resultados. Manning (2008) alerta para riscos da ilusão tecnológica no policiamento contemporâneo, argumentando que sistemas preditivos podem criar falsa sensação de controle sem necessariamente produzir resultados efetivos. O autor enfatiza importância de considerar limitações técnicas, vieses nos dados e resistências organizacionais.

No Brasil, Beato Filho (2008) discute importância da gestão da informação para efetividade policial, argumentando que transição de modelo reativo para preventivo requer transformações organizacionais profundas, não apenas adoção de tecnologias. Este argumento é fundamental para proposta aqui apresentada, que reconhece necessidade de mudança cultural e institucional para implementação bem-sucedida de sistemas preditivos.

Dimensões Sociológicas: Desigualdade, Território e Justiça

Análise sociológica da criminalidade é fundamental para evitar que modelos preditivos reproduzam e ampliem desigualdades existentes. Wacquant (2008) demonstra como encarceramento em massa nos Estados Unidos funcionou como instrumento de controle de populações marginalizadas. A penalização da pobreza resulta em policiamento mais intenso em territórios vulneráveis, criando ciclo de criminalização estrutural.

Adorno (2002) analisa desigualdade no acesso à justiça criminal no Brasil, argumentando que sistema penal opera de forma seletiva, criminalizando preferencialmente pobres e negros. Sistema preditivo que não considere esses vieses pode intensificar policiamento discriminatório, violando princípios de igualdade e dignidade humana. Young (2002) introduz conceito de justiça territorial, argumentando que distribuição espacial de serviços de segurança pública deve considerar não apenas taxas de criminalidade, mas também vulnerabilidades sociais e déficits de cidadania.

Feltran (2010) analisa gestão diferencial dos ilegalismos em periferias urbanas brasileiras, demonstrando como ausência de Estado em territórios marginalizados permite surgimento de formas alternativas de regulação social, frequentemente violentas. O autor

argumenta que políticas de segurança pública devem integrar-se a políticas sociais mais amplas para serem efetivas. Carvalho e Silva (2011) discutem paradigmas emergentes de segurança cidadã na América Latina, enfatizando necessidade de superar modelos punitivos em favor de abordagens centradas em direitos humanos, prevenção e participação comunitária.

3.3 Ética e Vieses Algorítmicos em Sistemas Preditivos

Crescente utilização de algoritmos em processos decisórios suscita debates sobre vieses, transparência e accountability. O'Neil (2016) cunhou termo armas de destruição matemática para descrever algoritmos opacos que perpetuam desigualdades sob aparência de objetividade. Lum e Isaac (2016) demonstraram matematicamente que algoritmos preditivos treinados com dados históricos de prisões inevitavelmente reproduzem vieses policiais anteriores, direcionando mais policiamento para áreas já sobre-policiadas. Este fenômeno, chamado feedback loop, pode agravar desigualdades raciais e territoriais.

Brayne (2017) realizou etnografia sobre uso de big data pela polícia de Los Angeles, revelando que oficiais ajustam comportamentos para alimentar sistemas preditivos, criando dados enviesados que distorcem futuras previsões. A autora alerta para necessidade de supervisão humana crítica sobre decisões algorítmicas. Ferguson (2017) argumenta que sistemas preditivos devem ser acompanhados de rigorosos protocolos de auditoria, transparência metodológica e mecanismos de accountability. O autor propõe critérios para avaliação ética de tecnologias preditivas: não discriminação, proporcionalidade, transparência, revisabilidade e respeito à privacidade.

A proposta apresentada neste artigo incorpora essas preocupações éticas desde a concepção do modelo, estabelecendo que variáveis sociodemográficas devem funcionar como modificadores das probabilidades de transição, garantindo que maior vulnerabilidade social implique em priorização de intervenções preventivas, não em intensificação de policiamento repressivo.

3.4 Padrões de Escalada Criminal e Identificação de Ocorrências de Alto Risco

Espera-se que análise histórica de dados revele padrões sistemáticos de encadeamento entre diferentes tipos de ocorrência. Hipótese central é que determinadas sequências de eventos apresentam alta probabilidade de culminar em crimes violentos letais. Por exemplo,

histórico de violência doméstica seguido de ameaças e posterior lesão corporal pode indicar trajetória de alto risco para homicídio. O modelo permitirá quantificar estas probabilidades, possibilitando classificação de ocorrências segundo nível de risco de escalada.

A identificação de estados precursores de violência letal representa contribuição prática significativa. Policiais que atendem ocorrência classificada como alto risco de escalada poderão acionar protocolos preventivos específicos, incluindo acompanhamento psicossocial de vítimas, medidas protetivas, articulação com rede de serviços sociais e monitoramento intensificado. Esta abordagem contrasta com modelo tradicional reativo, no qual intervenção ocorre apenas após consumação de crimes graves.

Espera-se também que análise espacial revele concentração de padrões de escalada em territórios específicos, permitindo estratégias territorializadas de prevenção. Zonas com alta frequência de sequências de alto risco devem receber não apenas maior presença policial, mas também investimentos em políticas sociais preventivas, incluindo programas de mediação de conflitos, fortalecimento de redes comunitárias e ampliação de acesso a serviços públicos.

Otimização da Alocação de Recursos Policiais

O modelo preditivo permitirá otimização da alocação de recursos policiais em múltiplas dimensões. Primeira dimensão refere-se à distribuição espacial de viaturas e efetivo, priorizando territórios com maior probabilidade de ocorrências graves em determinados horários. Segunda dimensão relaciona-se à priorização tática de atendimentos, permitindo que central de operações classifique chamadas segundo urgência não apenas pelo tipo declarado, mas pela probabilidade de escalada considerando contexto territorial e temporal.

Terceira dimensão envolve planejamento estratégico de longo prazo, identificando áreas que requerem intervenções estruturais além do policiamento ostensivo. Territórios com alta criminalidade mas baixo índice de vulnerabilidade social podem demandar estratégias diferentes de territórios com criminalidade moderada mas alta vulnerabilidade. O modelo permite personalização de estratégias considerando especificidades locais.

Análise de eficiência comparará desempenho do sistema atual com cenários simulados de implementação do modelo. Indicadores incluem tempo médio de resposta a emergências, taxa de resolução de casos, índice de reincidência e custo-efetividade de diferentes estratégias de alocação. Espera-se demonstrar que modelo preditivo integrado com análise sociodemográfica produz resultados superiores tanto em eficiência operacional quanto em equidade territorial.

3.5 Promoção da Justiça Territorial

Contribuição distintiva da proposta consiste na incorporação explícita de princípios de justiça territorial. Análise preliminar sugere que distribuição atual de recursos policiais privilegia áreas centrais e comerciais em detrimento de periferias vulneráveis, onde concentram-se populações com menor acesso a serviços públicos. O modelo proposto inverte esta lógica, priorizando intervenções preventivas em territórios de maior vulnerabilidade social, mesmo quando taxas absolutas de criminalidade sejam inferiores a outras áreas.

Esta abordagem fundamenta-se no conceito de equidade distributiva, segundo o qual alocação de recursos deve considerar não apenas demanda atual, mas também capacidade de resposta comunitária e déficits históricos de cidadania. Territórios com redes sociais fragilizadas, baixa presença estatal e histórico de marginalização requerem maior investimento preventivo para romper ciclos de violência estrutural.

Espera-se que implementação do modelo contribua para redução de estigmas territoriais associados a periferias criminalizadas. Ao fundamentar alocação de recursos em análise técnica transparente que incorpora vulnerabilidades sociais, modelo fornece base objetiva para políticas que promovam inclusão social e dignidade em territórios historicamente negligenciados pelo poder público.

3.6 Implicações para Política Pública

Resultados da pesquisa terão implicações significativas para formulação de políticas públicas de segurança. Primeira implicação refere-se à necessidade de integração entre políticas de segurança e políticas sociais. Modelo demonstrará que redução sustentável da violência requer não apenas policiamento eficiente, mas também investimentos em educação, saúde, cultura, assistência social e infraestrutura urbana em territórios vulneráveis.

Segunda implicação relaciona-se à importância de sistemas integrados de informação. Efetividade do modelo depende de qualidade, completude e atualização constante dos dados. Recomenda-se investimento em capacitação de profissionais responsáveis por registro de ocorrências, padronização de procedimentos e integração entre diferentes órgãos do sistema de justiça criminal.

Terceira implicação diz respeito à governança de sistemas preditivos. Implementação de tecnologias de inteligência artificial em segurança pública requer marcos regulatórios claros, incluindo legislação específica sobre uso de algoritmos em decisões que afetem

direitos fundamentais, criação de instâncias de supervisão independente e garantia de transparência e accountability.

3.7 Desafios de Implementação e Diretrizes Éticas

3.7.1 Desafios Técnicos e Institucionais

Implementação de modelo preditivo em contexto operacional enfrenta múltiplos desafios técnicos. Primeiro desafio refere-se à qualidade e completude dos dados disponíveis. Registros de ocorrências frequentemente apresentam inconsistências, erros de classificação e informações incompletas. Geocodificação de endereços em periferias com nomenclatura informal de ruas constitui dificuldade adicional. Estratégias para mitigação incluem desenvolvimento de rotinas automáticas de detecção de inconsistências e capacitação de operadores.

Segundo desafio relaciona-se à integração com sistemas legados. Organizações policiais frequentemente utilizam múltiplos sistemas não integrados, dificultando análise consolidada. Implementação do modelo requer investimento em infraestrutura tecnológica e desenvolvimento de interfaces que permitam operação intuitiva por parte de analistas e gestores. Resistências organizacionais a mudanças tecnológicas devem ser antecipadas através de estratégias de gestão da mudança, incluindo demonstrações práticas de valor agregado e participação de usuários finais no processo de desenvolvimento.

Terceiro desafio envolve capacitação de recursos humanos. Operação efetiva do modelo requer analistas com formação em estatística, ciência de dados e conhecimento profundo sobre dinâmicas criminais locais. Investimento em formação continuada e criação de equipes multidisciplinares são essenciais para sucesso da implementação.

3.7.2 Desafios Éticos e de Legitimidade Social

Implementação de sistemas preditivos em segurança pública suscita preocupações éticas que devem ser endereçadas proativamente. Primeira preocupação refere-se ao risco de reprodução de vieses discriminatórios. Mesmo modelos tecnicamente sofisticados podem amplificar desigualdades se treinados com dados históricos que refletem práticas policiais discriminatórias. A incorporação de variáveis sociodemográficas como modificadores das probabilidades busca mitigar este risco, mas requer monitoramento contínuo.

Segunda preocupação relaciona-se à transparência e explicabilidade. Decisões que

afetem direitos fundamentais não podem basear-se em algoritmos opacos cuja lógica seja incompreensível para cidadãos e operadores. O modelo proposto utiliza Cadeias de Markov precisamente porque são matematicamente transparentes, permitindo auditoria de cada etapa do processo decisório. Documentação completa da metodologia deve ser disponibilizada publicamente, permitindo escrutínio acadêmico e social.

Terceira preocupação envolve proteção de dados pessoais e privacidade. Sistema preditivo que processe dados sensíveis sobre indivíduos e comunidades deve respeitar rigorosamente princípios da Lei Geral de Proteção de Dados. Dados devem ser anonimizados sempre que possível, acesso deve ser restrito a pessoal autorizado, e finalidades de uso devem ser claramente delimitadas. Vedações de uso para perseguição política, discriminação ou vigilância massiva deve ser explicitamente estabelecida em marcos regulatórios.

Quarta preocupação refere-se à legitimidade social e aceitação comunitária. Sistemas preditivos implementados sem diálogo com comunidades afetadas tendem a encontrar resistência e desconfiança. Processo de implementação deve incluir consultas públicas, conselhos comunitários de segurança e mecanismos de participação cidadã na governança do sistema. Comunidades devem ter poder de contestar decisões e propor ajustes que considerem especificidades locais.

3.7.3 Diretrizes para Uso Responsável

Com base nas preocupações identificadas, propõem-se diretrizes para uso responsável do modelo preditivo. Primeira diretriz estabelece que previsões devem ser utilizadas exclusivamente para priorização de intervenções preventivas, nunca para justificar ações repressivas sem evidências concretas de crime. Suspeição baseada unicamente em predição algorítmica viola presunção de inocência e direitos fundamentais.

Segunda diretriz determina que recursos alocados em função de predições devem priorizar prevenção social sobre repressão policial. Territórios identificados como vulneráveis devem receber investimentos em serviços sociais, programas comunitários, mediação de conflitos e fortalecimento de redes de apoio, não apenas intensificação de patrulhamento ostensivo. Esta abordagem alinha-se a paradigma de segurança cidadã centrado em direitos humanos.

Terceira diretriz exige auditoria independente periódica do sistema, incluindo análise de vieses, avaliação de impactos diferenciais por território e verificação de conformidade com

diretrizes éticas. Auditores devem ter acesso completo a dados, códigos e documentação, produzindo relatórios públicos com recomendações de ajustes. Detectados vieses discriminatórios, sistema deve ser suspenso até correção.

Quarta diretriz estabelece mecanismos de accountability e reparação. Indivíduos ou comunidades que se sintam prejudicados por decisões baseadas no modelo devem ter canais acessíveis para contestação, com obrigatoriedade de resposta fundamentada por parte das autoridades. Violações de direitos devem ser passíveis de responsabilização administrativa, civil e criminal.

Quinta diretriz determina revisão humana qualificada antes de decisões críticas. Predições algorítmicas devem subsidiar, nunca substituir, julgamento humano contextualizado. Operadores devem ser treinados para interpretar criticamente outputs do modelo, considerando limitações técnicas e especificidades situacionais não capturadas por dados históricos.

3.7.4 Limites e Condições de Sucesso

O modelo proposto reconhece limites intrínsecos de abordagens preditivas. Primeiro limite refere-se à impossibilidade de predição perfeita. Comportamento humano e dinâmicas sociais envolvem grau irreduzível de imprevisibilidade. Expectativas devem ser realistas: objetivo é aumentar probabilidade de prevenção, não garantir eliminação completa de crimes.

Segundo limite relaciona-se à dependência da qualidade dos dados. Modelo treinado com dados incompletos, enviesados ou inconsistentes produzirá previsões igualmente problemáticas. Investimento contínuo em sistemas de informação é condição necessária para funcionamento adequado. Feedback loops devem ser monitorados para evitar que predições influenciem comportamentos policiais de modo a confirmar artificialmente suas próprias previsões.

Terceiro limite envolve complexidade dos determinantes da criminalidade. Violência urbana resulta de múltiplos fatores econômicos, sociais, culturais e políticos que transcendem capacidade de captura por modelos matemáticos. Abordagem preditiva deve complementar, nunca substituir, políticas sociais amplas de enfrentamento às raízes estruturais da violência.

Condições de sucesso incluem comprometimento institucional de longo prazo, investimento em capacitação de recursos humanos, integração entre órgãos do sistema de justiça criminal e de políticas sociais, participação comunitária efetiva, transparência

metodológica e disposição para ajustes contínuos baseados em avaliações rigorosas. Ausentes estas condições, tecnologia preditiva pode transformar-se em mero fetiche tecnocrático sem impactos positivos concretos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou proposta de modelo preditivo baseado em Cadeias de Markov para otimização do atendimento emergencial policial em Manaus, integrando rigor matemático com análise sociodemográfica crítica. A principal contribuição teórica consiste em demonstrar que modelagem preditiva e justiça territorial não são objetivos contraditórios, mas podem ser harmonizados através de design metodológico adequado que incorpore explicitamente princípios de equidade.

A proposta diferencia-se de experiências internacionais criticadas por reproduzir vieses discriminatórios ao estabelecer que variáveis sociodemográficas devem funcionar como modificadores das probabilidades de transição, garantindo que maior vulnerabilidade social implique em priorização de intervenções preventivas, não em intensificação de policiamento repressivo. Esta inversão de lógica representa mudança paradigmática de sistemas punitivos focados em controle de populações marginalizadas para sistemas preventivos comprometidos com redução de desigualdades estruturais.

A metodologia proposta, combinando Cadeias de Markov com análise espacial e integração de múltiplas fontes de dados, oferece caminho tecnicamente viável para identificação de padrões de escalada criminal e alocação otimizada de recursos policiais. Validação retrospectiva e análise sistemática de vieses constituem salvaguardas essenciais contra reprodução de discriminações históricas.

As implicações práticas são significativas. Modelo implementado adequadamente pode contribuir para redução de crimes violentos letais através de intervenções precoces em ocorrências identificadas como alto risco de escalada. Otimização da alocação de recursos pode aumentar eficiência operacional e equidade territorial, beneficiando particularmente comunidades periféricas historicamente negligenciadas pelo poder público. Protocolo de implementação com diretrizes éticas rigorosas busca garantir que tecnologia sirva à promoção de direitos humanos, não à sua violação.

Desafios técnicos, institucionais e éticos são reconhecidos e endereçados. Qualidade dos dados, integração de sistemas, capacitação de recursos humanos, transparência

metodológica, proteção de privacidade e participação comunitária constituem condições necessárias para sucesso. Ausentes estas condições, sistema preditivo pode reproduzir e amplificar desigualdades, justificando cautela e rigor na implementação.

A pesquisa contribui para campo emergente de estudos sobre inteligência artificial aplicada à segurança pública, oferecendo perspectiva crítica que questiona tecno-otimismo ingênuo sem recair em tecno-pessimismo paralisante. Tecnologias preditivas não são intrinsecamente boas ou más, mas ferramentas cujos impactos dependem de escolhas políticas, éticas e metodológicas. Proposta aqui apresentada busca demonstrar que é possível desenvolver sistemas tecnicamente sofisticados e socialmente responsáveis, comprometidos simultaneamente com eficiência e equidade.

Limitações do estudo incluem dependência de dados secundários cuja qualidade não pode ser plenamente controlada, impossibilidade de validação prospectiva antes de implementação efetiva, e dificuldade de generalização de resultados específicos de Manaus para outros contextos urbanos brasileiros. Pesquisas futuras devem incluir estudos comparativos entre diferentes cidades, análises longitudinais de impactos de longo prazo, avaliações qualitativas de percepções comunitárias sobre sistemas preditivos, e desenvolvimento de métricas mais sofisticadas de justiça territorial.

Recomenda-se que gestores públicos interessados em implementar sistemas preditivos considerem cuidadosamente lições de experiências internacionais, investindo em desenho metodológico que incorpore preocupações éticas desde concepção, estabelecendo marcos regulatórios claros, garantindo transparência e accountability, promovendo participação comunitária efetiva, e integrando tecnologias preditivas a políticas sociais mais amplas de enfrentamento às raízes estruturais da violência urbana.

A segurança pública do século XXI requer abordagens inovadoras que combinem avanços tecnológicos com compromisso inabalável com direitos humanos e justiça social. Este artigo buscou contribuir para construção de tais abordagens, oferecendo proposta concreta que pode ser debatida, aprimorada e adaptada por pesquisadores, gestores e comunidades comprometidos com transformação de realidades marcadas por violência e desigualdade.

REFERÊNCIAS

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da UEA

Vol. 14. Nº 3, Julho-Dezembro/2026

ISSN: 2675-5394

Artigo Científico

Adorno, S. (2002). Exclusão social e desigualdade no acesso à justiça penal no Estado de São Paulo. *Revista USP*, 53, 34-57.

Anuário Brasileiro de Segurança Pública. (2025). Fórum Brasileiro de Segurança Pública.

Beato Filho, C. C. (2008). Informação e desempenho policial. In J. L. Ratton & M. Barros (Eds.), *Polícia, democracia e sociedade* (pp. 141-162). Lumen Juris.

Beato Filho, C. C., Assunção, R. M., Silva, B. F. A., Marinho, F. C., Reis, I. A., & Almeida, M. C. M. (2001). Conglomerados de homicídios e o tráfico de drogas em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, de 1995 a 1999. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(5), 1163-1171.

Brantingham, P. J., & Brantingham, P. L. (1993). Environment, routine and situation: Toward a pattern theory of crime. In R. V. Clarke & M. Felson (Eds.), *Routine activity and rational choice* (pp. 259-294). Transaction Publishers.

Brayne, S. (2017). Big data surveillance: The case of policing. *American Sociological Review*, 82(5), 977-1008.

Carvalho, S., & Silva, M. L. (Eds.). (2011). *Segurança pública e direitos humanos: Temas transversais*. Livraria do Advogado.

Cerqueira, D., & Lobão, W. (2004). Determinantes da criminalidade: Arcabouços teóricos e resultados empíricos. *Dados - Revista de Ciências Sociais*, 47(2), 233-269.

Chainey, S., & Ratcliffe, J. (2005). *GIS and crime mapping*. Wiley.

Ching, W. K., & Ng, M. K. (2006). *Markov chains: Models, algorithms and applications*. Springer.

Cohen, L. E., & Felson, M. (1979). Social change and crime rate trends: A routine activity approach. *American Sociological Review*, 44(4), 588-608.

Feltran, G. S. (2010). *Fronteiras de tensão: Política e violência nas periferias de São Paulo*. Editora Unesp.

Ferguson, A. G. (2017). *The rise of big data policing: Surveillance, race, and the future of law enforcement*. New York University Press.

Kemeny, J. G., & Snell, J. L. (1976). *Finite Markov chains*. Springer.

Lum, K., & Isaac, W. (2016). To predict and serve? *Significance*, 13(5), 14-19.

Manning, P. K. (2008). *The technology of policing: Crime mapping, information technology, and the rationality of crime control*. New York University Press.

Equidade: Revista Eletrônica de Direito da UEA

Vol. 14. Nº 3, Julho-Dezembro/2026

ISSN: 2675-5394

Artigo Científico

Mohler, G. O., Short, M. B., Brantingham, P. J., Schoenberg, F. P., & Tita, G. E. (2011). Self-exciting point process modeling of crime. *Journal of the American Statistical Association*, 106(493), 100-108.

O'Neil, C. (2016). *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Crown.

Perry, W. L., McInnis, B., Price, C. C., Smith, S. C., & Hollywood, J. S. (2013). *Predictive policing: The role of crime forecasting in law enforcement operations*. RAND Corporation.

Ratcliffe, J. H. (2016). *Intelligence-led policing (2nd ed.)*. Routledge.

Ross, S. M. (2010). *Introduction to probability models (10th ed.)*. Academic Press.

Short, M. B., D'Orsogna, M. R., Pasour, V. B., Tita, G. E., Brantingham, P. J., Bertozzi, A. L., & Chayes, L. B. (2008). A statistical model of criminal behavior. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 18(Suppl.), 1249-1267.

Wacquant, L. (2008). *As prisões da miséria (A. Telles, Trans.)*. Zahar.

Weisburd, D., Bushway, S., Lum, C., & Yang, S. M. (2004). Trajectories of crime at places: A longitudinal study of street segments in the city of Seattle. *Criminology*, 42(2), 283-322.

Young, J. (2002). A sociedade excludente: Exclusão social, criminalidade e diferença na modernidade recente. *Revista de Sociologia e Política*, 19, 29-48.