



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO
TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

THIAGO TADEU TRINDADE QUEIROZ LOPES

**ANÁLISE GEOESPACIAL MULTITEMPORAL NO
MONITORAMENTO PREDITIVO DE ÁREAS DE RISCO:**
subsídios para o uso de VANTs no entorno prisional de Santa Izabel do Pará
(2009 – 2024)

ANANINDEUA, PA
2026

THIAGO TADEU TRINDADE QUEIROZ LOPES

**ANÁLISE GEOESPACIAL MULTITEMPORAL NO
MONITORAMENTO PREDITIVO DE ÁREAS DE RISCO:**
subsídios para o uso de VANTs no entorno prisional de Santa Izabel do Pará
(2009 – 2024)

Trabalho de conclusão de curso (TCC)
apresentado à Faculdade de Tecnologia em
Geoprocessamento (FTG) da Universidade
Federal do Pará (UFPA)– Campus Ananindeua,
como requisito obrigatório para a obtenção do
título de Tecnólogo em Geoprocessamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Alves de Melo

Lopes, Thiago Tadeu Trindade Queiroz.
ANÁLISE GEOESPACIAL MULTITEMPORAL NO
MONITORAMENTO PREDITIVO DE ÁREAS DE RISCO: :
subsídios para o uso de VANTs no entorno prisional de Santa
Izabel do Pará (2009 – 2024) / Thiago Tadeu Trindade Queiroz
Lopes. — 2026.
37 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Alves de Melo
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Ananindeua, Curso de
Geoprocessamento, Ananindeua, 2026.

1. Segurança Pública. 2. Geotecnologias. 3.
Monitoramento Inteligente. 4. VANT. I. Título.

CDD 365

THIAGO TADEU TRINDADE QUEIROZ LOPES

**ANÁLISE GEOESPACIAL MULTITEMPORAL NO
MONITORAMENTO PREDITIVO DE ÁREAS DE RISCO:**
subsídios para o uso de VANTs no entorno prisional de Santa Izabel do Pará
(2009 – 2024)

Trabalho de conclusão de curso (TCC)
apresentado à Faculdade de Tecnologia em
Geoprocessamento (FTG) da Universidade
Federal do Pará (UFPA) – Campus Ananindeua,
como requisito obrigatório para a obtenção do
título de Tecnólogo em Geoprocessamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Alves de Melo

Data da Aprovação: 30/06/2026

Conceito: Excelente

Ananindeua-PA

Prof. Dr. Paulo Alves de Melo - Orientador
FTG/UFPA
Presidente da Banca Avaliadora

Prof. Dr. Paulo Celso Santiago Bittencourt
FTG/UFPA
Examinador

Prof.^a Ms. Kellem Cristina Prestes de Melo
FTG/UFPA
Examinadora

Dedico este trabalho a todas as pessoas que,
direta ou indiretamente, contribuíram para que
alcançássemos este objetivo.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho é o resultado de um grande esforço, empreendido com apoio profissional e emocional de várias pessoas. Sem esse apoio, a conquista desse objetivo não seria possível. Portanto, é um dever de justiça externar meus agradecimentos às pessoas e instituições que nos ajudaram a alcançá-lo.

Iniciar agradecendo a Deus, que me deu forças para chegar até aqui. Em seguida, agradecer aos meus pais que, desde sempre, me incentivaram a seguir pelo caminho da Educação e do conhecimento.

Agradecer à Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG), da Universidade Federal Pará (UFPA), por nos possibilitar a realização de um curso novo e promissor na área de tecnologia, enfrentado as dificuldades e desafios para o funcionamento de um curso recém-criado, como era o caso do curso de Tecnologia em Geoprocessamento.

Agradecer a todos os professores e técnicos administrativos pela dedicação e profissionalismo demonstrados nas atividades relacionadas ao curso, ajudando-nos na resolução dos problemas, administrativos ou de ensino.

Agradecer aos colegas de turma, pela parceria nas atividades pedagógicas e pela amizade, cooperação e incentivo nos momentos difíceis.

Um agradecimento especial ao Prof. Estêvão pela consideração e apreço e que, com muita dedicação e empenho, me resgatou da condição de quase desistente para a situação de concludente. Meu muito obrigado.

Agradecimento especial também ao Prof. Paulo Melo, meu orientador, pela paciência, empenho e profissionalismo demonstrados ao longo de todo o curso e, particularmente, nas intervenções oportunas e pertinentes, por ocasião da elaboração deste trabalho.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

A geotecnologia permite enxergar o território não apenas como ele é, mas como ele se transforma.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar as transformações da paisagem no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará entre os anos de 2009 e 2024, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para identificar vulnerabilidades espaciais e subsidiar estratégias de monitoramento territorial por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). A metodologia consistiu na análise multitemporal de imagens orbitais, interpretação visual das mudanças no uso e cobertura da terra e elaboração de produtos cartográficos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os resultados evidenciaram um processo contínuo de reconfiguração territorial caracterizado pela expansão urbana ao longo da BR-316, crescimento de atividades industriais, ampliação da infraestrutura prisional e redução da cobertura vegetal nas áreas adjacentes ao complexo. Com base nessas transformações, foram delimitadas duas áreas prioritárias para monitoramento, apresentando vulnerabilidades distintas relacionadas ao adensamento urbano, à atividade industrial e à perda de vegetação próxima ao perímetro de segurança. A análise demonstrou que a redução progressiva das áreas de amortecimento territorial pode influenciar diretamente as condições de vigilância e controle do complexo. Conclui-se que a integração entre geoprocessamento, sensoriamento remoto e VANTs constitui uma ferramenta eficiente para o monitoramento preventivo, planejamento territorial e fortalecimento da segurança institucional em ambientes penitenciários.

Palavras-chave: segurança pública; geotecnologias; monitoramento inteligente; VANT.

ABSTRACT

This study aimed to analyze landscape transformations in the surroundings of the Santa Izabel do Pará Penitentiary Complex between 2009 and 2024, using geoprocessing and remote sensing techniques to identify spatial vulnerabilities and support territorial monitoring strategies through Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). The methodology consisted of a multitemporal analysis of satellite imagery, visual interpretation of land use and land cover changes, and the production of cartographic products within a Geographic Information System (GIS) environment. The results revealed a continuous process of territorial reconfiguration characterized by urban expansion along the BR-316 highway, growth of industrial activities, expansion of prison infrastructure, and reduction of vegetation cover in areas adjacent to the complex. Based on these transformations, two priority monitoring areas were identified, presenting distinct vulnerabilities related to urban densification, industrial activity, and vegetation loss near the security perimeter. The analysis demonstrated that the progressive reduction of territorial buffer zones may directly affect surveillance and control conditions within the penitentiary complex. It is concluded that the integration of geoprocessing, remote sensing, and UAV technologies constitutes an effective tool for preventive monitoring, territorial planning, and the strengthening of institutional security in penitentiary environments.

Key words: public security; geotechnologies; intelligent monitoring; UAV.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização do município de Santa Isabel.....	22
Figura 2 – Mapa de localização do Complexo Penitenciário de Santa Isabel.....	22
Figura 3 – Evolução da configuração territorial inicial do complexo penitenciário em 2009 e vetores de expansão e transformações territoriais identificados entre 2009 e 2024.....	22
Figura 4 – Localização das áreas prioritárias para monitoramento por VANT no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Isabel do Pará.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1. Evolução históricas do uso de tecnologias digitais na segurança pública.....	13
2.2. Fundamentos do Geoprocessamento e das Geotecnologias Aplicadas à Segurança Pública.....	14
2.3. Integração entre Geoprocessamento e VANTs na Segurança Pública Proativa	16
2.4. Legislação vigente sobre o uso de drones no Brasil e perspectivas internacionais	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Tipo de Pesquisa.....	19
3.2. Caracterização da área de estudo.....	20
3.3. Levantamento de dados geoespacial	21
3.4. Análise de dados.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Configuração territorial inicial e dinâmica de transformação da paisagem no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará	24
4.2. Análise geoespacial e o emprego de VANTs na identificação e monitoramento de vulnerabilidades espaciais no entorno de um complexo prisional.....	27
5. CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A segurança nos sistemas penitenciários brasileiros enfrenta desafios crescentes relacionados à superlotação, ao fortalecimento de facções criminosas e à entrada de materiais ilícitos nas unidades prisionais (Peneluc et al., 2022). Nesse contexto, a adoção de tecnologias de monitoramento e vigilância tem se tornado uma alternativa estratégica para ampliar o controle operacional e reduzir vulnerabilidades no ambiente carcerário (da Silva et al., 2022). Entre essas tecnologias, destacam-se os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, utilizados para vigilância aérea e monitoramento perimetral (Moratelli et al., 2025).

Os VANTs possuem capacidade de monitoramento em tempo real, alcance visual ampliado e mobilidade operacional, permitindo maior eficiência na supervisão de áreas consideradas de difícil acesso pelos sistemas convencionais de vigilância (Denyer & Tranfield, 2014; Chiper et al., 2022). Estudos recentes apontam que essas aeronaves não tripuladas já vêm sendo incorporadas à segurança pública em diferentes países nas últimas décadas (Singh et al., 2018; Klauser, 2022; Kurtpinar, 2024). Além disso, pesquisas sobre segurança e privacidade envolvendo drones demonstram o avanço das aplicações tecnológicas voltadas ao controle e à proteção de ambientes sensíveis (Ding et al., 2018).

No sistema penitenciário, a utilização de drones apresenta relevância tanto para o monitoramento institucional quanto para o combate a práticas ilícitas, como o lançamento aéreo de celulares, drogas e armamentos para o interior das unidades prisionais (Gomes, 2021). Segundo pesquisas realizadas no contexto prisional brasileiro, o crescimento uso de tecnologias aéreas por organizações criminosas intensificou a necessidade de mecanismos de vigilância mais modernos e eficientes (Gomes, 2021; dos Santo & Ramos, 2025; Moratelli et al., 2025). Dessa forma, o emprego institucional de VANTs surge como importante instrumento de apoio às operações de segurança penitenciária (Peneluc et al., 2022).

Nos últimos anos, órgãos de segurança pública brasileiros passaram a investir em sistemas de drones e tecnologias antidrone para fortalecimento da vigilância penitenciária. Em 2025 iniciativas da Polícia Penal Federal e da Secretaria Nacional de Políticas Penais ampliaram os investimentos em monitoramento eletrônico, reconhecimento aéreo e proteção do espaço aéreo em penitenciárias federais, demonstrando a crescente modernização do setor (Brasil, 2025). Tais medidas buscam aumentar a eficiência operacional e reduzir riscos relacionados à atuação do crime organizado dentro e no entorno dos presídios, como já vem

sendo estudado em alguns estados brasileiros (Mendes et al., 2025; De Moraes & Nascimento, 2026).

Diante desse cenário, esta pesquisa busca analisar a integração entre geoprocessamento e tecnologia VANT como ferramenta estratégica para o fortalecimento da segurança pública proativa e preditiva. Com isso, o estudo objetivou compreender de que forma a análise temporal de imagens e o emprego de VANTs podem auxiliar na identificação e monitoramento de vulnerabilidades espaciais no entorno de um complexo prisional em um município do nordeste paraense.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Evolução históricas do uso de tecnologias digitais na segurança pública

A evolução do uso de tecnologias digitais na segurança pública está diretamente associada ao avanço das tecnologias da informação e comunicação, que passaram a transformar os processos de coleta, armazenamento e análise de dados criminais. Conforme Telles (2021), a incorporação de sistemas informatizados e ferramentas de inteligência artificial permitiu o desenvolvimento de modelos de polícia preditiva capazes de identificar padrões criminais e subsidiar estratégias preventivas mais eficientes. Essa mudança marcou a transição de modelos reativos para abordagens orientadas por dados e evidências (Telles, 2021).

A partir da década de 2010, o crescimento do Big Data e dos algoritmos de aprendizado de máquina ampliou significativamente a capacidade de processamento de informações pelas instituições de segurança. Menezes e Agustina (2021) destacam que essas tecnologias passaram a apoiar a análise de grandes volumes de dados provenientes de registros policiais, redes digitais e sistemas de vigilância, favorecendo a identificação de tendências criminais e o planejamento estratégico das ações de segurança pública (Menezes & Agustina, 2021).

O desenvolvimento do policiamento preditivo representa um dos marcos mais importantes dessa evolução tecnológica. Freitas (2023) observa que algoritmos baseados em inteligência artificial, *machine learning* e *deep learning* passaram a ser empregados para prever áreas e situações com maior probabilidade de ocorrência criminal. Entretanto, a autora ressalta que a utilização dessas tecnologias também trouxe debates relacionados a vieses algorítmicos, discriminação e transparência nas decisões automatizadas.

Nos anos mais recentes, a inteligência artificial consolidou-se como uma ferramenta estratégica para a segurança pública (Ferreira Junior et al., 2025). Costa e Oliveira (2025)

apontam que sistemas inteligentes têm contribuído para a análise preditiva, reconhecimento de padrões criminais e otimização da gestão de recursos policiais. De forma complementar, Grossi (2025) destaca que tecnologias como reconhecimento facial, videomonitoramento inteligente e integração de bancos de dados passaram a ocupar papel central nas políticas de segurança de grandes centros urbanos brasileiros (Costa & Oliveira, 2025; Grossi, 2025).

A evolução tecnológica também impulsionou a criação de sistemas automatizados de monitoramento e vigilância. Silva e colaboradores (2025) demonstraram que o uso de plataformas inteligentes de videomonitoramento apoiadas por inteligência artificial contribuiu para a redução de determinados tipos de crimes patrimoniais em áreas urbanas da cidade de Manaus, AM. Paralelamente, Melo e colaboradores (2026) argumentam que tecnologias preditivas vêm sendo incorporadas à inteligência policial como instrumentos de apoio à tomada de decisão e ao enfrentamento do crime organizado (Silva et al., 2025; Melo et al., 2026).

Atualmente, a evolução das tecnologias digitais na segurança pública avança em direção à integração de inteligência artificial, internet das coisas, análise em tempo real e ambientes digitais inteligentes. Zindros e colaboradores (2025) destacam o potencial dos gêmeos digitais (do inglês “*digital twins*”, um modelo virtual de um objeto físico) para simular cenários de risco e apoiar a gestão preventiva da segurança em espaços públicos. Ao mesmo tempo, Teixeira (2026) ressalta a necessidade de garantir princípios éticos, responsabilidade algorítmica e respeito aos direitos humanos diante da crescente automação das decisões no setor de segurança pública (Zindros et al., 2025; Teixeira, 2026).

2.2. Fundamentos do Geoprocessamento e das Geotecnologias Aplicadas à Segurança Pública

O geoprocessamento constitui um conjunto de técnicas computacionais voltadas à coleta, armazenamento, tratamento, análise e representação de informações georreferenciadas. Segundo Oliveira, Fachada e Matos-Carvalho (2024), associado aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), esse campo possibilita compreender a distribuição espacial de fenômenos sociais e ambientais, fornecendo subsídios para a tomada de decisão baseada em evidências. Estudos recentes destacam que a integração entre SIG, análise espacial e ciência de dados ampliou significativamente a capacidade de interpretação de padrões territoriais complexos, fortalecendo aplicações em diferentes áreas da gestão pública (Catete et al., 2025).

No contexto da segurança pública, as geotecnologias têm desempenhado papel estratégico na identificação de padrões espaciais da criminalidade. De acordo com Ristea e

Leitner (2020), a utilização de mapas temáticos, análises de densidade e técnicas de *hotspot* permite identificar áreas com maior concentração de ocorrências criminais, favorecendo o planejamento de ações preventivas e a otimização da alocação de recursos policiais. Além disso, pesquisas recentes evidenciam que a análise espacial contribui para compreender a dinâmica territorial do crime e subsidiar estratégias de policiamento orientadas por dados (Assen & Sharew, 2026).

No Brasil, o avanço das geotecnologias tem impulsionado o desenvolvimento de ferramentas voltadas ao monitoramento e à análise criminal. Wisniewski, Rocha e Hornink (2023) destacam a utilização de aplicativos e plataformas georreferenciadas capazes de gerar mapas de calor e sistemas de alerta para visualização de áreas de risco. Essas iniciativas demonstram o potencial do geoprocessamento como instrumento de gestão territorial da segurança pública e de prevenção à violência (Borges; Libório & Haddad, 2019).

Outro fundamento importante das geotecnologias aplicadas à segurança pública refere-se à capacidade de integrar diferentes bases de dados espaciais em um mesmo ambiente analítico. Conforme Catete et al. (2025), informações demográficas, socioeconômicas, ambientais e criminais podem ser combinadas para identificar fatores associados à violência e apoiar a formulação de políticas públicas mais eficientes. Essa integração favorece análises mais abrangentes e contextualizadas da realidade territorial (Oliveira; Fachada & Matos-Carvalho, 2024).

O sensoriamento remoto e as tecnologias de observação da Terra também têm ampliado as possibilidades de aplicação do geoprocessamento na segurança pública. Segundo Assen e Sharew (2026), imagens de satélite, drones e plataformas de monitoramento espacial possibilitam a identificação de mudanças no uso do solo, ocupações irregulares e áreas potencialmente vulneráveis à ocorrência de delitos. Essas ferramentas contribuem para o monitoramento contínuo do território e para o planejamento estratégico das ações governamentais (Ristea & Leitner, 2020).

Dessa forma, os fundamentos do geoprocessamento e das geotecnologias aplicadas à segurança pública estão relacionados à capacidade de transformar dados espaciais em informações estratégicas para a gestão do território. Ristea e Leitner (2020) ressaltam que a análise espacial fortalece os processos de prevenção e controle da criminalidade, enquanto Wisniewski, Rocha e Hornink (2023) evidenciam a importância das ferramentas digitais georreferenciadas para a gestão da segurança. Nesse contexto, o avanço contínuo das

geotecnologias consolida esses recursos como instrumentos essenciais para a construção de políticas públicas mais eficazes, integradas e orientadas por evidências (Catete et al., 2025).

2.3. Integração entre Geoprocessamento e VANTs na Segurança Pública Proativa

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), também conhecidos como drones, representam uma das tecnologias mais promissoras para o fortalecimento das atividades de segurança pública. De acordo com Shakhathreh e colaboradores (2018), esses equipamentos possibilitam o monitoramento remoto de áreas extensas, a coleta de dados em tempo real e o apoio a operações de vigilância, reduzindo custos operacionais e riscos aos agentes envolvidos. Sua crescente utilização aliada a geotecnologias demonstra o potencial como ferramentas estratégicas para a gestão da segurança em ambientes urbanos e rurais.

No contexto da governança territorial, por exemplo, as geotecnologias juntamente com os VANTs permitem aprimorar o planejamento e a gestão de áreas urbanas complexas. A revisão realizada por Quamar e colaboradores (2023) evidencia que a integração entre drones e SIG reduz custos operacionais, amplia a precisão dos levantamentos geoespaciais e fortalece aplicações relacionadas ao monitoramento ambiental, urbano e da segurança pública, favorecendo ações preventivas e não apenas reativas.

No âmbito das operações policiais, essas duas tecnologias associadas têm sido empregadas para ampliar a capacidade de observação e monitoramento territorial. Hildmann e Kovacs (2019) destacam que os drones atuam como plataformas móveis de sensoriamento capazes de transmitir imagens e informações em tempo real para centros de comando, favorecendo respostas mais rápidas a situações de emergência, busca e salvamento, vigilância e controle de eventos críticos.

No Brasil, a incorporação de drones pelas forças de segurança tem ocorrido de forma crescente nas últimas décadas. Salles (2018) verificou que diversos órgãos de segurança pública e Forças Armadas passaram a utilizar VANTs para vigilância de espaços urbanos, especialmente em grandes eventos e operações especiais. Segundo o autor, a tecnologia ampliou a capacidade de monitoramento de áreas consideradas estratégicas para o controle da criminalidade.

Outra importante aplicação dos VANTs está relacionada à documentação e investigação de ocorrências. Bullock e colaboradores (2019) demonstraram que sistemas aéreos não tripulados podem ser utilizados para o mapeamento fotogramétrico de cenas de acidentes, permitindo a produção rápida de modelos tridimensionais com elevado nível de precisão. Esse

recurso contribui para a preservação de evidências e para a otimização dos procedimentos periciais realizados pelos órgãos de segurança pública.

Além das atividades de vigilância e perícia, os VANTs vêm sendo empregados no monitoramento da segurança viária e da mobilidade urbana. Estudos de Dronova e colaboradores (2022) indicam que essas aeronaves possibilitam acompanhar fluxos de tráfego, identificar infrações e monitorar situações de risco em rodovias e vias urbanas. O uso dessas informações fortalece ações preventivas e auxilia no planejamento das operações de fiscalização e segurança no trânsito.

Na perspectiva da segurança pública proativa, a integração entre os VANTs e geoprocessamento favorece a antecipação de ocorrências criminais e situações de risco. Chen e colaboradores (2025) demonstraram que sistemas de policiamento apoiados por drones e análise espacial permitem otimizar rotas de patrulhamento aéreo e identificar áreas prioritárias para vigilância, e ainda identificar ruas que apresentam maior frequência de ocorrências criminais, contribuindo para a redução de crimes em ambientes urbanos por meio de estratégias orientadas por dados.

Outro aspecto relevante refere-se à produção de modelos tridimensionais e mapas digitais detalhados do território. Budiharto e colaboradores (2021) ressaltam que a integração entre drones e softwares de geoprocessamento possibilita a elaboração rápida de modelos 3D de áreas urbanas, fornecendo subsídios para o planejamento operacional, o gerenciamento de crises e o monitoramento de locais considerados sensíveis para a segurança pública.

A utilização integrada de VANTs e geotecnologias também fortalece os centros de comando e controle das instituições de segurança. Dos Santos e Klein (2021) verificaram que o compartilhamento e a integração de informações geográficas entre diferentes órgãos aumentam a eficiência das operações e favorecem respostas coordenadas diante de eventos críticos. Nesse contexto, os dados produzidos pelos drones tornam-se elementos estratégicos para a gestão integrada da segurança no estado do Rio Grande do Sul.

Apesar das vantagens operacionais, a utilização dessas tecnologias na segurança pública também suscita debates relacionados à privacidade, à vigilância e à proteção de direitos fundamentais. Alécio e Ávila (2024) ressaltam a necessidade de regulamentação adequada para garantir o uso responsável dessas tecnologias. De forma complementar, Dolata e Schwabe (2024) defendem que a aceitação social dos drones policiais depende da transparência institucional e da adoção de práticas que assegurem justiça, legitimidade e respeito aos direitos dos cidadãos.

2.4. Legislação vigente sobre o uso de drones no Brasil e perspectivas internacionais

A regulamentação dos VANTs no Brasil tem evoluído significativamente nos últimos anos em resposta à expansão das aplicações civis, comerciais e governamentais dessas tecnologias. O marco regulatório brasileiro passou a estruturar-se a partir da atuação integrada da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), estabelecendo requisitos relacionados ao registro das aeronaves, autorização de voo, limites operacionais e responsabilidades civis dos operadores (ANAC, 2025). Estudos recentes apontam que o modelo regulatório brasileiro segue uma abordagem baseada no risco operacional, semelhante à adotada por diversos países desenvolvidos (Tsiamis et al., 2019).

No âmbito civil, a legislação brasileira estabelece restrições quanto à altitude, distância mínima de terceiros e operação em áreas controladas, exigindo autorizações específicas para determinadas categorias de voo (ANAC, 2025). Entretanto, o avanço das aplicações comerciais e recreativas dos drones tem ampliado discussões sobre privacidade e proteção de dados pessoais. Nesse sentido, Nassi e colaboradores (2019) destacam que a popularização dessas aeronaves introduziu novos desafios relacionados à vigilância indevida, coleta de imagens sem consentimento e segurança da informação, exigindo constante atualização dos instrumentos legais voltados à proteção dos cidadãos.

No contexto da segurança pública, a utilização de drones por órgãos estatais tem se expandido significativamente em atividades de vigilância, monitoramento territorial e resposta a emergências. Contudo, Alécio e Ávila (2024) argumentam que a legislação brasileira ainda apresenta lacunas específicas quanto aos limites do uso dessas tecnologias para fins de monitoramento policial, especialmente em relação à proteção dos direitos fundamentais da personalidade, como privacidade e intimidade. Segundo os autores, a ausência de normas específicas para determinadas operações pode gerar insegurança jurídica e questionamentos sobre a legitimidade do monitoramento aéreo estatal (Alécio & Ávila, 2024).

A atualização da Instrução do Comando da Aeronáutica ICA 100-40, publicada pelo DECEA em 2026, representa um avanço na regulamentação das operações com aeronaves não tripuladas no Brasil (DECEA, 2026). A nova edição consolidou procedimentos operacionais e ampliou os mecanismos de controle do acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro, estabelecendo regras mais claras para a autorização de voos e utilização do sistema SARPAS. Segundo o DECEA (2026), as alterações visam fortalecer a segurança operacional, acompanhar o

crescimento do setor e promover maior integração entre as aeronaves não tripuladas e o sistema de gerenciamento do tráfego aéreo nacional.

Em comparação internacional, a União Europeia possui atualmente um dos sistemas regulatórios mais consolidados para drones, coordenado pela European Union Aviation Safety Agency (EASA). As regulamentações europeias 2019/947 e 2019/945 classificam as operações em categorias de risco ("open", "specific" e "certified"), estabelecendo requisitos diferenciados conforme o potencial risco operacional da atividade (EASA, 2024). Esse modelo harmonizado permite que todos os países-membros adotem critérios padronizados para registro, certificação e operação de drones, fortalecendo a segurança aérea e a fiscalização das atividades realizadas com essas aeronaves.

Além da segurança operacional, países europeus e norte-americanos vêm ampliando o debate sobre governança, transparência e aceitação social do uso policial de drones. Dolata e Schwabe (2023) verificaram que a percepção pública sobre a legitimidade dessas tecnologias depende não apenas da conformidade legal, mas também da existência de mecanismos de transparência, prestação de contas e proteção contra abusos de vigilância. De forma semelhante, Mekdad e colaboradores (2021) ressaltam que questões relacionadas à privacidade, proteção de dados e segurança cibernética representam desafios globais para os reguladores, exigindo o aperfeiçoamento contínuo das legislações nacionais diante da rápida evolução tecnológica dos VANTs.

Dessa forma, observa-se que a legislação brasileira apresenta avanços importantes no controle operacional dos drones, mas ainda possui desafios relacionados ao uso dessas tecnologias na segurança pública, especialmente quanto à proteção de dados, privacidade e governança. A experiência internacional demonstra que modelos regulatórios baseados em avaliação de risco, transparência institucional e proteção dos direitos fundamentais tendem a oferecer maior equilíbrio entre inovação tecnológica e garantias individuais, constituindo importantes referências para o aperfeiçoamento do marco regulatório brasileiro (Tsiamis et al., 2019; Dolata & Schwabe, 2023).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Tipo de Pesquisa

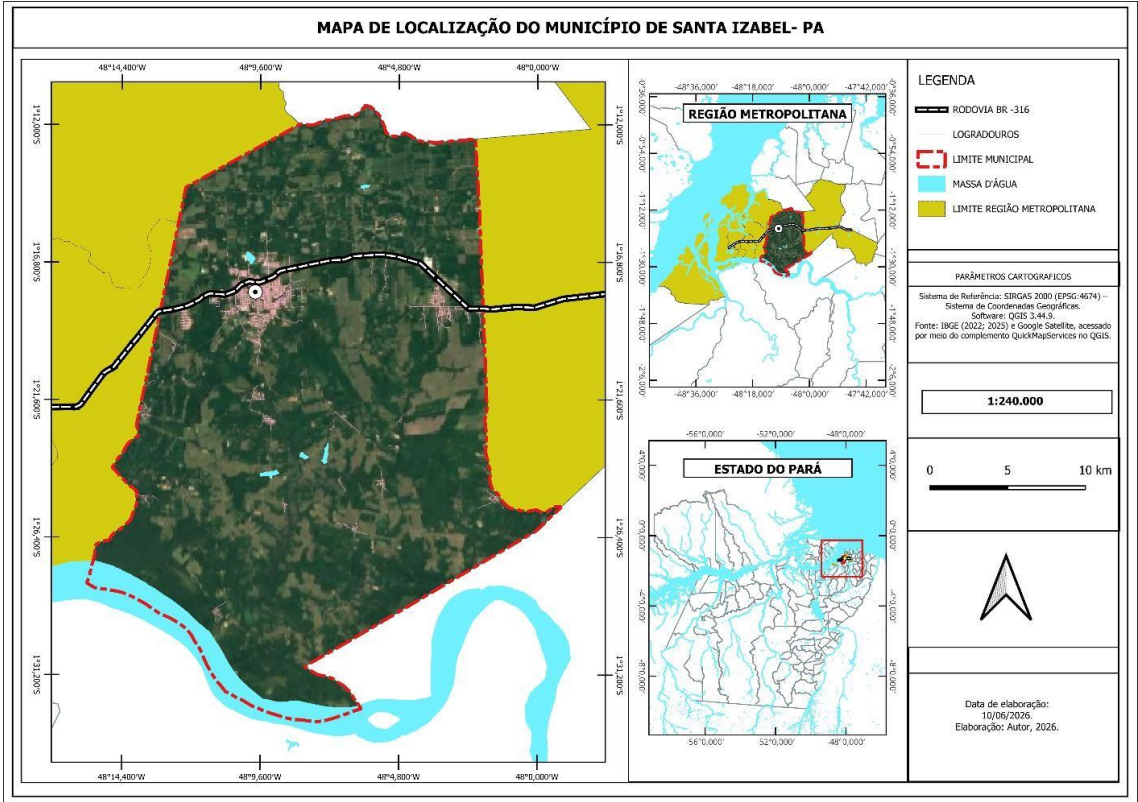
A pesquisa consistiu em uma abordagem mista, qualitativa, por meio de pesquisa bibliográfica e de uma análise geoespacial. As questões norteadoras dessa pesquisa foram: (1)

Qual é a cronologia dos eventos registrados na área entre 2009 e 2025 e como eles se relacionam com a dinâmica de transformação da paisagem no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará? (2) De que forma a análise temporal de imagens e o emprego de VANTs podem auxiliar na identificação e monitoramento de vulnerabilidades espaciais no entorno de um complexo prisional?

3.2. Caracterização da área de estudo

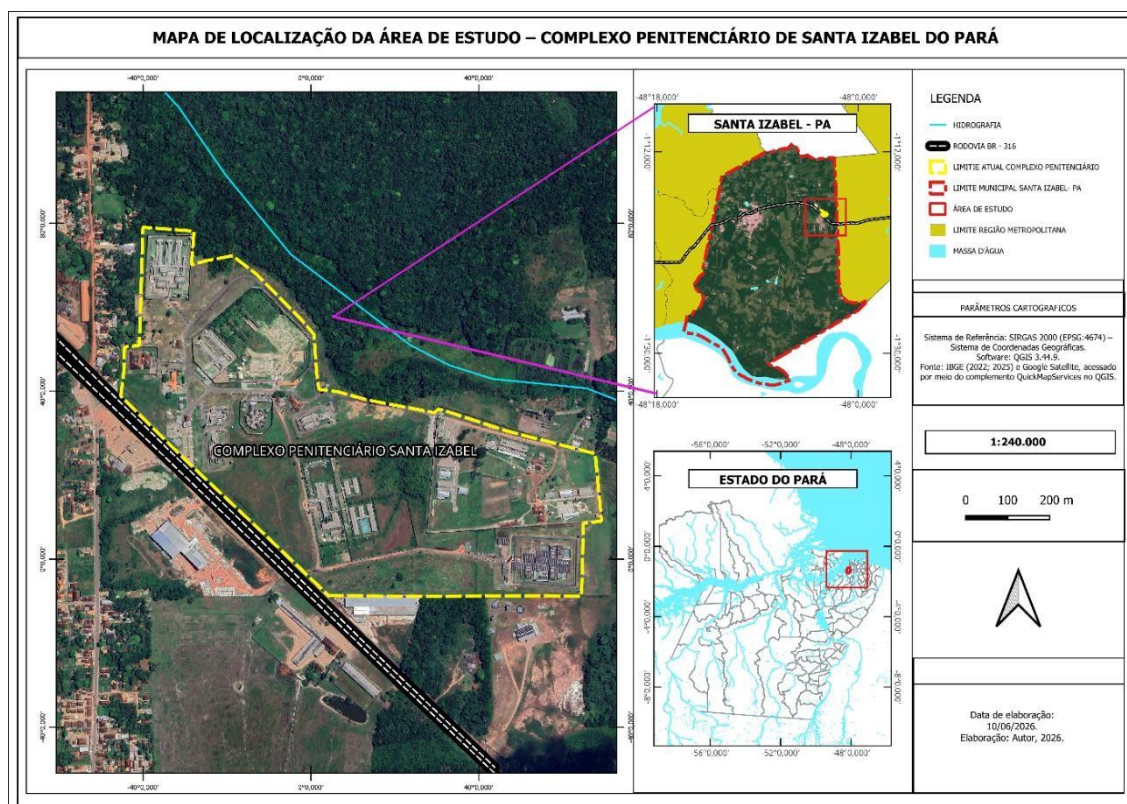
O município de Santa Izabel do Pará integra a Região Metropolitana de Belém (Figura 1) e apresenta importante conexão regional por meio da Rodovia BR-316, principal eixo de circulação de pessoas, produtos e mercadorias no estado (da Silva et al., 2023; PARÁ, 2025). Nesse contexto territorial, o Complexo Penitenciário de Santa Izabel está localizado na Vila de Americano (Figura 2), às margens da BR-316, no km 53, inserido em uma área estratégica para a mobilidade e articulação regional. O complexo encontra-se integrado à dinâmica local, cuja circulação e fluxos socioeconômicos são fortemente condicionados pela presença dessa importante via de transporte.

Figura 1. Mapa de localização do município de Santa Izabel



Fonte: Autores, 2026.

Figura 2. Mapa de localização do Complexo Penitenciário de Santa Izabel



No entorno imediato da área de estudo, observa-se a presença de ocupações representadas por residências, comércios, edificações e indústrias, distribuídas ao longo da faixa de influência da via. O entorno mais afastado apresenta predomínio de cobertura vegetal, com extensas áreas de Floresta Ombrófila Densa, que conferem à paisagem características de menor ocupação.

3.3. Levantamento de dados geoespacial

Para a realização da pesquisa, foram utilizadas as bases vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), processadas com o objetivo de definir os limites municipais, identificar e delimitar a área de estudo, bem como realizar a sua contextualização espacial. A base de dados que estruturou a análise territorial foi a Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala 1:250.000, um conjunto de dados geoespaciais disponibilizado pelo IBGE que fornece representações detalhadas do território nacional.

Para a análise do uso do solo da área de estudo e de seu entorno, utilizou-se o recurso de imagens históricas do Google Earth Pro, plataforma que permite visualizar versões pretéritas de imagens aéreas e de satélite de diferentes épocas, com registros que datam de décadas anteriores. A busca pautou-se na seleção das imagens com a melhor resolução

espacial disponível, sendo este o critério primordial para a definição do período inicial da análise. Essa escolha justifica-se pelo fato de o acervo do Google Earth Pro apresentar lacunas temporais em determinadas décadas, reflexo das limitações históricas da própria evolução da tecnologia de satélite de observação da Terra.

Diante desses critérios de qualidade e resolução espacial, foram selecionadas as imagens dos anos de 2009, 2014, 2023 e 2024. A imagem de 2009 foi adotada como ponto de partida (marco zero) devido ao critério de identificabilidade visual, permitindo distinguir as classes de uso do solo e mapear as feições locais (Figura 3 – A).

A análise temporal consistiu em uma triagem contínua de imagens cobrindo o período de 2009 a 2024, com o objetivo de compreender a velocidade e a cronologia dos eventos na área (Figura 3 – B). Como resultado desse monitoramento, os anos de 2014 e 2023 foram identificados como os marcos mais significativos de mudança na paisagem e selecionados como recortes temporais intermediários. Por fim, o ano de 2024 foi fixado como o marco temporal final da série devido a restrições severas de visualização nos anos subsequentes, como a persistência de cobertura de nuvens em 2025 e a ausência de atualizações de imagens para o ano de 2026 até o momento deste levantamento.

Para a análise multitemporal e o processo de georreferenciamento das imagens históricas do Google Earth, adotou-se o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 22 Sul, Datum SIRGAS 2000 (EPSG:31982). Foi utilizado o software QGIS 3.44.9 como Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o processamento dos dados, junto do uso do complemento QuickMapServices (Google Satélite) como suporte ao georreferenciamento.

As imagens foram exportadas e submetidas ao processo de georreferenciamento no software, visando sua adequação ao sistema de referência adotado. A projeção UTM foi imprescindível para evitar distorções visuais de escala e rotação, permitindo uma análise multitemporal mais precisa.

3.4. Análise de dados

A organização dos dados processados no ambiente SIG (QGIS) foi estruturada de acordo com os objetivos da análise e as variáveis selecionadas para o estudo. Foram sobrepostos os dados vetoriais dos limites político-administrativos e do próprio complexo penitenciário, além da malha rodoviária e hidrográfica que compõem a configuração local.

Adicionalmente, foram criadas camadas de pontos para a localização dos vetores de crescimento no entorno do limite do complexo, bem como pontos de identificação das novas áreas de expansão da infraestrutura prisional.

Essas informações foram sobrepostas aos dados raster dos períodos selecionados, culminando na delimitação de polígonos com base nos resultados da análise multitemporal, de modo que foram delimitados setores prioritários para monitoramento por VANT (Figura 4), considerando as áreas que apresentaram maior dinâmica de transformação espacial e potencial relevância para o acompanhamento operacional e territorial do complexo penitenciário.

A partir da análise, foram estabelecidas duas áreas prioritárias, denominadas Área 1 e Área 2 (Figura 4). Na área 1 foi identificada com área de maior influência urbana, caracteriza-se pela forte dinâmica de expansão territorial iniciada em 2014. A partir desse marco, a expansão física da infraestrutura prisional reduziu o distanciamento em relação à margem ocupada da rodovia BR, estreitando a fronteira entre o domínio institucional e o espaço público. Nesse setor, além do crescimento intrínseco do complexo, constata-se uma pressão territorial contínua exercida pelo surgimento e adensamento de novas residências e galpões industriais no entorno imediato.

Area 2 foi identificado um adensamento Industrial e clara supressão Vegetal, a área apresenta um histórico de ocupação voltado ao setor industrial que remonta ao anobase de 2009. No recorte de 2023, identificou-se um crescimento vertical das estruturas prediais industriais na área onde já havia supressão de vegetação desde 2009, com aumento em 2014 de área aberta com vegetação de porte baixo e vegetação rasteira. Esta área faz divisa direta com o perímetro de segurança do complexo. É possível perceber que nessa mesma fronteira há uma perda de vegetação no lado interno do complexo, sendo uma área estratégica.

Ambas as áreas apresentam vulnerabilidades espaciais distintas, a Área 1 pelo adensamento urbano-rodoviário e a Área 2 pela atividade industrial e perda de cobertura vegetal, justificando a necessidade de sobrevoos pontuais por VANT para fins de segurança, fiscalização e planejamento territorial.

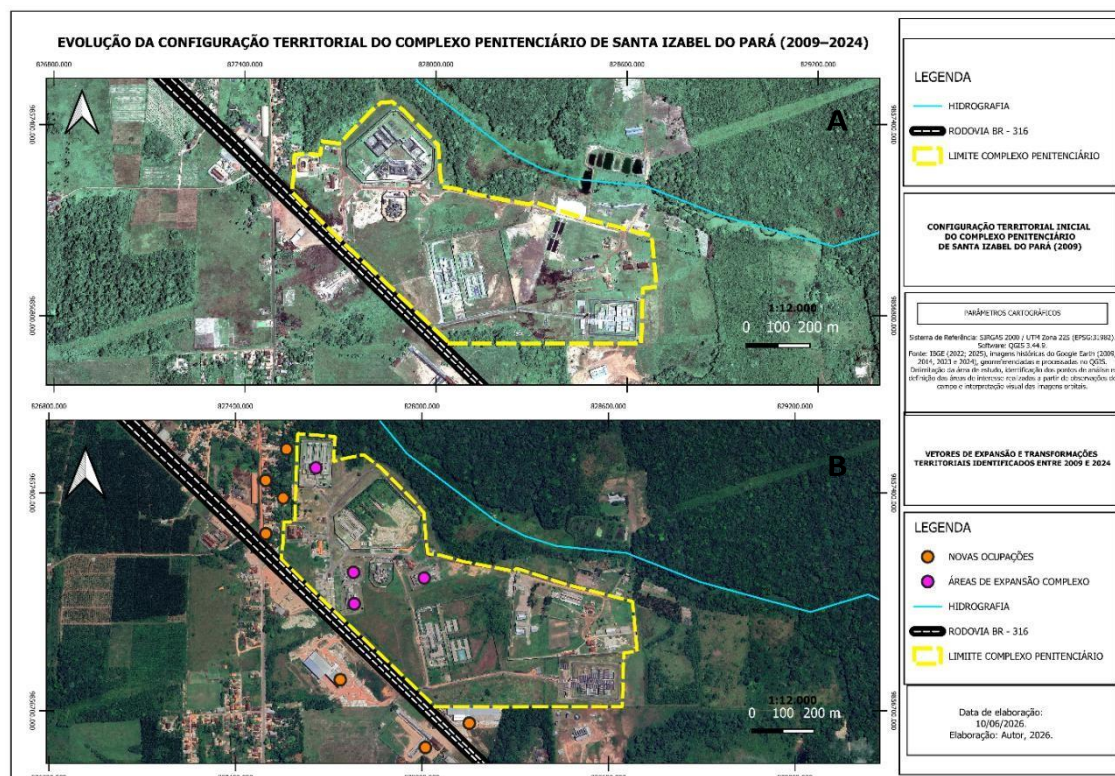
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Configuração territorial inicial e dinâmica de transformação da paisagem no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará

A discussão concentrou-se na compreensão da evolução da configuração territorial do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará de 2009 a 2024, a qual foi dividida em uma análise multitemporal a partir da configuração inicial territorial do Complexo Penitenciário em 2009 (Figura 3 – A) e os principais vetores de transformação da paisagem identificados entre 2009 e 2024 (Figura 3 – B). A análise temporal das imagens orbitais permitiu identificar mudanças significativas na ocupação do entorno imediato da unidade prisional, evidenciando processos de expansão urbana, adensamento de edificações e alterações na cobertura vegetal. O emprego de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado para compreender a dinâmica espaço-temporal da expansão urbana e das transformações da paisagem em áreas metropolitanas (Silva; Crispim & Silva, 2021).

Observa-se que, em 2009, o complexo encontrava-se relativamente isolado, inserido em uma matriz territorial caracterizada pela predominância de áreas vegetadas e espaços pouco ocupados (Figura 3 – A). Entretanto, a análise multitemporal revela que, ao longo dos anos, ocorreram mudanças expressivas na dinâmica de ocupação da área, especialmente ao longo da BR-316, principal eixo estruturador da expansão urbana local. Estudos demonstram que rodovias e corredores de transporte atuam como elementos indutores da expansão urbana, promovendo a ocupação progressiva das áreas adjacentes e modificando a configuração territorial das cidades (Santos; Amorim & Guevara, 2018).

Figura 3. Evolução da configuração territorial inicial do complexo penitenciário em 2009 e vetores de expansão e transformações territoriais identificados entre 2009 e 2024



Fonte: Autores, 2026.

Os vetores de transformação identificados indicam a consolidação de novas ocupações urbanas próximas ao perímetro prisional, sobretudo no setor oeste da área de estudo, onde se observa o surgimento de residências, galpões e empreendimentos associados à dinâmica econômica regional (Figura 3 – B). Simultaneamente, verificou-se a ampliação física das estruturas internas do complexo, representada pelas áreas de expansão institucional distribuídas em diferentes setores da unidade. Tais transformações evidenciam a intensificação do uso do solo e a crescente antropização da paisagem, fenômeno frequentemente observado em áreas submetidas à expansão urbana contínua (Bragagnolo & Spolador, 2018).

Outro aspecto relevante identificado no mapa refere-se à redução gradual das áreas vegetadas nas proximidades do complexo. A substituição da cobertura vegetal por áreas construídas e superfícies expostas representa uma modificação importante da paisagem local. Na Região Metropolitana de Belém, pesquisas demonstram que a expansão urbana tem ocorrido acompanhada da supressão progressiva da vegetação, especialmente em áreas influenciadas por grandes eixos viários e novos empreendimentos urbanos (Vale et al., 2021).

A perda de cobertura vegetal observada no entorno do complexo penitenciário também pode ser interpretada como um indicador de transformação ambiental associado ao avanço da ocupação humana. Estudos baseados em sensoriamento remoto demonstram que a supressão

vegetal constitui uma das principais evidências da expansão antrópica sobre áreas naturais e pode ser identificada com elevada precisão por meio de análises multitemporais (Cerqueira et al., 2021).

A proximidade crescente entre áreas urbanizadas, atividades industriais e o perímetro de segurança do complexo penitenciário pode representar um fator de vulnerabilidade territorial. A literatura sobre análise geoespacial demonstra que mudanças no uso e ocupação da terra podem gerar novos cenários de vulnerabilidade, exigindo instrumentos de monitoramento e gestão territorial capazes de subsidiar a tomada de decisão em áreas estratégicas (Marques; Silva & de Camargo, 2017).

Nesse contexto, o mapa evidencia a necessidade de monitoramento contínuo das transformações da paisagem por meio de geotecnologias, especialmente imagens orbitais e levantamentos realizados por Veículos Aéreos Não Tripulados. O uso integrado de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica tem se mostrado uma ferramenta eficiente para monitorar mudanças espaciais, avaliar cenários futuros e apoiar o planejamento territorial em áreas sujeitas a rápidas transformações (Wang et al., 2021).

Oliveira, Fachada e Matos-Carvalho (2024) e Catete e colaboradores (2025) apontam que os Sistemas de Informações Geográficas ampliam a capacidade analítica das instituições ao integrar diferentes bases de dados territoriais em um único ambiente de gestão. De forma semelhante, Ristea e Leitner (2020) e Assen e Sharew (2026) demonstram que técnicas de análise espacial permitem identificar padrões de concentração criminal, subsidiando ações preventivas mais eficazes. Esses resultados indicam que o geoprocessamento deixou de ser apenas uma ferramenta cartográfica para assumir papel estratégico na produção de inteligência territorial aplicada à segurança pública.

Portanto, os resultados demonstram que o entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará passou por um processo contínuo de reconfiguração espacial entre 2009 e 2024, caracterizado pela expansão urbana ao longo da BR-316, ampliação das estruturas penitenciárias e redução de áreas vegetadas. Essas mudanças reforçam a importância da análise temporal da paisagem para a identificação de áreas vulneráveis, subsidiando ações de monitoramento territorial, planejamento e segurança institucional (Silva; Crispim & Silva, 2021; Wang et al., 2021).

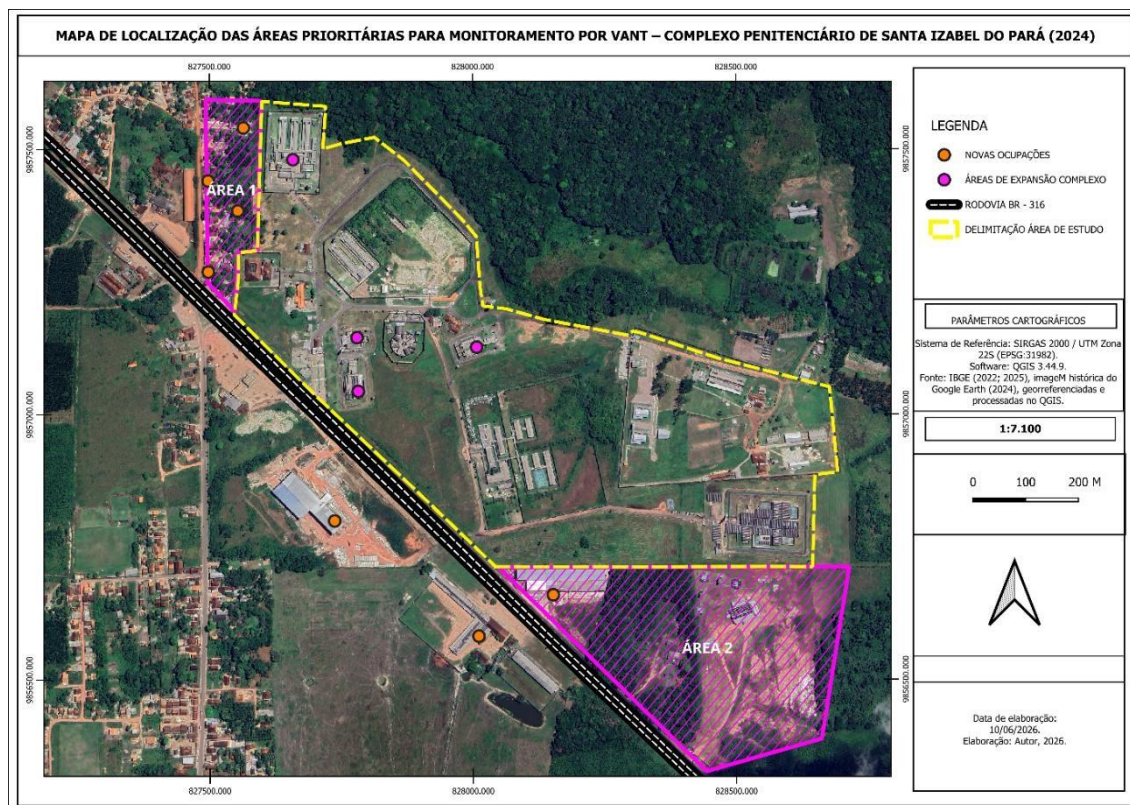
4.2. Análise geoespacial e o emprego de VANTs na identificação e monitoramento de vulnerabilidades espaciais no entorno de um complexo prisional

A Figura 4 apresenta a espacialização das áreas prioritárias para monitoramento por VANTs no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará. O mapa evidencia a integração entre técnicas de geoprocessamento, análise espacial e interpretação visual de imagens de alta resolução para a identificação de setores considerados estratégicos para ações de vigilância e monitoramento territorial. Segundo Costa e Corrêa (2018), as geotecnologias constituem ferramentas fundamentais para o reconhecimento de padrões espaciais e para a compreensão da dinâmica da paisagem, possibilitando a identificação de áreas que demandam maior atenção por parte dos gestores territoriais.

A Área 1 (Figura 4), localizada no setor noroeste do complexo e adjacente à BR316, caracteriza-se pela elevada concentração de novas ocupações identificadas ao longo da série temporal analisada. A proximidade entre as estruturas urbanas e o limite institucional do complexo demonstra um processo de adensamento territorial que reduz as zonas de amortecimento espacial originalmente existentes. Estudos recentes sobre expansão urbana demonstram que a intensificação da ocupação humana em áreas periféricas produz modificações significativas na organização espacial e aumenta a complexidade da gestão territorial dessas áreas (Pereira et al., 2025).

A presença da rodovia BR-316 como principal eixo estruturador da ocupação reforça a importância dos corredores de circulação na indução de novas formas de uso e ocupação da terra. Nesse contexto, a Área 1 representa um setor onde a dinâmica urbana pode gerar alterações contínuas na paisagem, exigindo monitoramento periódico para atualização das condições territoriais observadas em campo (Pereira et al., 2025).

Figura 4. Localização das áreas prioritárias para monitoramento por VANT no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará



Fonte: Autores, 2026.

A Área 2 (Figura 4), apresenta características distintas, sendo marcada pela presença de atividades industriais, áreas abertas e supressão de cobertura vegetal nas proximidades do perímetro de segurança do complexo. A configuração espacial observada sugere um processo de transformação da paisagem associado à substituição de elementos naturais por estruturas antrópicas, fenômeno frequentemente identificado em análises de uso e cobertura da terra realizadas por meio de sensoriamento remoto (Wolfer et al., 2020).

A identificação dessas áreas prioritárias demonstra a relevância da análise geoespacial como ferramenta para avaliação de vulnerabilidades territoriais. De acordo com Marques, Silva e Camargo (2017), a análise espacial permite reconhecer padrões de distribuição e concentração de elementos que podem representar situações de risco ou vulnerabilidade, subsidiando estratégias de gestão territorial e monitoramento contínuo.

Outro aspecto relevante evidenciado pelo mapa refere-se à capacidade das geotecnologias em integrar múltiplas variáveis espaciais em um único produto cartográfico. A delimitação das áreas prioritárias resulta da associação entre expansão urbana, presença de atividades industriais, proximidade com a rodovia e alterações na cobertura vegetal, permitindo uma visão sistêmica das transformações ocorridas no entorno do complexo penitenciário. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada em estudos de planejamento territorial e gestão da

paisagem por possibilitar a compreensão integrada dos processos espaciais (Costa & Corrêa, 2017).

Sob a perspectiva operacional, o mapa também demonstra a aplicabilidade dos VANTs como ferramenta complementar ao sensoriamento remoto orbital. Os drones permitem a obtenção de imagens de alta resolução espacial, possibilitando inspeções rápidas, monitoramento frequente e maior detalhamento das mudanças ocorridas em áreas consideradas sensíveis ou estratégicas. Estudos recentes apontam que o uso de VANTs tem se consolidado como importante instrumento para monitoramento de infraestruturas críticas e áreas que demandam vigilância permanente (Kim & Kim, 2019).

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que as Áreas 1 e 2 apresentam vulnerabilidades espaciais distintas, mas complementares. Enquanto a Área 1 está associada à pressão decorrente do avanço da ocupação urbana ao longo da BR-316, a Área 2 relaciona-se às transformações promovidas pelo uso industrial do solo e pela redução da cobertura vegetal. A definição dessas áreas prioritárias demonstra a contribuição da análise geoespacial para o planejamento estratégico do monitoramento territorial e para a otimização das operações realizadas com VANTs no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará.

Ressaltasse que o avanço dessas tecnologias também exige atenção quanto à transparência dos algoritmos e aos possíveis vieses que podem influenciar decisões automatizadas (Freitas, 2023). Os resultados apresentados por Ferreira Junior e colaboradores (2025), Costa e Oliveira (2025), Grossi (2025) e Silva e colaboradores (2025) demonstram que uso de geotecnologias para monitoramento e outras tecnologias digitais, como a inteligência artificial, tem se consolidado como uma ferramenta estratégica para a segurança pública contemporânea.

Contudo, Teixeira (2026) ressalta que o avanço dessas tecnologias deve ocorrer de forma alinhada aos princípios éticos e aos direitos fundamentais, especialmente diante da crescente automação dos processos decisórios. Flores e colaboradores (2026), debatem que a legislação brasileira atualmente existente, composta por normas da ANAC, DECEA, ANATEL, Constituição Federal e Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), regula principalmente aspectos técnicos e de segurança de voo de drones por policiais, sem estabelecer diretrizes específicas para a captação, armazenamento e compartilhamento de imagens obtidas em operações policiais.

Essa lacuna normativa existente gera insegurança jurídica para os agentes de segurança pública e pode ocasionar conflitos entre a necessidade de eficiência no combate à criminalidade

e a proteção de direitos fundamentais, como privacidade, intimidade e inviolabilidade do domicílio. Dessa forma, defende-se urgentemente a criação de uma regulamentação mais clara e específica para orientar o emprego de drones pela pelos agentes de segurança pública, garantindo segurança jurídica, legalidade e respeito aos princípios constitucionais (Flores et al., 2026).

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa demonstrou que a integração entre geoprocessamento e os VANTs constitui uma ferramenta promissora para o fortalecimento da segurança pública proativa e preditiva em ambientes penitenciários. A análise temporal das imagens permitiu compreender a dinâmica de transformação da paisagem no entorno do Complexo Penitenciário de Santa Izabel do Pará, evidenciando mudanças significativas na ocupação do território entre 2009 e 2024.

Os resultados revelaram um processo contínuo de expansão urbana, adensamento de edificações, crescimento de atividades industriais e redução da cobertura vegetal nas proximidades do complexo prisional. Essas transformações contribuíram para a redução das áreas de amortecimento espacial existentes no entorno da unidade, aumentando a complexidade do monitoramento territorial e evidenciando novas vulnerabilidades relacionadas à segurança institucional.

A delimitação das Áreas 1 e 2 permitiu identificar setores prioritários para monitoramento, caracterizados por diferentes processos de transformação territorial. Enquanto a Área 1 apresentou forte influência da expansão urbana associada à BR-316, a Área 2 destacou-se pelo adensamento industrial e pela supressão vegetal junto ao perímetro de segurança do complexo, demonstrando a importância da análise geoespacial na identificação de áreas estratégicas para vigilância.

Nesse contexto, o emprego de VANTs mostrou-se uma alternativa eficiente para complementar os métodos convencionais de monitoramento, oferecendo imagens de alta resolução espacial, maior frequência de observação e capacidade de acompanhamento contínuo das mudanças ocorridas na paisagem. A integração dessas tecnologias com Sistemas de Informações Geográficas amplia a produção de inteligência territorial e fortalece os processos de planejamento, fiscalização e tomada de decisão na segurança pública.

Por fim, destaca-se que a crescente utilização de geotecnologias e drones em atividades de segurança deve ser acompanhada pelo aperfeiçoamento dos instrumentos normativos e pela observância dos princípios éticos e constitucionais relacionados à privacidade e proteção de dados. Recomenda-se que estudos futuros incorporem levantamentos operacionais com VANTs em campo e avaliem a efetividade dessas tecnologias no monitoramento preventivo de vulnerabilidades espaciais em ambientes penitenciários e demais infraestruturas estratégicas.

REFERÊNCIAS

- Alécio, D., & Ávila, G. O céu é o limite? ”drones na segurança pública, novas dimensões de vigilância e impactos nos direitos fundamentais da personalidade. **Direito em Debate**, v. 62, 2024.
- ANAC. 2025. **Drones** – Regulamentação Brasileira (RBAC-E nº 94). Disponível em: https://www.anac.gov.br/en/drones/drones/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 20 jun. 2026.
- Assen, M. M., & Sharew, M. A. Crime Hotspot Analysis and Mapping Using Geospatial Technology in Dessie City, Ethiopia. **Next Research**, p. 101303, 2026.
- Barbosa, B. R. Processamento em nuvem, veículos aéreos não tripulados e mapas de uso e cobertura da Terra: uma análise de novas tecnologias aplicadas ao mapeamento da superfície terrestre. **Monografia (graduação)** - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Bacharelado em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2022.
- Borges, J. P., Libório, M. P., & Haddad, P. B. Uma nova abordagem para a geovisualização de dados de segurança pública: o caso do Ministério Público do Rio Grande do Norte. **Revista Espinhaço**, 2019.
- Bragagnolo, C., & Spolador, H. F. S. Impactos de choques tecnológicos sobre o uso da terra no Brasil: uma análise por meio de modelos RBC. **Economia Aplicada**, v. 22, n. 2, p. 141-176, 2018.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Políticas Penais. **Missão técnica em Israel impulsiona modernização do sistema penitenciário federal**. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/senappen/pt-br/assuntos/noticias/missao-tecnicaem-israel-impulsiona-modernizacao-do-sistema-penitenciariofederal?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 26 maio 2026.
- Budiharto, W., Irwansyah, E., Suroso, J. S., Chowanda, A., Ngarianto, H., & Gunawan, A. A. S. Mapping and 3D modelling using quadrotor drone and GIS software. **Journal of Big Data**, v. 8, n. 1, p. 48, 2021.
- Bullock, J. L., Hainje, R., Habib, A., Horton, D., & Bullock, D. M. Public safety implementation of unmanned aerial systems for photogrammetric mapping of crash scenes. **Transportation research record**, v. 2673, n. 7, p. 567-574, 2019.
- Castro, J. H. D., Neves, F. T., Camargo, V. H., Silva, A. C., & Barros, M. R. Inovação e tecnologia nas unidades prisionais: Brasil x Estados Unidos. **HOLOS**, v. 2, p. 161-169, 2018.
- Catete, C. P., da Silva, C. N., de Souza Ferreira, H., Gava, F. H., da Costa, K. G., de Paula Souza, R. J., & Guimarães, L. H. Geotecnologias aplicadas à saúde pública: ferramentas para análise espaço-temporal e apoio à tomada de decisão. **Interference: A Journal Of Audio Culture**, v. 11, n. 2, p. 8811-8840, 2025.

- Cerqueira, M. A., Santos, P. O. C., de Farias, V. N. C., Júnior, V. F. C., & Barbosa, R. V. R. Análise temporal por sensoriamento remoto da supressão de vegetação nativa em vales na cidade de Maceió, Brasil. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 1, p. 12151-01-11e, 2021.
- Chen, Z., Liu, Y., Hu, S., Zhang, X., & Pan, Y. Deterring Street Crimes Using Aerial Police: Data-Driven Joint Station Deployment and Patrol Path Planning for Policing UAVs. **Drones**, 9(6), 449.
- Chiaravalloti-Neto, F. O geoprocessamento e saúde pública. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 23, n. 4, p. 01-02, 2017.
- Chiper, F. L., Martian, A., Vladeanu, C., Marghescu, I., Craciunescu, R., & Fratu, O. Drone detection and defense systems: Survey and a software-defined radio-based solution. **Sensors**, v. 22, n. 4, p. 1453, 2022.
- Costa, I. C. N. P., & de Jesus Corrêa, J. A. Geotecnologias aplicadas no reconhecimento de padrões de uso e cobertura da terra a partir da escala da paisagem no município de Belterra, Pará. **Scientia Plena**, v. 14, n. 11, 2018.
- Costa, J. V. D., & de Oliveira, J. A relação entre os dilemas éticos e a utilização da inteligência artificial na segurança pública. **Revista Interface Tecnológica**, v. 22, n. 2, p. 277-289, 2025.
- da Silva, M. A. M., dos Santos Dias, C. A. L., Ferreira, J. R. A., dos Santos, J. A., & JENNINGS, Y. L. L. Metodologia para reprodução simulada dos fatos em presídios: casuística de americano. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 5, p. 89-95, 2023.
- Da Silva, M. O. S., Vinhas, C. T., Sosa, R. C., Dilli, C., da Silva, G. L., & Fiori, A. S. A atividade do monitoramento eletrônico no sistema prisional. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, p. 10-52, 2022.
- Departamento De Controle Do Espaço Aéreo (DECEA). **Aeronaves não tripuladas: confira a nova edição da ICA 100-40 publicada pelo DECEA. 2026**. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/45620>. Acesso em: 20 jun. 2026.
- De Moraes, R. A., & do Nascimento, J. P. N. O Plano Nacional Pena Justa Em Face Das Regulamentações Penitenciárias Do Estado De Goiás: The National Fair Sentencing Plan In Light Of The Penitentiary Regulations Of The State Of Goiás. **RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 1, n. 1, 2026.
- Denyer, D. & Tranfield, D. Produzindo uma revisão sistemática. In: *The Sage Handbook of Organizational Research Methods* ; Buchanan, DA, Bryman, A., Eds.; Sage Publications Ltd.: Londres, Reino Unido, 2009; pp. 671–689.
- Ding, G., Wu, Q., Zhang, L., Lin, Y., Tsiftsis, T. A., & Yao, Y. D. An amateur drone surveillance system based on the cognitive Internet of Things. **IEEE Communications Magazine**, v. 56, n. 1, p. 29-35, 2018.

Dolata, M., & Schwabe, G. Moving beyond privacy and airspace safety: Guidelines for just drones in policing. **Government Information Quarterly**, v. 40, n. 4, p. 101874, 2023.

Dos Santos Correa, D. Gestão do Patrimônio Arqueológico Arquitetônico dos Arraiais de Mineração do Século XVIII: O uso do Vant no Mapeamento do Arraial do Ferreiro em Goiás. 2021. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Estadual de Goiás, 2021.

Dos Santos, C. P. B. & Ramos, L. de S. Inteligência e inovação aplicadas no enfrentamento ao crime organizado: O monitoramento do Complexo Prisional Policial Penal Daniella Cruvinel Aparecida de Goiânia a partir do uso de Drones (RPA). Curso de Especialização em Gerenciamento em Segurança Pública – **CEGESP**, 2025. Disponível em: <<https://dspace.pm.go.gov.br/handle/123456789/6137>>.

Dos Santos, I. G., & Klein, A. Facilitators and Barriers for the Integration and Sharing of Public Security Information: A Case Study in a Brazilian Command and Control Center. **RELCASI**, v. 13, n. 1, p. 1, 2021.

Dolata, M., & Schwabe, G. Moving beyond privacy and airspace safety: Guidelines for just drones in policing. **Government Information Quarterly**, v. 40, n. 4, p. 101874, 2023.

Dronova, O., Parinov, D., Soloviev, B., Kasumova, D., Kochetkov, E., Medvedeva, O., & Sergeeva, I. Unmanned aerial vehicles as element of road traffic safety monitoring. **Transportation research procedia**, v. 63, p. 2308-2314, 2022.

EASA. 2024. **Rules and Standards for UAS Operations in Europe**. Disponível em: https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/rulesstandards?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 20 jun. 2026.

Flores, A. L. M., da Silva, A. P., Dos Santos, R. G., & Abreu, R. P. Limites jurídicos ao uso operacional de drones pela Polícia Militar do Pará no combate à criminalidade. **Revista Tópicos**, v. 4, n. 33, p. 1-41, 2026.

Freitas, I. B. Policiamento preditivo: aspectos discriminatórios no uso das novas tecnologias. **Revista de Direito, Governança e Novas Tecnologias**, v. 9, n. 1, p. 113– 129-113–129, 2023.

Galvão, C. M., Sawada, N. O., & Trevizan, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista Latinoamericana de enfermagem**, v. 12, p. 549-556, 2004.

Gomes, S. D. S. R. O contraprograma dos drones: Usos das tecnologias de vigilância nos presídios brasileiros. **Criminological Encounters**, v. 4, n. 1, p. 115-133, 2021.

Grossi, A. V. A aplicação da inteligência artificial na segurança pública brasileira: o caso de São Paulo e a análise do PL nº 2338/2023. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 4, p. e2135-e2135, 2025.

- Hildmann, H., & Kovacs, E. Using unmanned aerial vehicles (UAVs) as mobile sensing platforms (MSPs) for disaster response, civil security and public safety. **Drones**, v. 3, n. 3, p. 59, 2019.
- Junior, E. I. F., Tavares, M. M. O., Marques, M. C. F., & de Araújo, P. C. D. Inteligência artificial na gestão e na segurança pública: avanços, desafios e oportunidades: Artificial Intelligence in Management and Public Security: Advances, Challenges, and Opportunities. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, v. 9, n. 4, p. 01-13, 2025.
- Kim, D., & Kim, H. K. Security requirements of commercial drones for public authorities by vulnerability analysis of applications. **arXiv preprint arXiv:1909.02786**, 2019.
- Klauser, F. Policing with the drone: Towards an aerial geopolitics of security. **Security Dialogue**, v. 53, n. 2, p. 148-163, 2022.
- Kurtpinar, E. Ö. Privacy's sky-high battle: The use of unmanned aircraft systems for law enforcement in the European Union. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 110, n. 3, p. 99, 2024.
- Magalhães, D. M. Uso de drones como suporte ao planejamento territorial: da coleta de dados à geovisualização. **Tese de Doutorado** – Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2021.
- Marques, M. L., Silva, M. C., & de Camargo, D. M. Análise Geoespacial no Mapeamento da Vulnerabilidade Socioambiental em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 9, 2017.
- Mekdad, Y., Aris, A., Babun, L., Fergougui, A. E., Conti, M., Lazzeretti, R., & Uluagac, A. S. A survey on security and privacy issues of UAVs. arXiv 2021. **arXiv preprint arXiv:2109.14442**, 2021.
- Melo, E. de O., Freitas, A. R. de, Almeida, L. C., Memória, G. M., & Cavalcante, F. C. Tecnologias preditivas na inteligência policial brasileira: potencial estratégico, condicionantes institucionais e limites jurídico-constitucionais. **Revista IberoAmericana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 12, n. 3, p. 1-13, 2026.
- Mendes, B. D. A. C., de Lima Júnior, E. P., de Souza, R. C., do Nascimento Souza, M., Neto, F. C. B., & Leite, M. S. Sistema Prisional do Amazonas: Avanços Tecnológicos da Nova Gestão e Qualidade Funcional do Aparato Carcerário: The Amazonas Prison System: Technological Advances in The New Management and Functional Quality Of The Prison Apparatus. **RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 1, n. 2, 2025.
- Menezes, C. S., & Agustina Sanllehí, J. R. Big data, inteligência artificial e policiamento preditivo: bases para uma adequada regulação legal que respeite os direitos fundamentais. **Law Studies Journal/Revista Novos Estudos Juridicos**, v. 26, n. 1, 2021.
- Moratelli, A. C. D. A. B., Alves, Y. N., de Oliveira, L. D. A., Moreira, M. Â. L., dos Santos, M., Gomes, C. F. S., & Diniz, B. P. Selection of Unmanned Aerial Vehicles to

Assist in Monitoring in the Penitentiary System of the State of Rio de Janeiro: An Analysis Based on The Hybrid MPSI-MARA Method. **Procedia Computer Science**, v. 266, p. 480-487, 2025.

Nassi, B., Shabtai, A., Masuoka, R., & Elovici, Y. SoK-security and privacy in the age of drones: threats, challenges, solution mechanisms, and scientific gaps. **arXiv preprint arXiv:1903.05155**, 2019.

Oliveira, A., Fachada, N., & Matos-Carvalho, J. P. Data science for geographic information systems. In: **2024 8th International Young Engineers Forum on Electrical and Computer Engineering (YEF-ECE)**. IEEE, 2024. p. 1-7.

PARÁ. Secretaria de Estado de Administração Penitenciária (SEAP). **Unidades prisionais da Região Metropolitana**. Belém: SEAP, 2025. Disponível em: <https://www.seap.pa.gov.br/node/141?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 12 jun. 2026.

Peneluc, I. C., Andrade, C. L., & de Souza, A. C. Como as lacunas no sistema jurídico e prisional propiciam as formações e atuações das facções criminosas no Brasil. **Diálogos & Ciência**, v. 2, n. 1, p. 139-152, 2022.

Pereira, P. B. Análise têmporo-espacial de uso e cobertura da terra na Zona Sul da cidade de Caxias/MA, Brasil. **Revista Contexto Geográfico**, v. 10, n. 24, p. 1-20 (eLocation: 19288), 2025.

Quamar, M. M., Al-Ramadan, B., Khan, K., Shafiullah, M., & El Ferik, S. Advancements and applications of drone-integrated geographic information system technology—A review. **Remote Sensing**, v. 15, n. 20, p. 5039, 2023.

Ristea, A., & Leitner, M. Urban crime mapping and analysis using GIS. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 9, p. 511, 2020.

Salles, E. B. C. A incorporação de drones para vigilância de espaços urbanos brasileiros: O uso pelas forças armadas e órgãos de segurança pública da união e do estado de santa catarina. **Rev. Direito Governança Novas Tecnol**, v. 4, p. 83-103, 2018.

Santos, J. A., Amorim, M. C. S., & de Hoyos Guevara, A. J. Urban sprawl and consequences of poorly managed expansion: the case of são paulo in Brazil. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 9, n. 2, p. 55-66, 2018.

Shakhatreh, H., Sawalmeh, A. H., Al-Fuqaha, A., Dou, Z., Almaita, E., Khalil, I., ... & Guizani, M. Unmanned aerial vehicles (UAVs): A survey on civil applications and key research challenges. **IEEE access**, v. 7, p. 48572-48634, 2019.

Silva, J. E., Crispim, A. M. C., & da Silva, J. B. Dinâmica espaço-temporal da expansão urbana brasileira a partir do uso de sensoriamento remoto—uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e450101220686-e450101220686, 2021.

Silva, S. S., de Aguiar, D. M., Lopes, F. H. P., de Azevedo Campos, B. P., dos Santos, M. R., de Lima Lopes, A. C., & de Souza, T. R. T. R. Segurança pública e inteligência artificial:

- análise do impacto da implementação do sistema paredão no crime de roubos de veículos na cidade de Manaus-AM. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 12, n. 3, p. 1-18, 2026.
- Singh, A., Patil, D., & Omkar, S. N. Eye in the sky: Real-time drone surveillance system (dss) for violent individuals identification using scatternet hybrid deep learning network. In: **Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops**. 2018. p. 1629-1637.
- Sobral, P. V. N. C., & Santos, A. T. A inserção dos drones (rpas) na segurança pública brasileira. **Revista Em Tempo**, v. 18, n. 01, p. 133-155, 2019.
- Sousa, L. M. M., Marques-Vieira, C. M. A., Severino, S. S. P., & Antunes, A. V. A metodologia de revisão integrativa da literatura em enfermagem. **Revista investigação em enfermagem**, 21(2), 17-26. 2017.
- Teixeira, E. A. Inteligência artificial em sistemas de segurança pública: questões filosóficas sobre autonomia, responsabilidade e direitos humanos. **International Integralize Scientific**, v. 6, n. 57, 2026.
- Telles, P. S. B. Inteligência artificial e polícia preditiva: limites e possibilidades. **Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União**, n. 57, p. 247-263, 2021.
- Tsiamis, N., Efthymiou, L., & Tsagarakis, K. P. A comparative analysis of the legislation evolution for drone use in OECD countries. **Drones** 3 (4): 75 [em linha]. 2019.
- Vale, J. R. B., dos Santos Cruz, H., Barbosa, M. T., Lopes, R. D., & Campos, S. C. C. Crescimento urbano e impactos sobre a cobertura vegetal na área de influência da Avenida João Paulo II, região metropolitana de Belém-Pará. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 10, n. 22, p. 164-180, 2021.
- Wang, R., Murayama, Y., & Morimoto, T. Scenario simulation studies of urban development using remote sensing and GIS. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 22, p. 100474, 2021.
- Whittemore, R., & Knafl, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of advanced nursing**, 52(5), 546-553, 2005.
- Wolfer, M. F., Marchesan, J., Alba, E., Schuh, M., Honnef, D. H., Oliveira, H. S., & Pereira, R. S. Análise do uso e cobertura da terra utilizando imagens sentinel-2A e inteligência artificial. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 395_403395_403, 2020.
- Zindros, S., Chronis, C., Radoglou-Grammatikis, P., Argyriou, V., Sarigiannidis, P., Varlamis, I., & Papadopoulos, G. T. Public space security management using digital twin technologies. In: **2025 25th International Conference on Digital Signal Processing (DSP)**. IEEE, 2025. p. 1-5.