REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PELA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ NO COMBATE AOS CRIMES AMBIENTAIS CONTRA O DESMATAMENTO

THE USE OF REMOTE SENSING BY THE MILITARY POLICE OF PARANÁ IN THE COMBAT OF ENVIRONMENTAL CRIMES AGAINST DEFORESTATION

EL USO DE LA TELEDETECCIÓN POR PARTE DE LA POLICÍA MILITAR DE PARANÁ EN EL COMBATE DE LOS DELITOS AMBIENTALES CONTRA LA DEFORESTACIÓN

Maike Henrique Sedassari[1]

e696742
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i9.6742

PUBLICADO: 9/2025

RESUMO

O desmatamento ilegal é um dos principais desafios enfrentados pelas autoridades ambientais, e a Polícia Militar do Paraná, por meio de seu Batalhão de Polícia Ambiental, tem adotado tecnologias de ponta, como o sensoriamento remoto, para aprimorar suas ações de combate a crimes ambientais. O sensoriamento remoto envolve a captação de imagens por satélites e drones, permitindo a detecção e monitoramento contínuo de áreas de risco, mesmo em regiões de difícil acesso. Assim, o objetivo desta pesquisa foi de demonstrar como o SCCON Geospacial, pode auxiliar os policiais da Força Verde no combate ao desmatamento ilegal da Mata Atlântica no Paraná. Complementando, é importante compreender como funciona o sensoriamento remoto através da Plataforma Web da SCCON Geospacial. As funções estabelecidas pela unidade especializada da polícia militar do Paraná, a Força Verde. A metodologia empregada foi uma revisão de literatura. E após as pesquisas foi possível constar que a utilização dessa tecnologia proporciona uma série de vantagens operacionais para a polícia, como a identificação precisa de áreas desmatadas, a análise de mudanças ambientais ao longo do tempo, e a criação de alertas rápidos para novos focos de desmatamento.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento. Força verde. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Illegal deforestation is one of the main challenges faced by environmental authorities, and the Military Police of Paraná, through its Environmental Police Battalion, has adopted cutting-edge technologies, such as remote sensing, to improve its actions to combat environmental crimes. Remote sensing involves the capture of images by satellites and drones, allowing the detection and continuous monitoring of risk areas, even in regions that are difficult to access. Thus, the objective of this research was to demonstrate how SCCON Geospacial can assist the Green Force police officers in combating illegal deforestation of the Atlantic Forest in Paraná. In addition, it is important to understand how remote sensing works through the SCCON Geospacial Web Platform. The functions established by the specialized unit of the Paraná Military Police, the Green Force. The methodology used was a literature review. After the research, it was possible to determine that the use of this technology provides a series of operational advantages for the police, such as the precise identification of deforested areas, the analysis of environmental changes over time, and the creation of rapid alerts for new deforestation hotspots.

KEYWORDS: *Deforestation. Green force. Remote Sensing.*

[1] Polícia Militar do Paraná – PMPR.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RESUMEN
La deforestación ilegal es uno de los principales desafíos que enfrentan las autoridades ambientales, y la Policía Militar de Paraná, a través de su Batallón de Policía Ambiental, ha adoptado tecnologías de punta, como la teledetección, para mejorar sus acciones de combate a los delitos ambientales. La teledetección implica la captura de imágenes mediante satélites y drones, lo que permite la detección y el monitoreo continuo de zonas de riesgo, incluso en regiones de difícil acceso. Así, el objetivo de esta investigación fue demostrar cómo SCCON Geospacial puede ayudar a los agentes de policía de la Fuerza Verde a combatir la deforestación ilegal de la Mata Atlántica en Paraná. Además, es importante comprender cómo funciona la teledetección a través de la plataforma web geospacial SCCON. Las funciones establecidas por la unidad especializada de la Policía Militar de Paraná, la Fuerza Verde. La metodología utilizada fue una revisión de literatura. Y tras la investigación, fue posible determinar que el uso de esta tecnología proporciona una serie de ventajas operativas para la policía, como la identificación precisa de áreas deforestadas, el análisis de cambios ambientales a lo largo del tiempo y la creación de alertas rápidas para nuevos puntos críticos de deforestación.

PALABRAS CLAVE: *Explotación florestal. Fuerza verde. Detección remota.*

1. INTRODUÇÃO

A proteção ao meio ambiente é uma preocupação mundial, debatida em todas as esferas da sociedade, abarcando grandes espaços dentro das políticas públicas, sendo assim, realizar uma pesquisa sobre como vem sendo combatido os diversos delitos ambientais é de grande relevância social (Anjos, Barros, Nascimento, 2022).

Sousa (2023) traz as considerações de que o desmatamento contribui negativamente para as mudanças climáticas, pois as árvores são reguladoras do clima, absorvendo o dióxido de carbono e liberando oxigênio, desta forma equilibrando as temperaturas, pois com o aumento dos desmatamentos, os gases nocivos são liberados e o efeito estufa se intensifica, causando maior aquecimento global. Também é importante considerar, que o desmatamento afeta as populações que dependem dos recursos naturais para sua subsistência. Causando danos significativos ao meio ambiente, o desmatamento afeta a biodiversidade, a qualidade do solo, dos rios e das águas subterrâneas.

O desmatamento é considerado crime no Brasil, cuja responsabilidade afeta tanto pessoas físicas como jurídicas, na forma de empresas, podendo seus responsáveis serem penalizados com multas, reclusão e até mesmo suspensão de suas atividades.

No Brasil há várias legislações que regulamentam a conservação do meio ambiente, dentre elas o Código Florestal – Lei nº 12.651/2012 que estabelece as regras para o uso e a conservação das florestas no Brasil, determinando a reserva legal e as áreas de preservação permanente. Trata-se de um tema relevante, visto que o desmatamento de florestas, em desacordo com as normas estabelecidas pela lei, é considerado crime ambiental.

Além disso, a Lei de Crimes Ambientais - Lei nº 9.605/1998 prevê sanções penais para as condutas lesivas ao meio ambiente, como o desmatamento ilegal. As penas podem variar de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

acordo com a gravidade do crime, desde multas até cinco anos de detenção. No entanto, a falta de fiscalização e de punição efetiva ainda é um grande desafio para o combate ao desmatamento ilegal no país.

Devido às dimensões continentais do Brasil, o combate aos crimes de desmatamento ilegal torna-se ainda mais difícil, sendo necessária a adoção de tecnologias que auxiliem na identificação dos locais que estão sendo desmatados de forma mais precisa. Com essa finalidade, o Brasil aderiu ao Programa Brasil M.A.I.S – Meio Ambiente Integrado e Seguro, coordenado pela Polícia Federal, que disponibiliza imagens de satélites diariamente, em alta resolução, da operadora *Planet,* emitindo alertas sobre mudanças que possam estar acontecendo através da Plataformas Web da SCCON Geospacial (SCCON, 2024).

O desmatamento ilegal traz graves implicações sobre a biodiversidade, o clima, os ecossistemas locais e a qualidade de vida da população. No estado do Paraná o Bioma predominante é a Mata Atlântica, com aproximadamente 6 milhões de hectares, sendo que 29,11% deste total é composto por floresta nativa que necessita ser preservada.

Diante deste cenário, surge o problema para esta pesquisa: como a Polícia Militar do Paraná em sua unidade especializada de combate a crimes ambientais, a Força Verde, pode utilizar o sensoriamento remoto para maximizar o combate aos crimes de desmatamento ilegal?

Para buscar uma resposta à esta questão, traçou-se como objetivo: demonstrar como o SCCON Geospacial pode auxiliar os policiais da Força Verde no combate ao desmatamento ilegal da Mata Atlântica no Paraná. Complementando, é importante compreender como funciona o sensoriamento remoto através da Plataforma Web da SCCON Geospacial. As funções estabelecidas pela unidade especial da Polícia Militar do Paraná, a Força Verde.

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1. A Polícia Militar do Paraná e suas configurações, a Força Verde

Antes de adentramos em como a Força Verde fiscaliza e combate os crimes contra a flora, é importante compreender suas origens e funções dentro da corporação. Segundo o site da Polícia Militar do Paraná – PMPR (2024), o Batalhão de Polícia Ambiental Força Verde (BPAmb FV) é uma unidade especializada da Polícia Militar do Paraná (PMPR) voltada para o policiamento ostensivo destinado à prevenção e repressão de infrações penais e administrativas contra o meio ambiente. Sua história remonta à Lei nº 2.059 de 23 de novembro de 1955, que instituiu a Guarda Florestal, subordinada à Secretaria Estadual de Agricultura (SEAG). No entanto, sua efetiva atuação iniciou-se em 04 de abril de 1957, com a criação do Corpo de Polícia Florestal, subordinado à Polícia Militar do Paraná, conforme estabelecido pela Lei nº 3.056.

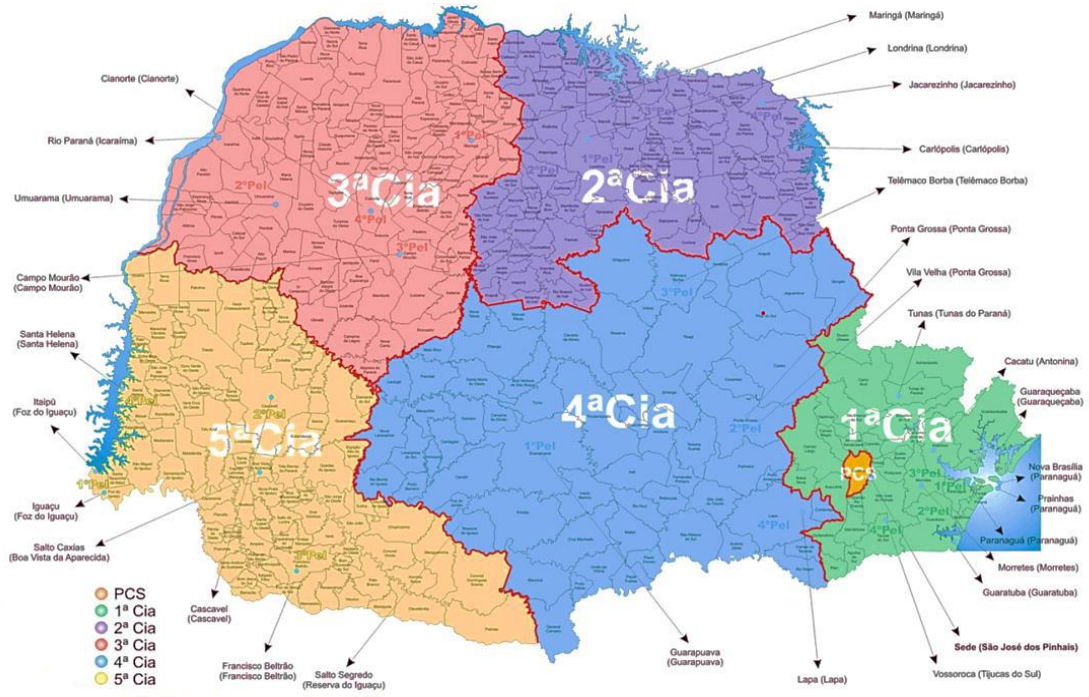
ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A princípio, o efetivo que compunha o Corpo de Polícia Florestal era pequeno, atuando na proteção dos Parques Estaduais de Vila Velha, Campinhos e Monge da Lapa. A partir de 1970, passa a atuar na proteção do Parque Nacional do Iguaçu. Em 1976, a Lei nº 6.774 de 08 de janeiro, transforma o Corpo de Polícia Florestal em Batalhão de Polícia Florestal, sendo estruturado em duas companhias para todo o território paranaense (PARANÀ, 1976).

Em 2005, acontece uma reestruturação no Batalhão através da Lei 14.960 em 21 de dezembro, passando a ser denominado Batalhão de Polícia Ambiental – Força Verde, que no período contava com 4 Companhias: 1º Paranaguá, 2ª Londrina, 3º Guarapuava, 4ª Foz do Iguaçu. Já em maio de 2013, por meio da Portaria do Comando Geral nº 388, BG 092 de 17/05/2013, o Batalhão foi novamente reestruturado e passou a denominar-se Batalhão de Polícia Militar Ambiental, com o acréscimo de mais uma Cia onde estão situadas até os dias atuais: 1º Cia Paranaguá, 2º Cia Londrina, 3º Cia Maringá, 4º Cia Guarapuava e 5º Cia em Foz do Iguaçu, totalizando cinco companhias. Com a promulgação da Lei Estadual 20.070 em 18 de dezembro de 2019, o Batalhão da Polícia Ambiental Força Verde passou a integrar o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, um importante avanço legal no desempenho das atividades da unidade, também nesse ano a unidade volta a ter o nome Batalhão de Polícia Ambiental Força Verde (PARANÁ, 2019).

Figura 1. Área de atuação de cada Companhia



Fonte: PMPR (2024)

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Segundo a PMPR (2024), a missão do BPAmb FV é executar o policiamento ostensivo visando o cumprimento dos dispositivos legais de proteção da flora, fauna, pesca e meio ambiente, realizar a fiscalização ambiental e desenvolver programas e projetos de educação ambiental junto à comunidade. Seus valores fundamentais incluem a proteção da sociedade, ética profissional, espírito militar e proteção ao meio ambiente. Atualmente conta com 575 policiais militares ambientais distribuídos em 26 bases pelo estado do Paraná. Suas atribuições incluem o policiamento ostensivo em áreas urbanas, rurais, florestais e mananciais, além da fiscalização de atividades capazes de provocar degradação ambiental. O Batalhão é responsável por autuar criminalmente aqueles que infringem as disposições legais de proteção ambiental e contribuir para o desenvolvimento sustentável do Paraná.

Dentre suas inúmeras atribuições originárias ou decorrentes de convênios, destacam-se:

> Executar o policiamento ostensivo de forma preventiva ou repressiva, com a finalidade de coibir e dissuadir ações que representem ameaças ou depredações da natureza;
> Zelar pelo cumprimento da legislação ambiental de defesa da flora e fauna silvestre observando os dispositivos das Leis Federais e Estaduais, bem como as Portarias e Resoluções em vigor;
> Autuar os infratores ambientais, instrumentalizando, ainda, o Ministério Público nas ações civis de recuperação dos danos provocados contra a natureza;
> Realizar prisões de infratores, que sejam flagrados no cometimento de crimes ambientais e encaminhá-los a presença da autoridade policial, para a lavratura do auto de prisão em flagrante delito e ou inquérito policial, bem como prestar as devidas informações que, posteriormente, se façam necessárias;
> Orientar a população acerca da legislação ambiental e da importância do seu cumprimento, relacionando-a com a necessidade de criação, conservação e proteção das Unidades de Conservação (PMPR, 2024, s/p).

Na atuação preventiva, o Batalhão vem desenvolvendo programas de educação ambiental junto à comunidade, com a elaboração e veiculação de cartazes, panfletos com textos educativos, realizando, constantemente, palestras em estabelecimentos de ensino, exposições técnicas a entidades públicas e privadas com participação popular e, ainda, orientações ao público em geral, principalmente nas áreas naturais protegidas.

O Batalhão de Polícia Ambiental Força Verde, age sobre alguns crimes praticados contra o meio ambiente e está alicerçado em suas respectivas legislações. Os crimes são aqueles praticados contra a fauna, flora, poluição e outros crimes ambientais, crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural, e crimes contra a administração ambiental (BRASIL, 1988).

Para a atuação de infrações administrativas contra o meio ambiente, o BPAmb-FV faz uso da seguinte legislação: Código Florestal – Lei nº 12.651/2012, Lei de Proteção à Fauna – Lei nº 5.197/1967, Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6.938/1981, Constituição Federal de 1988, Lei de Crimes Ambientais – Lei nº 9.605/1998, Lei do Sistema Nacional de Unidades de

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Conservação da Natureza – Lei nº 9.985/2000, Decreto Federal nº 6.514/2008, e Lei Complementar nº 140/2011).

2.2. O sensoriamento remoto e a plataforma SCCON Geospatial

De acordo com a reportagem da Revista eletrônica ESBRASIL, de dezembro de 2022, mais de 270 instituições públicas no Brasil já realizaram adesão ao Programa Brasil M.A.I.S, coordenado pela Polícia Federal, que disponibiliza imagens de satélites diárias de alta resolução da operadora *Planet* e alertas de detecção de mudanças via Plataformas Web da SCCON Geospatial.

Para melhorar suas operações, estas intuições necessitavam de um conjunto de dados que complementasse seu trabalho de campo, permitindo-lhes tomar medidas oportunas contra a degradação ambiental na região, como mineração ilegal, desmatamento, tráfico de drogas e queimadas. Assim surgiu o Programa de monitoramento Brasil M.A.I.S de abrangência nacional, que integra uma série de estratégias, tecnologias e ações aplicadas ao combate de crimes ambientais e outros ilícitos.

Um dos grandes benefícios trazidos pela utilização das tecnologias, segundo Martin e Bellinger (2016) e Toledo (2019), encontra-se na unificação dos dados, o que facilita a análise e geração de relatórios que abrangem as atividades de policiamento ambiental, incluindo estatísticas de ocorrência, locais mais vulneráveis, localização mais exata de crimes ambientais, promovendo *insights* de grande valia para o aprimoramento das estratégias que podem ser utilizadas na proteção ambiental.

As imagens diárias fornecidas pela *Planet* e os alertas de detecção de mudanças da Plataforma SCCON, fornecem uma solução única de detecção remota que permite a superação de barreiras técnicas que anteriormente existiam. Os estudos apresentados por Miller (2023) ressaltam que a integração das informações permite monitorar e combater os crimes ambientais de maneira mais eficaz, levando a identificação de áreas ou regiões onde haja maiores incidências de atividades ilegais, auxiliando na identificação dos infratores e na coleta de provas. A rastreabilidade da detecção de mudanças e alertas, por meio dos relatórios analíticos automáticos gerados pela Plataforma SCCON, proporcionam suporte operacional efetivo, incluindo maior segurança em campo, redução de custos, objetividade e validação.

Com a utilização dos dados é possível identificar mudanças geradas por cicatrizes de queimadas, plantio de cultivos ilícitos, desmatamento, degradação, garimpo ilegal e pistas de pouso clandestinas. Com estas informações atualizadas acontece uma melhoria na gestão e planejamento das ações, pois segundo Meirelles e Souza (2017), ao ter acesso a dados consolidados e atualizados, os gestores do policiamento ambiental podem tomar decisões mais informadas e embasadas. Essas informações ajudam na alocação de recursos, planejamento de

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ações, definição de prioridades e monitoramento de resultados. Isso contribui para uma gestão mais eficiente e estratégica das atividades de policiamento ambiental.

2.3. A Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006

A Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, conhecida popularmente como Lei da Mata Atlântica, é um marco legal fundamental para a conservação e proteção de um dos biomas mais ricos em biodiversidade do planeta. Tem como objetivo principal assegurar a conservação, a proteção e a recuperação da Mata Atlântica. Ela estabelece normas e critérios para a utilização dos recursos naturais desse bioma, buscando conciliar a proteção ambiental com o desenvolvimento socioeconômico.

Os pontos principais da referida lei estão focados na definição clara do bioma, quais as formações florestais e ecossistemas fazem parte da Mata Atlântica, assim como consta no art. 2º.

> Art. 2º Para os efeitos desta Lei, consideram-se integrantes do Bioma Mata Atlântica as seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados, com as respectivas delimitações estabelecidas em mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, conforme regulamento: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (Brasil, 2006).

A conceituação sobre quais formações constituem o Bioma é importante, pois assim ficam claros os principais focos de preservação e de atuação para os responsáveis por fazer cumprir a Lei, no estado do Paraná, a Força Verde.

Outro ponto destacado é a proteção da vegetação nativa, onde fica expressa a proibição do desmatamento de florestas primárias e se estabelecem regras rigorosas para a suspensão de outras formações vegetais, assim como a utilização do Bioma Mata Atlântica, desde que sigam critérios rígidos, como é possível constatar nos artigos descritos abaixo:

> **Art. 6º** A proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o desenvolvimento sustentável e, por objetivos específicos, a salvaguarda da biodiversidade, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social (Brasil, 2006).

A utilização da Mata Atlântica de forma sustentável, onde haja a garantia da preservação de suas características, pode auxiliar para que a floresta seja protegida, assim como consta no parágrafo único artigo 6 e no artigo 7, onde fica explicita como esta preservação e utilização devem acontecer:

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Parágrafo Único. Na proteção e na utilização do Bioma Mata Atlântica, serão observados os princípios da função socioambiental da propriedade, da equidade intergeracional, da prevenção, da precaução, do usuário-pagador, da transparência das informações e atos, da gestão democrática, da celeridade procedimental, da gratuidade dos serviços administrativos prestados ao pequeno produtor rural e às populações tradicionais e do respeito ao direito de propriedade.

Art. 7º A proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica far-se-ão dentro de condições que assegurem:

I - a manutenção e a recuperação da biodiversidade, vegetação, fauna e regime hídrico do Bioma Mata Atlântica para as presentes e futuras gerações;

II - o estímulo à pesquisa, à difusão de tecnologias de manejo sustentável da vegetação e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de recuperação e manutenção dos ecossistemas;

III - o fomento de atividades públicas e privadas compatíveis com a manutenção do equilíbrio ecológico;

IV - o disciplinamento da ocupação rural e urbana, de forma a harmonizar o crescimento econômico com a manutenção do equilíbrio ecológico.

A recuperação de áreas degradadas: Obriga os proprietários de terras a recuperarem as áreas de Mata Atlântica que foram desmatadas.

A criação de áreas protegidas: Estimula a criação de unidades de conservação e outras áreas protegidas.

O Incentivo a práticas sustentáveis: Promove o uso sustentável dos recursos naturais da Mata Atlântica, como a exploração de produtos florestais não madeireiros.

A participação da sociedade: Estimula a participação da sociedade civil na gestão e proteção da Mata Atlântica.

2.4. Polícia Ambiental Força Verde e o sensoriamento remoto na defesa do desmatamento ilegal

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística– IBGE, o estado do Paraná fica localizado no Sul do Brasil e possui uma extensão territorial de 199.316.694 km², sendo que, deste total, 84,7%, ou seja, 161.197 km² eram originariamente cobertos pela Mata Atlântica (IBGE, 2024).

Toda essa extensão territorial dificulta o policiamento na cobertura de todos os lugares, assim a utilização de sensoriamento remoto através de imagens de satélites torna o trabalho mais eficiente e rápido, sendo possível uma ação mais localizada, rápida e assertiva.

De acordo com a fonte de notícias do estado do Paraná, divulgadas no mês de maio de 2024 pelo Instituto Água e Terra IAT, aconteceu uma das grandes operações para combater o desmatamento ilegal e aplicação de multas sem a necessidade de uma presença física, exclusivamente de maneira remota. Segundo Paraná (2024), a força-tarefa durou oito dias, entre 21 e 28 de abril, e resultou na lavratura de 218 Autos de Infração Ambiental (AIA) em 46 municípios do Paraná. A área identificada de supressão vegetal foi de 701 hectares, com a emissão de R$ 5,9 milhões em punições administrativas.

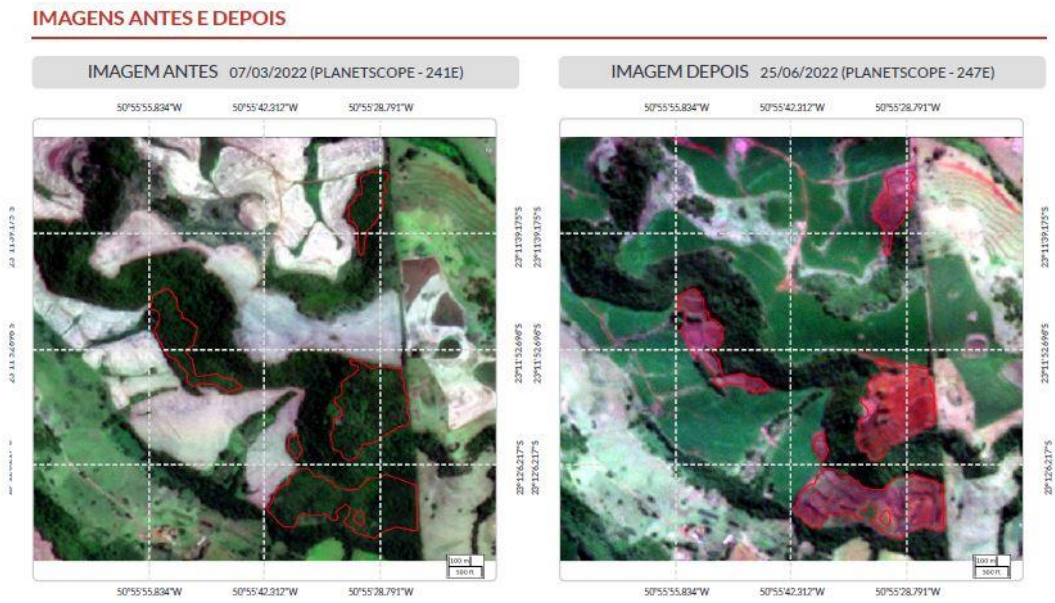
ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Segundo dados do Núcleo de Inteligência Geográfica e da Informação (NGI) do IAT, a queda no desmatamento em 2023 foi de 71,5%, sendo que estes resultados são atribuídos a utilização dos recursos tecnológicos que permitem verificar onde e quando ocorre o desmatamento possibilitando uma fiscalização mais efetiva (PARANÀ, 2024).

O que vem ocorrendo no estado do Paraná com relação ao uso do sensoriamento remoto e o combate ao desmatamento, já foi citado em outros projetos que deram resultados muito positivos, como relatados por Paranhos *et al.,* (2021) ao salientarem que as unidades de inteligência que utilizam dados de geotecnologias para planejamento de ações de combate a crimes ambientais, estão cada vez mais presentes nos órgãos públicos brasileiros. Isso é estratégico, pois é inviável pautar essas ações de controle a desmatamento e incêndios florestais apenas com a fiscalização presencial, principalmente em um território tão vasto como o brasileiro.

Figura 2. Áreas que foram capturadas pelo sistema Planetscope para análise da polícia ambiental do Paraná



Fonte: Planetscope

A análise das imagens capturadas por sensoriamento remoto em duas datas diferentes, mostra mudanças no uso da terra ao longo do tempo. No caso específico do combate ao desmatamento, a comparação entre a "imagem antes" (07/03/2022) e a "imagem depois" (25/06/2022) permite a identificação de áreas onde houve alteração na cobertura vegetal, destacadas em vermelho nas imagens.

Os estudos apresentados por Abbas *et al.,* (2020) trazem algumas considerações de como o sensoriamento remoto pode servir para atuação no combate ao desmatamento, pois é possível constatar que houve alteração, onde as áreas destacadas em vermelho nas imagens do

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

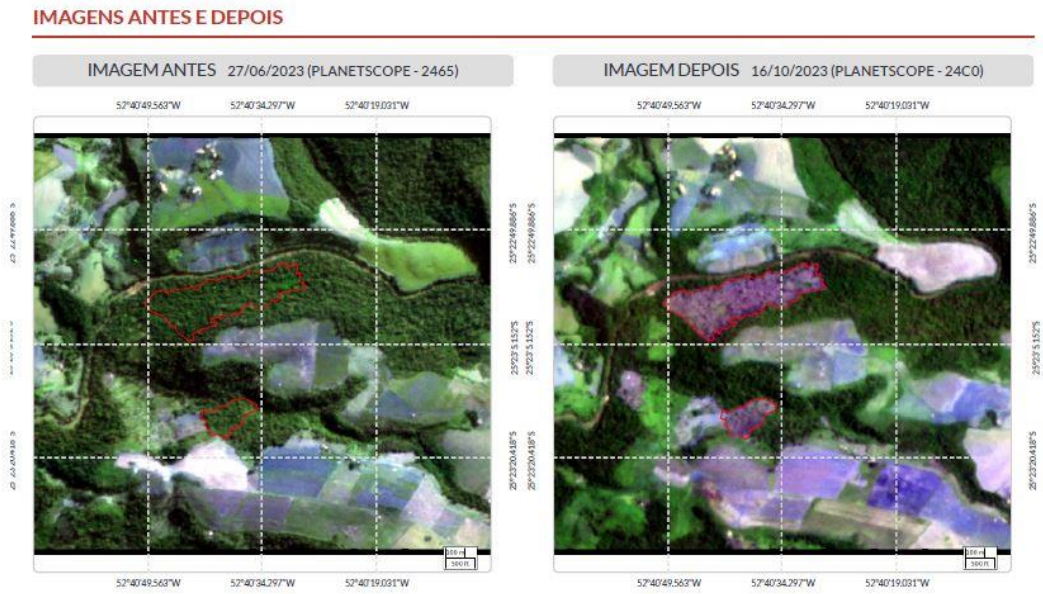
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

depois, indicam a remoção da vegetação ou expansão de áreas desmatadas desde a primeira captura. Essas áreas são indicativas de desmatamento, o que pode ser resultado de atividades como agricultura, construção, ou exploração madeireira.

O uso de satélites como o PlanetScope permite monitorar mudanças ambientais com alta resolução temporal e espacial. Isso é fundamental para a identificação precoce de atividades ilegais de desmatamento e para o planejamento de ações de conservação. A partir dessas imagens, órgãos ambientais podem delimitar áreas que necessitam de fiscalização e atuar preventivamente. O sensoriamento remoto é uma ferramenta valiosa para o monitoramento constante de grandes extensões de terra e pode ser integrado com tecnologias como inteligência artificial para automatizar a detecção de desmatamentos. Estes dados vêm de encontro com os estudos realizados por Gonzaga *et al.,* (2022) onde os autores ressaltam que a utilização de unidades de inteligência que utilizam dados de geotecnologias para planejamento de ações de combate a crimes ambientais está cada vez mais presente nos órgãos públicos brasileiros. Isso é estratégico, pois é inviável pautar essas ações de controle a desmatamento e incêndios florestais, apenas com a fiscalização presencial, principalmente em um território tão vasto como o brasileiro.

Outro ponto que pode ser observado pelos usos de tecnologia de sensoriamento remoto é a recuperação da cobertura vegetal, o que não acontece nas imagens, pois o foco está na perda da cobertura e não em sua regeneração.

Figura 3. Cobertura vegetal e mudanças ao longo do tempo



Fonte: Planetscope

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

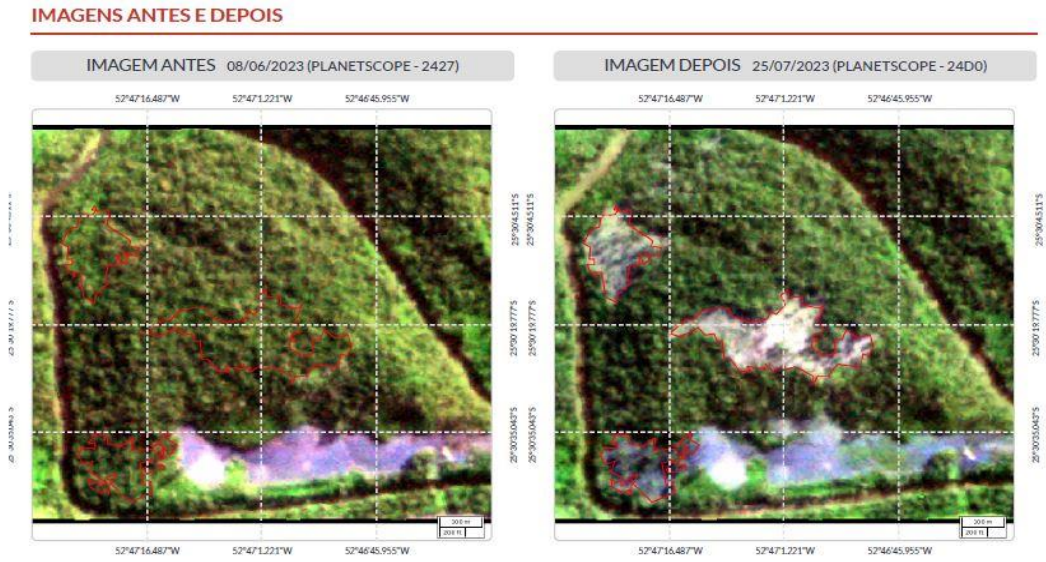
Nas imagens acima também é possível perceber que houve uma área devastada em duas datas diferentes, mostra mudanças no uso da terra ao longo do tempo. No caso específico do combate ao desmatamento, a comparação entre a "imagem antes" (07/03/2022) e a "imagem depois" (25/06/2022) permite a identificação de áreas onde houve alteração na cobertura vegetal, destacadas em vermelho nas imagens.

Há indicações de que nas áreas destacadas em vermelho na "imagem depois" ocorreu a remoção da vegetação ou expansão de áreas desmatadas quando comparadas à primeira captura. Essas áreas são indicativas de desmatamento, o que pode ser resultado de atividades como agricultura, construção, ou exploração madeireira, os dados apresentados pelo sistema Planetscope vem de encontro aos outros sistemas utilizados para detecção e alertas de desmatamento como o projeto MapBiomas Alerta, um sistema desenvolvido para validação e refinamento de alertas de desmatamento (entre eles os alertas GLAD e DETER) em imagens de alta resolução. Além dos alertas de desmatamento, também são incluídas alertas de degradação e regeneração da vegetação (Abdalla, 2019).

Todo o processo é feito com o extensivo uso de algoritmos de aprendizagem de máquina *(machine learning)* por meio da plataforma de processamento em nuvem Google Earth Engine (Gonzaga, *et al*., 2022).

A partir dessas imagens, órgãos ambientais podem delimitar áreas que necessitam de fiscalização e atuar preventivamente. O sensoriamento remoto não apenas subsidia ações de fiscalização, mas também para a adoção de políticas públicas e ações de médio e longo prazo.

Figura 4. Alterações na vegetação



Fonte: Planetscope

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

As imagens do satélite acima (Planetscope 2427 e 24D0) mostram mudanças na vegetação em um período entre 8 de junho de 2023 e 25 de julho de 2023, onde é possível perceber que as áreas de vegetação densa aparecem em tons de verde. O desmatamento pode ser detectado observando mudanças na cor (áreas que mudam para tons mais claros ou marrom, que podem indicar solo exposto) e na textura (vegetação densa tem uma textura mais rugosa, enquanto áreas desmatadas são mais homogêneas).

Estes dados podem ser comprovados com os estudos apresentados por Diodato *et al.,* (2020), onde ressaltam que as análises da vegetação e detecção de mudanças são realizadas com o intuito de avaliar os recursos naturais e monitorar a cobertura vegetal. Consequentemente, a detecção qualitativa da vegetação verde é uma das principais aplicações do sensoriamento remoto na tomada de decisões e gerenciamento ambiental.

Também é possível, com o sensoriamento remoto, detectar mudanças temporais como na imagem "antes" (08/06/2023) quando comparada com a imagem "depois" (25/07/2023). As áreas destacadas em vermelho indicam alterações no uso do solo, provavelmente devido ao desmatamento. Outro ponto que pode ser destacado nas imagens é a utilização de técnicas como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) que pode ser usado para quantificar a presença de vegetação saudável em uma área. Valores altos indicam vegetação densa, enquanto valores baixos ou negativos podem sinalizar desmatamento ou degradação da vegetação.

Segundo Epiphanio *et al.*, (1996), os índices de vegetação realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, índice de área foliar e percentagem de cobertura vegetal.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é o mais frequentemente usado, mas não o único. Existem outros índices espectrais de grande importância, os quais combinados com o NDVI, auxiliam para uma melhor interpretação da vegetação. Segundo Oliveira *et al.,* (2007) o SAVI, o TSAVI e o MSAVI fazem parte de um grupo de índices considerados híbridos por utilizarem a razão de bandas com parâmetros de ajuste para minimizar o efeito da presença de solo em meio à vegetação. Os parâmetros de ajuste podem ou não considerar os coeficientes da linha do solo, mas sempre expressam o intuito de minimizar o efeito de fundo do solo.

Os satélites modernos, como o Planetscope, capturam dados em múltiplos comprimentos de onda, permitindo a análise de diferentes propriedades das superfícies, como a reflexão da luz visível e infravermelha. Essas informações podem ser usadas para diferenciar entre áreas de floresta intacta, solo exposto e vegetação em processo de regeneração. Portanto, o sensoriamento remoto oferece uma abordagem eficaz para monitorar o desmatamento, fornecendo dados rápidos e precisos sobre a extensão e o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Estes dados são essenciais para que os agentes da polícia ambiental possam agir de maneira efetiva e dentro da legalidade, o que segundo os estudos apresentados por Gonzaga *et. al,* (2022) dados derivados de sensores remotos cada vez são mais utilizados para geração de prova de ilícitos ambientais. Seu uso apresenta muitas vantagens em relação à perícia realizada *in loco*, tais como: escalabilidade, baixo custo e velocidade. Além disso, essa prova é de especial importância em imóveis rurais de grandes dimensões e localizados em áreas remotas – em relação aos quais uma ação pericial teria inadequado custo e efetividade, em razão do tempo e logística envolvida.

Diante dos dados apresentados pelo sensoriamento remoto é possível produzir um relatório técnico para a apuração dos fatos no bojo dos procedimentos de investigação, como os inquéritos cíveis ou policiais, que devem ser produzidos sem o crivo do contraditório, possuem a natureza de prova documental (e não pericial). No âmbito penal, no entanto, o art. 19, parágrafo único, da Lei 9605/98 (Lei dos Crimes Ambientais) prevê a possibilidade de seu aproveitamento uma vez estabelecido o contraditório: “A perícia produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, instaurando-se o contraditório" (Brasil, 1998).

Nos estudos apresentados por Gonzaga *et al.,* (2020) os autores apontam qual o direcionamento a ser seguido após a identificação do desmatamento ilegal e o responsável pela área degradada, serão adotadas medidas visando a responsabilização civil-ambiental. O Ministério Público poderá notificar o proprietário para que cessem as atividades ilícitas de desmatamento e/ou ainda, instaurar inquérito civil público para colher as provas da conduta ilícita e tentar firmar termos de ajustamento de conduta ou, ainda, ajuizar uma ação civil pública visando a reparação dos danos ambientais. A reparação dos danos ambientais poderá ser feita, cumulativamente ou não, mediante a recuperação ambiental da área afetada (reparação *in situ*), compensação por equivalente ecológico (reparação *ex situ*) ou, ainda, a partir da indenização pecuniária, considerando os danos materiais e imateriais (ou extrapatrimoniais).

Assim, para definição das medidas adequadas devem ser adotados critérios técnicos como o tamanho da área afetada, a possibilidade de recuperação ambiental e os prejuízos em termos de bens e serviços ambientais, objetivando uma reparação justa e adequada para reparação integral dos danos causados.

No que concerne à atuação do Polícia Ambiental com a utilização das imagens de sensoriamento remoto, há várias formas de atuação, tais como a identificação de áreas de desmatamento com as imagens de “antes e depois” possibiltando detectar com precisão as áreas onde houve perda de vegetação. Havendo a possibilidade de delimitar as regiões críticas, indicando perda de cobertura florestal, a polícia pode determinar onde o desmatamento está ocorrendo ou acelerando. Monitoramento contínuo com a utilização de satélites como o

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

PlanetScope, a polícia pode monitorar áreas periodicamente, identificando novos desmatamentos rapidamente.

Nas operações de fiscalização é possível definir as prioridades, pois as imagens auxiliam a Polícia Ambiental a priorizar as regiões que mais precisam de fiscalização, concentrando esforços em áreas onde o desmatamento ilegal é mais intenso. Outro ponto de grande importância é a geolocalização precisa, com as coordenadas geográficas fornecidas pelas imagens é possível que a força policial planeje deslocamentos e ações mais eficientes, economizando tempo e recursos.

As evidências legais são as provas documentais, pois as imagens capturadas “antes e depois” servem como provas visuais e objetivas de desmatamento ilegal, podendo ser usadas em investigações e processos judiciais contra infratores ambientais. O que agrega o rastreio das responsabilidades, com o cruzamento dos dados das imagens com registros de propriedade e autorizações ambientais, a Polícia Ambiental pode identificar quem são os responsáveis legais pelas áreas afetadas.

A prevenção e a detecção antecipada podem auxiliar, sendo que o monitoramento em tempo real ou frequente com imagens de satélite permite que a polícia detecte desmatamento antes que ele se expanda em grande escala, possibilitando uma ação mais rápida. Outro ponto dos sistemas de prevenção é a utilização artificial e análise de padrões, a Polícia Ambiental pode prever áreas vulneráveis a desmatamentos futuros, permitindo a criação de estratégias preventivas.

A colaboração entre outras agências pode integrar e aprimorar as fiscalizações, pois as Polícias Ambientais podem compartilhar essas imagens com agências como IBAMA, ICMBio e ONGs ambientais para criar ações conjuntas de combate ao desmatamento. Tais resultados podem auxiliar no suporte ao licenciamento ambiental, para verificar se atividades de exploração de recursos naturais estão ocorrendo dentro dos limites legais e com as devidas autorizações.

Também são necessárias ações que visem a recuperação de áreas devastadas e de recuperação destes espaços, pois após a identificação do desmatamento a Polícia Ambiental pode usar as imagens para sugerir ou apoiar políticas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Outra possibilidade é o monitoramento da recuperação ambiental, após a execução de políticas de reflorestamento, as mesmas imagens podem ser usadas para monitorar o progresso da recuperação ambiental ao longo do tempo.

E as ações educativas e de conscientização, com a divulgação de imagens claras de antes e depois do desmatamento pode ser uma ferramenta poderosa para campanhas de conscientização sobre os impactos negativos da destruição da vegetação nativa.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

CONSIDERAÇÕES

O uso do sensoriamento remoto pela Polícia Militar do Paraná no combate aos crimes de desmatamento representa um avanço significativo na proteção ambiental. A integração de tecnologias modernas, como imagens de satélite e drones, ao trabalho da Polícia Ambiental, permite monitorar grandes áreas de floresta de maneira contínua e eficiente, otimizando as ações de fiscalização e repressão.

A capacidade de detectar desmatamentos em tempo real possibilita uma resposta mais rápida e eficaz, reduzindo a degradação antes que se torne irreversível. Além disso, as imagens capturadas por satélites fornecem provas concretas que fortalecem as investigações e ações judiciais contra infratores, assegurando a aplicação da legislação ambiental.

A adoção dessa tecnologia também favorece o planejamento estratégico das operações de campo, permitindo que a Polícia Ambiental priorize áreas críticas e utilize seus recursos de forma mais eficiente. Quando combinada com ações preventivas, como a educação ambiental e a recuperação de áreas degradadas, o sensoriamento remoto se torna uma ferramenta indispensável para a preservação dos biomas, como a Mata Atlântica, no Paraná.

No entanto, é crucial que o uso do sensoriamento remoto seja continuamente aprimorado, com investimentos em capacitação técnica, infraestrutura tecnológica e cooperação entre agências ambientais. Isso assegurará a máxima efetividade dessa ferramenta no longo prazo.

Por fim, o combate ao desmatamento requer uma abordagem integrada, que combine tecnologia, fiscalização eficiente, educação ambiental e políticas públicas robustas. O sensoriamento remoto, ao permitir o monitoramento detalhado e contínuo, se coloca como um pilar essencial nessa estratégia, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a preservação do patrimônio natural do estado do Paraná.

REFERÊNCIAS

ABBAS, Sawaid; WONG, Sing; WU, Jin; SHAHZAD, Naeem; MUHAMMAD IRTEZA, Syed. Abordagens de Sensoriamento Remoto de Satélite para a Avaliação da Biomassa Acima do Som nas Florestas Tropicais: Escalas Pan-tropical a Nacional. **Remote Sensing**, v. 12, n. 20, 3351, 2020. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/12/20/3351

ABDALLA, Livia dos Santos.**Modelagem baseada em dados para previsão da emergência de zoonoses:** um estudo de caso da febre amarela silvestre no Brasil. 2019. Dissertação (mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://pged.ime.eb.br/tesesedissertacoes

ANJOS, Jose Henrique; BARROS, Alfredo Adson Alves; NASCIMENTO, Welinton Alexandre. Responsabilidade ambiental voltada para o agronegócio. *In:* **9º Fórum Rondoniense de Pesquisa – Inovações tecnológicas e os desafios na Educação, Saúde e Diversidade.** Jiparana, 2022. Disponível em: https://jiparana.emnuvens.com.br/foruns/article/view/1015/661

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BRASIL. **Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

BRASIL. **Lei n. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm

DIODATO, Marco Antônio; GRIGIO, Alfredo Marcelo; SILVA, Kleisson E. F. *et al.* Índice de Vegetação. *In*: PARANHOS FILHO, A. C. *et al.* **Geotecnologias para aplicações ambientais**. Maringá: Uniedusul, 2022.

EPIPHANIO, José C. N.; GLERIANI, José M.; FORMAGGIO, Antônio R.; RUDORFF, Bernardo F. T. Índices de vegetaçãono sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996. Disponível em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4503/1789

GONZAGA, Claudio Ângelo C.; FERNANDES, Tereza de Assis; BOLDRIN, Jeferson Lamartine et al. Sensoriamento remoto e o monitoramento da degradação florestal por entidadesgovernamentais do Brasil. **Research, Society andDevelopment,** v. 11, n. 5, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359821810_Sensoriamento_remoto_e_o_monitoramento_da_degradacao_florestal_por_entidades_governamentais_do_Brasil

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISITICA – IBGE. **Cidades/Estados.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr.html

MARTIN, G.; BELLINGER, G. Integrating spatial and environmental information systems for effective environmental management. **Applied Geography,** n. 75, p. 32-42, 2016.

MEIRELLES, D. S.; SOUZA, R. C. Sistema de Informações Ambientais: uma proposta para o policiamento ambiental. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, p. 119-134, 2017.

MILLER, T. A. R. sistema integrado de informações ambientais: uma ferramenta estratégica para o batalhão de polícia ambiental força verde. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar.** v. 4, n. 7, 2023. Disponível em: https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3520

OLIVEIRA, Luís Gonçalves L.; PEREIRA, Leonardo M.; PEREIRA, Gabriel; MORAES, Elisabete C. M.; MAEDA, Eduardo E. Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do ETM+/LANDSAT 7. *In*: Anais XIIISIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, SC. **Anais [...]** Florianópolis: INPE, 2007. p. 5995-6002. Disponível em: http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.18.02.36/doc/5995-6002.pdf

PARANÁ. **Imagens de satélite:** 1ª operação remota contra desmatamento aplica R$ 5,9 milhões em multas. 2024. Disponível em: https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Imagens-de-satelite-1a-operacao-remota-contra-desmatamento-aplica-R-59-milhoes-em-multas

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

PARANÁ. **Lei 20070 - 18 de dezembro de 2019.** Autoriza a incorporação do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná e do Instituto das Águas do Paraná, pelo Instituto Ambiental do Paraná, e dá outras providências. Diário Oficial nº. 10588 de 19 de dezembro de 2019. Disponível em: https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/exibirAto.do?action=iniciarProcesso&codAto=230319&codItemAto=1427720

PARANA. **Lei 6774 – 08 de janeiro de 1976.** Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Estado do Paraná e dá outras providencias. Diário Oficial nº 218 de 14 de janeiro de 1976. Disponível em: https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/exibirAto.do?action=iniciarProcesso&codAto=8748&codItemAto=147987

PARANHOS FILHO, A. C. *et al.* **Geotecnologias para aplicações ambientais.** Maringá: Uniedusul, 2021.

PLANET SCOPE. **Understanding Planet Scope Instruments**. [S. l.]: Planet Scope, 2022. Disponível em: https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/

POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ - PMPR. **Batalhão da Polícia Ambiental – Força Verde (Histórico)**. Curitiba: PMPR, 2024. Disponível em: https://www.pmpr.pr.gov.br/BPAmb.

SOUSA, H. M. **Danos ambientais causados pelo desmatamento:** responsabilidade penal. 2023. TCC (Curso de Direito) - Faculdade Anhanguera, Imperatriz, MA, 2023. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/61674

TOLEDO, A. P. **Crimes contra o meio ambiente**. São Paulo: Saraiva, 2019.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.