

Revista de Segurança, Desenvolvimento e Defesa

DOSSIÊ: "POR UMA
AMAZÔNIA
SOBERANA
E SUSTENTÁVEL:
DESAFIOS E OPORTUNIDADES"



Escola Superior de Defesa

Dossiê Temático





CONHEÇA A ESD:





ESCOLA SUPERIOR DE DEFESA (ESD)

Criada em 1º de outubro de 2021, por meio do Decreto Presidencial nº 10.806, de 23 de setembro de 2021, a ESD é uma instituição de ensino superior, ligada ao Ministério da Defesa (MD), que realiza estudos, pesquisas, extensão, difusão, ensino e intercâmbio, em temas de interesse da Defesa Nacional.

COMANDANTE

Major-Brigadeiro Médica Carla Lyrio Martins

SUBCOMANDANTE

Contra-Almirante Leonardo Braga Martins

COORDENADOR GERAL ACADÊMICO

General de Brigada R1 Carlos Henrique Teche

PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

General de Brigada R1 Marcelo Gurgel do Amaral Silva

EDITOR-CHEFE

Prof. Dr. Oscar Medeiros Filho

EDITORA-ADJUNTA

Profa. Dra. Michele Eduarda Brasil de Sá

EDITORA ASSISTENTE

Major QCO Ana Rita de Avila Belbute Peres

CONSELHO EDITORIAL

Profa. Dra. Ana Flavia Barros-Platiau (UnB)

Profa. Dra. Sabrina Medeiros (Univ. Lusófona de Lisboa)

Prof. Dr. Wanderley Messias da Costa (USP)

Prof. Dr. Julio Eduardo da Silva Menezes (ESD)

Prof. Dr. Alcides Costa Vaz (UnB)

Prof. Dr. Marcos José Barbieri Ferreira (UNICAMP)

Prof. Dr. Paulo Fagundes Visentini (UFRGS)

Prof. Dr. Guilherme Sandoval Góes (ESG)

Prof. Dr. Tássio Franchi (ECEME)

Prof. Dr. Claudio Rodrigues Corrêa (EGN)

Prof. Dr. Gills Vilar Lopes (UNIFA)

Prof. Dr. Augusto W. Menezes Teixeira Junior (UFPB)

REVISTA DE SEGURANÇA, DESENVOLVIMENTO E DEFESA (RSSD)

A RSSD é uma publicação semestral da Escola Superior de Defesa (ESD) dedicada à divulgação de artigos e policy papers sobre temas que perpassam o campo da Defesa.

CORPO EDITORIAL

Prof. Dr. Carlos Cesar de Castro Deonísio

Profa. Dra. Cintiene Sandes Monfredo Mendes

Prof. Dr. José Roberto Pinho de Andrade Lima

Prof. Dr. Leonardo Ulian Dall Evedove

Prof. Dr. Peterson Ferreira da Silva

Profa. Dra. Selma Lúcia de Moura Gonzales

Profa. Dra. Viviane Machado Caminha

Prof. Dr. Wellington Dantas de Amorim

DOSSIÊ:

Por uma Amazônia Soberana e Sustentável: Desafios e Oportunidades

ORGANIZADORES

Prof. Dr. Oscar Medeiros Filho (ESD)

Dra. Edileuza de Melo Nogueira (CENSIPAM)

REVISÃO TÉCNICA

Major QCO Ana Rita de Avila Belbute Peres

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Capitão de Mar e Guerra (T-RM1) Cleber Ribeiro da Silva (CENSIPAM)

DIAGRAMAÇÃO E ARTE FINAL

Dhenner Mitchel Lopes de Souza (CENSIPAM)

Disponível em: <https://rsdd.esd.gov.br>

R454 Revista de Segurança, Desenvolvimento e Defesa: Dossiê Por uma Amazônia soberana e sustentável: desafios e oportunidades. v. 2, n.2 (jul./dez. 2025) – Brasília: ESD, 2025.

180 p.: il.

e-ISSN; 2966-3830

ISSN: 2966-3288

Semestral, 2024-.

1. Amazônia. 2. Sustentabilidade. 3. Segurança. 4. Defesa.

I. Escola Superior de Defesa. II. CENSIPAM. III. Título

CDD: 355.03

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Therezinha de Castro - ESD

Sumário

Artigos

14 - A Geopolítica da Pan-Amazônia e a importância dos seus Núcleos Estratégicos
Guilherme Sandoval Góes - Carlos Alberto Rattmann

26 - O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)
Bernardo Salgado Rodrigues - Paulo Vinícius dos Santos Paiva

43 - Amazônia Azul, uma perspectiva brasileira no contexto da geopolítica do Atlântico Sul - Israel de Oliveira Andrade - Ana Flávia Barros-Plataiu

57 - SipamMar: um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo - Ariel de Almeida Horst Gamba - Luis Felipe Ferreira de Mendonça - Carlos Alexandre Domingos Lentini - Syumara Queiroz de Paiva e Silva - David Oliveira Silva - Marcos Reinan de Assis Conceição - André Telles da Cunha Lima

75 - A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia - Mário Brasil do Nascimento

91 - Indicador geoespacial de Frentes de Garimpo a partir do Sistema de Alertas de Garimpo - Lucas Silva Costa - Giovanna Henrique Queiroz Albuquerque - Sandro Oliveira - Cristina Aparecida Beneditti

103 - Amazônia: questão climática, segurança e defesa no futuro - Antonio Dos Santos - Lídia Maria Ribas - Fernanda Ramos Konno

117 - Meio século de mudanças na temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal
Cleber Assis dos Santos - Nilzele de Vilhena Gomes Jesus - Leticia Karyne da Silva Cardoso

133 - Secas em ascensão e precipitação em declínio na Amazônia - Nilzele de Vilhena Gomes Jesus - Cleber Assis dos Santos - Leticia Karyne da Silva Cardoso

Policy Papers

148 - Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia: uma análise estratégica - Paulo Ricardo de Oliveira Dias

157 - Exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e seus impactos na Defesa Nacional - Normando Perazzo Barbosa Souto - Jorge Gabriel Merladett Madruga - Thiago Zaccarini Paschoal

163 - Programa de Coleta Seletiva Cidadã: análise da implementação no Exército Brasileiro - Antônio Carlos de Lima Rocha - Taciana Rodrigues Livera - Antônio Gonçalves Júnior - Jorge Luiz O' de Almeida Filho

Autores Convidados

172 - A gestão soberana e sustentável da Amazônia: desafios e perspectivas - Carlos Alfredo Lazary Teixeira

177 - Censipam na COP30: avanços na soberania tecnológica e liderança sustentável na Amazônia - Cristiano Torres do Amaral



Apresentação

Ciência e Defesa pela Amazônia: uma convergência entre ESD e Censipam

Proteger a Amazônia é garantir nosso próprio futuro. É reconhecer que, nas imensas florestas, rios e céus dessa região singular, pulsa um patrimônio extraordinário. A Amazônia abriga a maior biodiversidade do mundo, regula o clima, armazena carbono e influencia o equilíbrio das águas e das chuvas que sustentam a agricultura e o abastecimento em todo o território nacional. Defender essa riqueza é, portanto, um dever do Estado e responsabilidade de todos — um compromisso ético, ambiental e estratégico com as gerações que vão nos suceder.

Sob a perspectiva da Defesa Nacional, a Amazônia representa mais que um bioma: é uma fronteira de soberania, presença e integração. O vasto território amazônico exige vigilância constante, tecnologia avançada e cooperação entre instituições civis e militares para garantir a proteção de suas populações, de seus recursos naturais e de suas infraestruturas críticas. Nesse contexto, o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam) desempenha papel essencial ao integrar informações, monitorar o território e transformar dados em conhecimento estratégico para a tomada de decisão.

Em um mundo em constante transformação, o conhecimento científico é um dos principais instrumentos de soberania, de desenvolvimento e de integração entre os povos. Publicar esta obra de caráter científico sobre a Amazônia é muito mais do que reunir artigos e estudos: é materializar o compromisso do Brasil com a verdade, com a ciência e com o futuro sustentável do seu território.

O lançamento desta revista ocorre em um momento particularmente oportuno: o Brasil se prepara para sediar a COP30, conferência global do clima que colocará a Amazônia no centro das discussões sobre o futuro ambiental do planeta. Esse contexto amplia a relevância desta publicação, que nasce alinhada ao espírito da conferência — de união entre ciência, política e sociedade em torno de soluções concretas para a crise climática. Trata-se, portanto, de uma contribuição estratégica que reafirma o papel do país como liderança regional e voz ativa na agenda ambiental internacional.

Cada texto aqui apresentado é um elo na construção do saber que orienta políticas públicas, fortalece a Defesa Nacional e inspira novas soluções para desafios complexos que ultrapassam fronteiras e disciplinas.

Instituições, como a Escola Superior de Defesa (ESD), refletem, junto ao Censipam, o valor civilizatório da ciência. A ESD, ao integrar civis e militares em ambientes de reflexão estratégica, promove a cultura de defesa e o pensamento crítico sobre segurança e soberania. Já o Censipam, ao transformar dados em conhecimento aplicado à gestão territorial e ambiental, converte tecnologia em instrumento de proteção, sustentabilidade e presença do Estado na Amazônia.

Os trabalhos reunidos nesta obra abordam temas fundamentais à compreensão da geopolítica, da sustentabilidade e da defesa da Amazônia. Entre eles, destacam-se a importância dos núcleos estratégicos amazônicos, o ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), e de perspectivas de inovação tecnológica para uso na Amazônia Azul, tal como SipamMar, os riscos do crime organizado transnacional, as frentes de garimpo e os alertas geoespaciais, bem como os impactos das mudanças climáticas sobre a região.

Os policy papers ampliam essa análise ao tratar de temas estratégicos, como os efeitos climáticos na segurança e defesa, a exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e a gestão de resíduos recicláveis no Exército Brasileiro.

Já os autores convidados enriquecem a obra ao refletir sobre a gestão soberana e sustentável da Amazônia e os avanços do Censipam no contexto da COP30, reafirmando o papel de liderança do Brasil em ciência, tecnologia e sustentabilidade.

Ao reunir diferentes olhares — científicos, estratégicos e institucionais — esta publicação reafirma a convicção de que a verdadeira defesa da Nação começa pelo conhecimento. Proteger a Amazônia é proteger o Brasil, e fortalecer a ciência é garantir que essa proteção se sustente em bases sólidas, éticas e duradouras. Nesse sentido, ESD e Censipam sentem-se honrados em compartilhar a publicação deste dossiê temático.

O valor de proteger a Amazônia e de cultivar a ciência não pode ser medido em cifras. Ambos se traduzem em soberania, solidariedade e esperança — expressões da capacidade do país de unir tecnologia, sensibilidade e compromisso humano em favor da vida. Cuidar da Amazônia é cuidar de nós mesmos; promover o conhecimento é preparar o futuro. Em ambos os gestos, afirma-se a essência do que é ser uma Nação: consciente, responsável e profundamente comprometida com o que é essencial, vital e eterno.

RICHARD FERNANDEZ NUNES

General de Exército (R1)
Diretor Geral do Censipam

CARLA LYRIO MARTINS

Major-Brigadeiro Médica
Comandante e Reitora de Escola
Superior de Defesa (ESD)



Editorial

Prezados leitores,

Temos a satisfação de, na presente edição da Revista de Segurança, Desenvolvimento e Defesa (RSDD), publicarmos o dossiê “Por uma Amazônia soberana e sustentável: desafios e oportunidades”. Além de autores convidados, os artigos e os *policy papers* foram selecionados por meio de chamada aberta e tratam de desafios e oportunidades de defesa e segurança no contexto inédito da realização da Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP30) em uma cidade amazônica.

Esta edição é fruto da parceria entre a Escola Superior de Defesa (ESD) e o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), ambos subordinados ao Ministério da Defesa. Os trabalhos foram coordenados pelo Prof. Dr. Oscar Medeiros Filho, da ESD, e pela Dra. Edileuza de Melo Nogueira, do CENSIPAM.

Os temas abordados nesta edição consideram a centralidade da Amazônia (incluindo a chamada “Amazônia Azul”) nas dinâmicas climáticas globais, discutindo os desafios e oportunidades que envolvem a proteção e o futuro sustentável da região. Trata-se de uma abordagem ampla, que contempla temáticas como: mudanças climáticas (ameaças, riscos e vulnerabilidades); cooperação internacional e regional e parcerias estratégicas para a governança da Amazônia; mecanismos de comando e controle; e desenvolvimento sustentável e tecnologias.

Coerente com a proposta da revista, esta edição está organizada em três seções. A primeira apresenta artigos científicos, tratando de temas diversos, da geopolítica aos impactos das mudanças climáticas na Amazônia. A segunda seção é composta de *policy papers*, de natureza mais propositiva, que discutem implicações e oferecem recomendações sobre assuntos relacionados à temática. A terceira seção é composta por ensaios de autores especialmente convidados para compor este dossiê.

Esperamos que os textos agora publicados contribuam para a reflexão e difusão de ideias sobre os desafios e as oportunidades no campo da segurança nacional no contexto da realização da COP-30 no Brasil.

Desejamos a todos uma boa leitura!

Os Editores



Artigos Científicos

Nesta seção encontraremos artigos científicos que tratam, de maneira interdisciplinar, temas relacionados a questões geopolíticas e operacionais da proteção soberana e sustentável dos nossos ativos estratégicos.

São abordados assuntos que incluem os desafios e as oportunidades relacionadas à Amazônia, destacando-se a importância dos seus “Núcleos Estratégicos” e o “ressurgimento” da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA).

Os debates não ficam restritos à Amazônia “verde”. Um dos artigos trata da “Amazônia Azul” sob uma perspectiva brasileira no contexto da geopolítica do Atlântico Sul. Outro, descreve o “SipamMar”, um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo.

Há espaço, ainda, para a discussão dos desafios de segurança na Amazônia, com o artigo que aborda a ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da região. Nesse contexto, um dos textos apresenta um indicador geoespacial de frentes de garimpo, desenvolvido a partir do sistema de alertas de garimpo.

Como não poderia deixar de faltar em um dossiê voltado para a COP-30, esta seção reúne dois artigos que abordam temas ligados às mudanças climáticas na Amazônia e seus impactos ambientais, a partir de dados sobre aumento de temperatura e alterações no padrão de precipitação na região.

Geopolítica da Pan-Amazônia: o papel do Brasil e o poder transformador de seus núcleos estratégicos¹

Geopolitics of Pan-Amazonia: Brazil's role and the transformative power of its strategic hubs

Geopolítica de la Pan-Amazônia: el papel de Brasil y el poder transformador de sus núcleos estratégicos

Géopolitique de la Pan-Amazonie : le rôle du Brésil et le pouvoir transformateur de ses noyaux stratégiques

Data de submissão: 30 de maio de 2025

Data da aprovação: 12 de agosto de 2025

*Guilherme Sandoval Góes²
Carlos Alberto Rattmann³*

Resumo

A Pan-Amazônia é uma ampla região transfronteiriça situada na porção norte da América do Sul, englobando áreas pertencentes a nove países e abrangendo a Floresta Amazônica, que emerge como uma zona estratégica, com grande relevância ambiental, social e geopolítica. Essa região se sobressai pela diversidade etnológica, pela abundância de recursos hídricos e pela presença de recursos naturais estratégicos, enriquecida por uma biodiversidade singular. Tais características despertam o interesse de diversos atores internacionais, ao mesmo tempo em que impõem complexos desafios de caráter transfronteiriço. Desarte, este artigo tem como objetivo principal analisar o poder transformador dos núcleos estratégicos (indústria, academia e governo) do Brasil como os principais vetores para impulsionar o desenvolvimento da Pan-Amazônia como um todo. Nesse sentido, parte da hipótese de que a articulação estratégica entre empresas, universidades e o Estado brasileiro é decisiva para converter o potencial da Pan-Amazônia em poder concreto para todos os países da região. Cabe ao Brasil liderar esta aliança estratégica, no âmbito da concepção mais ampla da Grande Estratégia da Tríplice Triáde (Góes, 2024), como a chave para um futuro de prosperidade para a região. Esta pesquisa, exploratória e qualitativa, fundamenta-se em referências bibliográficas e documentos, propondo uma Grande Estratégia Pan-Amazônica sob liderança brasileira

Palavras-chave: geopolítica, Pan-Amazônia, núcleos estratégicos.

Abstract

Pan-Amazonia is a vast transboundary region in northern South America. It encompasses areas belonging to nine countries and includes the Amazon Rainforest, which stands out as a strategic zone with significant environmental, social, and geopolitical relevance. This region is notable for its ethnological diversity,

¹Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

²Coordenador do PPGSID da Escola Superior de Guerra (ESG). Pós-doutor em Geopolítica, Cultura e Direito pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Doutor e Mestre em Direito pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Professor emérito da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME).

³Doutorando e Mestre em Ciências Aeroespaciais pelo Programa de Pós-graduação (PPGCA) da Universidade da Força Aérea (UNIFA). Advogado especialista em Direito Internacional pela Universidade Positivo (UP). Bacharel em Direito pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

abundant water resources, and a wealth of strategically important natural assets, all enriched by unique biodiversity. These characteristics attract the interest of various international actors while simultaneously posing complex transboundary challenges. Therefore, this article primarily aims to analyze the transformative power of Brazil's strategic hubs (industry, academia, and government) as the main drivers for fostering the development of Pan-Amazonia as a whole. The underlying hypothesis is that the strategic articulation among companies, universities, and the Brazilian State is crucial to convert Pan-Amazonia's potential into tangible power for all countries in the region. Brazil is poised to lead this strategic alliance, within the broader concept of the Grand Strategy of the Triple Triad (Góes, 2024), as the key to a prosperous future for the region. This exploratory and qualitative research is based on bibliographical sources and official documents, proposing a Pan-Amazonian Grand Strategy under Brazilian leadership.

Keywords: geopolitics, Pan-Amazon, strategic centers.

Resumen

La Pan-Amazônia es una amplia región transfronteriza situada en la parte norte de América del Sur, que abarca territorios pertenecientes a nueve países e incluye la Selva Amazónica, la cual se erige como una zona estratégica de gran relevancia ambiental, social y geopolítica. Esta región destaca por su diversidad etnológica, la abundancia de recursos hídricos y la presencia de recursos naturales estratégicos, enriquecida por una biodiversidad singular. Tales características suscitan el interés de diversos actores internacionales, al tiempo que plantean complejos desafíos de carácter transfronterizo. En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo principal analizar el poder transformador de los núcleos estratégicos (industria, academia y gobierno) de Brasil como los principales vectores para impulsar el desarrollo de la Pan-Amazônia en su conjunto. Se parte de la hipótesis de que la articulación estratégica entre empresas, universidades y el Estado brasileño es decisiva para convertir el potencial de la Pan-Amazônia en poder concreto para todos los países de la región. Corresponde a Brasil liderar esta alianza estratégica, en el marco de la concepción más amplia de la Gran Estrategia de la Tríptica Triada (Góes, 2024), como clave para un futuro de prosperidad para la región. Esta investigación, de carácter exploratorio y cualitativo, se fundamenta en referencias bibliográficas y documentos, proponiendo una Gran Estrategia Pan-Amazónica bajo liderazgo brasileño.

Palabras clave: geopolítica, Pan-Amazônia, núcleos estratégicos.

Résumé

La Pan-Amazone est une vaste région transfrontalière située dans la partie nord de l'Amérique du Sud, englobant des territoires appartenant à neuf pays et comprenant la Forêt amazonienne, qui se présente comme une zone stratégique de grande importance environnementale, sociale et géopolitique. Cette région se distingue par sa diversité ethnologique, l'abondance de ses ressources hydriques et la présence de ressources naturelles stratégiques, enrichie par une biodiversité singulière. Ces caractéristiques suscitent l'intérêt de divers acteurs internationaux, tout en posant de complexes défis de nature transfrontalière. Ainsi, le présent article vise principalement à analyser le pouvoir transformateur des noyaux stratégiques (industrie, université et gouvernement) du Brésil en tant que principaux vecteurs pour stimuler le développement de l'ensemble de la Pan-Amazone. L'hypothèse de départ est que l'articulation stratégique entre les entreprises, les universités et l'État brésilien est décisive pour convertir le potentiel de la Pan-Amazone en pouvoir concret pour tous les pays de la région. Il revient au Brésil de diriger cette alliance stratégique, dans le cadre de la conception plus large de la Grande Stratégie de la Triple Triade (Góes, 2024), en tant que clé pour un avenir prospère dans la région. Cette recherche, de nature exploratoire et qualitative, s'appuie sur des références bibliographiques et des documents, et propose une Grande Stratégie pan-amazonienne sous leadership brésilien.

Mots-clés : géopolitique, Pan-Amazone, noyaux stratégiques.



1 INTRODUÇÃO

A Pan-Amazônia é uma ampla região situada na porção norte da América do Sul, abrangendo áreas pertencentes a nove países: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname, Venezuela e Guiana Francesa (território ultramarino francês). Trata-se de uma região que é berço da maior floresta tropical e da mais rica reserva de biodiversidade do planeta, representando um espaço geopolítico com vasto patrimônio ecológico, que ainda não está devidamente explorado pelos países amazônicos que a compartilham. Converter em poder real todo este imenso potencial energético, ambiental/verde, aquífero, de biodiversidade, conhecimento ancestral dos povos indígenas e de recursos naturais, demanda ações coordenadas dos verdadeiros vetores do desenvolvimento: os núcleos estratégicos – as empresas, as universidades e os entes estatais brasileiros, em articulação com seus pares nos demais países amazônicos.

Com efeito, a Pan-Amazônia só conseguirá realizar plenamente todo este potencial geopolítico se houver ações sinérgicas de seus núcleos estratégicos, sejam brasileiros, sejam dos demais países da região. Empresas inovadoras, universidades geradoras de conhecimento tecnológico e governos atuando como órgãos financiadores e reguladores, dentro de cada nação amazônica e em estreita cooperação regional, serão os atores transformadores, que podem garantir um futuro de desenvolvimento e bem-estar social para a região e seus povos.

O surgimento do movimento ambientalista, entre as décadas de 1960 e 1970, colocou os recursos naturais e o meio ambiente no centro dos debates econômicos, sociais e políticos. Sua crítica ao modelo de desenvolvimento da época revelava não apenas um conflito, mas uma potencial contradição entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental (Damasceno et al., 2011).

Nessa conjuntura, em 1978, Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela formalizaram o Tratado de Cooperação Amazônica visando o desenvolvimento regional equilibrado. Esse acordo buscava assegurar a distribuição equitativa dos benefícios econômicos e conciliar o crescimento com a preservação ambiental por meio da cooperação multilateral. No Brasil, o tratado foi internalizado em 18 de agosto de 1980, por meio do Decreto nº 85.050, consolidando-se como um marco significativo da diplomacia ambiental na região.

Um conceito fundamental que surge no contexto do Tratado é o de Pan-Amazônia, referindo-se ao território amazônico compartilhado pelos países que assinaram o Tratado de Cooperação Amazônica. Essa noção vai além da dimensão geográfica, abrangendo a visão integrada de desenvolvimento sustentável e gestão cooperativa dos recursos naturais entre as nações participantes. Isso permite uma distribuição equitativa dos benefícios desse desenvolvimento entre elas.

Nessa mesma perspectiva, Souza (2014) define a Pan-Amazônia como uma ideia que:

[...] nasce da junção de todos os espaços pertencentes à drenagem da bacia amazônica, e que tem florestas densas e úmidas. No entanto, esse conceito que tem em sua origem aspectos naturais estendeu-se para o âmbito social a partir da percepção dos problemas que se assemelham e que tem propiciado um conflito territorial, o que fortalece uma geopolítica dos grupos étnicos em torno da resistência aos impactos socioambientais das políticas desenvolvimentistas na região. (Souza, 2014, p. 59).

A Pan-Amazônia compreende o maior bioma florestal tropical e o mais extenso sistema hidrográfico em escala global, ocupando uma área de aproximadamente 7,8 milhões de quilômetros quadrados, distribuídos territorialmente entre nove países. Do ponto de vista geopolítico e econômico, destaca-se que essa macrorregião biogeográfica, com expressiva concentração espacial no território brasileiro, que detém 67,8% da área total, confere ao Brasil notável preponderância no contexto regional, contrastando com a participação de outras nações, como o Peru, cuja parcela territorial amazônica se limita a 13% do total (Penna Filho, 2013).

Segundo o Ministério das Relações Exteriores do Brasil (2025):

A Região Amazônica é tema incontornável nos debates internacionais contemporâneos sobre recursos naturais, desenvolvimento sustentável, mudança do clima e biodiversidade. Com população de aproximadamente 38 milhões de pessoas, a Amazônia ocupa 40% do território sul-americano e abriga a maior floresta megadiversa do mundo, habitat de 20% de todas as espécies de fauna e flora existentes. A Bacia Amazônica contém cerca de 20% da água doce da superfície do planeta. O Ciclo Hidrológico Amazônico alimenta um complexo sistema de aquíferos e águas subterrâneas, que pode abranger uma área de quase 4 milhões de km² (Brasil, 2025).

Devido à importância estratégica da Amazônia, os países que integram esse ecossistema lidam com desafios significativos e, simultaneamente, oportunidades. Seguindo essa linha, e buscando harmonizar e intensificar a cooperação regional, os países signatários do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) aprovaram, em Caracas (Venezuela), o Protocolo de Emenda ao tratado, duas décadas após sua assinatura. Tal iniciativa resultou na criação da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), uma instituição internacional dotada de estrutura permanente e financiamento próprio (Brasil, 2025).

Em dezembro de 2002, o Governo brasileiro e a OTCA assinaram um acordo que estabeleceu a sede da Secretaria Permanente da Organização em Brasília. É importante ressaltar que, até o momento, a OTCA permanece como a única organização internacional multilateral com sede no Brasil (Brasil, 2025).

Para a consecução dos objetivos almejados pelos países integrantes da OTCA, torna-se imprescindível a adoção da cultura dos núcleos estratégicos visando o desenvolvimento econômico sustentável, respeitando a preservação ambiental, e proporcionando bem-estar às populações locais. Assim, o presente artigo visa compreender como a articulação entre empresas, universidades e entes estatais na Pan-Amazônia serve como condição necessária para consolidar esse espaço pan-amazônico como vetor de poder geopolítico de relevância regional, em conformidade com os preceitos de soberania, desenvolvimento sustentável e integração sul-americana.

Com efeito, a partir do conceito de núcleos ou atores estratégicos — aqui concebidos como uma expansão do tradicional conceito de tríplice hélice (empresas, universidades/instituições de pesquisa e governo) —, que, agindo em plena sinergia, devem promover o desenvolvimento nacional, eliminar a pobreza e a marginalização, além de reduzir as desigualdades sociais e regionais, dentro de uma sociedade livre, justa e solidária, conforme delineado nos incisos I a IV do art. 3º da Constituição Federal.⁴

Nesse contexto, a consolidação da OTCA alinha-se não somente ao disposto no artigo 4º, parágrafo único, mas, principalmente, ao artigo 3º, incisos I a IV, da Constituição de 1988 (Brasil, 2024), que estabelecem como objetivos da República Federativa do Brasil a integração econômica, política, social e cultural dos povos da América Latina, visando à formação de uma comunidade latino-americana de nações, bem como os pilares do desenvolvimento nacional ancorados na busca pela redução das desigualdades sociais e regionais, a erradicação da pobreza e da marginalização e a promoção de vida digna para todos os brasileiros.

Isso significa que a formulação de uma “Grande Estratégia da Pan-Amazônia” deve prever ações estratégicas do Estado, sincronizadas, para criar empresas e fortalecer as universidades e os centros de pesquisa da região. Ou seja, a resiliência e a ampliação da hélice tríplice da região (indústria-academia-governo) têm o potencial de ser a principal via para garantir os direitos fundamentais das populações indígenas e ribeirinhas da Pan-Amazônia. Efetivamente, a formulação de tal estratégia pode ser crucial para a proteção dessas comunidades que têm uma conexão profunda com a terra e dependem dela para a preservação da sua diversidade cultural, linguística e biológica. Garantir seus direitos é, portanto, não apenas uma questão de justiça social, mas também uma necessidade estratégica para o Brasil, aí incluído o ganho exponencial positivo que a nossa projeção internacional pode adquirir no seio do Sistema de Governança Global.

Além disso, a estratégia tem o potencial de desempenhar um papel significativo na preservação ambiental da Pan-Amazônia, que é um dos ecossistemas mais ricos e diversos do mundo, e sua proteção é vital para a regulação do clima global e para a saúde do nosso planeta. Seu grande desafio é construir um arquétipo estratégico capaz de encontrar o ponto de equilíbrio entre a necessidade de conservação ambiental e o desenvolvimento econômico e social da região pan-amazônica.

Assim, para a harmonização desses valores constitucionais que colocam em tensão o desenvolvimento nacional e a proteção do meio ambiente, a Grande Estratégia da Pan-Amazônia deve buscar o princípio da concordância prática, que pressupõe concessões mútuas entre esses dois dispositivos constitucionais de mesma dignidade normativa.

Em suma, saliente-se que esses preceitos constitucionais representam uma diretriz geopolítica fundamental para a Grande Estratégia brasileira. Contudo, embora a integração latino-americana seja o caminho mais promissor a longo prazo, sua implementação enfrenta desafios estruturais e políticos complexos. Nesse contexto, a OTCA emerge como um mecanismo estratégico mais viável no cenário regional, por concentrar-se na Pan-Amazônia, uma área de interesses comuns e prioridades tangíveis para os países membros.

⁴Assim, por núcleos estratégicos entendem-se todos aqueles atores, entes, empresas ou segmentos, privados ou estatais, quer sejam econômicos, comerciais, tecnológicos, acadêmicos, científicos, financeiros, normativos / reguladores ou industriais, desde que sejam capazes de participar eficazmente da competição internacional sob os influxos das cadeias globais de produção, conhecimento e valor, com ou sem investimento por parte do Estado brasileiro. (Góes, 2022, p. 70).



Diante desse cenário, portanto, cabe ao Brasil, enquanto guardião natural da maior parcela territorial da Pan-Amazônia, a missão de reger essa orquestra geopolítica, afinando seus Núcleos Estratégicos e sincronizando os instrumentos diplomáticos para alcançar um concerto exitoso. Por fim, essa situação se traduz no simples apotegma: “Ou o Brasil assume sua natural liderança na América do Sul ou se subordina geopoliticamente a um ou mais centros de poder, principalmente à China ou aos Estados Unidos” (Góes, 2024, p. 38).

2 A GEOPOLÍTICA DA PAN-AMAZÔNIA E A CONSTRUÇÃO DE UMA GRANDE ESTRATÉGIA MULTILATERAL BRASILEIRA

Desde os primórdios da colonização até a contemporaneidade, a Amazônia tem sido alvo de estratégias de exploração econômica e ocupação territorial primordialmente voltadas a atender demandas exógenas. A soberania sobre esta região sempre constituiu elemento crucial na política externa brasileira, como evidenciado já no período colonial pela expansão portuguesa além dos limites do Tratado de Tordesilhas, um movimento geopolítico decisivo para assegurar o domínio luso sobre a bacia amazônica (Aguiar Cavalcante, 2025).

Sob essa ótica, destaca-se a contribuição da professora Bertha Becker (2005), cuja abordagem geopolítica ressalta que:

A geopolítica sempre se caracterizou pela presença de pressões de todo tipo, intervenções no cenário internacional desde as mais brandas até guerras e conquistas de territórios. Inicialmente, essas ações tinham como sujeito fundamental o Estado, pois ele era entendido como a única fonte de poder, a única representação da política, e as disputas eram analisadas apenas entre os Estados. Hoje, esta geopolítica atua, sobretudo, por meio do poder de influir na tomada de decisão dos Estados sobre o uso do território, uma vez que a conquista de territórios e as colônias tornaram-se muito caras (Becker, 2005, p. 71).

Nessa mesma perspectiva analítica, Ferreira (2024) posiciona a Amazônia como eixo estruturante das políticas de desenvolvimento nacional, sob a ótica do poder central, argumentando que:

A Amazônia, de modo mais intenso que outras regiões do Brasil, dada a sua importância estratégica, geopolítica e ambiental, foi e continua sendo alvo de diversos planos governamentais direcionados a seu processo de ocupação e de uso de seu território, como resultado de um planejamento geopolítico para a efetiva incorporação dessa imensa região ao território nacional, com o objetivo de integrá-la à economia nacional e estimular a migração (Ferreira, 2024, p. 29).

Contudo, na formulação de políticas transnacionais para a área da Pan-Amazônia brasileira, observa-se a prevalência dos interesses comerciais e do desenvolvimento econômico-produtivo sobre as dimensões sociais, ambientais e de segurança coletiva (Souza Leite Garcia et al., 2024). Essa região estratégica abriga sistemas hídricos transfronteiriços, como é o caso da bacia internacional do rio Amazonas, o aquífero Alter do Chão, complexos lacustres e reservas freáticas. Dispõe, ainda, de uma infraestrutura logística hídrica, com vias fluviais essenciais para o transporte de pessoas (mobilidade populacional), da produção agrícola local e dos recursos naturais extraídos do território. Por fim, essa região se destaca por um patrimônio ecológico único dotado de biomas terrestres de relevância global e ecossistemas fundamentais para o equilíbrio ambiental.

Na visão de Kourliandsky (2023) o interesse pela região amazônica tem suas raízes no século XVI:

A Amazônia responde a um imaginário europeu posteriormente ocidentalizado. Esse imaginário, ainda que multifacetado, foi construído por colonizadores espanhóis, franceses e portugueses desde o século XVI. Posteriormente, foi “enriquecido” pelas potências “imperiais” do século XIX e, atualmente, pelas potências do G7 e suas organizações não governamentais (Kourliandsky, 2024, p. 6, tradução nossa).



Já em 1938, Mario Travassos destacava a necessidade de o Brasil reconhecer a grandiosidade geográfica da região amazônica. Com efeito, a Pan-Amazônia, formada pelos nove países que compartilham o bioma amazônico – Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname, Venezuela e Guiana Francesa – constitui-se como uma das regiões mais estratégicas do mundo sob os aspectos ambientais, econômicos, culturais e geopolíticos.

Diante da crescente pressão internacional pela preservação ambiental, somada aos desafios internos de desenvolvimento socioeconômico e integração regional, torna-se indispensável que o Brasil exerça uma liderança proativa e responsável na formulação de uma Grande Estratégia multilateral para a Pan-Amazônia.

É nesse diapasão que se pretende salientar a relevância geopolítica da região para o Brasil, bem como a necessidade de harmonização entre preservação ambiental e desenvolvimento sustentável e, sobretudo, a urgência de consolidação de uma grande estratégia multinacional sob a liderança brasileira, tendo a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) como plataforma institucional prioritária.

Dessarte, a OTCA se apresenta como o mecanismo multilateral mais adequado para coordenar os interesses convergentes e mediar as tensões entre os países amazônicos. Como já visto, criada em 1978 e revitalizada nos últimos anos, a organização possui a legitimidade e o escopo jurídico-institucional necessário para abrigar uma Grande Estratégia Pan-Amazônica, capaz de articular políticas ambientais, econômicas, de segurança e sociais, sob a lógica da soberania compartilhada e da solidariedade regional.

A liderança brasileira na OTCA não deve se restringir à defesa de interesses nacionais, mas assumir a responsabilidade de construir consensos e arquitetar uma estratégia de longo prazo que busque o equilíbrio entre conservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico. Isso implica, necessariamente, harmonizar os princípios constitucionais da promoção do desenvolvimento nacional e da proteção do meio ambiente por meio do princípio da concordância prática, evitando hierarquizações normativas e privilegiando soluções integradoras.

A integração pan-amazônica enfrenta desafios complexos: disparidades econômicas entre os países-membros, instabilidades políticas, insuficiência de infraestrutura de transporte e comunicação, além de interesses geopolíticos extrarregionais divergentes. Contudo, a região também oferece oportunidades únicas de cooperação científica, desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis e valorização dos saberes tradicionais.

A articulação de projetos conjuntos de pesquisa sobre mudanças climáticas, manejo sustentável de recursos naturais e segurança alimentar, aliados a programas de capacitação profissional e inclusão digital, poderá transformar a Pan-Amazônia em um laboratório global de desenvolvimento sustentável e inovação socioambiental.

Como, por exemplo, o Planejamento Espacial Marinho (PEM) que, segundo a fundamentação teórica de Andrade e Carvalho (2025), se caracteriza como:

[...] uma ferramenta internacionalmente conhecida para a organização e governança dos espaços marinhos e das atividades, econômicas ou não, desenvolvidas nesses espaços. Sendo um processo público de mapeamento e análise da área marítima que envolve múltiplos interesses, atores e fatores, mostra-se uma tarefa complexa. O PEM é uma necessidade do Estado brasileiro consonante com o compromisso assumido pelo país perante a comunidade internacional (Andrade e Carvalho, 2025, p. 6).

Diante da crescente complexidade das dinâmicas securitárias globais e do papel estratégico do Brasil no desenvolvimento sustentável da Amazônia, o país precisa implementar uma atuação multidimensional que combine via diplomática ativa, estratégias integradas e cooperação multinível entre os integrantes da OTCA.

Para concluir, nesse sentido, ressalte-se a visão de Spader (2024) acerca deste tema:

[...] o Brasil tem implementado políticas públicas em diversas esferas do Poder Nacional para promover a proteção ambiental da Amazônia Legal, com vistas à manutenção da soberania territorial. Essas iniciativas visam fortalecer a governança ambiental; aumentar a presença estatal no Norte; combater o desmatamento e o garimpo ilegal; promover a pesquisa e inovação; e garantir a sustentabilidade da Amazônia Legal. Ainda, soluções multilaterais estão no escopo da segurança ambiental brasileira, nas quais é reconhecida a importância da cooperação internacional para lidar com os desafios socioambientais na Região (Spader, 2024, p. 14).



A Pan-Amazônia constitui um espaço geopolítico singular, onde se interpõem desafios complexos e oportunidades estratégicas que demandam do Brasil o exercício de uma liderança proativa e responsável. Essa atuação deve pautar-se pelos interesses nacionais e regionais, em consonância com os princípios constitucionais e compromissos internacionais assumidos, na conjugação de desenvolvimento sustentável com a preservação do bioma amazônico.

3 A PAN-AMAZÔNIA COMO UM DOS ALICERCES DA TRÍADE SUL-AMERICANA NO ÂMBITO DA GRANDE ESTRATÉGIA BRASILEIRA DO SÉCULO XXI

O posicionamento do Brasil na emergente ordem multipolar constitui um desafio estratégico fundamental para o país no século XXI. Diante da reconfiguração do poder global há duas opções: assumir papel de protagonista na construção desta nova arquitetura internacional ou desempenhar um papel periférico, adotando uma posição meramente espectadora diante do contexto mundial.

O Brasil precisa, com urgência, de uma Grande Estratégia, um projeto que vá além da Estratégia Nacional de Defesa (END), da Política de Defesa Nacional (PND) ou de planos econômicos isolados. Essa visão abrangente deve integrar todos os instrumentos de poder nacional, no âmbito político, econômico, militar e diplomático, para alcançar os objetivos permanentes da nação, que estão definidos em nossa Constituição.

Como magistralmente expressou Meira Mattos, nosso conceito de desenvolvimento é profundamente democrático e se nutre das raízes da filosofia cristã. Longe de se restringir a um mero crescimento econômico, o verdadeiro desenvolvimento, para ser autêntico, deve ser integral, isto é, precisa promover simultaneamente todos os homens em sua plenitude e cada homem em sua totalidade (Mattos, 1975).

Nesse sentido, para examinar a Pan-Amazônia como um dos alicerces da tríade sul-americana, é necessário antes compreender as bases fundantes da Grande Estratégia da Tríplice Tríade (Góes, 2024), que organiza a projeção internacional do País a partir de três tríades interdependentes (sul-americana, atlântica e do poder mundial), dentro de uma visão mais abrangente e integrada das prioridades estratégicas do Brasil. Essas tríades refletem os principais desafios internos e externos do Brasil no cenário global e suas ambições geopolíticas de se posicionar entre as cinco primeiras potências globais.

O primeiro eixo estratégico, **Tríade Sul-americana**, postula a América do Sul como espaço vital (lebensraum) do Brasil, área de influência fundamental para projetar seu poder e consolidar seu protagonismo na nova configuração da ordem global pós-moderna. Por conseguinte, o desafio central da Grande Estratégia brasileira consiste em articular sinergicamente os três eixos geopolíticos fundamentais da América do Sul: o Arco Amazônico, o Pacto Andino e o Cone Sul. Nesse contexto tridimensional, analisa-se igualmente as possibilidades de projeção brasileira rumo ao Oceano Pacífico.

A segunda dimensão estruturante da Grande Estratégia brasileira configura-se na **Tríade Atlântica**, concebida como pilar fundamental da política oceânica nacional. Este eixo estratégico integra três componentes essenciais: a Amazônia Azul (área marítima soberana); a projeção estratégica para a África Ocidental e o espaço lusófono (CPLP)⁵ e a presença na Frente Antártica. Paralelamente à função da Tríade Sul-americana como vetor de expansão para o Pacífico, a Tríade Atlântica incorpora igualmente a projeção de interesses brasileiros em direção ao Oceano Ártico, completando assim o espectro de atuação oceânica do país.

Assim, partindo do pressuposto de que a oceanopolítica representa a dimensão marítima da geopolítica global, compreende-se que a oceanopolítica brasileira consiste na estratégia de utilização dos espaços oceânicos como vetor de desenvolvimento nacional e projeção de poder do Estado brasileiro.

O terceiro eixo estruturante, denominado **Tríade do Poder Mundial**, articula as relações estratégicas do Brasil com os três principais centros de poder mundial: Estados Unidos, Europa e China. Evidentemente, sem prejuízo das relações com outras potências relevantes como Rússia, Índia e Japão. Neste âmbito, a plena inserção competitiva do Brasil nas cadeias globais de valor, incluindo suprimentos, produção e inovação, requer uma abordagem tripartite que contemple simultaneamente os mercados norte-americano, europeu e asiático, com ênfase especial no dinamismo chinês.

Como eixo central desta tríade de influência global, destaca-se o imperativo de formular uma Grande Estratégia brasileira autônoma, capaz de engajar-se com esses polos hegemônicos sem subordinação geopolítica, preservando a independência decisória nacional.

⁵Comunidade dos Países de Língua Portuguesa

O diagrama abaixo (Figura 1) delinea os pilares fundamentais da Grande Estratégia brasileira para o século XXI, com ênfase no desenvolvimento integrado do ecossistema inovador: a articulação produtiva entre setor industrial, instituições acadêmicas e políticas governamentais.

Figura 1 - A estratégia brasileira da Tríplice triade



Fonte: Adaptado de Góes (2024).

Segundo Góes (2024), a Grande Estratégia Nacional brasileira fundamenta-se em três premissas essenciais:

- a) a primeira premissa é que seus objetivos inerentes são os objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil já devidamente catalogados na Constituição, ou seja, os objetivos da Grande Estratégia brasileira são os objetivos previstos no artigo 3º, incisos I a IV, da CRFB/88;
- b) a segunda premissa é que a Grande Estratégia deve ser formulada com o compromisso inafastável de concretizar o imperativo categórico da geopolítica brasileira: elevar nossa Nação a uma posição de destaque entre as cinco maiores potências do globo;
- c) a terceira premissa é que se deve priorizar as ações estratégicas intrinsecamente vinculadas aos nossos quatro grandes arquétipos geopolíticos, os quais conferem ao Brasil a condição de superpotência nos âmbitos energético, alimentar, ambiental e aquífero (Góes, 2024, p. 44-45).

Portanto, o terceiro eixo estratégico para o século XXI consolida-se na priorização do desenvolvimento nacional baseado em quatro arquétipos geopolíticos fundamentais que projetam o Brasil como: superpotência energética, superpotência alimentar, superpotência aquífera e superpotência ambiental (Figura 2).

Nesse contexto, as vocações estratégicas do Brasil como superpotência hídrica e ambiental estão intrinsecamente vinculadas ao bioma Pan-Amazônico integrado ao seu território nacional.

Figura 2 - Arquétipos geopolíticos fundantes da Grande Estratégia brasileira no século XXI



Fonte: Adaptado de Góes (2024).



No bojo dessa estratégia, destaca-se a aplicação do conceito expandido de tríplice hélice – empresas, universidades e governo – como eixo estruturante para a criação de núcleos estratégicos regionais. A atuação sinérgica desses atores, organizada em plataformas de cooperação regional e transnacional, pode promover o desenvolvimento econômico, a inovação tecnológica e a inclusão social, reduzindo desigualdades e fortalecendo a integração latino-americana, conforme estabelecido no artigo 3º, incisos I a IV, da Constituição Federal de 1988.

Essa metodologia propõe não apenas o fortalecimento das instituições locais de ensino e pesquisa e a criação de empresas voltadas para a bioeconomia, energias renováveis e serviços ambientais, mas também a implementação de políticas públicas capazes de garantir os direitos das comunidades tradicionais e indígenas, cuja relação simbiótica com a floresta é essencial para a preservação dos saberes, culturas e práticas que sustentam a diversidade biológica e cultural da região.

Eis aqui a base fundante da geopolítica da Pan-Amazônia, qual seja, a articulação das ações de empresas, universidades e países amazônicos, voltada para os desafios do desenvolvimento sustentável da região. Para alcançar esse objetivo, é imprescindível, por conseguinte, compreender o processo histórico de ocupação dessa região como um dos pilares para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

O Brasil, como maior detentor de seu território e ator de destaque no cenário internacional, exerce influência decisiva na América do Sul. As políticas adotadas pelo país ao longo do tempo servem não apenas como referência, mas também como lição para outras nações, seja como modelo a ser seguido, seja como advertência sobre possíveis equívocos (Rito, 2024).

Nesse sentido, para conquistar seu reconhecimento como guardião internacional da Amazônia, o Brasil deve empreender uma análise crítica de suas políticas históricas de ocupação e desenvolvimento regional, identificando tanto avanços quanto contradições inerentes a esse processo. Dessa avaliação, será possível extrair subsídios teóricos e empíricos capazes de fundamentar um modelo de gestão sustentável, adaptado às complexidades biogeográficas e socioculturais da região.

Em suma, para converter seu imenso potencial em poder real, é necessário formular uma estratégia multinacional da Pan-Amazônia, onde a atuação do setor empresarial e industrial é crucial para desenvolver cadeias produtivas de alto valor agregado e baixo impacto ambiental.

Urge, pois, fixar investimentos em bioeconomia (fármacos, cosméticos, bioprodutos), bem como em tecnologias verdes e serviços ambientais (como créditos de carbono), capazes de gerar riqueza diretamente na região, criando empregos qualificados e promovendo a substituição do desmatamento e do garimpo ilegal. Nesse diapasão, empresas nacionais e regionais, apoiadas por ações estratégicas dos Estados amazônicos, são os arquitetos da transformação de recursos naturais em produtos competitivos globalmente, estabelecendo uma sólida base econômica que fortaleça a posição geopolítica dos países amazônicos.

Por sua vez, as universidades e centros de pesquisa são os vetores do conhecimento necessário para desvendar e aproveitar racionalmente o potencial amazônico. Elas são imprescindíveis para: mapear a biodiversidade e os ecossistemas do arco amazônico; desenvolver tecnologias relacionadas diretamente às especificidades regionais; e formar capital humano altamente qualificado para atuar nesses novos setores da economia verde.

Ainda dentro de uma estratégia pan-amazônica, é urgente preservar e valorizar os saberes tradicionais das comunidades indígenas, integrando-os a soluções tecnológicas inovadoras, devidamente patenteadas. Este conhecimento científico e tecnológico deve ser gerado em rede com instituições estrangeiras e de outros países amazônicos, formando uma base sólida para o desenvolvimento de novos produtos verdes.

Da mesma forma, o poder público, em todos os seus níveis (federal, estadual, municipal), e em cooperação pan-amazônica, devem ser capazes de formular e implementar ações dentro de uma Grande Estratégia Pan-Amazônica, que se volte para o desenvolvimento sustentável e a proteção do bioma. Para tanto, é imperativo criar marcos regulatórios atrativos que incentivem investimentos externos diretos na exploração dos recursos naturais, bem como investimentos em infraestrutura crítica (logística, comunicação, energia limpa e saneamento).

Deve-se reconhecer que o verdadeiro poder transformador vem da sinergia da hélice tríplice pan-amazônica, liderada pela hélice tríplice brasileira. Urge, pois, transformar recursos naturais em riqueza real, consolidar uma economia de base florestal sustentável como pilar do poder nacional e regional, fortalecer a soberania e a capacidade de barganha coletiva dos países amazônicos diante de desafios globais e interesses externos.

Em suma, a Pan-Amazônia só realizará plenamente seu potencial como fonte de poder estratégico para o Brasil e os demais países amazônicos através da ação sinérgica e determinada de seus núcleos estratégicos. Empresas e start-ups inovadoras, universidades geradoras de conhecimento tecnológico e governos atuando como órgãos financiadores e reguladores, são os agentes indispensáveis para catalisar essa transformação paradigmática da região amazônica. O desafio é de grande monta, é bem verdade, mas

a sinergia entre empresas, universidades e entes estatais brasileiros é fundamental para transformar o potencial estratégico da Pan-Amazônia em poder real para todos os países da região.

Tal perspectiva não só consolida a autonomia tecnológica, mas também projeta os países amazônicos como um bloco coeso e com maior capacidade de resiliência à guerra jurídica (lawfare), perpetrada por atores externos, viabilizando assim a preservação da Pan-Amazônia como patrimônio ecológico mundial, lado a lado, com a Pan-Amazônia como pilar do poder geopolítico perceptível da região, e, em especial, do Brasil.

4 CONCLUSÃO

A Pan-Amazônia é, antes de tudo, um espaço de desafios e oportunidades que exige do Brasil a capacidade de exercer liderança responsável, articulando interesses nacionais e regionais em consonância com os princípios constitucionais e os compromissos internacionais.

A formulação de uma Grande Estratégia Pan-Amazônica, ancorada na tríplice hélice expandida e operacionalizada pela OTCA, permitirá a construção de soluções coletivas para os problemas ambientais, sociais e econômicos da região, consolidando a soberania nacional e a projeção internacional do Brasil no Sistema de Governança Global.

Nesse sentido, a harmonização entre preservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico não é apenas uma exigência ética e constitucional, mas uma oportunidade geopolítica de protagonismo brasileiro em um dos temas mais sensíveis e estratégicos do século XXI.

Para o Brasil, cuja Amazônia Legal corresponde a cerca de 60% do território nacional, a Pan-Amazônia é espaço de afirmação de soberania, de projeção internacional e de consolidação de políticas de segurança e integração regional. A crescente internacionalização do discurso ambiental e os interesses exógenos sobre a região impõem ao país a responsabilidade de liderar uma estratégia que garanta a soberania nacional e regional, sem abdicar dos compromissos globais com a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Esse é o grande desafio do estrategista brasileiro no horizonte temporal de 2050.

A Amazônia transcende sua importância ambiental e assume o caráter de ativo geopolítico de primeira ordem. Com cerca de 7,8 milhões de km², abrigando a maior floresta tropical do mundo, esse território desempenha papel decisivo na regulação do clima planetário, no estoque de biodiversidade e nos recursos hídricos. Simultaneamente, a região enfrenta vulnerabilidades socioeconômicas históricas, com altas taxas de pobreza, exclusão social e infraestrutura precária.

Como visto, a Pan-Amazônia configura-se como um dos territórios mais estratégicos do planeta, reunindo riquezas ambientais incomparáveis, povos tradicionais e potencialidades econômicas de grande valor, daí sua importância para a consecução dos quatro grandes arquétipos geopolíticos, que posicionam o Brasil como uma superpotência ambiental, energética, alimentar e aquífera.

A Pan-Amazônia, conjunto de territórios amazônicos distribuídos por nove países sul-americanos, possui relevância ambiental, econômica e geopolítica que ultrapassa os limites regionais e alcança dimensão planetária. A crescente mobilização internacional em torno da conservação da Amazônia, associada aos desafios estruturais de integração, desenvolvimento e segurança na região, impõe aos países amazônicos, especialmente ao Brasil, a responsabilidade de formular estratégias coordenadas e eficientes.

Dessarte, este artigo propôs uma reflexão sobre a importância geopolítica da região para o Brasil, defendendo a formulação de uma Grande Estratégia multilateral sob liderança brasileira, tendo a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) como instância coordenadora. A partir da metodologia dos núcleos estratégicos, uma expansão do modelo de tríplice hélice, sugere-se a criação de arranjos sinérgicos entre empresas, universidades e governos locais como meio de assegurar o desenvolvimento sustentável, garantir direitos sociais e proteger o patrimônio ambiental da Pan-Amazônia.

Assim, neste contexto, propõe-se a concepção de uma **Grande Estratégia Pan-Amazônica**, conduzida sob a liderança brasileira, visando compatibilizar desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental por meio de mecanismos multilaterais e sinergias entre atores estratégicos.

Destarte, a Estratégia da Pan-Amazônia, sob liderança brasileira, rompe com a lógica neocolonial de exportadores de matéria-prima e propõe uma renovação geopolítica da região a partir de arquétipos, que valorizam a resiliência dos núcleos estratégicos já consolidados e impulsionam a criação de novas empresas, centros de pesquisa e instituições estatais, com capacidade de inserção e competitividade no sistema internacional. Conclui-se, portanto, que a governança integrada e o equilíbrio entre exploração econômica e sustentabilidade são essenciais para o futuro da região.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, I. de O.; CARVALHO, A. B. Planejamento espacial marinho como ferramenta de gestão de política pública para a Amazônia azul. **Repositório do Conhecimento do IPEA**, Brasília, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/16894>. Acesso em: 26 maio 2025.

AGUIAR CAVALCANTE, M. M. DE. A Amazônia no Centro da Geopolítica Global. **Terra Livre**, [S. l.], v. 2, n. 63, p. 221–241, 2025. DOI: 10.62516/terra_livre.2024.3681. Disponível em: <https://www.publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/3681>. Acesso em: 24 maio 2025.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos avançados**, v. 19, p. 71-86, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100005>. Acesso em: 21/07/2025.

BRASIL. **Decreto nº 85.050, de 18 de agosto de 1980**, que promulga o Tratado de Cooperação Amazônica, concluído entre os Governos República da Bolívia, da República Federativa do Brasil, da República da Colômbia, da República do Equador, da República Cooperativa da Guiana, da República do Peru, da República do Suriname e da República da Venezuela. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/atos/decretos/1980/d85050.html. Acesso em: 12 maio 2025.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/mecanismos-internacionais/mecanismos-de-integracao-regional/organizacao-do-tratado-de-cooperacao-amazonica-otca>. Acesso em: 20 maio 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: 5 de outubro de 1988. Organização de Alexandre de Moraes. 52. ed. Barueri (SP): Atlas, 2024.

DAMASCENO, J. P. T.; FRANÇA, M. G.; SILVA JUNIOR, L. de O. Integração regional e desenvolvimento sustentável: o desafio do Tratado de Cooperação Amazônica. In: SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E TRANSDISCIPLINARIDADE – SEAT, 2., 2011, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: UFG, 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/3301319/Integra%C3%A7%C3%A3o_Regional_e_Developmento_Sustent%C3%A1vel_o_desafio_do_Tratado_de_Coopera%C3%A7%C3%A3o_Amaz%C3%B4nica. Acesso em: 12 maio 2025.

FERREIRA, A. **Amazônia e Defesa**: uma abordagem a partir do debate sobre desenvolvimento sustentável, soberania, defesa e segurança nacional na Amazônia brasileira. 2024. Disponível em: https://soberaniaclima.org.br/wp-content/uploads/2025/04/Dialogos-Soberania-e-Clima-Especial-No_03-Setembro-2024-Portugues-06-27-37.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

GÓES, G. S. 200 Anos de Independência: em busca de uma Estratégia de Segurança Nacional para o Brasil. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 37, n. 80, p. 65-93, 2022.

GÓES, G. S. A Grande Estratégia Brasileira da Tríplice Tríade: pensando o futuro do País. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 39, n. 86, p. 34-61, 2024.

KOURLIANDSKY, J. J. Amazonie: un enjeu forestier, environnemental et géopolitique. **Après-demain**, v. 68, n. 4, p. 5-9, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3917/apdem.068.0005>. Acesso em: 24 maio 2025.

MATTOS, C. de M. **Brasil: Geopolítica e Destino**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1975.

PENNA FILHO, P. Reflexões sobre o Brasil e os desafios Pan-Amazônicos. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 56, p. 94-111, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpi/a/Sn48BCnQ93KzGgbFsPnp5fn/?lang=pt>. Acesso em: 20 maio 2025.

RITO, R. D. Amazônia Brasileira: Ocupação e Desafios na Fronteira. **Revista (Re) Definições das Fronteiras**, v. 2, n. 6, p. 79-97, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10W.59731/rdf.v2i6.91>. Acesso em: 28 maio 2025.

SOUZA, C. B. G. Geopolítica na Pan-Amazônia: territórios, fronteiras e identidades. **Revista GeoAmazônia**, v. 2, n. 03, p. 59-84, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/view/12407>. Acesso em: 12 maio 2025.

SOUZA LEITE GARCIA, T. de; CANOA DE GODOY, L. P.; LILIA PASQUARIELLO MARIANO, K. Agenda Ambiental no Regionalismo Sul-Americano: os casos do MERCOSUL e da OTCA. **Carta Internacional**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. e1429, 2024. DOI: 10.21530/ci.v19n2.2024.1429. Disponível em: <https://www.cartainternacional.abri.org.br/Carta/article/view/1429>. Acesso em: 25 maio. 2025.

SPADER, R. Os reflexos da segurança ambiental para o exercício da soberania do Estado Brasileiro na Amazônia Legal. **Revista de Geopolítica**, v. 15, n. 3, p. 1-17, 2024. Disponível em: <http://www.revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/view/529>. Acesso em: 24 maio 2025.

TRAVASSOS, Mário. **Projeção Continental do Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1938. 214 p. (Coleção Brasileira, v. 50)

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA): o avanço institucional na promoção de políticas de desenvolvimento sustentável

The resurgence of the Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO): institutional advancements in the promotion of sustainable development policies

El resurgimiento de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA): los Avances institucionales en la promoción de políticas de desarrollo sostenible

La résurgence de l'Organisation du Traité de Coopération Amazonienne (OTCA) : les avancées institutionnelles dans la promotion des politiques de développement durable

Data da submissão: 30 de maio de 2025

Data da aprovação: 20 de agosto de 2025

*Bernardo Salgado Rodrigues¹
Paulo Vinícius dos Santos Paiva²*

Resumo

Uma vez que o bioma amazônico é compartilhado por natureza, a integração da Amazônia Sul-Americana é pré-requisito indispensável para se integrar à economia mundial, evitando o insulamento e estimulando a reflexão sobre os impactos político-econômicos da cooperação, assim como as perspectivas de longo prazo desse processo num cenário globalizado. Em outros termos, ratifica a retomada institucional da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) para a construção de uma força dissuasória que vise defender áreas estratégicas, sob a responsabilidade exclusiva dos países amazônicos. Este artigo tem como objetivo apresentar a evolução histórica da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) rumo às políticas direcionadas para o desenvolvimento sustentável da região. Utilizando-se do método histórico-dedutivo e da metodologia de revisão sistemática de literatura, através do emprego de fontes primárias e referências bibliográficas especializadas na temática, o pressuposto analítico central é que a OTCA vem saindo de seu imobilismo institucional para se firmar como sustentáculo da integração amazônica via desenvolvimento sustentável, principalmente a partir da assinatura da Declaração de Belém durante a Cúpula da Amazônia, em 2023. Consequentemente, busca-se reiterar que os benefícios da integração são multiplicadores e irradiadores, tendo como objetivos principais a redução das assimetrias regionais, a construção de uma identidade regional e a ampliação da participação de componentes econômicos e sociais.

Palavras-chave: Amazônia; Organização do Tratado de Cooperação Amazônica; desenvolvimento sustentável; Declaração de Belém.

¹Professor adjunto do Instituto de Relações Internacionais e Defesa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IRID-UFRJ).

²Graduado em Relações Internacionais pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e pós-graduando em Direito Penal e Administrativo (Gran Faculdade).

Abstract

Since the Amazon biome is shared by nature, the integration of the South American Amazon is an indispensable prerequisite for integration into the global economy, avoiding isolation and fostering reflection on the political and economic impacts of cooperation, as well as the long-term prospects of this process in a globalized scenario. In other words, it ratifies the institutional resurgence of the Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO) for the construction of a deterrent force aimed at defending strategic areas, under the exclusive responsibility of the Amazon countries. This article aims to present the historical evolution of the Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO) towards policies directed at the sustainable development of the region. Using the historical-deductive method and the systematic literature review methodology through the use of primary sources and specialized bibliographic references on the subject, the central analytical assumption is that ACTO has been emerging from its institutional immobility to establish itself as a pillar of Amazonian integration via sustainable development, mainly since the signing of the Belém Declaration during the Amazon Summit, in 2023. Consequently, the benefits of integration are multipliers and radiators, with the main objectives being the reduction of regional asymmetries, the construction of a regional identity, and the expansion of economic and social components.

Keywords: Amazon; Amazon Cooperation Treaty Organization; sustainable development; Belém Declaration.

Resumen

Dado que el bioma amazónico es, por naturaleza, compartido, la integración de la Amazonía sudamericana constituye un requisito indispensable para su inserción en la economía mundial, evitando el aislamiento y fomentando la reflexión sobre los impactos político-económicos de la cooperación, así como sobre las perspectivas a largo plazo de este proceso en un escenario globalizado. En otros términos, se ratifica la reactivación institucional de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) para la construcción de una fuerza disuasoria destinada a defender áreas estratégicas, bajo la responsabilidad exclusiva de los países amazónicos. Este artículo tiene como objetivo presentar la evolución histórica de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) hacia políticas orientadas al desarrollo sostenible de la región. Utilizando el método histórico-deductivo y la metodología de revisión sistemática de la literatura, a través del empleo de fuentes primarias y referencias bibliográficas especializadas en la temática, el supuesto analítico central es que la OTCA ha venido superando su inmovilismo institucional para consolidarse como pilar de la integración amazónica mediante el desarrollo sostenible, principalmente a partir de la firma de la Declaración de Belém durante la Cumbre Amazónica de 2023. En consecuencia, se busca reiterar que los beneficios de la integración son multiplicadores y difusores, teniendo como principales objetivos la reducción de las asimetrías regionales, la construcción de una identidad regional y la ampliación de la participación de componentes económicos y sociales.

Palabras clave: Amazonía; Organización del Tratado de Cooperación Amazónica; desarrollo sostenible; Declaración de Belém

Résumé

Étant donné que le biome amazonien est, par nature, partagé, l'intégration de l'Amazonie sud-américaine constitue un préalable indispensable à son insertion dans l'économie mondiale, permettant d'éviter l'isolement et de stimuler la réflexion sur les impacts politico-économiques de la coopération, ainsi que sur les perspectives à long terme de ce processus dans un contexte mondialisé. En d'autres termes, il s'agit de ratifier la relance institutionnelle de l'Organisation du Traité de Coopération Amazonienne (OTCA) en vue de la construction d'une force de dissuasion destinée à défendre les zones stratégiques, sous la responsabilité exclusive des pays amazoniens. Cet article a pour objectif de présenter l'évolution historique de l'Organisation du Traité de Coopération Amazonienne (OTCA) vers des politiques orientées vers le développement durable de la région. En recourant à la méthode historique-déductive et à une méthodologie de revue systématique de la littérature, à partir de sources primaires et de références bibliographiques spécialisées dans le domaine, l'hypothèse analytique centrale est que l'OTCA est en train de sortir de son immobilisme institutionnel pour s'affirmer comme pilier de l'intégration amazonienne par le biais du

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

développement durable, notamment depuis la signature de la Déclaration de Belém lors du Sommet de l'Amazonie en 2023. En conséquence, il s'agit de réaffirmer que les bénéfices de l'intégration sont multiplicateurs et diffus, avec pour principaux objectifs la réduction des asymétries régionales, la construction d'une identité régionale et l'élargissement de la participation des composantes économiques et sociales.

Mots-clés: Amazonie; Organisation du Traité de Coopération Amazonienne; développement durable; Déclaration de Belém

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a Amazônia é visualizada como uma das últimas fronteiras de expansão do capitalismo mundial, percebida como uma área geopoliticamente estratégica diante da perspectiva global de escassez de recursos naturais necessários para o crescimento da economia mundial. Consequentemente, numerosos são os desafios dos países amazônicos: no plano doméstico, se apresenta a questão da sua ocupação e integração, além da efetiva presença do Estado; no regional, a integração com os países vizinhos sob a máxima histórica de integrar para não entregar, numa perspectiva Pan-Amazônica; no internacional, a problemática da histórica disputa pelos seus territórios com o binômio soberania ou internacionalização.

Uma vez que o bioma amazônico é compartilhado por natureza, a integração da Amazônia Sul-Americana é pré-requisito indispensável para se integrar à economia mundial, evitando o insulamento e estimulando a reflexão sobre os impactos político-econômicos da cooperação, assim como as perspectivas de longo prazo desse processo num cenário globalizado. Em outros termos, ratifica a retomada institucional da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) para a construção de uma força dissuasória que vise defender áreas estratégicas, sob a responsabilidade exclusiva dos países amazônicos.

Este artigo tem como objetivo apresentar a evolução histórica da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) rumo às políticas direcionadas para o desenvolvimento sustentável da região. Utilizando-se do método histórico-dedutivo e da metodologia de revisão sistemática de literatura através do emprego de fontes primárias e referências bibliográficas especializadas na temática, o pressuposto analítico central é que a OTCA vem saindo de seu imobilismo institucional para se firmar como sustentáculo da integração amazônica via desenvolvimento sustentável, principalmente a partir da assinatura da Declaração de Belém durante a Cúpula da Amazônia, em 2023. Consequentemente, busca-se reiterar que os benefícios da integração são multiplicadores e irradiadores, tendo como objetivos principais a redução das assimetrias regionais, a construção de uma identidade regional e a ampliação da participação de componentes econômicos e sociais.

Este trabalho se encontra dividido em três seções, além desta introdução e das considerações finais. Na primeira parte, será realizada uma análise histórica da criação da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA). Subsequentemente, serão formalizados os principais projetos de cooperação e integração para o desenvolvimento sustentável da região lastreados pela OTCA. E, na terceira e última seção, serão apresentadas as principais características da Declaração de Belém de 2023, apontando o documento como um possível marco inovador para o desenvolvimento sustentável amazônico.

2 A CONTRIBUIÇÃO HISTÓRICA DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA (TCA) NA CELEBRAÇÃO DE NOVOS ACORDOS

Com a finalidade de constituir um todo pela adição ou combinação de partes ou elementos de modo a formar uma sociedade organizada, a integração regional se apresenta como uma modalidade fundamental para os países que desejam elevar seu status quo no sistema internacional. Segundo Padula (2010, p. 44), as primeiras contribuições sistematizadas da teoria das relações internacionais à teoria da integração regional foram realizadas por Karl Deutsch e David Mitrany, marcado pela “primeira onda” iniciada após a Segunda Guerra Mundial e que teve a experiência da integração europeia como seu ícone na década de 1950 (Padula, 2010, p.17-18).

Haas (1954, p.710) afirma que a integração significa “o processo de transferência das expectativas excludentes de benefícios do Estado-nação para alguma entidade maior”. Para Herz e Hoffmann (2004, p.168), “a integração [regional] pode ser definida como um processo ao longo do qual atores, inicialmente independentes, se unificam, ou seja, se tornam parte de um todo”, sejam eles governamentais ou não-governamentais, nacionais, subnacionais ou transnacionais. Entretanto, se em seu momento inicial a integração visivelmente possuía um foco puramente econômico, cujo resultado dos esforços dos países visava o desenvolvimento (Chiarella; Cortegiano Junior, 1995, p. 27), há de se ressaltar o seu caráter multifaceta-

do, interessado na promoção de políticas que favoreçam tanto o desenvolvimento socioeconômico quanto a redução de desigualdades e assimetrias (Santos; Diniz Júnior, 2017).

A integração é um projeto conjunto de tomada de decisões com a finalidade de superar desafios políticos, econômicos, físicos e sociais entre países vizinhos (ou não), que colaboram na gestão de recursos e bens comuns; é um instrumento, uma ferramenta, um meio para desvencilhar-se do subdesenvolvimento e alavancar uma projeção de poder regional a nível internacional. No caso sul-americano, congrega o fortalecimento da posição internacional da região no sistema mundial, o enfrentamento da desigualdade/ desconstrução das assimetrias regionais, a construção de uma identidade regional, a autodeterminação entre os povos/nações e a ampliação da participação de componentes econômicos e sociais (Rodrigues, 2022a, p. 127).

Desde sua incorporação ao sistema mundial no século XVI, a América do Sul vem enfrentando obstáculos físicos à sua integração, “o que acarretou, justamente, um baixo grau de interdependência entre as economias nacionais, ainda hoje marcadas por grande extroversão econômica.” (Almeida, 2006, p.15) Entretanto, se reconhece que sem a integração sul-americana, as economias locais poderiam ficar expostas a uma marginalização global (Kelly, 1997, p.159), o que vem intensificando a “tomada de consciência de que pequenos países isolados não poderão fazer face aos crescentes problemas que são colocados pela superação do subdesenvolvimento” (Furtado, 1970, p.290).

Consequentemente, é de suma importância analisar em que medida a integração regional pode atuar como catalizador de objetivos comuns dos países amazônicos. É nesse sentido que o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) ganha protagonismo fundamental para a integração da região amazônica no século XXI. Assinado em 3 de julho de 1978, em Brasília, pelos oito países pertencentes à Bacia Amazônica, ele possui como objetivos a elevação do nível de vida das suas populações, o aproveitamento racional e ecológico da flora e da fauna, a pesquisa científica e tecnológica e a troca de informações entre as partes (Ribeiro, 2005, p. 258). Para Mattos (2011, p. 117-118), cinco são seus princípios fundamentais: jurisdição exclusiva dos países amazônicos no seu desenvolvimento e proteção; soberania nacional na utilização e preservação dos recursos naturais; cooperação regional; equilíbrio e harmonia entre o desenvolvimento e a proteção ecológica; e igualdade entre todos os parceiros.

De acordo com a autora Calmon de Passos (2009), os problemas ambientais são alguns dos fatores que contribuíram para alterar a perspectiva da comunidade internacional, tornando-os um aspecto global. Com esse novo reconhecimento é que, em 1972, as autoridades mundiais tomaram a iniciativa de elaborar instrumentos jurídicos voltados para a proteção do meio ambiente internacional, respaldadas numa nova agenda planejada pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, chamada também de Conferência de Estocolmo (Calmon de Passos, 2009, p.2).

Nesse mesmo ano, a Conferência de Estocolmo colocou na ordem do dia preocupações sobre o meio ambiente, resultando na elaboração de medidas internacionais de proteção ambiental que trouxeram preocupações para os governantes da região amazônica. Além disso, a principal razão do governo brasileiro para que houvesse as primeiras iniciativas de um acordo regional surge em consequência de um novo contexto internacional difundido pelo Clube de Roma, sendo influenciado, em grande parte, pela repercussão desse grupo (Nunes, 2016, p.223).

Somado a isso, Nunes (2016) destaca algumas das razões para que decorresse a assinatura do Tratado de Cooperação Amazônica:

[...]o anseio de afirmação de soberania sobre o território e os recursos naturais, a fim de garantir a continuidade dos projetos econômicos na região e afastar o fantasma da internacionalização; o desejo de apresentar à sociedade internacional um documento que resguardasse a exclusividade da gestão dos problemas amazônicos em sintonia com a proteção ambiental; e, finalmente, a preocupação brasileira com um possível isolamento em virtude da construção da barragem de Itaipu (Nunes, 2016, p.223).

A expectativa principal dos atores envolvidos na criação do Tratado de Cooperação Amazônica era reiterar entre os próprios Estados signatários o reconhecimento da soberania sobre a parte que lhe pertence da Amazônia, como afirma Zevallos (1993):

A importância do TCA reside no reconhecimento da soberania de cada um dos países signatários sobre a parte que lhe corresponde da Amazônia- a isto se chama regionalização- como conceito oposto a internacionalização, permitindo também discussão e tomada de posição sobre a problemática do conjunto[...]

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

Resumidamente, percebe-se que três motivos principais motivaram a ratificação do Tratado de Cooperação Amazônica: reafirmar, categoricamente, a soberania exclusiva dos países amazônicos pela região, afastando a ideia de internacionalização; buscar o desenvolvimento econômico dos territórios amazônicos através da exploração racional de recursos naturais e da cooperação internacional; e resolver o imbróglio envolvendo a barragem de Itaipu com Brasil e a Argentina (Fernandes, 2013).

Mas, além dos argumentos trazidos até aqui, quais os motivos que levaram os Estados amazônicos a decidirem cooperar na resolução de questões políticas ligadas ao meio ambiente? Essa é a pergunta que Le Prestre (2000) fará e tentará responder ao longo da sua obra. Na seguinte passagem, ele argumenta que a dimensão transnacional do meio ambiente, nesse caso da Amazônia, não se limita a um só Estado: “o caráter transnacional de numerosas questões ambientais obriga os Estados a concluir acordos com outros países, dos quais depende a realização dos seus objetivos nacionais e internacionais” (Le Prestre, 2000, p.284).

A demora em cristalizar um outro acordo regional na Amazônia se deve ao vazio humano e econômico da região. Mesmo assim, o Brasil encaminhou a iniciativa de criação do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) com o intuito de servir como instrumento de garantia à soberania dos países amazônicos sobre a porção setentrional da América do Sul, assim como de promover o desenvolvimento da região com a utilização dos seus recursos naturais, através da cooperação entre os próprios países amazônicos (Macedo, 2021, p.194).

Num primeiro momento, o TCA é comumente lembrado pelo seu longo período de inatividade de 1978 a 1989. Ainda que o próprio Tratado tenha contribuído para melhorar e incrementar as relações entre os países amazônicos (Silva, 2012, p.106), a década de 1980 será marcada por várias crises de dívidas públicas, instabilidade econômica e processos de redemocratização sociais que atingiram profundamente os Estados sul-americanos.

Diante desse contexto, os esforços desses países serão direcionados, no âmbito regional para outras áreas que não a ambiental, como identifica Quiroga e Marcovitch (2003) e Silva (2012). Macedo (2008) reforça a tese de que as nações amazônicas tinham maior interesse em se aproximar mais na área comercial:

É com o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) montado desta forma, portanto, que se começa a pensar, de forma conjunta com os países sobre os quais se estende a Amazônia, o futuro dessa importantíssima zona geográfica, onde se situa a maior floresta tropical contínua do mundo, com uma biodiversidade extraordinária, não se podendo negar, como diz Silveira (2005, p. 72), que desde a sua criação, na década de 1970, até os dias de hoje, houve uma significativa aproximação entre as nações amazônicas, notadamente na área comercial e técnica, em que predominou o interesse econômico das partes envolvidas (Macedo, 2008 p.188).

OTCA possibilitou a aproximação entre os países da região. E essa afirmação será mais bem compreendida com alguns dos compromissos internacionais firmados entre Bolívia, Brasil, Colômbia, Peru, Venezuela e Equador, tal como apontados por Silva (2012). Desde 1989, os Estados-membros do TCA passaram a torná-lo mais operacional e eficiente, reconhecendo que a estrutura existente até então não era muito bem apropriada para a renovação de função que se pretendia implementar (Antiquera, 2006, p.136). O primeiro problema identificado pelos autores Filippi e Macedo (2022, pp. 194-195) refere-se a algumas das insatisfações dos países amazônicos em relação ao TCA, destacando as questões institucionais: não traziam de maneira específica, nas diretrizes gerais, os deveres de cada Estado-membro nem as políticas concretas para a região; não possuía dispositivos capazes de solucionar possíveis controvérsias; por fim, a estrutura interna do TCA tinha uma disposição simples, apresentado nos seus artigos e no preâmbulo, sem qualquer repartição ou forma de divisão interna.

Na sua tese, Antiquera (2006) citará, além das questões institucionais supracitadas, três pontos específicos que levaram a alteração institucional de criação da secretaria permanente. O primeiro ponto é do histórico de pouca cooperação e conflitos seculares. Para que um acordo internacional tenha eficácia cooperativa, deve-se considerar as diferenças históricas e os conflitos que podem envolver os membros interessados. Isso pode trazer novas concepções do uso de ferramentas em resposta aos desafios do território amazônico. Por exemplo, a harmonia política que demandaria maior alinhamento de instrumentos conceituais e tecnológico, como o levantamento de dados de cada país com critérios e variáveis diferentes, deverá dificultar a formulação de proposta comuns a Amazônia continental (Antiquera, 2006, p.136-137). Além dessa diferença de concepções, haverá também a dificuldade de superação de diversos impasses de disputas fronteiriças histórica entre os países amazônicos.

O segundo ponto destacado por Antiquera (2006, p. 140) é o desconhecimento da região. Ela é frequentemente descrita como uma área mítica e de modo generalizante, sem haver um entendimento suficiente das particularidades e das suas especificidades e de seus habitantes. Essa falta de conhecimento

dificulta a formulação de políticas públicas eficazes, cuja combinação desse desafio com a precariedade da infraestrutura da região dificulta ainda mais a elaboração de projetos ativos e da obtenção de recursos internacionais.

O terceiro ponto é a falta de recursos, temática fundamental para compreender a ausência de resultados do TCA. Na década de 1980, os países da América Latina enfrentavam uma crise econômica que agravaria qualquer projeto em andamento de políticas públicas devido à restrição orçamentária. Essa crise acontece logo após o Tratado de Cooperação Amazônica entrar em vigor. Dito isso, Antiquera (2006) destaca dois problemas relacionados à falta de recursos: o primeiro é a insuficiência econômica dos países para financiar seus projetos, incluindo o TCA; e o segundo é da necessidade constante de buscar fonte externa de financiamento. Assim sendo, o envolvimento financeiro dos países amazônicos, em depender do suporte externo, limitaria as escolhas dos beneficiários. Mas para que isso fosse viável, era preciso que se tivesse uma estrutura organizada capaz de formular e atrair projetos que atendessem aos requisitos dos financiadores internacionais. Portanto, o autor delinea que a ideia inicial de afastar os países fora da região é deixada de lado em favor de justamente atrair novos parceiros que possam apoiar financeiramente seus planos (Antiquera, 2006, p.140-142).

Com o passar dos anos, a temática ambiental se intensificava ainda mais em volta dos desafios enfrentados na região amazônica, somando-se a este fator a percepção insatisfatória institucional do TCA fortalecer as bases para que a cooperação amazônica alcançasse um outro nível, por meio de uma Organização Internacional (Simões, 2012, p.39). De acordo com Teixeira (2006, p. 10):

[...]o início da década de 1990 vai reverberar fortes pressões sobre o Brasil, especialmente a Amazônia vai se tornar alvo do discurso globalista, notadamente pelo cenário de destruição das florestas, a morte de Chico Mendes e a violação dos direitos indígenas, que levou a inflexão da política brasileira para a região.

Em outros termos, a década de 1990 trouxe à tona novas noções da temática ambiental. A realização da Conferência Rio-92 e o Relatório de Brundtland introduziram a ideia de sustentabilidade a nível internacional, ainda que um olhar mais crítico enseje interpretações dúbias deste último (Santos, 2000). Por conta dessa nova visão do uso dos bens ambientais, o Tratado de Cooperação Amazônica sofreria mudanças institucionais (Macedo, 2020, p.180).

Após várias reuniões e negociações revisando a estrutura institucional do Tratado de Cooperação Amazônica, é a partir da terceira Reunião de Ministros das Relações Exteriores do bloco, em 1989, realizada em Quito, que começaria a ganhar uma nova transformação para se projetar como instrumento para a integração sub-regional amazônica (Filippi; Macedo, 2022, p.200). A Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) foi criada para, a partir dela, estimular a cooperação entre os países amazônicos, e assim resultar em projetos e iniciativas de cooperação internacional para a região. Ela própria vai ser responsável em promover a coordenação política entre os membros signatários e em reafirmar a soberania destes na utilização e conservação, por meio do desenvolvimento sustentável de seus territórios amazônicos (Silva, 2012, p.130).

Em 1995, os chanceleres do bloco decidiram instituir uma Secretaria Permanente (SP), com sede em Brasília, para sediar o Pacto, e o novo status de reconhecimento da personalidade jurídica internacional permitiria que a sua futura repartição administrativa, em caráter permanente, pudesse assinar acordos com organismos internacionais, atuar nos fóruns multilaterais e adquirir empréstimos internacionais para promover projetos de preservação ambiental e de infraestrutura importantes para a integração da região (Santos, 2000, p.114).

De fato, a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica só entraria em funcionamento em 2002, quando a Colômbia, última parte do TCA, ratificou o instrumento do Protocolo de Emenda, que alterava a redação do artigo XXII do tratado originário, do TCA, mudando a secretaria temporária para uma permanente. A partir de 13 de dezembro de 2002, a Secretaria Permanente exerceria suas atribuições, na qual lhe permitia ser: articuladora de consensos; facilitadora de diálogos político e técnico; coordenadora; gestora de apoio da cooperação regional e internacional; gestora de informação regional; e promotora de ações voltadas para o fortalecimento da capacidade institucional interna dos países-membros (Santos, 2000, p.115).

A transformação do TCA em uma organização internacional provida de personalidade jurídica permite diminuir as inseguranças e construir um ambiente político mais articulado regionalmente. Tendo como exemplo a Declaração da Amazônia, de 1989, o pacto buscou representar um esforço de coesão e conscientização dos países da região amazônica sobre a necessidade de intensificarem a implementação efetiva de um organismo de integração e cooperação regional, que possibilitasse a manutenção da soberania e o fomento ao desenvolvimento, permitindo “despertar a Pan-Amazônia de seu sono multissecular” (Mattos, 2011, pp. 132-133). Além do mais, do ponto de vista do âmbito regional, a OTCA será constituída

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

como uma ponte para o projeto de articulação dos países sul-americanos (Antiquera, 2006, p.166-167).

O Tratado de Cooperação Amazônica instituiria dois órgãos institucionais entendidos como ramificações do processo de cooperação amazônica: o Conselho de Cooperação Amazônico (CCA); e as Comissões Nacionais Permanentes. Conforme apontado por Silva (2012, p. 132), as atribuições do CCA têm funções de condução de política intergovernamental, como também direcionada no cumprimento dos projetos e das decisões no âmbito do TCA. No Artigo XXI do TCA, é abordado as funções do Conselho de Cooperação Amazônica, dentre elas:

(...) considerar as iniciativas e os projetos apresentados pelas partes e adotar as decisões correspondentes para realização de estudos e projetos bilaterais e multilaterais cuja execução, quando for o caso, estiver a cargo das Comissões Nacionais Permanentes; avaliar o cumprimento dos projetos de interesse bilateral ou multilateral; adotar as normas para o seu funcionamento (TCA, 1979, artigo XXI).

Nas Comissões Nacionais Permanentes, será atribuída:

a aplicação das disposições do Tratado em seus respectivos territórios; a execução das decisões e dos acordos adotados nas Reuniões de Ministros e do Conselho de Cooperação Amazônica; propor medidas e ações de política interna e externa relacionadas ao tema; zelar pelo bom andamento dos planos, programas e projetos do Tratado (Silva, 2012, p.133).

Isto é, são órgãos que atuam no âmbito nacional dos membros do TCA e, de acordo com as decisões das Reuniões de Ministros e do Conselho de Cooperação Amazônica, coordenam ações conjuntas com as Comissões Especiais (Silva, 2012, p.133). Antiquera (2006, p. 76) pontua que, a partir de uma leitura minuciosa do Tratado de Cooperação Amazônica, o acordo revela grande cautela em relação a soberania, no qual percebe-se que os interesses no âmbito nacional são considerados prioritários, enquanto a cooperação multilateral é relegada a segundo plano. Seguindo esse raciocínio do autor, pode-se perceber a ideia de prioridade em um plano nacional de cada Estado, no próprio preâmbulo do TCA, em que consta que tanto o “desenvolvimento socioeconômico como a preservação do meio ambiente são responsabilidades inerentes à soberania de cada Estado e que a cooperação entre as Partes Contratantes servirá para facilitar o cumprimento destas responsabilidades[...]” (TCA, 1978).

Entretanto, após mais de 40 anos de vigência do Pacto Amazônico, poucos avanços concretos foram realizados: “em qualquer circunstância, é necessário acentuar que o Pacto Amazônico não teve até hoje o poder de dissuasão suficiente, diante dos países ricos, quanto às suas ambições em relação à Amazônia” (Ribeiro, 2005, p. 259). Haja vista que a integração da Amazônia Sul-Americana revela-se como um dos principais objetivos dos arranjos institucionais, é necessário retomar e intensificar o espírito político-institucional inicial da celebração do Tratado, reconhecendo a imprescindibilidade da atuação conjunta, uma vez que a integração é um dos melhores antídotos para impulsionar projetos de desenvolvimento sustentável cooperativos.

Destarte, ainda que o TCA atribuisse primazia à perspectiva de âmbito nacional e concebesse a ação multilateral como subsidiária e complementar às ações nacionais, a mudança da secretaria temporária pela permanente irá alterar essa ideia, inclusive no que se refere ao desenvolvimento sustentável. Este novo momento da Organização é de fundamental importância para a sua compreensão enquanto elemento catalisador do desenvolvimento sustentável dos países amazônicos no século XXI.

3 OTCA E OS PROJETOS DE COOPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA REGIÃO

O movimento ambientalista, que surgiria no Clube de Roma após a publicação do Relatório Meadows no início da década dos anos de 1970, transcendeu a problemática ambiental no âmbito científico e adentrou no domínio econômico. Isto é, de modo geral, estabeleceria a emergência da preservação do meio ambiente como um tema de relevância econômica, social e política. Esse movimento apontou uma possível, senão provável, incompatibilidade entre o crescimento econômico e a preservação dos recursos ambientais a partir das experiências do século XX. Tal como em 1972, na Conferência de Estocolmo, ganhou destaque a tese do Ecodesenvolvimento, segundo a qual o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental são interligadas e dependem um do outro para alcançar as dimensões de um desenvolvimento sustentável (Freire et.al, 2006, p.13-14).

O conceito de desenvolvimento sustentável é dinâmico e está sempre passível de muitas interpretações, as quais refletem perspectivas consideradas culturalmente apropriadas e de relevância local (Unesco, 2005, p.26). Entretanto, o conceito ganharia força com a publicação, em 1987, do livro *Nosso Futuro Comum*, pela Comissão sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que o definiria como: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991).

A ideia de sustentabilidade à política ambiental surge para tentar estabelecer a conciliação das demandas do crescimento econômico e as demandas pela preservação das florestas (Silva, 2012, p.110). Essa nova concepção só ganharia alcance global e, ao mesmo tempo, incorporar-se-ia nos discursos da política mundial, com o Relatório Brundtland em 1987 (Ipiranga, 2011). Outrossim, algumas mudanças foram ainda mais evidentes durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida também como Rio-92, em 1992, com os objetivos da Agenda 21; e na Conferência de Joanesburgo, em 2002, com a ampliação da visão tradicional de sustentabilidade para incluir a luta contra a pobreza e justiça social.

Uma vez que as temáticas acerca do desenvolvimento sustentável vêm se apresentando como imprescindíveis nas relações internacionais, tal demanda fez com que os Presidentes dos países amazônicos incorporassem essa nova linguagem na Declaração da Amazônia (Silva, 2012, p.110). Esse processo aconteceu por meio de debates com participação dos oito países membros do TCA durante o Processo de Tarapoto. Conforme expresso por Silva (2012), a proposta de Tarapoto criaria “ferramentas comuns para o planejamento do desenvolvimento sustentável, através de instrumentos de análise quantitativa e qualitativa da sustentabilidade, estabelecidos por meio de processos de consulta e validação a níveis nacional e regional” (Silva, 2012, p.111).

A Amazônia tem um papel estratégico de desenvolvimento sustentável e que requer interdependência e complementariedade para as estratégias empreendidas nas regiões amazônicas dos países do TCA (Helissa, 2003, p.12). Complementarmente, é circunscrito nesse debate que uma nova fase no processo de cooperação e integração regional dos países amazônicos se iniciava após o estabelecimento da Secretaria Permanente (SP). Num primeiro momento, o Plano Estratégico 2004-2012 seria determinante para a dinâmica da crescente cooperação entre os Estados Membros e outras organizações internacionais, como também dos novos desafios ambientais.

O Plano Estratégico foi aprovado em 2004, na VIII Reunião de Ministros das Relações Exteriores dos Estados Amazônicos, com intuito de orientar a SP/OTCA em quatro eixos estratégicos e seis áreas programáticas de caráter transversal (OTCA, 2004, p.21). Isto é, tal Plano Estratégico seria uma carta política de orientação que tentava responder aos novos desafios que a Amazônia demandava da OTCA. O Plano estabelece que as decisões e administração da OTCA devem estar alinhados com diversos mecanismos que visam “ordenar” e dar “coerência” aos programas e projetos presentes e futuros da organização, possibilitando a determinação dos impactos transversais das iniciativas realizadas e, assim, como os objetivos estratégicos correspondentes.

Os quatro eixos estratégicos apresentados pelo Plano Estratégico 2004-2012 foram estruturados da seguinte forma: Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Naturais Renováveis; Gestão do Conhecimento e Intercâmbio Tecnológico; Integração e Competitividade Regional; e Fortalecimento Regional (OTCA, 2004, p.24). Dado que o foco do presente trabalho é o desenvolvimento sustentável, será concentrada a atenção no primeiro eixo, que aborda a Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Naturais Renováveis, e no terceiro eixo, Integração e Competitividade Regional, com uma de suas dimensões de integração regional.

No eixo da Conservação e Uso Sustentável dos Recursos Naturais Renováveis, como consta no Plano Estratégico, o principal desafio dos Estados Membros da OTCA é “contribuir à criação de oportunidades econômicas para as populações amazônicas e para nossas nações como um todo”. Ademais, “reconhecendo sua importância como uma possibilidade de estimular o desenvolvimento de nossos países, incentivando, entre outros mecanismos, a criação de redes que promovam os produtos amazônicos no contexto de uma política de aproveitamento sustentável dos recursos naturais” (OTCA, 2004, p.25). Ainda de acordo com o Plano, esse novo enfoque sobre administrar os recursos ambientais poderá incentivar novas atividades econômicas para a “geração e retenção de renda” em outros setores, como: conhecimento genético, ecoturismo, produtos madeiráveis e não-madeiráveis com certificação de origem para sua aplicação em produtos fitoterapêuticos, cosméticos e alimentícios (OTCA, 2004, p.25).

Uma das prioridades dos Estados Membros, como consta no Plano Estratégico, é estabelecer as bases para um desenvolvimento sustentável, gerando bem-estar social e aumentando a participação dos

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

países na economia mundial a longo prazo. O Plano Estratégico acrescentará, no terceiro eixo, três séries de dimensões de integração regional que pretendem concentrar seus esforços entre os membros. A primeira questão aborda os recursos hídricos amazônicos como sustentáculo do desenvolvimento, enfocando o manejo sustentável numa perspectiva regional e com ação integrada entre os países da bacia amazônica. O segundo ponto é reforçar que cabe aos países amazônicos coordenarem e convergirem em políticas econômicas e o desenvolvimento de ações precisas ao desenvolvimento sustentável regional, o que é um desafio de inserção nos mercados internacionais. Por fim, o terceiro ponto destaca o enfrentamento na construção de instrumentos cooperativos em meio a desigualdades nacionais e assimetrias entre países. Com isso, deve haver o alinhamento da OTCA com os Objetivos e Metas do Milênio para 2015 (e, atualmente, com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU para 2030), visando o desenvolvimento sustentável. O Plano reconhece, ainda, a importância de fortalecer a comunicação e a cooperação como forma de integrar os elementos comuns entre os países da região (OTCA, 2004, p. 33-34).

Segundo Simões (2012), de 2009 a 2014, após a criação da SP, é iniciada uma nova fase de revitalização da OTCA com o lançamento da Agenda Estratégica 2010-2020, da qual originou a Declaração de Manaus. Para ele, é nesse contexto que “a OTCA ganhará um papel renovado e moderno como fórum de cooperação”, logo mais, “reconhecendo o desenvolvimento sustentável da Amazônia uma prioridade, por meio de uma administração integral, participativa, compartilhada e equitativa, como forma de dar uma resposta autônoma e soberana aos desafios ambientais atuais” (Simões, 2012, p. 40-41).

A Agenda Estratégica foi aprovada em novembro de 2010, na X Reunião de Ministros de Relações Exteriores do TCA, no qual incluía visão, missão e os objetivos estratégicos da OTCA. Como visão da Região Amazônica, a OTCA pretende alcançar o desenvolvimento sustentável da região mediante equilíbrio, aproveitamento, proteção e conservação de seus recursos. Além disso, ser também uma Organização reconhecida nos Países Membros e no âmbito internacional como referência em cooperação regional.

Já sua missão é de ser um fórum permanente de cooperação, intercâmbio e conhecimento, com princípios de redução de desigualdades regionais entre os Membros e em auxiliar no progresso socioeconômico nacionais. Por fim, os objetivos estratégicos são: zelar pelo respeito e pela promoção dos interesses e da soberania dos Países Membros; facilitar o intercâmbio e a cooperação entre os Países Membros promovendo o desenvolvimento sustentável e modos de vida sustentáveis de caráter estratégico na região; e promover a articulação dos Planos e Programas dos Países Membros para o desenvolvimento das populações amazônicas (OTCA, 2010, p.15-16).

Segundo Rodrigues (2022b), a Agenda Estratégica consiste num dos pilares para a nova agenda de desenvolvimento sustentável da OTCA:

A Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica (AECA) abrange uma série de iniciativas de cooperação na área de conservação e uso sustentável de recursos renováveis. Possui como objetivo principal viabilizar o diálogo para analisar os impactos da incorporação das regiões amazônicas aos sistemas econômicos nacionais através da malha rodoviária e fluvial e das tecnologias da informação, em harmonia com a preservação dos ecossistemas. Além disso, amparado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima, do Acordo de Paris e da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, suas ações se orientam para a consolidação da OTCA como ator chave dos temas estratégicos para a região (Rodrigues, 2022b, p. 190).

Adicionalmente, são apresentados os dois eixos de abordagem transversal para a execução da Agenda Estratégica: conservação e uso sustentável dos recursos naturais renováveis; e desenvolvimento sustentável e social (OTCA, 2010, p.17). Além disto, a Agenda Estratégica apresenta algumas abordagens de variadas temáticas divididas em subtemas, dentre elas: florestas, recursos hídricos, gestão, monitoramento e controle de espécies da fauna e da flora selvagens ameaçadas pelo comércio, áreas protegidas, uso sustentável da biodiversidade e promoção do “biocomércio”, pesquisa, tecnologia e inovação em biodiversidade amazônica, proteção dos conhecimentos tradicionais dos povos indígenas e outras comunidades tribais, saúde ambiental, tecnologia para melhorar a eficiência e eficácia de intervenções de saúde, financiamento da agenda de saúde, fortalecimento da imagem turística da Amazônia, assim como temas emergentes, tais como mudanças climáticas, desenvolvimento regional e energia (OTCA, 2010, p. 19).

Conforme as indagações de Silva (2012, p. 160), a Agenda Estratégica deu maior atenção aos temas das florestas, estabelecendo um conjunto amplo de atividades de curto prazo. Para Rodrigues (2022b), dois outros projetos também se configuram como marcos dessa guinada verde da OTCA nas primeiras décadas do século XXI: o Projeto OTCA/PNUMA/GEF (2012) e o Projeto Bioamazônia (2016).

Entretanto, tal qual visualizado ao longo do seu processo de implementação e maturação institu-

cional, alguns retrocessos da agenda ambiental no âmbito da OTCA foram visualizados na década de 2010, principalmente no que se refere ao maior país amazônico. No governo brasileiro de Jair Bolsonaro, foram vislumbradas ações com o intuito de flexibilizar as políticas ambientais implementadas, além do próprio estadista ter realizado declarações contrárias a agenda de preservação ambiental (Martoni, 2019), trazendo atrasos ao sistema de governança ambiental na última década.

Um exemplo prático foi a efetivação no governo Bolsonaro das medidas do “revogaço” que anularam decretos relativos às áreas do meio ambiente por serem considerados “desnecessários”. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) foram aparelhados e tiveram verbas reduzidas (Rodrigues, 2022b; Loureiro, 2023), com sua composição alterada, esvaziada e excluída, como também o próprio deslocamento da participação da sociedade científica. As Unidades de Conservação foram extintas dos setores de mudanças climáticas; houve a paralisação do Fundo Amazônia; e, por último, o estímulo ao desmatamento, às queimadas e à extração ilegal de madeira e grilagem eram uma variável constante no governo Bolsonaro (Seixas et.al, 2020, p. 18).

Ainda que o governo Bolsonaro tenha positivamente estabelecido o Pacto de Letícia, em nove de setembro de 2019, com os objetivos de combate ao desmatamento, criação de iniciativas de restauração florestal, uso sustentável dos recursos naturais, ações de fortalecimento de povos indígenas e a criação de campanhas educacionais sobre a importância da região (assim como a troca de informações em tempo real e monitoramento diante das tentativas de internacionalização da Amazônia), é facilmente perceptível que o ecossistema amazônico se encontra altamente em risco há muitos anos (e intensificado nessa gestão), conforme já destacado por Becker (2015, p. 79) “pelo modelo nacional/transnacional adotado, e porque as corporações transnacionais há muito participam da degradação ambiental e social da Amazônia.”

Destarte, é importante salientar que diversas iniciativas se encontram na contramão deste projeto bolsonarista. Uma das mais interessantes em termos de pesquisa consiste no projeto “Amazônia 2030”, uma iniciativa de pesquisadores brasileiros para desenvolver um plano de desenvolvimento sustentável para a Amazônia brasileira, com o objetivo de possibilitar com que a região tenha condições de alcançar um patamar maior de desenvolvimento econômico e humano, e atingir o uso sustentável dos recursos naturais em 2030 (Amazônia 2030, 2025).

Na vigilância da Amazônia, o projeto Missão Amazônia, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), irá fornecer dados de sensoriamento remoto para observar e monitorar o desmatamento, especialmente na região amazônica, buscando atuar em sinergia com os programas ambientais existentes, principalmente através da utilização prevista de três satélites de sensoriamento remoto (Amazonia 1, Amazonia-1B e Amazonia-2) (INPE, 2024).

No âmbito da paradiplomacia, o Consórcio Interestadual de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Legal (2021) lançou, em julho de 2021, o “Plano de Recuperação Verde” (PRV). Este consiste em uma estratégia de transição para uma economia verde para a região Amazônica que seja compatível com o combate às desigualdades, com a geração de emprego e renda e com o crescimento econômico sustentável. Seus quatro eixos incluem o freio ao desmatamento ilegal, economia verde com produção sustentável, tecnologia verde/capacitação e infraestrutura verde (Alvares; Rodrigues; Narita, 2022).

No âmbito da Amazônia Sul-Americana, atrelado ao debate da segurança climática, os esforços regionais também se encontram cada vez mais presentes a partir da década de 2020. Neste sentido, a coordenação intergovernamental possui no projeto da Declaração de Belém um de seus principais sustentáculos rumo ao desenvolvimento sustentável, como será analisado na continuação.

4 DECLARAÇÃO DE BELÉM: UM MARCO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PAN-AMAZÔNICO

Conforme salientado anteriormente, um dos marcos principais para um projeto de desenvolvimento sustentável dos países amazônicos foi a construção da Declaração de Belém na Cúpula da Amazônia, ocorrido entre 8 e 9 de agosto de 2023. Neste encontro, os líderes dos Estados Partes da OTCA trouxeram à tona as principais reivindicações internacionais relacionadas ao meio ambiente, com foco na região amazônica. Eles decidiram coordenar esforços entre seus governos, promovendo uma nova agenda que incluiu 113 objetivos e princípios transversais para sua implementação. Destes, pode-se destacar que:

sob a égide do desenvolvimento sustentável, da conservação e do uso sustentável da biodiversidade, das florestas e da água, da ação urgente para evitar o ponto de não retorno na Amazônia, do combate ao desmatamento e às atividades ilegais na região,

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

do desenvolvimento econômico com inclusão social e geração de renda e emprego, com base em mecanismos de participação social, em especial dos povos indígenas e comunidades locais e tradicionais, e do fortalecimento da OTCA (OTCA, 2023a, p.8).

Essa Carta desempenhará um papel muito importante, pois delinea, nos seus objetivos principais, a implementação de uma agenda de cooperação na Amazônia, tendo como norte o desenvolvimento sustentável e no comprometimento com uma visão integrada e ação coletiva. Como mencionado anteriormente, a Carta reafirma seu compromisso nos aspectos sociais, promovendo a participação ativa e em respeito aos direitos dos povos tradicionais. Além disso, salienta também os aspectos econômicos que busquem a inclusão da região, com o intuito de evitar que a Amazônia chegue ao ponto de não retorno (OTCA, 2023a, p.1).

Ao longo da Declaração, alguns dos objetivos e princípios transversais refletem o compromisso dos líderes dos Estados Partes na busca do desenvolvimento sustentável, sendo a OTCA:

a única instância de coordenação intergovernamental dos oito países amazônicos para o desenvolvimento conjunto de projetos e ações que produzam resultados equitativos e benéficos para os países amazônicos, em razão de sua institucionalidade, do seu amplo conhecimento da região e da relevante experiência de sua Secretaria Permanente na coordenação do diálogo e na execução de iniciativas de cooperação para o desenvolvimento (OTCA, 2023a, p.7).

Acrescenta-se também que os objetivos da OTCA, a médio e longo prazo, estejam em conformidade com a Agenda 2030 e seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (OTCA, 2023a, p. 15). Por exemplo, o documento incluirá a importância da erradicação da fome, da pobreza e da violência contra as populações amazônicas, requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável da região. Para isso, o documento condena a proliferação de medidas comerciais unilaterais que, baseadas em normas ambientais, resultam em barreiras comerciais, uma vez que essas medidas farão com que os pequenos produtores em países em desenvolvimento sejam prejudicados nos esforços de promoção dos produtos amazônicos e de erradicação da pobreza, incluindo a fome (OTCA, 2023a, p.5).

Na própria Carta, o tópico “Infraestrutura Sustentável” elencou três medidas com objetivo de buscar o fortalecimento de políticas públicas, são elas: 68. a cooperação e diálogo para padrões de sustentabilidade na execução de projetos de infraestrutura na Amazônia; 69. a promoção da inclusão tecnológica, eliminando hiatos digitais e capacitando as comunidades, apoiando o monitoramento ambiental e regulamentado o mapeamento conjunto de infraestrutura; e 70. aprofundamento na integração de energias limpas, para promover acesso à energia, em localidades isoladas dos países amazônicos (OTCA, 2023a, p.29-30).

Em especial, no tópico das “Cidades amazônicas” da Declaração de Belém, será evidenciado o compromisso, no âmbito da OTCA, em instituir o Foro de Cidades Amazônicas para fortalecer a colaboração entre autoridades locais dos países membros. Este Foro visará a execução, a nível local, da Agenda 2030 e dos seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Buscar-se-á também fortalecer as lideranças indígenas, locais e tradicionais, promovendo a interculturalidade. Nesse interregno, serão identificadas três propostas principais de ação aos desafios urbanos da Amazônia, como o acesso das populações amazônicas aos serviços públicos, o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas (OTCA, 2023a, p.12).

Por fim, no tópico “Economia para o desenvolvimento sustentável”, são apontadas treze medidas para promover o desenvolvimento sustentável na região amazônica, destacando:

(...)

71. promoção do uso sustentável dos recursos naturais, da agricultura familiar, da silvicultura e outras áreas, por meio do manejo integrado da floresta, reconhecendo as práticas de produção agrícola tradicional, o que incluirá a recuperação de áreas degradadas;

72. incentivo a estudos geoquímicos sobre solos e recursos hidrográficos da região amazônica para desenvolver instrumentos de zoneamento agroecológico e de risco climático, visando definir áreas adequadas para atividades produtivas, através de meios sustentáveis;

73. desenvolvimento de uma agenda estratégica, executada pela OTCA, para o desenvolvimento integral de produção baseado no uso sustentável dos recursos da biodiversidade amazônica;

74. estabelecimento, no âmbito dessa agenda estratégica, de um programa de cadeias produtivas de uso sustentável, com interesses direcionados para os povos indígenas e comunidades locais tradicionais, visando o manejo e a recuperação florestal, geração de renda e promoção da qualidade de vida, capacitação e fortalecimento da organização produtiva e compartilhar tecnologias para maior agregação de valor para esses povos;

80. fomento do desenvolvimento do turismo sustentável, que incluirá tipologias e morfologias à

região, como turismo de natureza, cultural, indígena, regenerativo, comunitário e agroecoturismo, para contribuir com o desenvolvimento sustentável da região; e,

81. adotar medidas urgentes para eliminar a poluição do ar, solo e água, dos rios amazônicos, no qual os países se comprometem a adotar políticas públicas de produção sustentável e ao fortalecimento da gestão de resíduos, a reciclabilidade de materiais e à sustentabilidade das cadeias econômicas de reciclagem de produtos. (OTCA, 2023a, p.30-33).

Conforme apontado no documento oficial “Cooperação Amazônica: fortalecimento institucional e atuação integrada” (2023), a Cúpula da Amazônia renova a vontade política sobre a região e a fortalece como provedora de soluções e oportunidades, visando a sustentação do protagonismo da OTCA junto aos principais atores do cenário regional e global pelo desenvolvimento sustentável.

Com novas e maiores diretrizes e com abordagem pragmática, a Declaração de Belém impulsiona o trabalho da OTCA, que, por sua vez, implica o reforço da ação nacional, binacional e trinacional entre os Países Membros, incluindo mais ações em áreas de fronteira. Além disso, a Declaração reforça, fortalece e moderniza a institucionalidade e a governança da OTCA na medida em que atualiza os mandatos da própria organização e a impulsiona a utilizar novas ferramentas de gestão e consolidação (OTCA, 2023b, p. 14).

Em outros termos, a Declaração de Belém vem ratificar que a preservação do equilíbrio ecológico não é inversamente proporcional à exploração das potencialidades regionais, uma vez que é possível realizar um novo padrão de desenvolvimento econômico que supere o dilema da conservação versus utilização com destruição. Em outros termos, “somente atribuindo valor econômico à floresta será ela capaz de competir com as commodities, impondo a necessidade da verdadeira revolução científico-tecnológica para esse fim” (Becker, 2015, pp. 46-47).

Adicionalmente, Rebelo (2024) ratifica que a defesa da Amazônia deve ser compreendida como desafio de uma política nacional. Ou seja, ao refletir sobre um planejamento estratégico para a região, é fundamental a compreensão do seu valor estratégico, a avaliação do seu potencial e as oportunidades de utilização dos ativos amazônicos como pontos fulcrais para a mudança do desenvolvimento econômico. Em outros termos, a Amazônia Sul-Americana sempre esteve no radar de dois projetos de desenvolvimento: o primeiro, visando torná-la intocável e conservada, inviabilizando sua potencialidade; e o segundo, buscando tornar seus recursos acessíveis de forma predatória e irracional por puro imediatismo econômico. Portanto, em vez de se apoiar em um projeto autônomo, vislumbra-se uma terceira via de exploração racional, fundamentada no impulsionamento da Ciência, Tecnologia e Inovação (Nobre, 2019). Trata-se de um novo paradigma de produção, capaz de utilizar o patrimônio natural sem destruí-lo.

Neste quesito, o delineamento inicial da Declaração de Belém vem confirmar a imprescindibilidade em delinear estratégias que mitiguem ao máximo as externalidades negativas ambientais, cuja possibilidade mínima de destruição da Amazônia consistirá na falência de qualquer possibilidade de um projeto político-estratégico orientado para um Brasil Potência Verde (Rodrigues; Góes, 2024). Em contrapartida, a retomada do sonho de uma união sul-americana e amazônica poderão ser representadas por um novo modelo de desenvolvimento que preserve a grande floresta tropical úmida, uma Moderna Economia da Biodiversidade (Rodrigues, 2022b).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou realizar um panorama histórico e atual da participação da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica em projetos de desenvolvimento sustentável para a região. Notou-se que, ainda que a OTCA tenha passado por períodos conturbados e de baixa institucionalidade, é o único projeto de integração e cooperação para a promoção de políticas de desenvolvimento sustentável da região. Da mesma forma, ainda que embrionário, o projeto proposto pela Declaração de Belém apresenta alto potencial de externalidades socioambientais positivas para a Amazônia no médio-longo prazo.

Vale ressaltar que tanto a V Cúpula de Presidentes da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) (a ser realizada entre 18 e 22 de agosto de 2025) quanto a 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP30) (a ser realizada entre 10 de 21 de novembro de 2025) são dois eventos extremamente significativos para a consolidação do caminho sustentável iniciado com a Declaração de Belém (2023). Ambos buscam renovar os compromissos com a agenda amazônica e fortalecer a cooperação regional, garantir o bem-estar de seus povos e projetar sua voz na agenda global. Consequentemente, seu monitoramento e análise são fundamentais para pesquisas futuras.

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

Como conclusão do presente trabalho, reitera-se que a integração regional não é puramente política, nem econômico-comercial, nem física; é uma combinação de perspectivas distintas que se complementam e se sobrepõem, agregando demandas geopolíticas, institucionais, regulatórias e sociais que são dinâmicas e, portanto, se transformam ao longo do tempo. Ainda que se considerem possíveis barreiras no contexto amazônico – como a falta de convergência política, a disparidade de desenvolvimento e poder tecnológico, as incertezas econômicas, as inseguranças legais, a aversão à perda da soberania nacional –, os benefícios da integração são multiplicadores e irradiadores, tendo como objetivos principais a redução das assimetrias regionais, a construção de uma identidade regional e a ampliação da participação de componentes econômicos e sociais.

A Amazônia é um dos principais sustentáculos do projeto de transição verde no século XXI. Para que tal plano ocorra, se faz necessária uma articulação de um Projeto de Economia Política Sustentável com um Projeto Regional de Desenvolvimento Sustentável, instituindo uma via de desenvolvimento baseado em Ciência, Tecnologia e Inovação, compreendendo sua complexidade metabólica e utilizando o seu patrimônio natural sem destruí-lo. Logo, se faz necessária uma conscientização dos agentes públicos e da população para os problemas ecológicos envolvidos, um uso sustentável dos recursos naturais estratégicos, uma intensificação de respaldos técnicos e científicos possibilitados pelo crescimento de pesquisadores na e da Amazônia, e, fundamentalmente, uma compreensão de que a integração regional é um caminho inexorável para o desenvolvimento sustentável em uma floresta que não reconhece fronteiras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Roberto de. O contexto geopolítico da América do Sul: visão estratégica da integração regional. **Meridiano 47**, Brasília, v. 7, n. 76, p.15-23, nov. 2006.

ALVARES, Ticiania de Oliveira; RODRIGUES, Marcela Cardoso; NARITA, Beatriz Sakuma. Um Plano de recuperação verde para a Amazônia: benefícios regionais, nacionais e mundiais. **Revista Tempo do Mundo (Rtm)**: n. 27, dez. 2021, [S.L.], v. 27, p. 101-126, 12 ago. 2022.

AMAZÔNIA 2030. **Amazônia 2030**. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

ANTIQUERA, Daniel de Campos. **“A Amazônica e a Política Externa Brasileira: análise do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) e sua transformação em organização internacional (1978-2002)”**. Dissertação de Mestrado, Programa San Tiago Dantas de Pós-Graduação em Relações Internacionais (UNESP/Unicamp/PUC-SP). 2006

BECKER, Bertha. **As Amazônias de Bertha K. Becker: ensaios sobre geografia e sociedade na região amazônica: vol. 2**. Rio de Janeiro: Garamond, 2015.

CALMON DE PASSOS, Priscilla Nogueira. A Conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, [S. l.], v. 6, n. 6, 2009. Disponível em: <https://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/18>. Acesso em 10 mar. 2025.

CHIARELLA, Roberto; CORTEGIANO JUNIOR, Geraldo. Espacio amazonico e integración sudamericana. **Allpanchis**, Cuzco: Instituto de Pastoral Andina, n. 45, 1995.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em 6 mar. 2025.

CONSÓRCIO INTERESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA LEGAL. **Plano de Recuperação Verde da Amazônia Legal**. Julho, 2021. Disponível em: https://editor.amapa.gov.br/arquivos_portais/publicacoes/CAL_45d312a2e8c-d153a612400e5ea738003.pdf. Acesso em 10 mar. 2025.

FERNANDES, Orlando de Paula. A Política Externa Brasileira e as Relações com o Paraguai: A Revisão do Tratado de Itaipu. **Cadernos de Campo: Revista de Ciências Sociais**, São Paulo, n.17, p.117-132, 2013. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/cadernos/article/view/7370>. Acesso em 6 mar. 2025.

FILIPPI, Eduardo Ernesto; MACEDO, Marcus Vinicius. A conversão do Tratado de Cooperação Amazônica em organização internacional. **Revista Tempo do Mundo**, n. 27, p. 191-214, 18 mar. 2022.

Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/article/view/326>. Acesso em: 25 abr. 2025.

FREIRE, Cristiniana Cavalcanti; TORQUATO, Carla Cristina Alves; COSTA, José Augusto Fontoura. Jurisdição Internacional: Análise do Tratado de Cooperação Amazônica em Face dos Desafios Ambientais Internacionais. In: **XV CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI. Anais[...]** Manaus: CONPEDI, 2006.

FURTADO, Celso. **Formação Econômica da América Latina**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lia, Editora S.A., 1970.

HAAS, Ernst. B. *Beyond the Nation State*. Stanford: Stanford University Press, 1964.

HELISSA, Hérica Humeno. **O Tratado de Cooperação Amazônica e a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Relações Internacionais) – Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, 2003. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9345/1/20016883.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2025.

HERZ, Monica.; HOFFMAN, Andrea Ribeiro. **Organizações Internacionais: História e práticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Missão Amazônia**. Brasília, 15 abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/amazonia1/missao-amazonia>. Acesso em: 25 abr. 2025.

IPIRANGA, Ana Silva Rocha; GODOY, Arilda Schmidt; BRUNSTEIN, Janette. Introdução. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, n. 3, p. 13–20, jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-69712011000300002>. Acesso em: 6 abr. 2025.

KELLY, Philip. **Checkerboards and Shatterbelts: The geopolitics of South America**. Austin: University Of Texas Press, 1997.

LAFER, Celso. RIO+10: **O Brasil na cúpula sobre desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/mre000096.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2025.

LE PRESTRE, Philippe. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: Editora Senac, 2000.

LOUREIRO, Violeta Refkalefsky. **Caminhos e descaminhos da Amazônia: Em busca do desenvolvimento - acertos, erros e possibilidades vol. 1**. Manaus: Editora Valer, 2023.

MACEDO, Marcus Vinicius Aguiar. **A Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e os seus 40 anos de existência: retrospectiva e perspectivas como ferramenta de integração regional para a sustentabilidade amazônica**. Tese (Doutorado) - UFRGS. Porto Alegre, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/209956>. Acesso em: 6 mar. 2025.

MACEDO, Marcus Vinicius Aguiar. **Exploração Predatória de Madeira em Terras Indígenas da Fronteira Amazônica: a questão ashaninka à luz do Tratado de Cooperação Amazônica-TCA**. Tese (Mestrado)- UFSC/UFAC. Rio Branco, 2008. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/>

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

vufind/Record/UFSC_b672489e0c7d959ecd6c075e2e27073e. Acesso em: 25 abr. 2025.

MARTONI, Bruna de Carvalho. As políticas ambientais do governo Bolsonaro e suas consequências nas relações com o continente europeu. **Conjuntura Internacional**, PUC Minas, Minas Gerais, 20 set. 2019. Disponível em: <https://pucminasconjuntura.wordpress.com/2019/09/20/as-politicas-ambientais-do-governo-bolsonaro-e-suas-consequencias-nas-relacoes-com-o-continente-europeu/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

MARTONI, Bruna de Carvalho. As políticas ambientais do governo Bolsonaro e suas consequências nas relações com o continente europeu. **Conjuntura Internacional**/ PUC MINAS. Minas Gerais. 2019. Disponível em: <https://pucminasconjuntura.wordpress.com/2019/09/20/as-politicas-ambientais-do-governo-bolsonaro-e-suas-consequencias-nas-relacoes-com-o-continente-europeu/>. Acesso em: 6 mar 2025.

MATTOS, Carlos de Meira. **Geopolítica**, v.II. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2011.

NUNES, Paulo Henrique Faria. A organização do Tratado de Cooperação Amazônica: uma análise crítica das razões por trás da sua criação e evolução. **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 220-243, 2016.

NOBRE, Carlos Afonso. Projeto Amazônia 4.0: Definindo uma Terceira Via para a Amazônia. **Revista Futuribles**, 2019. (trabalho de divulgação científica)

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA - OTCA. **Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica. Novembro, 2010**. Disponível em: <http://otca.org/pt/wp-content/uploads/2021/04/Agenda-Estrate%CC%81gica-de-Cooperac%CC%A7a%C-C%83o-Amazo%CC%82nica.pdf>. Acesso em: 20 abr.2025.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA – OTCA. **Cooperação Amazônica: fortalecimento institucional e atuação integrada**. Brasília, 2023b. Disponível em: https://otca.org/pt/wp-content/uploads/2024/06/Relatorio_2023_OTCA_PTBR-pg-simples.pdf. Acesso em: 6 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA - OTCA. **Declaração de Belém: IV Reunião de Presidentes dos Estados Partes no Tratado de Cooperação Amazônica**. Belém, 2023a. Disponível em: <http://otca.org/pt/wp-content/uploads/2023/10/Declaracao-de-Belem.pdf>. Acesso em 20 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA - OTCA. **Plano Estratégico 2004-2012**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://otca.org/pt/wp-content/uploads/2017/04/Plano-Estrate%CC%81gico-2004-%E2%80%93-2012-.pdf>. Acesso em 20 abr. 2025.

PADULA, Raphael. **Integração regional de infra-estrutura e comércio na América do sul nos anos 2000**: uma análise político-estratégica. 2010. 311 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Pós-graduação em Engenharia de Produção, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PINHEIRO, Leticia. Traídos pelo desejo: um ensaio sobre a teoria e a prática da política externa brasileira contemporânea. **Revista Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 305-335, 2000.

QUIROGA, A. A.; MARCOVITCH, J. **Lineamientos estratégicos para la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica**. Brasília: OTCA, 2003

REBELO, Aldo. **Amazônia: a maldição de Tordesilhas**. Rio de Janeiro: Arte Ensaio, 2024.

RIBEIRO, Nelson de Figueiredo. **A questão geopolítica da Amazônia:** da soberania difusa à soberania restrita. Brasília: Senado Federal, 2005.

RICUPERO, Rubens. O Tratado de Cooperação Amazônica. **Revista de Informação Legislativa**, v.21, n.81, p. 177-196, 1984. Suplemento. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/186318>. Acesso em: 6 mar. 2025.

RODRIGUES, Bernardo Salgado. **Geopolítica, desenvolvimento e integração na América do Sul?** São Paulo: Editora Dialética, 2022a.

RODRIGUES, Bernardo Salgado. **Em defesa do Eldorado:** competição internacional pela Amazônia Brasileira e Sul-Americana. Rio de Janeiro: Multifoco, 2022b.

RODRIGUES, Bernardo Salgado; GÓES, Guilherme Sandoval. **Sementes de Futuro da Geopolítica Brasileira.** Rio de Janeiro: Alpheratz, 2024.

RUFINO, Marcos Pereira. The equality trap: notes on indigenist policies in the Bolsonaro government. **Vibrant - Virtual Brazilian Anthropology**. vol. 19.p. e19607, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vb/a/4tjNY4jv6ZGxb6gvKGmwZJw/SANTOS,LeandroFernandesSampaio.AAmazôniacomoinstrumentodapolíticaxternabrasileira.RevistaAurora,Marília,v.7,n.2,p.109-22,2014>.

SANTOS, Jorge Calvario dos. Amazônia: quinhentos anos de cobiça. **A Defesa Nacional: Revistas de Assumptos Militares**, Rio de Janeiro, ano LXXXVI, n. 788, p. 98-119, 2000.

SANTOS, Thauan dos; DINIZ JÚNIOR, Carlos Antônio. Integração Regional e Educação: O caso do MERCOSUL. **OIKOS**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 22-36, 2017.

SEIXAS, Cristiana Simão; PRADO, Daniela Schmidt; JOLY, Carlos Alfredo; MAY, Peter Herman; NEVES, Eneas Messias da Silva Correia; TEIXEIRA, Luiza Rodrigues. Governança ambiental no Brasil: rumo aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS)? **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 25, n. 81, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12660/cgpc.v25n81.81404>.

Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/cgpc/article/view/81404>. Acesso em: 6 mar. 2025.

SILVA, Rodolfo Ilário da. **A cooperação multilateral entre os países amazônicos: a atuação da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA).** Tese (Mestrado) - UNESP. Marília/SP. 2012. Disponível em: https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciasSociais/Dissertacoes/Silva_Rodolfo_Ilario.pdf

SIMÕES, Antônio José Ferreira. **Eu sou da América do Sul.** Brasília: FUNAG, 2012. 120 p.

TEIXEIRA, Alberto da Silva. **A OTCA e a Governança da Amazônia Continental.** Trabalho apresentado no V Encontro Nacional da Associação Brasileira de Ciência Política (ABCP), Belo Horizonte, 2006.

TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA (TCA). Brasília: Ministério das Relações Exteriores, 3 de julho de 1978.

Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/sci/normas-e-legislacao/tratados/convencoes-meio-ambiente/tratado-de-cooperacao-amazonica.pdf>

UNESCO. **Década da Educação das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014:** documento final do esquema internacional de implementação. Brasília: UNESCO, 2005.

VIEIRA, Everton. **A década da Agenda 21.** 2002. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/mre000112.pdf>

O ressurgimento da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)

VILLELA, Anna Marla. O Tratado da Bacia do Prata. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, n. 81, p. 147-176, 1984. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/186298/000406291.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Acesso em 20 abr. 2025.

ZEEVALLOS, Enrique Amayo. Da Amazônia ao Pacífico cruzando os Andes. **Revista de Estudos Avançados**, v.7, n. 17, p. 117-169, jan. 1993. São Paulo. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/j8c7cPdRVTB9PZmJ6FH5stQ/>. Acesso em 25 abr. 2025.

Amazônia Azul, uma perspectiva brasileira no contexto da geopolítica do Atlântico Sul

Blue Amazon, a Brazilian perspective in the South Atlantic geopolitics

Amazonia Azul, una perspectiva brasileña en el contexto de la geopolítica del Atlántico Sur

Amazonie Bleue : une perspective brésilienne dans le contexte de la géopolitique de l'Atlantique Sud

Data da submissão: 11 de junho de 2025

Data da aprovação: 20 de julho de 2025

Israel de Oliveira Andrade¹
Ana Flávia Barros-Platiau²

Resumo

A Amazônia Azul é zona de grande interesse nacional e internacional, sendo fonte de riquezas econômicas e naturais. Logo, sob uma perspectiva geopolítica, mostram-se necessárias iniciativas de segurança e defesa nessa área. Este texto se propõe a discutir como são as ações coordenadas de atores civis e militares para a garantia da soberania nacional e do desenvolvimento sustentável da Amazônia Azul, e quais são seus impactos nas vertentes econômica, social e ambiental. No quadro do crescente interesse pela região, o Brasil tem envidado esforços para a manutenção da paz e da segurança, e também para a conservação do meio ambiente. Assim, pretende-se expor de modo sucinto a existência dessas riquezas e interesses, algumas das iniciativas brasileiras e de cooperação com outros países, além de questões importantes para a geopolítica do Atlântico Sul que devem ser consideradas na estratégia de atuação do Brasil, como no caso da ZOPACAS.

Palavras-chave: Atlântico Sul, Amazônia Azul, geopolítica, Brasil

Abstract

The Blue Amazon is an area of great national and international interest, as it is a source of economic and natural wealth. Therefore, from a geopolitical perspective, security and defense initiatives in this area are essential. This text aims to discuss how actions among actors, civilians and military are coordinated to promote sovereign rights and sustainable development of the Blue Amazon, thus looking at its impacts on the economic, social and environmental axes. In the context of growing interest in the region, Brazil has made efforts not only to maintain peace and security, but also to preserve the environment. Thus, this paper seeks to briefly present the wealth and interests at stake, some of the Brazilian initiatives and cooperation with other countries, and key issues for the geopolitics of the South Atlantic that should be considered in Brazil's strategy of action, such as ZOPACAS.

Keywords: South Atlantic, Blue Amazon, geopolitics, Brazil

¹Pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), desde 1992. Dedicar-se atualmente a estudos relativos a Defesa, Geopolítica e Relações Internacionais.

²Professora no Instituto de Relações Internacionais da Universidade de Brasília (UnB) e da Escola Superior de Defesa (ESD). Pesquisadora do INCT Criosfera, Earth System Governance e Prodefesa V/CAPES. Bolsista PQ do CNPq.

Resumen

La Amazonia Azul es una zona de gran interés nacional e internacional, ya que constituye una fuente de riquezas económicas y naturales. Por lo tanto, desde una perspectiva geopolítica, se hacen necesarias iniciativas de seguridad y defensa en dicha área. Este artículo tiene como objetivo analizar cómo las acciones coordinadas entre actores civiles y militares contribuyen a garantizar la soberanía nacional y el desarrollo sostenible de la Amazonia Azul, así como sus impactos en las dimensiones económica, social y ambiental. En un contexto de creciente interés por la región, Brasil ha realizado esfuerzos para mantener la paz y la seguridad, así como para conservar el medio ambiente. De este modo, se pretende presentar de forma concisa las riquezas e intereses involucrados, algunas iniciativas brasileñas y de cooperación con otros países, así como cuestiones clave para la geopolítica del Atlántico Sur que deben ser consideradas en la estrategia brasileña de actuación, como el caso de ZOPACAS.

Palabras clave: Atlántico Sur, Amazonia Azul, geopolítica, Brasil

Résumé

L'Amazonie Bleue est une zone d'intérêt national et international majeur, constituant une source de richesses économiques et naturelles. Ainsi, dans une perspective géopolitique, des initiatives en matière de sécurité et de défense s'avèrent nécessaires dans cette région. Cet article vise à analyser comment les actions coordonnées d'acteurs civils et militaires contribuent à garantir la souveraineté nationale et le développement durable de l'Amazonie Bleue, ainsi que leurs impacts dans les dimensions économique, sociale et environnementale. Dans un contexte d'intérêt croissant pour la région, le Brésil a déployé des efforts pour maintenir la paix et la sécurité, ainsi que pour préserver l'environnement. L'objectif est donc de présenter de manière succincte ces richesses et intérêts, certaines initiatives brésiliennes et coopérations internationales, ainsi que des enjeux géopolitiques importants de l'Atlantique Sud à prendre en compte dans la stratégie brésilienne, comme le cas de la ZOPACAS.

Mots-clés: Atlantique Sud, Amazonie Bleue, géopolitique, Brésil

1 INTRODUÇÃO

Pensar a Amazônia em toda a sua riqueza e complexidade nos permite associar as Amazônias terrestre e marinha, a verde e a azul, pois o que acontece numa, certamente traz efeitos para a outra. Logo, a defesa da soberania e a promoção da sustentabilidade da nossa “grande Amazônia” implicam analisar de forma abrangente todos os desafios e oportunidades. Consequentemente, a Amazônia pode ser considerada como “heartland” do Antropoceno (Barros-Platiau *et al*, 2025), a era geológica marcada pelos alertas científicos alimentados por riscos globais decorrentes da insustentabilidade do crescimento desigual em escala global. Entretanto, quando se pensa a Amazônia, a parte terrestre - fronteiras, floresta, pessoas, atividades econômicas, entre outras - prevalece sobre a parte marítima (Guldberg *et al*, 2025), e, geralmente, destacando a necessidade de um modelo de desenvolvimento sustentável, necessário para substituir “padrões predatórios” na região (Medeiros Filho *et al*, 2025), ou ainda a abordagem socioambientalista mais recente exposta em Inoue *et al* (2025).

Nesta linha, o texto privilegia uma abordagem da geopolítica, com o arcabouço conceitual e analítico do século XXI (Monteiro, 2021; Gonzales, 2024). Adicionalmente, adota uma abordagem da geografia política ancorada na proposta do tripé: ator, espaço e poder, de Castro (2024, p. 78). Sendo o Estado Brasileiro o principal ator, porém não o único (Gonzales, 2024, p. 77; Barros-Platiau *et al*, 2024); a Amazônia Azul como o espaço de atuação; e os desafios para a defesa da soberania nacional sobre o espaço e seus recursos como fonte de eventuais conflitos de interesses.

A Amazônia Azul (Carvalho, 2004, apud Barros *et al*, 2015, p. 205) é parte do Atlântico Sul, oceano que banha a costa brasileira, e também a de outros 23 países americanos e africanos. É um ambiente repleto de riquezas naturais e de diversos ecossistemas, mas também é berço de questões econômicas, políticas e ambientais complexas. O espaço marítimo brasileiro tem sido chamado de Amazônia Azul devido à sua extensão que se assemelha à da Amazônia Legal brasileira, que, segundo o IBGE, em 2022, possuía cerca de 5.015.146 km². Em abril de 2025, a Comissão de Limite da Plataforma Continental (CLPC) da Organização das Nações Unidas (ONU) aprovou a solicitação do Brasil referente à margem equatorial, acrescentando cerca de 360 mil km² ao espaço marítimo brasileiro, segundo Agência Gov. A área total do



pleito junto à referida Comissão resultará em uma área marítima de cerca de 5,7 milhões de km², conforme a Marinha do Brasil (MB). Como resultado do programa Levantamento da Plataforma Continental conduzido pela MB (fase 1 e fase 2), o Brasil solicitou fundamentalmente quatro áreas, segundo sítio eletrônico da MB: em 2003, 960 mil Km², distribuídos por toda a costa brasileira; e, posteriormente ao LEPLAC 2, 3 áreas (Sul - 170 mil Km², em 2015; Margem Equatorial - 360 mil Km², em 2017; e, Margem Oriental/Meridional - 1,5 milhão km², 2018).

No entanto, não é somente na extensão que as Amazônias azul e verde se assemelham, mas na rica biodiversidade existente nessas áreas. A verde é considerada um dos maiores e mais diversificados biomas em termos de fauna e flora (Veríssimo, et al, 2024; ISPN, 2025), já na azul se encontram ecossistemas próprios que prestam serviços que tornam a vida no planeta Terra viável (Seixas et al., 2023).

A área marítima é, ainda, por onde passa mais de 80% do comércio internacional (no caso brasileiro esse índice chega a ser superior a 95%, segundo a Marinha do Brasil), e cabos submarinos fundamentais para a comunicação no globo. Não se pode deixar de considerar a questão da soberania que perpassa necessariamente esse espaço. Países costeiros possuem, muitas vezes, disputas territoriais por soberania e por jurisdição sobre áreas marítimas e seus recursos. Na defesa apropriada desses interesses, é importante conhecer esse espaço e seus recursos, monitorá-lo, protegê-lo e preservá-lo.

Este artigo se concentrará nos interesses brasileiros referentes à Amazônia Azul, abordando a área marítima brasileira e seu entorno estratégico, sob uma perspectiva de questões geopolíticas. Assim, busca responder à questão: como são as ações coordenadas, de atores civis e militares, e colaborativas para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Azul? E subsidiariamente abordar quais são seus impactos nas vertentes econômica, social e ambiental.

Considerando que a abundância de recursos naturais estratégicos motivam a cobiça de terceiros, deve-se analisar a questão da utilização e proteção desses recursos de forma estratégica (Andrade et al., 2020b). Para que um Estado tenha uma atuação mais eficiente nas suas conquistas, segundo Romana (2016, p.15) é necessário uma estratégia, que “correspond[am] à procura da eficácia máxima na ação do Estado na realização dos seus fins críticos”.

Segundo Vaz (2011), o Atlântico Sul que antes ocupava um papel secundário no interesse das grandes potências passou a ocupar um espaço estratégico e de relevância no contexto mundial devido a um novo posicionamento geopolítico das grandes potências decorrente da descoberta de recursos naturais com valor econômico e ao aumento de fluxos comerciais na região. O Brasil considera os países da América do Sul, os países africanos banhados pelo Atlântico Sul, e esse espaço marítimo, e também a Antártica, como seu entorno estratégico, ou seja, aérea de interesse prioritário para o país, segundo a Política Nacional de Defesa (2024).

Os países que compartilham o oceano Atlântico Sul, do lado do continente americano, ou seja, da América do Sul, e do lado do continente africano possuem questões particulares e algumas diferentes das brasileiras, como, por exemplo, a Argentina. Esse país possui a questão da soberania sobre parte de seu território (Ilhas Malvinas). Ou ainda, a questão da pirataria, dentre outras, enfrentada, atualmente, por países africanos, especialmente no Golfo da Guiné. No caso do Brasil, a preocupação com sua área marítima diz respeito às vertentes de segurança e defesa, ambiental, comercial, econômica e científica. Dessa forma, o Estado brasileiro passou a desenvolver projetos de preservação, exploração, monitoramento e defesa dessa área, como o Levantamento da Plataforma Continental (LEPLAC), o Planejamento Espacial Marinho (PEM), o Programa Antártico (PROANTAR) e o SisGAAz, entre outros exemplos citados por Santos et al. (2022).

A metodologia do trabalho fundou-se em documentos oficiais brasileiros e fontes secundárias, com o propósito de explorar os principais desafios geopolíticos que se impõem ao Brasil no que tange à Amazônia Azul, reforçando a importância de prioridades, investimentos, meios, instrumentos e políticas públicas adequados para a vigilância e para a defesa desse espaço.

O texto está dividido em cinco seções. Esta introdução, que apresenta a linha de análise do assunto; a segunda seção que apresenta as riquezas da Amazônia Azul; a terceira, em que são expostas algumas ações que o Estado conduz para esse espaço marítimo; a quarta seção traz à discussão ações de cooperação com outros países para o Atlântico Sul. A quinta seção encerra o artigo com suas considerações conclusivas.

2 AS VERTENTES ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL

A escolha destas três dimensões é uma simplificação, porém justifica-se pela definição do conceito de desenvolvimento sustentável, consagrado no Relatório Brundtland de 1987 e corroborado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cúpula da Terra ou Rio 92). Os três pilares do princípio do desenvolvimento sustentável são os critérios ambientais, a justiça social e

a viabilidade econômica. Em termos de Política e Direito, pode ser interpretado como o balanço entre interesses de diferentes stakeholders para que a decisão possa ser efetivamente implementada. Em outros termos, exige diálogo, transparência, legalidade e legitimidade durante o processo de tomada de decisão. Com diversidade e complexidade indiscutíveis, a sustentabilidade em escala nacional é sempre um imenso desafio, conforme Ribeiro et al. (2025).

As riquezas naturais são ainda pouco conhecidas, a começar pela rica biodiversidade local e a existência de ecossistemas únicos que prestam serviços importantes para a manutenção da vida na Terra. Em publicação de 2010, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) dividiu a região costeira e marinha em alguns ecossistemas, como dunas, praias, banhados e áreas alagadas, estuários, restingas, manguezais, costões rochosos, lagunas e marismas. Esses ecossistemas se comunicam com cinco biomas terrestres (Mata Atlântica, Amazônia, Caatinga, Pampa e Cerrado), criando ambientes que prestam serviços ecossistêmicos únicos, como exposto em Ipea (2024).

Neste contexto, as interações entre o oceano e o clima constituem-se em tema ambiental importante (WMO, 2025), ainda mais no momento da COP 30 (Conferência das Partes no regime do clima), a ser realizada em Belém do Pará. O oceano pode ser considerado mantenedor da temperatura da atmosfera, uma vez que possui grande capacidade de reter o calor e distribuir esse equilíbrio pelo planeta através da evaporação da água e das correntes marinhas. Além disso, as águas possuem como uma de suas funções sequestrar e estocar o carbono da atmosfera. No entanto, Campos (2014) afirma que o aquecimento do planeta e o aumento da poluição atmosférica levam ao aquecimento das águas, ao aumento do degelo das calotas polares, a diminuição da salinidade e a acidificação das águas, à elevação do nível do oceano e, conseqüentemente, à alteração das correntes marinhas, alterando o equilíbrio oceano-atmosfera que propicia as condições de vida na Terra.

Quando se pensa em atividades no espaço marítimo brasileiro, algumas delas chamam mais atenção que outras, no entanto, não podem ser consideradas mais ou menos importantes. A primeira delas é o transporte marítimo, que se responsabiliza por mais de 95% do comércio internacional brasileiro, segundo a Marinha do Brasil. Acompanhando o transporte marítimo, tem-se a indústria da construção naval que vem sendo movimentada, inclusive, pela construção de embarcações militares. É importante considerar ainda que o transporte marítimo também necessita de infraestrutura portuária adequada. Além da infraestrutura, a própria construção das embarcações passa a demandar modificação, e a mais importante delas, no momento, é a descarbonização das embarcações (considerada no projeto BNDES Azul, no Brasil). Quanto ao tráfego pelo Atlântico Sul, Silva (2014) já havia abordado possíveis alterações: a ampliação do Canal do Panamá; a rota pelo Ártico; e as rotas de integração regional. Entretanto, atualmente, é preciso considerar mais dois fatores centrais: a hiper-competitividade geopolítica, econômica e tecnológica entre os governos da China e dos Estados Unidos, bem como os efeitos deletérios do clima sobre a navegabilidade do Canal do Panamá e das rotas do Atlântico Sul.

A segunda atividade relevante é o turismo litorâneo que, segundo Carvalho (2018), é o setor que mais emprega no Brasil. Mundialmente, a atividade vem crescendo e já se encontra quase no nível de 2019, anterior à pandemia (World Bank, 2025). Especificamente em relação ao turismo costeiro, a Comissão Europeia afirma que esse setor é o responsável pelo maior valor agregado bruto e pelo maior número de empregos relativos à economia azul na Europa (European Commission, 2025).

É importante ressaltar um outro ponto econômico e estratégico: as comunicações. Pelo Atlântico Sul, passam cabos submarinos que permitem a comunicação do Brasil com outros continentes. A integridade desses cabos é fundamental na garantia do fluxo de dados entre os países.

Outras atividades são decorrentes da exploração ou aproveitamento dos recursos naturais existentes. Segundo o Boletim Mensal da Produção de Petróleo e Gás da Agência Nacional do Petróleo, no mês de fevereiro de 2025, 97,4% da produção de petróleo foi oriunda de poços marítimos, sendo 78,8% da zona do Pré-Sal. No entanto, a atividade de produção de energia produzida na zona marítima tem se diversificado. Há diversos estudos para a produção de energia renovável vinda do mar, como a eólica offshore, a maremotriz, as provenientes das ondas, de correntes marinhas, de gradientes térmicos e de salinidade (EPE, 2014).

A pesca, seja artesanal ou industrial, é uma atividade relevante, que após um período sem informações oficiais do governo brasileiro, teve alguns dados publicados recentemente. Embora esses dados ainda não configurem estatísticas completas, podem ser encontrados no sítio eletrônico do Ministério da Pesca e Aquicultura. Os dados são referentes ao Brasil e incluem quantitativo de pescadores, sejam eles artesanais ou industriais, assim como algumas características como gênero e escolaridade. As embarcações possuem seu quantitativo especificado por tamanho. A aquicultura também foi incluída nos dados. Importante salientar que as informações fornecidas possuem dados tanto de águas interiores como marítimas.

A atividade de mineração marinha, de sal marinho, minérios, sal-gema, pedras preciosas e semi-

preciosas, além da exploração de nódulos polimetálicos (depósitos de alguns tipos de minérios, como manganês, cobalto, níquel e cobre no solo do oceano profundo) é a mais polêmica no que tange à preservação ambiental. Com o aumento da busca por recursos naturais no mar (aceleração azul), a exploração de alguns minerais que participam, principalmente, do processo de produção de energia limpa tem se intensificado. No entanto, essa exploração causa degradação ao meio ambiente marinho que, por conta da demora em se recompor, pode ser considerada como a extração de um recurso não renovável, como por exemplo, a extração dos rodolitos utilizados no processo de produção de fertilizantes.

Sob o ponto de vista ambiental, a sobre-utilização dos recursos do oceano em decorrência da busca de recursos naturais por parte das diversas nações, tem colocado em evidência a preocupação com a conservação do meio ambiente marinho. A aceleração da exploração desses recursos pode causar desequilíbrios nesse meio ambiente com características próprias, afetando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos prestados pelo oceano, podendo, inclusive, afetar o clima do globo.

Com um olhar geopolítico para o entorno estratégico, o Estado brasileiro, como ator principal, deve exercer seu poder pela regulamentação da utilização e da proteção desse espaço marítimo, e para isso deve implementar políticas públicas que levem em consideração todos os fatores envolvidos, quais sejam, econômicos, ambientais e de soberania. Além disso, deve levar em conta que uma parte do espaço marítimo tem sido objeto de demanda na Comissão de Limites da Plataforma Continental, resultando em um acréscimo de área, aumentando consequentemente os recursos biológicos e minerais a serem protegidos.

3 INICIATIVAS VOLTADAS PARA O MAR

3.1. CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E MEIO AMBIENTE

Não é objetivo deste artigo explorar exaustivamente as iniciativas relativas ao mar, mas por meio de algumas delas demonstrar a complexidade de fatores, atores, e variáveis que essas políticas precisam considerar em seu bojo. Para organizar as atividades (como por exemplo, pesquisas científicas, conservação do meio ambiente, monitoramento oceanográfico) que são desenvolvidas no mar, o Brasil elabora o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM). Nele são estabelecidas as ações mais relevantes, com seus respectivos objetivos, metas, produtos e fonte de recursos para o desenvolvimento dessas ações. Em janeiro de 2025, foi aprovado o XI PSRM, que deverá vigorar até 2027.

Com o objetivo de “estabelecer as bases institucional, estratégica, normativa e regulatória que possam ser utilizadas em apoio ao processo de tomada de decisão relacionado ao uso do mar e ao seu ordenamento e conservação, em âmbito público ou privado”, conforme estabelecido no XI Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), o PEM (descrito no item 5.9) possui o desafio de criar uma arena onde sejam sopesados interesses públicos e privados dos variados atores da sociedade, além das diversas políticas públicas existentes e futuras para o espaço marítimo brasileiro. Nesse processo, é fundamental que o Estado brasileiro mantenha-se como ator principal e exerça seu poder na coordenação das atividades que ocorrem no espaço marítimo. Segundo definição adotada pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (IOC - Unesco) citada em Andrade e Carvalho (2025, p. 10), “o PEM é um processo público de análise e atribuição da distribuição espaço-temporal das atividades humanas em áreas marinhas com objetivos ecológicos, econômicos e sociais, em geral, listado por processo político.” O PEM deve ser implementado até 2030, conforme compromisso internacional assumido pelo Brasil, em 2017, na II Conferência do Oceano, promovida pela ONU.

Para viabilizar o PEM, no Brasil, está em andamento a elaboração do projeto-piloto. Nele, a plataforma continental foi dividida em quatro áreas: Sul, Sudeste, Nordeste e Norte. Nesse primeiro momento, as verbas não são orçamentárias, pois provêm de recursos de doações do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para os processos licitatórios das regiões Sul, Sudeste e Norte, e de recursos do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) para o processo da região Nordeste. No sítio eletrônico da Marinha do Brasil dedicado ao PEM, consta que o projeto para a região Sul é o que se encontra mais adiantado, estando na quarta parte da primeira fase. A região Nordeste vem em segundo lugar, estando na terceira etapa da primeira fase. A região Sudeste já teve o projeto aprovado e está iniciando sua implementação. Para o do Norte, ainda não constam informações de evolução.

Quanto à questão orçamentária, o Plano Plurianual 2024-2027 inclui em seu eixo 2 - “Desenvolvimento econômico e sustentabilidade socioambiental e climática” o programa Oceano, Zona Costeira e Antártica. Esse programa possui como objetivo prioritário “ampliar o conhecimento científico e tecnológico, a conservação da biodiversidade, o uso sustentável dos recursos naturais, por meio da gestão efetiva dos espaços costeiros e marinhos, para promover os interesses do país no oceano, zona costeira e Antártica”. Esse

assunto se enquadra tanto como programa finalístico no PPA 2024-2027, como na sua Agenda Transversal.

Concomitantemente, outras ações importantes têm sido desenvolvidas para estimular o fortalecimento das políticas para o mar. Uma delas é a definição oficial de economia do mar. O GT “PIB do Mar”, composto por representantes de várias áreas do governo, tem como objetivos estabelecidos pela Portaria 23-MB/MD, de 27/01/2025, definir o conceito de economia do mar e desenvolver uma metodologia para sua mensuração, entre outros

Além desse grupo técnico, foram criados outros voltados para questões do mar como os Comitês Executivos de Economia Azul e do PEM. O Comitê Executivo “Economia Azul” é coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e tem como objetivo principal “planejar, elaborar, manter atualizado e implementar um Plano de Trabalho, visando ao cumprimento das metas da Ação “Economia Azul”, integrantes do PSRM em vigor. Já o referente ao PEM é composto por 23 membros (representantes de órgãos e instituições públicas) e coordenado conjuntamente pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar.

Ainda nesse diapasão, o Brasil, como participante da Agenda 2030 da ONU, assumiu desafios como as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 - Vida da Água e ações relativas à Década do Oceano (2021-2030). No âmbito da Agenda 2030 e do acompanhamento das metas do ODS 14, no portal odsbrasil, o país desenvolveu indicadores somente para três metas, e, para essas três, houve um desempenho positivo, segundo o Relatório Nacional Voluntário (2024). Como não há indicadores desenvolvidos para as demais, não há como se verificar o seu atendimento ou não. Porém, essa ausência de dados não torna o ODS 14 menos relevante. Para além da preocupação com esse ODS, é preciso enfatizar a importância da interrelação dele com os demais ODS. O ODS 14 se relaciona de alguma forma com todos os outros ODS, demonstrando a importância do oceano e da economia azul para o desenvolvimento sustentável global (Santos, 2022; Barros-Platiau et al., 2024).

A Década do Oceano enfatiza a ciência oceânica (sob diversos aspectos, como os biológicos, biotecnológicos, econômicos, políticos e sociais, por exemplo) como propulsora do desenvolvimento sustentável, do combate a riscos e ameaças (como a poluição) e integradora de grupos de pessoas com um objetivo comum, conhecer melhor o oceano, suas interações, com o clima e comunidades costeiras, por exemplo, e de suas potencialidades.

No Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação é o “coordenador” das ações relacionadas à Década do Oceano, por meio do Plano Nacional de Implementação da Década de Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, que, por sua vez, faz parte do Programa Ciência no Mar. Segundo Christofoletti et al. (2021), no âmbito das atividades da Década, foram realizadas oficinas, coordenadas por diversos setores da sociedade (público, privado, organismo internacional e academia), e com a participação da população. O Brasil também tem focado na educação de crianças e jovens, com a ambição de aumentar a sensibilidade dos(as) futuros(as) tomadores(as) de decisão sobre as questões oceânicas. Em 2025, a UNESCO reconheceu o Brasil como o primeiro país a implementar a educação azul nos currículos escolares.

Paralelamente, a Marinha do Brasil conduz o Plano Setorial para os Recursos do Mar — atualmente em sua 11ª edição —, que contempla um conjunto de ações voltadas para a temática marítima. Nesse contexto, a Marinha atua tanto como coordenadora quanto como colaboradora junto a outros órgãos governamentais, promovendo iniciativas dedicadas aos assuntos relativos ao mar. É relevante ressaltar a preocupação das iniciativas acima com a sustentabilidade, que pode ser observada nos programas de desenvolvimento sustentável, nos investimentos em energia limpa e nos programas de conservação da biodiversidade, acima mencionados. Essas preocupações estão acompanhadas de uma questão preponderante, a da soberania. Segundo Medeiros Filho (2022), é necessário um Estado forte nesse processo de implementação de estratégias nacionais no atual quadro de abordagem multilateral.

3.2. ALGUMAS INICIATIVAS RELATIVAS À DEFESA E SEGURANÇA

Dos três documentos estruturantes para a defesa do Brasil, dois contemplam diretamente o ambiente marítimo. São eles: a Política Nacional de Defesa - PND (2005, 2018, 2024) e a Estratégia Nacional de Defesa - END (2008, 2024). Ambos os documentos reconhecem como prioritária a defesa e a segurança nacional do espaço marítimo do Atlântico Sul.

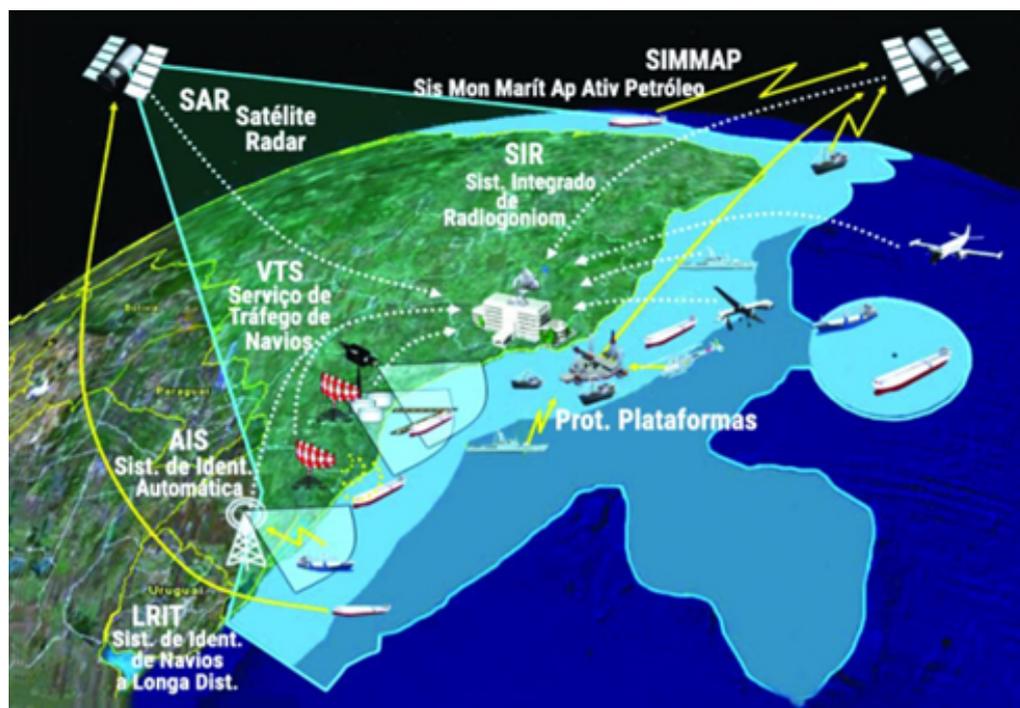
Considerando a importância da Amazônia Azul, tanto pela abundância de recursos, quanto pelo valor estratégico e geopolítico para a defesa nacional, mostra-se fundamental que o Estado dedique uma atenção especial a essa área marítima, também por meio de políticas públicas de defesa. Nessa ótica, a Marinha do Brasil vem empreendendo esforços por intermédio de programas estratégicos com a finalidade de operacionalizar as ações de proteção e monitoramento do mar. Dessa forma, cabe citar três programas estratégicos conduzidos pela Marinha do Brasil diretamente relacionados com a defesa da soberania brasileira no Atlântico Sul, conforme se observa a seguir.

Segundo Andrade, Barros-Platiau e Hillebrand (2020), o Programa Nuclear da Marinha – PNM – tem como objetivo prioritário possibilitar que o Brasil tenha o domínio do ciclo do combustível nuclear e a construção de uma planta nuclear embarcada (dois projetos da Marinha se encontram sob esse programa). Esse programa tem um efeito spin off, uma vez que o desdobramento desse conhecimento deve atingir outros setores da economia, como o setor energético, de saúde e agroindustrial, segundo a Marinha do Brasil. Diretamente relacionado à defesa, o programa é fundamental para o desenvolvimento do reator para o primeiro submarino de propulsão nuclear brasileiro, que está sendo desenvolvido em outro programa da Marinha do Brasil, o PROSUB.

O segundo programa importante para a defesa da Amazônia Azul é a Modernização do Poder Naval. Esse programa está subdividido em quatro subprogramas: Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), Fragatas Classe Tamandaré (PFCT), Obtenção de Meios Hidroceanográficos (PROHIDRO), e os relacionados ao Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), como PROADSUMUS. Esses subprogramas voltados ao fortalecimento do Poder Naval possuem um efeito dinamizador da economia, das áreas de ciência e tecnologia e da indústria brasileira.

Como terceiro programa importante para a Amazônia Azul pode-se citar o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), um sistema de supervisão para o monitoramento dessa grande área que é a Amazônia Azul, desenvolvido pela Marinha. Trata-se de sistema que tem por missão “monitorar e proteger, continuamente, as áreas marítimas de interesse e as águas interiores, seus recursos vivos e não-vivos, seus portos, embarcações e infraestruturas, em face de ameaças, emergências, desastres ambientais, hostilidades ou ilegalidades, a fim de contribuir para a segurança e a defesa da Amazônia Azul e para o desenvolvimento nacional” (conforme definido pela Marinha do Brasil). Essas atividades são realizadas por um conjunto de sistemas que deverão se conectar com outros órgãos e instituições brasileiras como a Polícia Federal, o Ibama, a Receita Federal, a Petrobras, entre outras.

Figura 1 - SisGAAz (esquema)



Fonte: Marinha do Brasil

Ainda, deve-se citar o Programa “Ampliação da Capacidade de Apoio Logístico para os Meios Operativos” que está sendo desenvolvido com o objetivo de aumentar a capacidade de defesa e de segurança da Amazônia Azul, por meio da construção de um complexo naval múltiplo na foz do Rio Amazonas. Cabe considerar que todas as ações do Estado para o fortalecimento da supervisão, defesa e segurança do espaço marítimo, inclusive com o fortalecimento do poder de dissuasão, colaboram para um posicionamento mais efetivo do país na geopolítica regional.

4 AS INTERAÇÕES BRASILEIRAS NO ATLÂNTICO SUL

A Estratégia Nacional de Defesa deixa claro, em seu item 1, que a preocupação brasileira não se restringe somente ao espaço das Águas Jurisdicionais Brasileiras e à Área (espaço internacional), quando propõe que “para o incremento dessa segurança, é importante a ampliação de um ambiente de cooperação com países limítrofes do Atlântico Sul, sobretudo por meio de suas Marinhas”, além de buscar a redução da possibilidade de conflitos no entorno estratégico, no caso marítimo, por meio da consolidação da Zona de Paz e de Cooperação do Atlântico Sul (ZOPACAS).

Segundo Reis (2011), as preocupações do Brasil com o espaço marítimo não se restringem às questões exclusivamente brasileiras, mas também ao espaço internacional que separa o Brasil da África, devido ao perímetro defensivo, e, portanto, sob o poder marítimo brasileiro.

São importantes também para a região, os acordos bilaterais e multilaterais referentes à atividade militar. Os Estados Unidos mantêm navios na costa africana, a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) faz exercícios militares na região de Cabo Verde, e a Rússia, na costa da Venezuela. Cabe ainda lembrar que a OTAN pode ter acesso a todo o espaço do Atlântico Sul como base para suas operações militares por intermédio das ilhas do Reino Unido situadas na região (mapa 1 abaixo). No entanto, esse acesso ao Atlântico Sul atualmente se dá por uma decisão político-estratégica. Em 2010, essa organização reviu seu Conceito Estratégico para a Defesa e a Segurança dos membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte, e declarou que sua atuação não está restrita somente ao Atlântico Norte, mas pode se estender para além de suas fronteiras, onde haja “instabilidade ou conflito [...] que possa ameaçar diretamente a segurança da Aliança, que especialmente alimentem o extremismo, o terrorismo ou atividades transnacionais ilícitas, como o tráfico de armas, de droga e de seres humanos” (OTAN, 2010, item 11, constante da parte “O ambiente de segurança”).

Figura 2- Ilhas britânicas no Atlântico Sul



Fonte: Sítio eletrônico Poder Naval <http://www.naval.com.br>

A presença internacional, principalmente de outras marinhas, na região se dá principalmente pela IV Frota americana voltada para operar no Caribe e no Atlântico Sul e pela Marinha britânica que se faz presente devido à necessidade de proteção das ilhas sob o seu domínio. O Reino Unido possui várias ilhas no Atlântico Sul (Ascensão, Santa Helena, Tristão da Cunha, Gough, Sandwich do Sul, Geórgia do Sul, Órcades do Sul e Malvinas).

As iniciativas de cunho geopolítico de Portugal e Espanha pelo Atlântico Sul foram demonstradas por Portugal, em 2010, com a iniciativa de incluir o Atlântico Sul nas preocupações estratégicas da OTAN. A Espanha, em 2009, promoveu uma reunião, que resultou na Declaração de Lanzarote, que enfatizava a necessidade de cooperação entre os países da área do Atlântico Sul para enfrentarem ameaças e desafios geopolíticos.

Além das iniciativas de Portugal e Espanha, há vários programas desenvolvidos pela União Europeia e por seus países constituintes (como acordos bilaterais) para o escopo regional, voltados principalmente para o continente africano (como, por exemplo, a European Union Maritime Security Strategy e a European Energy Security Strategies).

No continente africano, o Golfo da Guiné passou a receber especial atenção do Brasil. Nessa área marítima podem ser encontradas muitas riquezas naturais, principalmente petróleo. No entanto, apesar dessas riquezas, os países dessa região são considerados Estados Frágeis ou Falidos no conceito desenvolvido pela OCDE (2021), pois são países com baixo índice de desenvolvimento e alto índice de violência. Naquela região, o Brasil se preocupa com os altos índices de pirataria, roubo armado a navios (principalmente petroleiros), tráfico de seres humanos, armas e drogas, terrorismo, imigração ilegal, pesca ilegal, segundo Guastini (2020), e da conseqüente degradação ambiental. O Brasil, assim como outros países, individualmente e/ou grupos de países, como a União Europeia, possuem iniciativas para auxiliar o desenvolvimento e a defesa regional, e a construção de sua identidade, da boa governança e do fortalecimento do estado de Direito. O Brasil possui vários acordos de cooperação técnica, comercial, social, cultural e militar bilaterais com todos esses países que se localizam no Golfo da Guiné, além de operações militares para treinamento das forças locais, como a Guinex-II.

4.1. ALGUNSTRATADOS QUE ABRANGEM A REGIÃO DO ATLÂNTICO SUL E O ENTORNO ESTRATÉGICO BRASILEIRO

O Brasil é signatário de alguns acordos internacionais importantes para a Amazônia Azul. O primeiro tratado que deve ser citado é a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, que define mar territorial e zona contígua, as normas aplicáveis aos navios ao passarem pelos mares territoriais, como podem ser explorados os recursos, vivos ou não vivos, solo e subsolo, ou seja, define em linhas gerais como “funciona” a governança do oceano.

O tratado de Tlatelolco, assinado pelo Brasil em 1967, trata exclusivamente da proibição de armas nucleares na América Latina e Caribe, sendo permitida utilização da energia nuclear para fins pacíficos por esses países. Ele engloba a Amazônia Azul, quando em seu art. 3º, estabelece que o termo “território” inclui o mar territorial e outros espaços onde o país exerça soberania. Também cabe mencionar que esse tratado possui dois protocolos. O primeiro estende os termos do tratado aos países que possuem territórios na região. Já o segundo protocolo diz respeito à intenção de países que possuem armas nucleares não as utilizarem nessa região, ou contra países signatários desse tratado. Além da importância para a geopolítica local e mundial, esse tratado é importante para a Amazônia Azul primeiramente no que diz respeito à proibição de realização de testes nucleares na região. É de conhecimento público que alguns testes nucleares foram feitos em zonas marítimas, destruindo a biodiversidade e afetando as populações costeiras.

Uma iniciativa internacional que deve ser citada é a criação da Zona de Paz e Cooperação do Atlântico Sul (ZOPACAS), liderada pelo Brasil em 1986. Não é um tratado, mas um acordo e um fórum que busca a manutenção da paz e da segurança e a cooperação regional entre os 24 países aderentes (banhados pelo Atlântico Sul). Conforme item 2 da Resolução da ONU 41/11, de 1986, o acordo é focado principalmente na cooperação entre esses países para a promoção de desenvolvimento econômico e social, a proteção do meio ambiente, a conservação dos recursos vivos e a manutenção da paz e segurança na região. Segundo Queiroz (2023), o Brasil é ator-chave nesse fórum multilateral. Em 2026, a nona reunião da ZOPACAS deverá ocorrer no Brasil, quando ele assumirá a presidência pro tempore.

O Tratado da Antártica, de 1959, define a área do continente Antártico abrangida pelo Tratado (sul do paralelo 60°S). O tratado estabelece o uso pacífico do continente, a desmilitarização da região, sendo a principal atividade permitida no continente a realização de pesquisas científicas pelos países signatários (Mattos, 2014). Embora à primeira vista possa parecer fora de contexto citar um acordo que diz respeito a um continente que é banhado por outro oceano, o Antártico, desde 2012, a Antártica é considerada, pela Estratégia Nacional de Defesa, como parte do entorno estratégico do Brasil, e, portanto, área de seu

interesse geopolítico. Nesse sentido, o PROANTAR permite que o Brasil mantenha sua base científica na Antártica para realizar diversas pesquisas, muitas delas financiadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como o INCT da Criosfera, com sede na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Além desses tratados e das ZOPACAS já expostos, o Brasil ainda é signatário da Declaração de Mindelo (2023), que retoma a cooperação no Atlântico Sul com base na nova ordem internacional, da Convenção sobre a Diversidade Biológica e do Protocolo de Nagoia. Apesar de ter assinado o Tratado sobre a Biodiversidade além da jurisdição nacional (Biodiversity beyond national jurisdiction, BBNJ - da sigla em inglês), o Brasil ainda não o ratificou. Há, ainda, diversos tratados bilaterais entre o Brasil e países banhados pelo Atlântico, que podem ser consultados no sítio eletrônico do governo brasileiro, no portal Concordia.

5 CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

As Amazônias verde e azul têm muitas características comuns como sua grande extensão, a enorme biodiversidade e a preocupação por incentivar um desenvolvimento sustentável, além de guardarem uma interdependência vital com a questão climática. A análise das muitas facetas relacionadas à Amazônia Azul e à geopolítica regional é bastante complexa e diversa. Além da conhecida necessidade de controle das atividades na região com vistas a coibir padrões predatórios de exploração dos recursos terrestres e marinhos, o Brasil enfrenta desafios relativos à atual crise da cooperação internacional e do multilateralismo. Desta feita, o nexos entre Estado, poder e espaço exige especial atenção do governo e dos seus diversos atores interessados.

A segurança e a supervisão da área marítima são fatores preponderantes no que se refere ao tráfego de embarcações e às comunicações por cabo submarino. Ambas as atividades (supervisão e segurança) são de responsabilidade da Marinha do Brasil que, com o objetivo de cumprir essa missão, tem investido especialmente na modernização de sua frota, no programa nuclear e no aprimoramento do SisGAAz. Com esses programas, a Marinha do Brasil pode aprimorar o processo de obtenção de informações para a tomada de decisão e, portanto, melhorar a sua atuação, inclusive em situações de crise. Nesse sentido, é importante o fortalecimento do poder naval brasileiro.

Uma questão que perpassa todos esses pontos é como harmonizar as atividades econômicas com o uso mais sustentável dos recursos marinhos. Para enfrentar esse desafio, um instrumento que tem demonstrado ser eficiente é o Planejamento Espacial Marinho, que permite organizar atividades no tempo e no espaço, além de gerir os conflitos e interesses entre os diversos atores. O desenvolvimento dessa ferramenta de gestão, que já se encontra em curso, no Brasil, pode apontar para o desenvolvimento promovido por exploração de riquezas de recursos vivos e não vivos e por atividades no espaço oceânico, sem perder a preocupação com a preservação do meio ambiente marinho.

Não menos importante para o oceano, como proposto pela Década do Oceano, é o apoio a projetos científicos nas mais variadas áreas de conhecimento, bem como a educação azul, e sempre de forma integrada. É preciso conhecermos melhor a vida na região e formar os futuros tomadores de decisão e pesquisadores.

O Brasil deve manter o seu olhar geopolítico para a Amazônia Azul tanto do ponto de vista diplomático quanto do militar, considerando os aspectos ambiental, econômico e social, como foi exposto neste artigo. No entanto, faz-se necessário aprofundar a sinergia entre essas abordagens para que a atuação protagonista do Estado brasileiro na região possa ser efetiva e, também, incentivar e aprimorar ações de colaboração dos países limítrofes. Somente um Estado soberano, bem organizado e com instrumentos eficazes de governança pode ter capacidade para implementar ações complexas que unam ciência, preocupação com alterações climáticas, necessidades de conservação ambiental, de preservação da biodiversidade, sem perder de vista o desenvolvimento econômico e social.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. **Após atuação do Governo Federal, ONU reconhece expansão do território marítimo brasileiro.** Disponível em: <https://agenciagov.etc.com.br/noticias/202503/apos-atuacao-do-ministerio-das-relacoes-exteriores-e-da-marinha-onu-reconhece-expansao-do-territorio-maritimo-brasileiro>. Acesso em 12 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Boletim de Produção de Petróleo e Gás Natural**, fevereiro/2025.

ANDRADE, I. O.; CARVALHO, A. B. **Planejamento espacial marinho como ferramenta de gestão de política pública para a Amazônia azul**. Ipea: texto para discussão, Brasília, n. 3088, 2025. DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3088-port>

ANDRADE, I. O. Economia Azul: o crescimento que vem do mar. **Marinha em Revista**, ano 9, n.13, 2019.

ANDRADE, I. O.; BARROS-PLATIAU, A. F.; HILLEBRAND, G. R. L. The Brazilian Navy Nuclear Program: Applicability, Viability and Relevance. **Revista da Escola de Guerra Naval**, v.26, n.3, set./dez. Rio de Janeiro: EGN, 2020.

ANDRADE, I. O.; BARROS-PLATIAU, A. F.; CÂMARA, P. E. A. S.; HILLEBRAND, G.R.L. Economia do mar: desafios e possibilidades para o Brasil na Amazônia Azul. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 35, n. 75, p. 50-77, set./dez. 2020b.

BARROS, J.G.; BARROS-PLATIAU, A. F.; OLIVEIRA, C.C.; OLIVEIRA, L.S. “Amazonie bleue” et projection brésilienne sur l’avenir. **Revue Outre-Terre. Revue européenne de géopolitique**. Edição especial L’empire (pacifique) du Brésil. , n 01, 2015. Disponível em: L’empire (pacifique) du Brésil | Cairn.info. Acesso em 12 jul. 2025.

BARROS-PLATIAU, A. F. et al. Ocean Governance in the Anthropocene. A New Approach in the Era of Climate emergency. In: TRIPATHI, S., BHADOURIA, R. et al. **Eco-Politics and Global Climate Change**, v. 65, Cham, Switzerland: Springer 2023.

BARROS-PLATIAU, A. F. et al. The Implementation of SDG 14 in Brazil: Too close to Scylla and Charybdis. In: GALVÃO, T.G, MENEZES, H.Z. (Org.) **The Quest for the Sustainable Development Goals: Living Experiences in Territorializing the 2030 Agenda in Brazil**. Cham, Switzerland: Springer, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-59279-9>

BARROS-PLATIAU, A. F.; SIQUEIRA, C. E.; MORAES, S. R. O.; GALVÃO, J.; CAVA, B. The Amazon and COP 30 in Belém – How is the Local Connected to the Global Agenda?. In: GULDBERG, C.; FROELICH, T.; LOMBARDI, T.; BARROS, A. F. (Eds.) **The Palgrave Handbook on the International Relations of the Amazon**. Palgrave MacMillan, 2025, no prelo.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria-Geral. **Relatório Nacional Voluntário**, 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa, Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional**. Decreto Legislativo 175/2025.

CAMPOS, E. J. D. O oceano e o sistema climático. **Revista da USP**, n.103, p. 55-66, 2014.

CARVALHO, A. B. **Economia do Mar: conceito, valor e importância para o Brasil**. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia do Desenvolvimento da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2018.

CASTRO, I. E. Geografia Política: Algumas Precisões, Velhas e Novas questões e muitos desafios no século XXI. In: COSTA, W. M. da; SILVA, A. C. P. da; GARCIA, T. de S. L.; VASCONCELOS, D. B.; SIMÕES, T. H. N. (org.). **Geografia Política, Geopolítica e Gestão do Território: agendas, atores e pesquisas**. São Paulo: FFLCH/USP, 2024. p. 20-45. Disponível em: Versão pdf do arquivo GEOGRAFIA_POLÍTICA_LIVRO_VI_CONGEO.pdf. Acesso em: 12/07/2025.

CHRISTOFOLETTI, R. A.; ANDEOTTI, A. J. G. ; MAZZUCO, A. C. A. et.al . A Década da ciência oceânica para o desenvolvimento sustentável. E eu com isso?. **Ciência e Cultura**, v. 72, p. 28-35, 2021.

COSTA, W. M. da; SILVA, A. C. P. da; GARCIA, T. de S. L.; VASCONCELOS, D. B.; SIMÕES, T. H. N. (org.). **Geografia Política, Geopolítica e Gestão do Território: agendas, atores e pesquisas**. São Paulo: FFLCH/USP, 2024. Disponível em: Versão pdf do arquivo GEOGRAFIA_POLÍTICA_LIVRO_VI_CONGEO. pdf. Acesso em: 14/07/2025.

Amazônia Azul, uma perspectiva brasileira no contexto da geopolítica do Atlântico Sul

Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE. **Potencial dos recursos energéticos no horizonte 2050**. Rio de Janeiro: EPE. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/NT04%20PR_RecursosEnergeticos%202050.pdf

EUROPEAN COMMISSION. **The EU Blue Economy Report, 2025**.

FARIA, E. P. O Poder Naval Brasileiro e os Interesses do País no Atlântico Sul. In: ACIOLY, L. e MORAES, R. F. **Prospectiva, Estratégias e Cenários Globais. Visões de Atlântico Sul, África Lusófona, América do Sul e Amazônia**. Brasília: IPEA, 2011.

GALVÃO, T. G., MENEZES, H. Z (Org.). **The Quest for the Sustainable Development Goals: Living Experiences in Territorializing the 2030 Agenda in Brazil**. Cham, Springer, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-59279-9>

GONZALES, S. L. de M. O lugar da Geopolítica no século XXI: por uma Geopolítica no (do) Brasil. In: COSTA, W. M. da; SILVA, A. C. P. da; GARCIA, T. de S. L.; VASCONCELOS, D. B.; SIMÕES, T. H. N. (org.). **Geografia Política, Geopolítica e Gestão do Território: agendas, atores e pesquisas**. São Paulo: FFLCH/USP, 2024. p. 77-86. Disponível em: Versão pdf do arquivo GEOGRAFIA_POLITICA_LIVRO_VI_CONGEO.pdf. Acesso em: 12 jul. 2025

GUASTINI, R. L. **A oceanopolítica como instrumento de diplomacia de defesa no entorno estratégico brasileiro: um estudo de caso sobre a atuação da Marinha do Brasil (MB) no Golfo da Guiné (2012-2020)**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Superior de Guerra - Campus Brasília, relativo ao curso de Especialista em Altos Estudos em Defesa. Brasília, Escola Superior de Guerra, 2020.

GULDBERG, C.; FROEHLICH, T.; TARTALHA, T.; BARROS-PLATIAU, A.F. (eds.). *The Palgrave Handbook of the International Relations of the Amazon*. Londres: Palgrave Macmillan, 2025, no prelo.

INOUE, C. Y. A., RIBEIRO, T. L., GONÇALVES, V. K., SCHIEL, J., MENDES, V., SEQUEIRA, J. E. O. A., LINS, J. *Amazonia Center of the World: Telling Stories of Socioenvironmentalism as Struggles for a Planet of Many Worlds*. **Global Environmental Politics**. MIT Press Direct, 2025. doi: <https://doi.org/10.1162/glep.a.5>

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Agenda 2030: objetivos de desenvolvimento sustentável: avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil: ODS 14: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ipea, 2024. 21 p. (Cadernos ODS, 14). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ri2024ODS14>

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA (ISPN). **Amazônia: Fauna e Flora**. Brasília. Disponível em: <https://ispn.org.br/fauna-e-flora-da-amazonia>. Acesso em 20 mar. 2025

MARINHA DO BRASIL. **Leplac**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/pt-br/leplac>. Acesso em 29 maio 2025.

MARINHA DO BRASIL. **Economia Azul**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/economia-azul/sobre>. Acesso em 12 jul. 2025.

MATTOS, L. F. A inclusão da Antártica no conceito de entorno estratégico brasileiro. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, EGN, v.20, n.1, janeiro/junho, 2014.

MEDEIROS FILHO, O. Mudança climática, soberania e segurança: cenários futuros. **Diálogos Soberania Clima**, v.1, n.1, 2022.

MEDEIROS FILHO, O.; SÁ, M. E.; SOARES, B. **Territorial policies for the Amazon region: from Portuguese fortifications to socio-environmental challenges**. In: GULDBERG, C.; FROEHLICH, T.; TAR-

TALHA, T.; BARROS-PLATIAU, A.F. (eds.). *The Palgrave Handbook of the International Relations of the Amazon*. Londres: Palgrave Macmillan, 2025, no prelo.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Portal de Dados Abertos**. Disponível em <https://dados.gov.br/dados/organizacoes/visualizar/ministerio-da-pesca-e-aquicultura>. Acesso em 12 jul. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA CLIMÁTICA. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010.

MONTEIRO, L. C. **Esperando os bárbaros: geopolíticas da segurança no Brasil do século XXI**. Rio de Janeiro: Editora Consequência, 2021.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **États de fragilité 2020**. França: OCDE, 2021

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE (OTAN). **Concept Stratégique pour la défense et la sécurité des membres de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord**, 2010.

QUEIROZ, F. A. Um olhar acadêmico sobre a importância da Amazônia Azul. **Agência Marinha de Notícias**, 17/11/2023. Disponível em <https://www.agencia.marinha.mil.br/especial/um-olhar-academico-sobre-importancia-da-amazonia-azul>. Acesso em 29 abr. 2025

REIS, R. G. G Atlântico Sul: um desafio para o século XXI – as velhas ameaças se perpetuam nas “novas”?.

ACIOLY, L. e MORAES, R. F. **Prospectiva, Estratégias e Cenários Globais. Visões de Atlântico Sul, África Lusófona, América do Sul e Amazônia**. Brasília: IPEA, 2011.

RIBEIRO, F. N. D., CHRISTOPOLOUS, T. P., ALMEIDA, P. S., SIMÕES, A. F., COLOMBO, R. (Org). **Sustentabilidade. Críticas e Desafios das Agendas Ambientais**. Curitiba: Appris, 2025.

ROMANA, H. B. Da Cultura Estratégica: Uma Abordagem Sistêmica e Interdisciplinar. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, EGN, v.22, n.1, 2016.

SANTOS, T.; BEIRÃO, A. P.; ARAÚJO M. C. de; CARVALHO, A. B. De (Org.). **Economia azul: vetor para o desenvolvimento do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Essencial Idea, 2022.

SANTOS, T. Economia Azul e a Agenda 2030. SANTOS, T.; BEIRÃO, A. P.; ARAÚJO M. C. de; CARVALHO, A. B. De (Org.). In: **Economia azul: vetor para o desenvolvimento do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Essencial Idea, 2022.

SEIXAS, C. S.; TURRA, A.; FERREIRA, B. P. et al. **Sumário para Tomadores de Decisão do 1º Diagnóstico Brasileiro Marinho-Costeiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-65-00-84968-4>

SILVA, A. P. O novo pleito brasileiro no mar: a plataforma continental estendida e o projeto Amazônia Azul. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 56, n. 1, 2013.

SILVA, A.R.A. O Atlântico Sul na Perspectiva da Segurança e da Defesa. NASSER, R.M., MORAES, R.F. (Org.) **O Brasil e a Segurança no Seu Entorno Estratégico: América do Sul e Atlântico Sul**. Brasília, IPEA, 2014.

TRATADO PARA A PROSCRIÇÃO DE ARMAS NUCLEARES NA AMÉRICA LATINA E NO CARIBE (TRATADO DE TLATELOLCO), concluído na Cidade do México, em 14/02/1967.

UNITED NATIONS. **Acordo da Zona de Paz e Cooperação do Atlântico Sul**. Resolution 41/11, de 1986.

Amazônia Azul, uma perspectiva brasileira no contexto da geopolítica do Atlântico Sul

VAZ, A.C. O Atlântico Sul nas Perspectivas Estratégicas de Brasil, Argentina e África do Sul. **Boletim de Economia e Política Internacional**, Brasília, IPEA, n.6, abril/junho, 2011.

VERÍSSIMO, B.; ASSUNÇÃO, J.; LIMA, M. As Cinco Amazôniaas. **Stanford Social Innovation Review Brasil: Especial Amazônia. Passado, presente e futuro da floresta**, 2024. Disponível em: <https://ssir.com.br/as-cinco-amazonias/> . Acesso em 20 maio 2025.

WORLD BANK. **Tourism Watch Quaterly Report**. January Edition, 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **WMO Global Annual to Decadal Climate Update (2025-2029)**, 2025. Disponível em: wmo.int. Acesso em: 15 jul. 2025.

SipamMar: Um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo

SipamMar: a Brazilian autonomous system for oil spill detection and modeling

SipamMar: un sistema autónomo brasileño de detección y modelado de manchas de petróleo

SipamMar : un système autonome brésilien de détection et de modélisation des nappes de pétrole

Data da submissão: 16 de julho de 2025

Data da aprovação: 22 de setembro de 2025

*Ariel de Almeida Horst Gamba¹
Luis Felipe Ferreira de Mendonça²
Carlos Alexandre Domingos Lentini³
Syumara Queiroz de Paiva e Silva⁴
David Oliveira Silva⁵
Marcos Reinan de Assis Conceição⁶
André Telles da Cunha Lima⁷*

Resumo

O presente artigo descreve o SipamMar, um sistema autônomo brasileiro de detecção e simulação da dispersão de manchas de óleo em águas jurisdicionais brasileiras, visando contribuir para o monitoramento ambiental da Amazônia Azul – patrimônio estratégico e vulnerável a derramamentos de óleo. O sistema integra sensoriamento remoto, inteligência artificial e modelagem numérica para criar um sistema operacional automatizado de alerta e simulação da dispersão de óleo em águas brasileiras. A metodologia inclui detecção automatizada de manchas, por Redes Neurais Convolucionais (U-Net com ResNet-50), em imagens de Radar de Abertura Sintética (SAR) do Sentinel-1, treinadas com 8.072 amostras. A modelagem da dispersão utiliza o modelo Lagrangeano MEDSLIK-II, alimentado por dados meteoceanográficos do Copernicus, ERA5 e GFS/NOAA. Dados ambientais auxiliares (vento, clorofila, correntes e temperatura) são usados para validar detecções e reduzir falsos positivos. Os estudos de caso demonstraram a capacidade do sistema em identificar manchas com altas probabilidades (>80%) e simular suas trajetórias, com um tempo de processamento operacional. O SipamMar representa um avanço significativo na resposta a emergências ambientais, com perspectivas de futuras validações in-situ e expansão operacional para otimização contínua.

Palavras-Chave: óleo; Amazônia Azul; Sensoriamento Remoto; Inteligência Artificial; SAR.

¹Graduado em Geologia (UnB, 2022). Atualmente, ocupa o cargo de Analista em Ciência e Tecnologia, na Coordenação da Amazônia Azul, no Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM).

²Doutor em Sensoriamento Remoto (UFRGS, 2017). Mestre em Sensoriamento Remoto (UFRGS, 2013). Graduado em Oceanologia (FURG, 2010). Professor Adjunto da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

³Doutor em Oceanografia Física e Meteorologia pela Rosenstiel School of Marine, Atmospheric, and Earth Science da Universidade de Miami (RSMAS/UM - EUA). Mestre em Oceanografia (USP, 1997). Graduado em Oceanologia (FURG, 1992). Professor Titular da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

⁴Doutora em Oceanografia (UFPE, 2024). Mestra em Oceanografia (UFPE, 2020). Graduada em Oceanografia (UFPE, 2017). Atualmente é pesquisadora colaboradora do LMITAPIOCA (Tropical Atlantic Interdisciplinary laboratory on physical, biogeochemical ecological and human dynamics) e do Centro de Estudos e Ensaio em Risco e Modelagem Ambiental (CEERMA).

⁵Graduando em Engenharia da Computação (UFBA). Membro do Laboratório de Oceanografia por Satélite (UFBA) onde, atualmente, desenvolve pesquisas em Sensoriamento Remoto aplicando técnicas de Aprendizado de Máquina.

⁶Graduado em Geofísica (UFBA, 2021). Atualmente, ocupa o cargo de Cientista de Dados na PETROBRAS.

⁷Doutor em Física (PUC-Rio, 2005). Mestre em Física (UERJ, 2000). Graduação em Física (USP, 1997). Professor Associado da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

SipamMar: Um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo

Abstract

This paper introduces SipamMar, an autonomous Brazilian system designed for the detection and dispersion simulation of oil spills within Brazilian jurisdictional waters. This system aims to enhance the environmental monitoring of the “Blue Amazon,” a strategic national asset vulnerable to oil spills. SipamMar integrates remote sensing, artificial intelligence, and numerical modeling to establish an automated, operational alert and oil spill simulation framework. Its methodology features automated slick detection in Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery using a Convolutional Neural Network (U-Net with a ResNet-50 backbone) trained on 8,072 samples. For dispersion modeling, the system employs the Lagrangian MEDSLIK-II model, which is driven by meteoceanographic data from Copernicus, ERA5, and GFS/NOAA. To validate detections and minimize false positives, auxiliary environmental data — including wind, chlorophyll, currents, and temperature — are incorporated. Case studies have demonstrated the system’s capability to effectively identify oil slicks with a high degree of probability (>80%) and simulate their trajectories within an operational timeframe. SipamMar marks a significant advancement in environmental emergency response, with future work focused on in-situ validation and operational expansion for continuous improvement.

Keywords: oil spill; Blue Amazon; Remote Sensing; Artificial Intelligence; SAR.

Resumen

El presente artículo describe SipamMar, un sistema autónomo brasileño para la detección y simulación de la dispersión de manchas de petróleo en aguas jurisdiccionales brasileñas, con el objetivo de contribuir al monitoreo ambiental de la Amazonia Azul, un patrimonio estratégico vulnerable a los derrames de petróleo. El sistema integra teledetección, inteligencia artificial y modelado numérico para crear un sistema operativo automatizado de alerta y simulación de la dispersión de petróleo en aguas brasileñas. La metodología incluye la detección automatizada de manchas, mediante Redes Neuronales Convolucionales (U-Net con ResNet-50), en imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) del Sentinel-1, entrenadas con 8.072 muestras. El modelado de la dispersión utiliza el modelo Lagrangiano MEDSLIK-II, alimentado por datos meteoceanográficos de Copernicus, ERA5 y GFS/NOAA. Se utilizan datos ambientales auxiliares (viento, clorofila, corrientes y temperatura) para validar las detecciones y reducir los falsos positivos. Los estudios de caso demostraron la capacidad del sistema para identificar manchas con altas probabilidades (>80%) y simular sus trayectorias en un tiempo de procesamiento operacional. SipamMar representa un avance significativo en la respuesta a emergencias ambientales, con perspectivas de futuras validaciones in situ y expansión operativa para una optimización continua.

Palabras Clave: petróleo; Amazonia Azul; Teledetección; Inteligencia Artificial; SAR.

Résumé

Cet article décrit SipamMar, un système autonome brésilien de détection et de simulation de la dispersion des nappes d’hydrocarbures dans les eaux juridictionnelles brésiliennes, visant à contribuer à la surveillance environnementale de l’Amazonie Bleue – un patrimoine stratégique vulnérable aux déversements de pétrole. Le système intègre la télédétection, l’intelligence artificielle et la modélisation numérique pour créer un système opérationnel automatisé d’alerte et de simulation de la dispersion des hydrocarbures dans les eaux brésiliennes. La méthodologie comprend la détection automatisée de nappes par des Réseaux de Neurones Convolutifs (U-Net avec ResNet-50) sur des images de Radar à Synthèse d’Ouverture (RSO) de Sentinel-1, entraînées avec 8 072 échantillons. La modélisation de la dispersion utilise le modèle Lagrangien MEDSLIK-II, alimenté par des données météo-océanographiques de Copernicus, ERA5 et GFS/NOAA. Des données environnementales auxiliaires (vent, chlorophylle, courants et température) sont utilisées pour valider les détections et réduire les faux positifs. Les études de cas ont démontré la capacité du système à identifier les nappes avec de fortes probabilités (>80%) et à simuler leurs trajectoires dans un temps de traitement opérationnel. SipamMar représente une avancée significative dans la réponse aux urgences environnementales, avec des perspectives de validations futures in situ et d’expansion opérationnelle pour une optimisation continue.

Mots-clés: pétrole; Amazonie Bleue ; Télédétection ; Intelligence Artificielle ; RSO.

1 INTRODUÇÃO

A costa do Brasil, com mais de 7.400 quilômetros de extensão e 5,7 milhões de km² de Zona Econômica Exclusiva, apelidada de “Amazônia Azul”, constitui um patrimônio nacional de interesse estratégico, tanto do ponto de vista econômico e de soberania nacional, quanto ecológico. Economicamente, a Amazônia Azul é responsável por 95% da produção nacional de petróleo e 83% da produção de gás natural (Andrade; Franco, 2018). Ainda, do ponto de vista logístico e comercial, é nessa imensa região que estão as principais rotas de acesso do Brasil ao comércio global. Conforme destacado pelo Almirante de Esquadra Eduardo Bacellar Leal Ferreira, em 2017, essas rotas marítimas são responsáveis por 97% do comércio exterior brasileiro e por mais de 90% das comunicações do país (Andrade; Franco, 2018).

Não somente isso, a Amazônia Azul também abriga grandes reservas de minerais cruciais para a fabricação de tecnologias modernas, como elementos terras raras (ETR), manganês, ferro, cobalto entre outros (Pessoa, 2015). A recente reivindicação brasileira pela Elevação do Rio Grande (ERG) demonstra o potencial de exploração mineral da Amazônia Azul (Silva, 2021). Por outro lado, o tráfico marítimo e as atividades de exploração dos recursos do mar podem comprometer o ambiente marinho, o que torna essa região vulnerável a diversas atividades danosas ao ecossistema marinho, como a poluição do mar (Barbosa Júnior, 2012). A vulnerabilidade dessa vasta região a eventos de derrames de óleo (oil spills, em inglês) foi dramaticamente evidenciada pelo derramamento ocorrido no nordeste brasileiro em 2019, que atingiu mais de 2.800 km de litoral, impactando ecossistemas frágeis e causando graves efeitos socioeconômicos e à saúde em 11 estados brasileiros (Soares et al., 2022; De Moura; Polito, 2022).

O evento, até hoje o maior já registrado em regiões tropicais, expôs deficiências nos sistemas nacionais de vigilância, alerta e resposta ambiental (Magris; Giarrizzo, 2020). Diante dessa realidade, melhorar a capacidade de monitorar e responder a esses desastres ambientais tornou-se uma necessidade urgente para preservar a Amazônia Azul e as regiões costeiras do país. No entanto, o monitoramento da Amazônia Azul é desafiador, pois se depara com restrições orçamentárias e de pessoal, o que torna a vigilância e a capacidade de resposta logisticamente ineficientes, tendo como suporte apenas nos tradicionais meios navais de patrulhamento.

Nesse quadro, o emprego do sensoriamento remoto por meio de imagens de satélite, tem o potencial de ampliar a capacidade de monitoramento nesta vasta área. O uso de imagens de Radar de Abertura Sintética (SAR, sigla em inglês), por exemplo, permite detectar objetos e eventos no oceano, sem a necessidade de iluminação e condições meteorológicas favoráveis, típicas de sensores óticos (Mityagina; Lavrova, 2018; Brekke; Solberg, 2005). Por outro lado, a quantidade de imagens disponíveis e a necessidade de pessoal técnico capacitado tornam o uso dessas tecnologias restrito a poucos profissionais.

Frente a esses desafios, o aprendizado de máquina (AM) oferece ferramentas para o desenvolvimento de sistemas autônomos de detecção e monitoramento. De forma simplificada, a AM consiste na capacidade de computadores reproduzirem operações intelectuais humanas por meio de algoritmos, como redes neurais convolucionais, permitindo que computadores executem tarefas que, tipicamente, demandariam inteligência humana, incluindo aprendizado, raciocínio e tomada de decisões em um curto espaço de tempo (Ortiz Valadez et al., 2024). No campo do aprendizado de máquina (Machine Learning – ML) é o ramo dedicado à criação de sistemas que aprendem com os dados, identificam padrões e tomam decisões com pouca ou nenhuma intervenção humana (Ortiz Valadez et al., 2024). Essa capacidade de aprendizado não supervisionada é essencial para lidar com grandes volumes de dados gerados por equipamentos de sensoriamento remoto, como as imagens SAR.

Já o aprendizado Profundo (Deep Learning – DL) é um ramo especializado do ML que utiliza redes neurais com várias camadas (redes neurais profundas) para analisar estruturas complexas de dados (Bhattacharyya et al., 2020). As técnicas de Deep Learning são especialmente eficazes em áreas com dados de alta dimensão, como reconhecimento de fala e de imagem, pois permitem que o modelo identifique, de forma autônoma, as características necessárias para classificar ou prever por meio de dados brutos (Lemley et al., 2017). As Redes Neurais Convolucionais (CNNs), por exemplo, que se destacam em tarefas de visão computacional, são usadas para a detecção de objetos em imagens SAR.

Nesse cenário, a fim de auxiliar no monitoramento ambiental da Amazônia Azul, o projeto intitulado “Pesquisa para o Desenvolvimento de um Sistema Autônomo de Detecção e Monitoramento de Óleo no Oceano” foi oficializado por meio de um Termo de Execução Descentralizada (TED) entre o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) e a Universidade Federal da Bahia (UFBA). O objetivo geral desse projeto é integrar tecnologias de sensoriamento remoto, aprendizado de máquina e modelagem numérica para projetar um sistema operacional automatizado de alerta e simulação da dispersão de manchas de óleo em águas jurisdicionais brasileiras: o SipamMar. Neste artigo, apresenta-se a arquitetura do sistema desenvolvido, destacando os avanços metodológicos aplicados à de-

teção automática por redes neurais convolucionais e à modelagem preditiva das trajetórias dos contaminantes. Por fim, é apresentado um estudo de caso típico para demonstrar a aplicação do SipamMar como sistema de monitoramento ambiental costeiro.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

2.1 APRENDIZADO DE MÁQUINA: DETECÇÃO DE MANCHAS EM IMAGENS SAR

O aprendizado de máquina é uma ferramenta eficaz para auxiliar na detecção de manchas de óleo no oceano, especialmente se combinada com imagens de Radar de Abertura Sintética (SAR). A tecnologia SAR é vantajosa para detecção de manchas de óleo devido a sua capacidade de capturar imagens independentemente das condições climáticas e de iluminação (luz solar), o que possibilita o monitoramento contínuo do oceano (Topouzelis, 2008).

Uma série de técnicas baseadas em aprendizado de máquina foram propostas para melhorar a detecção e classificação de manchas de óleo em imagens SAR. Por exemplo, redes de DL como ShuffleNet têm sido usadas para aumentar a precisão da segmentação de derrames de óleo em imagens SAR e reduzir o ruído speckle (inerente a tecnologia SAR) em diferentes casos (Aghaei et al., 2022).

Por outro lado, redes profundas, como o stacked autoencoder e as deep belief networks, já foram utilizadas para otimizar e classificar derramamentos de óleo com mais precisão, extraindo e refinando características SAR polarimétricas (Chen et al., 2017). Não somente isso, técnicas avançadas que incorporam algoritmos abrangentes também podem ser aplicadas. Essas técnicas combinam detecção de manchas escuras na imagem, extração de características e classificação para diferenciar entre eventos de derrames de óleo e fenômenos semelhantes com maior precisão (Raeisi et al., 2018).

Uma técnica utilizada entre outras para aprimorar esse processo de detecção é o uso de algoritmos de lógica fuzzy. O propósito desse algoritmo é aprimorar as probabilidades de classificação de derrames de óleo em relação aos lookalikes, que são feições na imagem que se assemelham a derrames de óleo em imagens SAR, também conhecidas como “falsos positivos”. Esta metodologia apresenta um modo mais conveniente para fins operacionais, embora feições naturais ainda possam dificultar a detecção (Liu et al., 2010). Portanto, a integração de modelos de AM com imagens SAR é uma metodologia adequada e promissora para a detecção e o monitoramento de derrames de óleo no oceano.

2.2 RESTRIÇÕES E DIFICULDADES DA DETECÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO POR IMAGENS SAR

O uso de imagens de Radar de Abertura Sintética (SAR) tem se destacado como uma ferramenta eficaz para monitorar e identificar manchas de óleo, em razão da sua capacidade de operar em condições climáticas adversas e durante o dia ou a noite. No entanto, apesar de suas vantagens, o uso de SAR enfrenta restrições e limitações que podem afetar sua precisão e confiabilidade.

Uma das principais dificuldades do emprego do SAR para essa finalidade está em diferenciar derrames de óleo de fenômenos naturais que apresentam características visuais semelhantes, como filmes biogênicos, águas calmas, redemoinhos ou áreas de baixa velocidade do vento. Esses “falsos positivos” (lookalikes, em inglês) podem levar a erros de classificação e comprometer a eficácia da detecção (Liu et al., 2010; Zakzouk et al., 2025). É possível minimizar os casos de falsos positivos por meio de algoritmos de lógica fuzzy ou abordagens probabilísticas (Liu et al., 2010; Nirchio et al., 2005).

A resolução espacial e temporal dos satélites SAR têm um papel crítico na detecção e monitoramento de manchas de óleo. Imagens SAR de alta resolução e o imageamento de grandes áreas tornam o uso em larga escala da tecnologia SAR oneroso. Por esta razão, obtém-se imagens SAR de fontes gratuitas, como a constelação Sentinel da Agência Espacial Europeia (ESA, sigla em inglês). Imagens do satélite Sentinel-1, por exemplo, provêm uma resolução espacial de 10 metros e uma capacidade de revisita restrita a 6 dias (Zakzouk et al., 2025). Além disso, a região de imageamento coberta pelo satélite é controlada por outras organizações, o que limita a área efetivamente monitorada.

Finalmente, o ruído speckle é uma característica inerente ao imageamento SAR causado pela natureza coerente dos sinais radar. Esse ruído, também conhecido como “efeito/ruído sal-e-pimenta” (salt-and-pepper effect/noise, em inglês) se manifesta como interferência granular nas imagens que pode obscurecer a imagem. Apesar do ruído speckle ser minimizado, ainda há interferência desse ruído nas imagens SAR (planos de fundo heterogêneo e bordas borradas) que dificulta a segmentação e detecção precisa das manchas de óleo (Aghaei et al., 2022). Essas limitações e desafios ressaltam a necessidade contínua do aprimoramento dos métodos analíticos, bem como o uso de dados complementares para aumentar a con-

fiabilidade e a precisão na detecção de manchas de óleo que utilizam a tecnologia SAR.

3 METODOLOGIA

3.1 ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA

O sistema desenvolvido é composto por dois módulos principais: (a) detecção automatizada de manchas de óleo a partir de imagens de radar de abertura sintética (SAR), e (b) modelagem numérica de dispersão do óleo com base em dados meteoceanográficos e características físico-químicas do óleo. Ambos os módulos são integrados por rotinas automatizadas de aquisição, pré-processamento, pós-processamento, simulação e visualização dos resultados, operando em ambientes replicados nos servidores do CENSI-PAM e da UFBA.

3.2 DETECÇÃO VIA REDES NEURAIIS CONVOLUCIONAIS

A detecção de manchas de óleo foi realizada por meio da implementação de classificadores baseados na arquitetura U-Net, comumente usados em classificadores de imagens ligadas a medicina (Zhou, 2018), e na arquitetura ResNet-50 como backbone inseridos na plataforma SipamMar.

O modelo foi treinado com um conjunto de dados composto por produtos IW SLC IW SLC dos satélites Sentinel-1 A e B, contendo casos de possíveis derrames de óleo no oceano. Esses produtos foram reunidos pela equipe do Laboratório de Oceanografia por Satélite (LOS) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Os dados brutos foram disponibilizados pela Agência Espacial Europeia (ESA), enquanto a identificação e validação dos derrames — confirmados ou com alta probabilidade — foi realizada por meio do portal Sentinel Vision e da plataforma Marine Pollution Surveillance Report, mantida pelo OSPO (Office of Satellite and Product Operations).

Embora a base de dados esteja em constante expansão, os resultados apresentados neste trabalho utilizaram um total de 82 produtos Sentinel-1 A e B. Esses produtos foram rotulados e, posteriormente, recortados em pequenas imagens quadradas. Para este estudo, foi utilizado exclusivamente um conjunto com imagens de 512×512 pixels, totalizando 8.072 amostras, das quais metade apresenta óleo e a outra metade não. A estratégia de avaliação adotada foi o holdout, com uma divisão de 80% para treinamento e 20% para validação.

Para evitar o sobreajuste (overfitting), foram aplicadas algumas técnicas de regularização, incluindo a penalidade L2 (weight decay) com valor de 10^{-2} , e um Dropout de 10%, inserido em camadas específicas da rede.

Adicionalmente, foi utilizada a técnica de Early Stopping, que interrompe o treinamento automaticamente caso a perda de validação deixe de melhorar por um determinado número de épocas — neste caso, uma paciência de 14 épocas. Essa técnica impacta diretamente a curva de perda, pois pode encerrar o treinamento antes que o modelo entre em overfitting, impedindo que a perda de validação forme a curva típica em U. Assim, o treinamento é finalizado no ponto de melhor desempenho em validação, sem permitir que a perda volte a subir.

Não somente isso, mas no treinamento também foi utilizada a função de perda FocalLoss, apropriada para lidar com desbalanceamentos entre classes. O otimizador escolhido foi o Adam, com uma taxa de aprendizado inicial de 10^{-5} . Também foi utilizado um scheduler do tipo ReduceLROnPlateau, que monitora a perda de validação e reduz automaticamente a taxa de aprendizado quando a métrica apresenta estagnação ou piora. O fator de paciência para o scheduler foi definido como quatro épocas. Essa estratégia impacta a curva de perda ao suavizar a descida e contribuir para uma melhor convergência, mesmo em regiões de pouca variação.

No que diz respeito a linguagem de programação, utilizou-se Python, com a biblioteca PyTorch como principal framework. O PyTorch oferece integração nativa com a tecnologia CUDA, permitindo o uso de GPUs NVIDIA para aceleração das operações. Neste caso, foram utilizadas duas placas NVIDIA GeForce RTX 3060, cada uma com 12 GB de memória VRAM. O tamanho do lote (batch size) foi ajustado com base na limitação de memória disponível, resultando em um valor aproximado de 18 amostras por lote. Esse número pode variar de acordo com o tamanho das imagens, o uso de memória por outros processos e outros fatores do ambiente de execução.

A fim de avaliar o desempenho do modelo de detecção, foram utilizadas métricas comuns na área de aprendizado de máquina, as quais contemplam acurácia, precisão, recall, F1-score e o índice de Jaccard. A Tabela 1 apresenta as métricas do modelo U-Net, com backbone ResNet-50, utilizado para criar os polígonos deste estudo de caso.

SipamMar: Um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo

Tabela 1 - Métricas de desempenho do modelo de detecção U-Net com ResNet - 50 como backbone

	LOSS	ACC	PRECISION	RECALL	F1	JACCARD
TREINAMENTO	0,002967	0,999546	0,949419	0,950116	0,949466	0,901332
VALIDAÇÃO	0,003385	0,996541	0,950338	0,852389	0,897334	0,815822

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

A saída do classificador é uma máscara de probabilidade georreferenciada, que, ao ultrapassar limiares definidos, aciona alertas por e-mail e FTP, acompanhados de dados ambientais auxiliares (e.g., correntes, ventos e concentração de clorofila). Operacionalmente, o tempo completo de processamento, desde a aquisição da imagem até a emissão do alerta, é de aproximadamente 25 minutos.

3.3 MODELAGEM NUMÉRICA COM MEDSLIK-II

Após a detecção das manchas em SAR, a trajetória e a transformação do óleo foram simuladas com o MEDSLIK-II, um modelo Lagrangeano amplamente utilizado para previsão de curto prazo em derramamentos na superfície do mar por sua robustez, capacidade de representar diferentes tipos de óleo e facilidade de acoplamento a modelos de circulação oceânica (De Dominicis et al., 2013a; 2013b). No MEDSLIK-II, a representação do derrame combina processos determinísticos (advecção/difusão forçadas por correntes e vento) e estocásticos (passeio aleatório associado à difusividade turbulenta), além da deriva pelo vento e, quando configurado, da deriva de Stokes associada ao campo de ondas (De Dominicis et al., 2013a).

A estrutura interna do modelo organiza as variáveis de estado em três grupos interligados: (i) variáveis do tipo “derrame”, que controlam o balanço de volumes nas camadas espessa e fina na superfície e no sub-superfície, sobre as quais atuam os processos de intemperismo; (ii) variáveis do tipo “partícula”, que carregam posição, volume (com partes evaporativa e não evaporativa) e status (superfície, dispersa, sedimentada ou em costa), responsáveis por transportar o óleo no campo de correntes; e (iii) variáveis “estruturais”, que expressam as concentrações na superfície, na coluna e na costa, usadas na geração de produtos espaciais (De Dominicis et al., 2013a). Os processos de intemperismo (evaporação, emulsificação, dispersão/ressurgência e espalhamento) seguem a família de algoritmos clássicos de destino do óleo, com parâmetros dependentes de vento a 10 m e TSM, e beaching com tempos de residência ajustados ao tipo de costa (Mackay et al., 1980; De Dominicis et al., 2013a).

Na versão operacional do SipamMar, as entradas ambientais são obtidas de fontes operacionais consolidadas como o Copernicus Marine Service (campos de correntes e TSM), ERA5 e GFS/NOAA (vento), e integradas por rotinas Python de download automatizado (motuclient, cdsapi e requests), pré-processamento (padronização/grade, formatação compatível com o MEDSLIK-II em NetCDF) e validação visual das forçantes. Essa automação também conduz a etapa de pós-processamento, padronizando a geração de mapas e animações e reduzindo a intervenção manual durante a operação, como descrito em seu pipeline (De Dominicis et al., 2013b).

No nosso arranjo operacional, cada simulação é inicializada com 100,000 partículas Lagrangeanas distribuídas sobre os polígonos de detecção, solução que oferece boa resolução espacial das concentrações simuladas e está dentro da faixa recomendada/validada na literatura do próprio MEDSLIK-II (De Dominicis et al., 2013a; 2013b). A cinemática é integrada com passo de tempo fixo para o transporte, enquanto os processos de intemperismo usam sub-passo interno mais curto, conforme a formulação do modelo; desse modo, o controle de estabilidade e precisão é feito pela escolha dos passos e dos coeficientes de difusão (De Dominicis et al., 2013a).

A tolerância numérica do solver do MEDSLIK-II abrange a resolução espacial da grade do tracer de óleo, os passos de tempo e os coeficientes de difusão utilizados. Para uma reconstrução realista da concentração, a resolução da grade do tracer de óleo é de aproximadamente 100 metros. Esta resolução é calibrada para estar entre a escala de difusão (aproximadamente 60 metros) e a escala advectiva (aproximadamente 180 metros), considerando um passo de tempo Lagrangiano de 1800 segundos (30min) e um coeficiente de difusividade horizontal de $2 \text{ m}^2/\text{s}$, coerente com modelos Eulerianos de alta resolução (De Dominicis et al., 2013a). Os coeficientes de difusividade vertical (K_v) são de $0,01 \text{ m}^2/\text{s}$ dentro da camada de mistura e $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ abaixo dela, respectivamente (De Dominicis et al., 2013b).

As saídas diagnósticas do nosso sistema são armazenadas em NetCDF a cada 1 hora, garantindo compatibilidade com as forçantes e com a rotina de disseminação dos resultados; quando necessário para

comunicação, os produtos cartográficos são agregados em janelas mais amplas sem alterar a resolução temporal interna do cálculo (De Dominicis et al., 2013b). Os termos determinísticos do deslocamento superficial incluem a contribuição das correntes do modelo oceânico, uma correção de vento (aplicável como termo de incerteza quando a circulação superficial não está plenamente resolvida) e, quando habilitado, a deriva de Stokes parametrizada a partir do espectro de ondas JONSWAP (Hasselmann et al., 1973; De Dominicis et al., 2013a). Para latitudes maiores do que 10°S, um fator de deriva do vento de 6% e um ângulo de 45° são utilizados, uma vez que foram considerados os mais eficazes para reproduzir a trajetória observada em águas brasileiras, diferindo dos valores típicos (1-6% para o fator e 0-25° para o ângulo) encontrados em outras regiões como o vento Mediterrâneo (Correia Lima et al., 2025).

Em conjunto, essa configuração fecha a cadeia operacional: ingestão dos dados SAR e detecção automática; preparação das forçantes; simulação Lagrangeana com intemperismo e interação com a costa; e exportação SIG-ready (NetCDF e camadas vetoriais), o que sustenta a análise rápida e a reprodutibilidade do fluxo do sistema, fundamento central dos casos de uso apresentados. Isso torna-as ferramentas cruciais para o suporte à tomada de decisão em resposta ambiental e no planejamento de ações de mitigação e prevenção de derramamento de óleo no mar.

A automação completa do processo – da configuração à geração de figuras – foi consolidada por scripts, reduzindo significativamente a intervenção humana e o tempo de execução, além de minimizar erros de configuração. O tempo de execução foi de aproximadamente 20 minutos.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 INTEGRAÇÃO OPERACIONAL

O sistema já opera com capacidade de ingestão automática de imagens Sentinel-1, análise via redes neurais, envio de alertas e ativação do módulo de modelagem oceânica. Os dados meteorológicos e oceanográficos são adquiridos de forma programática e as simulações são executadas considerando múltiplos tipos de óleo (leve, médio e pesado), com saídas gráficas diárias e animações horárias para cada tipo.

A escolha de rodar o modelo para três tipos de óleos diferentes foi considerada presumindo a falta de informação do API do óleo derramado, o que é bem comum no caso das bacias brasileiras. Esse tipo de informação não é compartilhado abertamente devido a questões “sensíveis” alegadas pelas operadoras em águas brasileiras. Entretanto, de posse do API específico, apenas uma simulação é realizada. A interoperabilidade das saídas do sistema com ambientes SIG permite a geração de produtos analíticos com suporte espacial explícito, fundamentais para a resposta ambiental e o planejamento de ações de mitigação e prevenção.

4.2 ESTUDO DE CASO 1: PORÇÃO SUDOESTE DO GOLFO DO MÉXICO

Para demonstrar a aplicabilidade do sistema desenvolvido, foi selecionado um episódio de detecção de possível mancha de óleo identificado por imagem SAR Sentinel-1. Essas coordenadas correspondem à porção sudoeste do Golfo do México, próxima à costa do estado de Veracruz (México), e da região marítima entre a Baía de Campeche e o litoral sul do estado de Tamaulipas. Este estudo de caso ilustra o funcionamento completo da cadeia operacional – desde a ingestão da imagem, passando pela detecção automática, até a simulação de dispersão e visualização dos impactos potenciais.

Figura 1 - Metadados da imagem SAR Sentinel-1 (órbita CC57) utilizada na detecção automática no Golfo do México.

Coord.	Range	Minimum	Maximum
Latitude		20.3953	22.505
Longitude		-95.6758	-92.9202

- Input title: S1A_IW_SLC__1SDV_20200203T002425_20200203T002453_031081_039239_CC57
- Input path: /host/mnt/camobi_process/rioss_outputs/prod/data/4dd90752-d616-55df-b420-dc1d35691bd8/preproc_sar/4dd90752-d616-55df-b420-dc1d35691bd8.nc

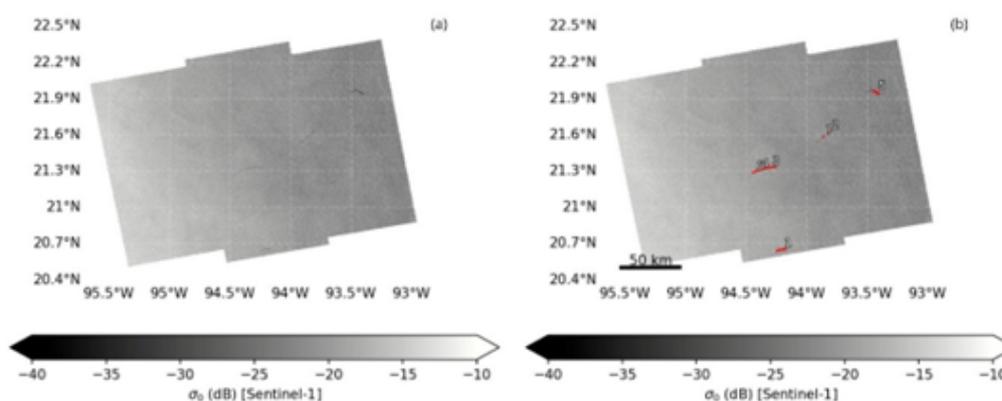
Fonte: SipamMar.

4.2.1 Detecção automatizada

A imagem SAR analisada foi processada pelo sistema SipamMar, treinado com redes neurais convolucionais do tipo U-Net. A Figura 2 apresenta, no painel (a), a imagem SAR Sentinel-1 georreferenciada (σ_0 em dB) da região sudoeste do Golfo do México, sem indicações de detecção, enquanto o painel (b) mostra os resultados da segmentação automática realizada pelo sistema SipamMar.

As manchas identificadas como prováveis feições oleosas estão destacadas com contornos vermelhos e numeradas de acordo com suas respectivas probabilidades de detecção. As detecções ocorrem em áreas com baixo retroespalhamento ($\sigma_0 < -25$ dB), coerente com a supressão da rugosidade superficial provocada por filmes de óleo. A comparação entre os dois painéis evidencia a capacidade do sistema de identificar automaticamente regiões suspeitas em imagens SAR complexas, mesmo em ampla extensão espacial e sob variação gradual da rugosidade do mar.

Figura 2 - Imagens SAR CC57 pós-processadas e georreferenciadas em σ_0 (Sigma_zero, em dB). (a) Imagem SAR sem detecções; (b) Imagem SAR com as detecções do sistema, marcadas em vermelho



Fonte: SipamMar

A Figura 3 apresenta a tabela de saídas do modelo de detecção automática do sistema SipamMar, contendo os metadados de sete polígonos segmentados como possíveis manchas de óleo no oceano. Para cada detecção, são fornecidas as coordenadas geográficas (latitude e longitude do centroide), a área estimada (em km²), a probabilidade média de detecção e a maior probabilidade localizada dentro da mancha. Os valores de probabilidade média variam entre 44% e 60%, com máximos locais chegando a 84%, o que indica diferentes níveis de confiança nas detecções, sendo o polígono 1 o mais relevante do ponto de vista operacional. A presença de links para visualização rápida (“quicklook”) permite a validação visual das feições identificadas, reforçando a integração entre os processos automáticos e a análise por especialistas. Esses dados são cruciais para priorizar inspeções e acionar a modelagem numérica de dispersão.

Figura 3 - Metadados das detecções automáticas realizadas pelo sistema SipamMar, indicando localização, área, probabilidade média e máxima de presença de óleo para sete polígonos identificados em imagem SAR Sentinel-1

	Latitude	Longitude	Area (km ²)	Probability	Highest Probability	Quicklook
1	-94.2051	20.6499	4.234	60%	84%	link
2	-93.8101	21.6269	1.344	53%	79%	link
3	-94.3017	21.3299	2.36	52%	77%	link
4	-94.3912	21.3079	1.558	49%	76%	link
5	-93.4262	21.9534	3.596	47%	77%	link
6	-94.4386	21.2905	0.522	46%	75%	link
7	-93.863	21.5869	0.434	44%	65%	link

Fonte: SipamMar

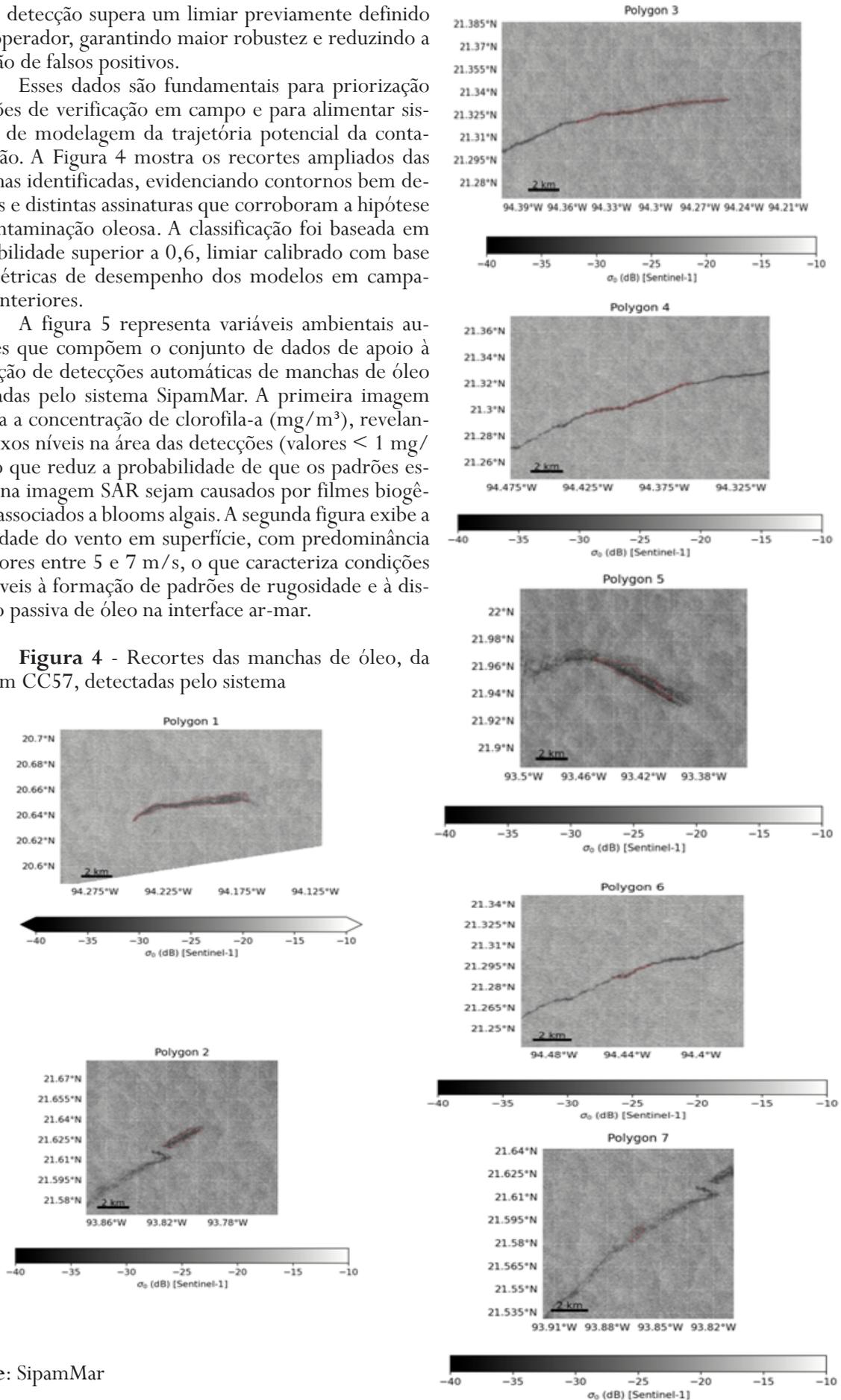
A rede fornece duas métricas de confiança: a probabilidade média de detecção em toda a mancha e a maior probabilidade localizada em algum ponto dela. As probabilidades médias variam de 44% a 60%, enquanto os valores máximos chegam a até 84%, sugerindo forte indicação da presença de óleo em determinadas regiões. Importante ressaltar que o sistema apenas emite alertas quando a probabilidade mé-

dia de detecção supera um limiar previamente definido pelo operador, garantindo maior robustez e reduzindo a emissão de falsos positivos.

Esses dados são fundamentais para priorização de ações de verificação em campo e para alimentar sistemas de modelagem da trajetória potencial da contaminação. A Figura 4 mostra os recortes ampliados das manchas identificadas, evidenciando contornos bem definidos e distintas assinaturas que corroboram a hipótese de contaminação oleosa. A classificação foi baseada em probabilidade superior a 0,6, limiar calibrado com base em métricas de desempenho dos modelos em campanhas anteriores.

A figura 5 representa variáveis ambientais auxiliares que compõem o conjunto de dados de apoio à validação de detecções automáticas de manchas de óleo realizadas pelo sistema SipamMar. A primeira imagem mostra a concentração de clorofila-a (mg/m^3), revelando baixos níveis na área das detecções (valores $< 1 \text{ mg}/\text{m}^3$), o que reduz a probabilidade de que os padrões escuros na imagem SAR sejam causados por filmes biogênicos associados a blooms algais. A segunda figura exibe a velocidade do vento em superfície, com predominância de valores entre 5 e 7 m/s, o que caracteriza condições favoráveis à formação de padrões de rugosidade e à dispersão passiva de óleo na interface ar-mar.

Figura 4 - Recortes das manchas de óleo, da imagem CC57, detectadas pelo sistema

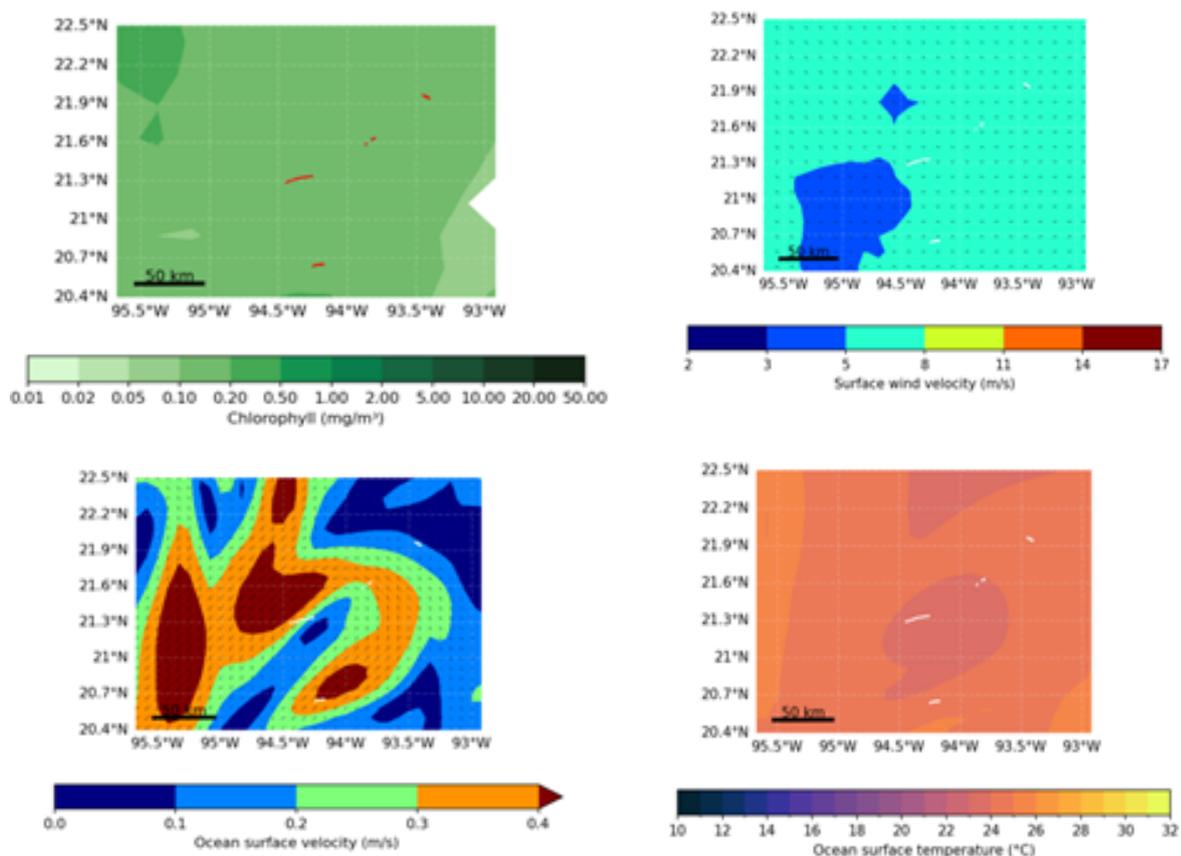


Fonte: SipamMar

SipamMar: Um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo

Na terceira figura, a velocidade das correntes superficiais mostra regiões com intensa atividade dinâmica (valores superiores a 0.3 m/s), influenciando diretamente a trajetória e a fragmentação da mancha. Por fim, a quarta imagem apresenta a temperatura da superfície do mar (TSM), com valores homogêneos entre 27 °C e 29 °C, indicando estabilidade térmica regional. Esses dados complementares são essenciais para a avaliação crítica do operador, permitindo descartar falsas detecções causadas por artefatos naturais, confirmar a coerência física das anomalias detectadas e alimentar, de forma realista, os modelos de previsão de dispersão de óleo.

Figura 5 – Dados ambientais auxiliares à validação das detecções de óleo realizadas pelo sistema SipamMar: (a) concentração de clorofila-a (mg/m^3), (b) velocidade do vento em superfície (m/s), (c) velocidade das correntes oceânicas superficiais (m/s) e (d) temperatura da superfície do mar (°C). Essas variáveis fornecem suporte à análise do operador, ajudando a distinguir manchas reais de artefatos naturais



Fonte: SipamMar

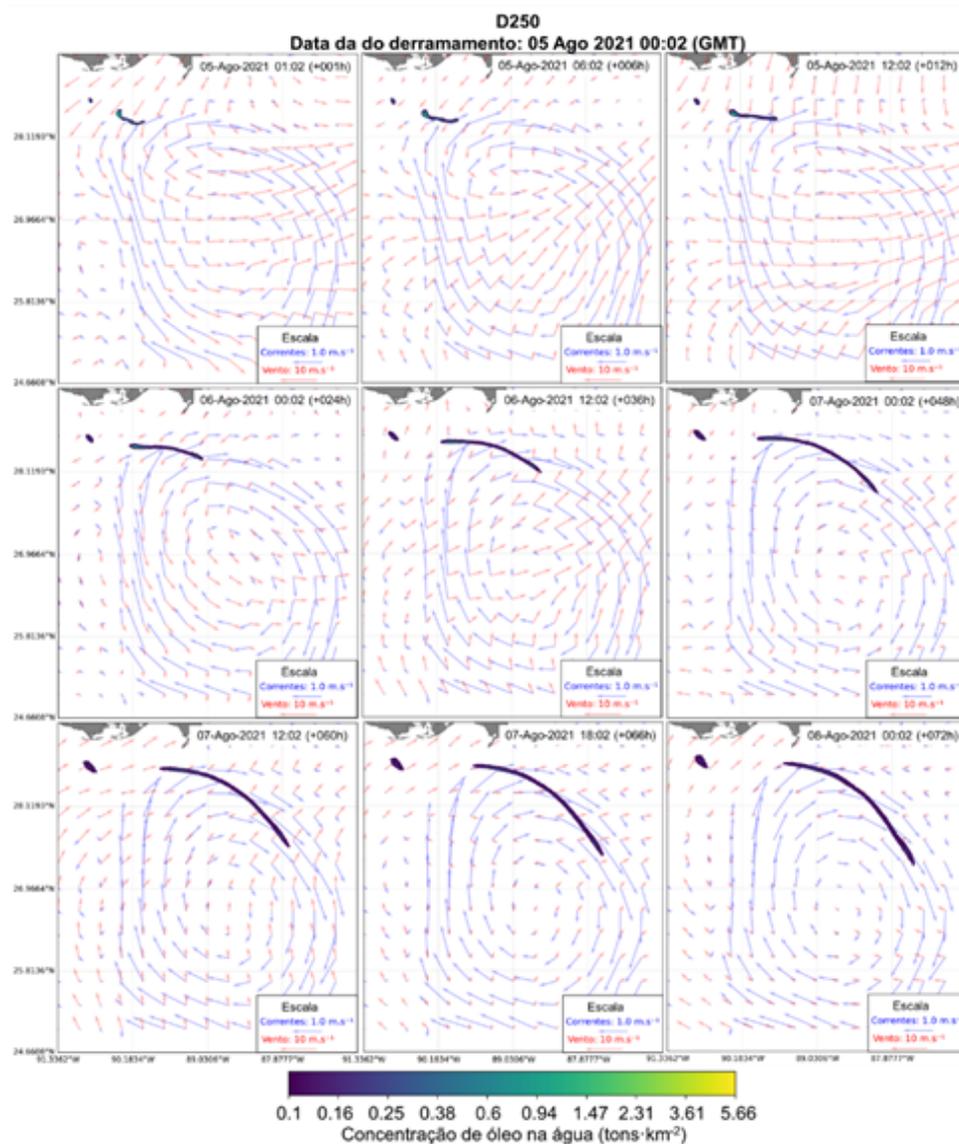
A clorofila, por exemplo, pode indicar a presença de blooms biológicos que alteram as características da superfície marítima. Já a ausência de vento ou a presença de gradientes térmicos acentuados pode resultar em padrões semelhantes ao espalhamento de óleo. Assim, a integração dessas informações no processo de triagem permite reduzir significativamente a incidência de falsos positivos, fornecendo subsídios mais confiáveis ao tomador de decisão e otimizando o direcionamento das ações de resposta.

4.2.2 Modelagem da dispersão

Após a confirmação da detecção, o módulo de modelagem numérica foi ativado. Utilizando o modelo MEDSLIK-II modificado, foram simuladas 72 horas de dispersão, considerando óleo tipo médio, sob condições oceanográficas e meteorológicas extraídas do Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) e ERA5. A Figura 3 mostra a evolução temporal da pluma de óleo, destacando intervalos de 9 a 50 horas após a detecção inicial.

A trajetória simulada (Figura 6) apresentou deriva consistente com os padrões regionais de corrente e vento, com deslocamento majoritariamente para oeste, acompanhando a direção do transporte superficial na área. A pluma se manteve coesa até cerca de 30 horas, momento em que começou a se alongar e fragmentar, indicando intensificação dos processos de difusão e dispersão.

Figura 6 - Simulação da dispersão das manchas identificadas pelo sistema. Intervalo de tempo de entre 9 horas e 50 horas após a identificação.



Fonte: MEDSLIK-II

4.2.3 Análise operacional

Este experimento serve de base para o teste da capacidade do sistema em fornecer, de forma integrada e autônoma, alertas de detecção e projeções realistas da evolução espacial de manchas de óleo. Os dados simulados foram exportados em formatos interoperáveis com sistemas GIS (NetCDF, GeoTIFF e shapefiles), permitindo sobreposição com camadas socioambientais e suporte direto à tomada de decisão. Além disso, a performance do modelo de detecção e a coerência da simulação com os padrões esperados demonstram que o sistema é aplicável não apenas para eventos históricos, mas também como ferramenta preditiva em operações de vigilância e resposta rápida.

4.3 ESTUDO DE CASO 2: PORÇÃO NORTE-CENTRAL DO GOLFO DO MÉXICO

A fim de demonstrar a aplicabilidade do sistema desenvolvido em detectar alvos de óleo na superfície do oceano, com a presença de falsos positivos, foi selecionado um episódio de detecção situado na porção norte-central do Golfo do México, ao sul da costa da Louisiana (EUA). Esta é uma área bastante próxima a campos petrolíferos offshore como o Mississippi Canyon e o Green Canyon, regiões historicamente associadas à exploração de petróleo, inclusive próximas ao local do desastre da Deepwater Horizon (2010), identificado por imagem SAR Sentinel-1.

Aqui encontramos um exemplo de um derramamento circundado de diversos casos de falsos positivos como baixa de vento, próximos a mancha de óleo, e células de chuva no canto direito superior da imagem. Este estudo ilustra o funcionamento completo da cadeia operacional SipamMAR, desde a ingestão da imagem, passando pela detecção automática, até a simulação de dispersão e visualização dos impactos potenciais. A figura 7 representa os metadados da imagem analisada, com as bordas limítrofes da imagem de satélite original.

Figura 7 – Metadados da imagem SAR Sentinel-1 associados a mancha de óleo detectada no estudo de caso.

Coord. Range Minimum Maximum

Latitude	27.9048	29.9471
Longitude	-91.1185	-88.203

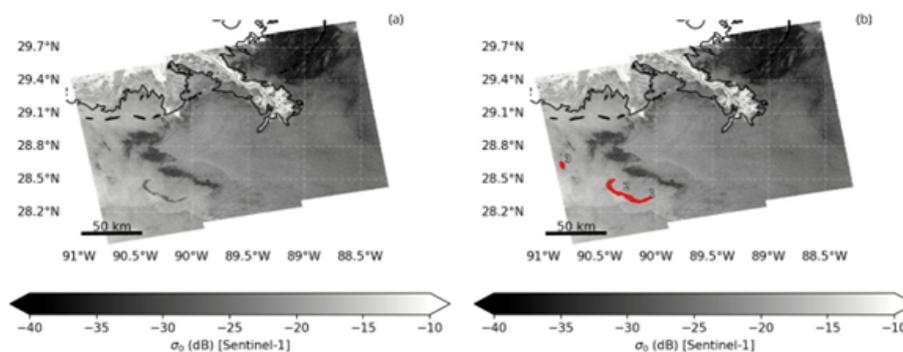
- Input title: S1A_IW_SLC__1SDV_20210805T000201_20210805T000228_039087_049CB9_D205
- Input path: /host/mnt/camobi_process/rioss_outputs/prod/data/76314c45-14f8-578c-8cda-4b47a6f908ca/preproc_sar/76314c45-14f8-578c-8cda-4b47a6f908ca.nc

Fonte: SipamMar.

4.3.1 Detecção automatizada

A imagem SAR analisada foi processada pelo sistema SipamMAR e o alerta sinalizado foi baseado na rede neural do tipo RESNET-50, com índices de probabilidade de pixel superiores aos pré-estabelecidos pelo sistema de aviso. A Figura 8 apresenta, à esquerda, a imagem SAR original e, à direita, o resultado da segmentação semântica realizada pelo modelo, com as regiões identificadas como óleo destacadas em vermelho. A análise foi conduzida sem intervenção humana, reforçando a autonomia do sistema em condições reais de operação.

Figura 8 - Imagens SAR D205. (a) Imagem SAR sem detecções; (b) Imagem SAR com as detecções do sistema, marcadas em vermelho.



Fonte: SipamMar

A figura 9 sumariza os resultados da segmentação de manchas de óleo no oceano realizada pela rede neural convolucional do tipo ResNet-50. Observam-se três polígonos identificados com diferentes áreas, localizações geográficas e probabilidades de detecção. O primeiro polígono, situado em aproximadamente 28.3185° de longitude e -90.0854° de latitude, possui área de 14,18 km², com uma probabilidade de detecção de 58% e uma probabilidade máxima de 85%. O segundo polígono é o maior, com 90,69 km², mas apresenta uma probabilidade inferior (49%), ainda que sua máxima estimada seja de 86%. Já o tercei-

ro polígono, com apenas 9,56 km², possui as menores probabilidades geral (41%) e máxima (80%). Esses resultados sugerem que, apesar da consistência na identificação das regiões potencialmente contaminadas, há variabilidade tanto na extensão espacial quanto na confiança atribuída pelo modelo a cada detecção.

A diferença entre a probabilidade média e a máxima também pode indicar heterogeneidade espacial interna nos polígonos segmentados. Esse padrão é compatível com a natureza difusa das manchas de óleo observadas por sensores de sensoriamento remoto, bem como com os limites do classificador em lidar com áreas de transição e contraste espectral reduzido. A presença dos links de “quicklook” facilita a verificação visual e validação qualitativa dessas detecções, reforçando a integração entre métodos automáticos e inspeção humana no processo de monitoramento ambiental.

Figura 9 – Metadados de representação de saída do modelo de detecção com índices de probabilidade, área estima e posicionamento geográfico.

	Latitude	Longitude	Area (km²)	Probability	Highest Probability	Quicklook
1	-90.0854	28.3185	14.184	58%	85%	link
2	-90.3135	28.3824	90.689	49%	86%	link
3	-90.8336	28.6324	9.555	41%	80%	link

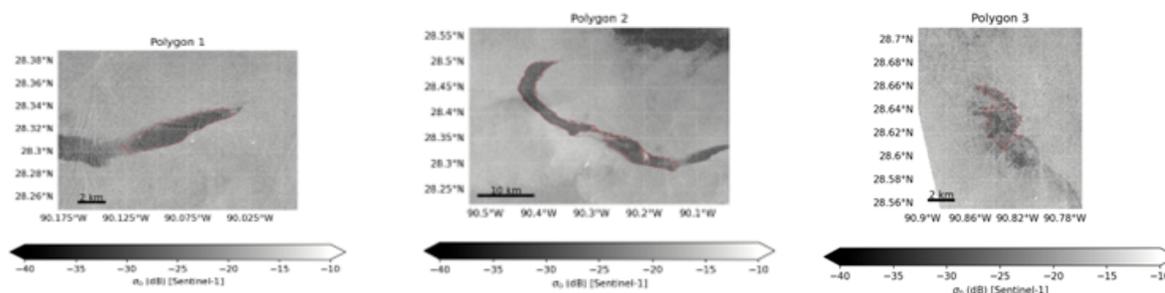
Fonte: SipamMar

As figuras 10 apresenta três polígonos de detecção automática de manchas de óleo processados neste estudo de caso pelo sistema SipamMar. Cada imagem mostra a assinatura de retroespalhamento em decibéis (σ_0), com os contornos das áreas segmentadas demarcados em vermelho. O Polígono 1 (Figura 1) exibe uma mancha bem definida com estrutura alongada, centrada entre 28.26°N e 28.38°N e com um contraste acentuado na assinatura de σ_0 , atingindo valores inferiores a -30 dB, consistentes com a supressão do espalhamento causada por filmes oleosos.

O Polígono 2 (Figura 2), o maior em área (90.689 km²), apresenta uma feição curva e extensa, com um padrão de distribuição espacial mais heterogêneo e inserido em um campo de fundo nebuloso, o que pode indicar presença de interferência atmosférica ou variações da rugosidade superficial. O Polígono 3 (Figura 3) é o menor entre os três, mas revela uma feição mais fragmentada e difusa, sugerindo dispersão do óleo ou presença de múltiplas fontes pontuais.

A coerência entre os contornos da rede neural (ResNet-50) e as áreas de baixo σ_0 reforça a eficácia do algoritmo para a detecção automática de anomalias compatíveis com manchas de óleo no mar, mesmo em diferentes contextos morfológicos e espectrais. A interpretação visual, facilitada pela escala de refletividade e barras de distância, corrobora a robustez do modelo na identificação de eventos potencialmente poluentes em ambientes oceânicos.

Figura 10 - Recortes das manchas de óleo, da imagem D205, detectadas pelo sistema SIPAMMAR



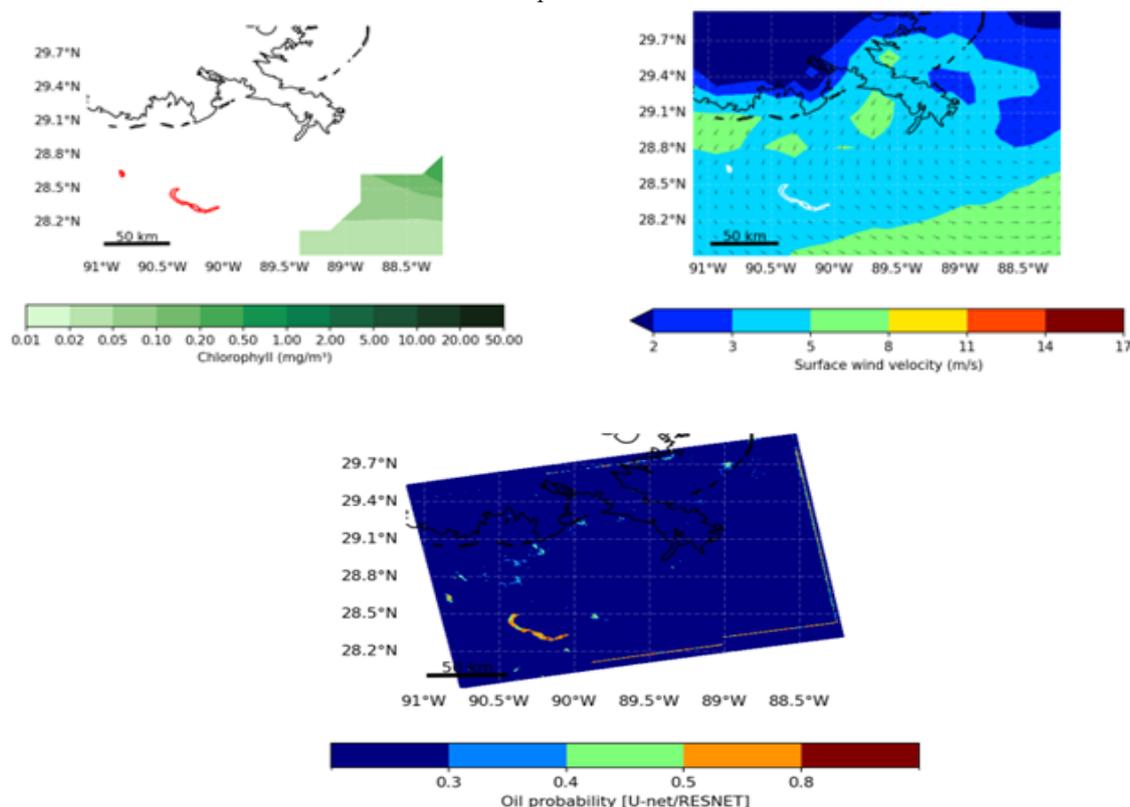
Fonte: SipamMar

A Figura 11 apresenta um conjunto de dados auxiliares utilizados para apoiar a análise qualitativa do operador na validação de uma detecção automática de mancha de óleo realizada pelo sistema SipamMar. A primeira subfigura mostra a concentração de clorofila-a (mg/m³), onde se observa que a região da mancha detectada apresenta baixos teores de biomassa fitoplanctônica, o que reduz a possibilidade de frentes biológicas ou manchas de origem natural associados a atividade biológica intensa. A segunda subfigura exibe o campo de vento superficial, evidenciando velocidades moderadas (entre 5 e 8 m/s) com direção predominante de norte a sul, coerente com o alinhamento e a dispersão observada da feição suspeita, re-

forçando a hipótese de transporte passivo de uma película oleosa.

Por fim, a terceira subfigura mostra o mapa de probabilidade de presença de óleo gerado por um classificador baseado na arquitetura U-Net combinada com ResNet - 50, com valores superiores a 0.8 na região da mancha, o que indica alta confiança do modelo na detecção. A combinação dessas três camadas informativas — baixa clorofila, coerência vetorial do vento e alta probabilidade — fornece uma base robusta para a confirmação da anomalia como um potencial derrame de petróleo e atualizações metodológicas recentes aplicadas à inteligência artificial no sensoriamento remoto ambiental.

Figura 11 – Dados auxiliares de previsão da detecção de óleo, com mapas de concentração superficial de clorofila, velocidade do vento e o mapa de probabilidade de óleo associado aos modelos de previsão



Fonte: SipamMar

4.3.2 Modelagem da dispersão

Após a confirmação da detecção, o módulo de modelagem numérica foi ativado. Utilizando o modelo MEDSLIK-II modificado, foram simuladas 72 horas de dispersão, considerando óleo tipo médio, sob condições oceanográficas e meteorológicas extraídas do Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) e ERA5. A Figura 9 mostra a evolução temporal da pluma de óleo, destacando intervalos de 9 a 50 horas após a detecção inicial.

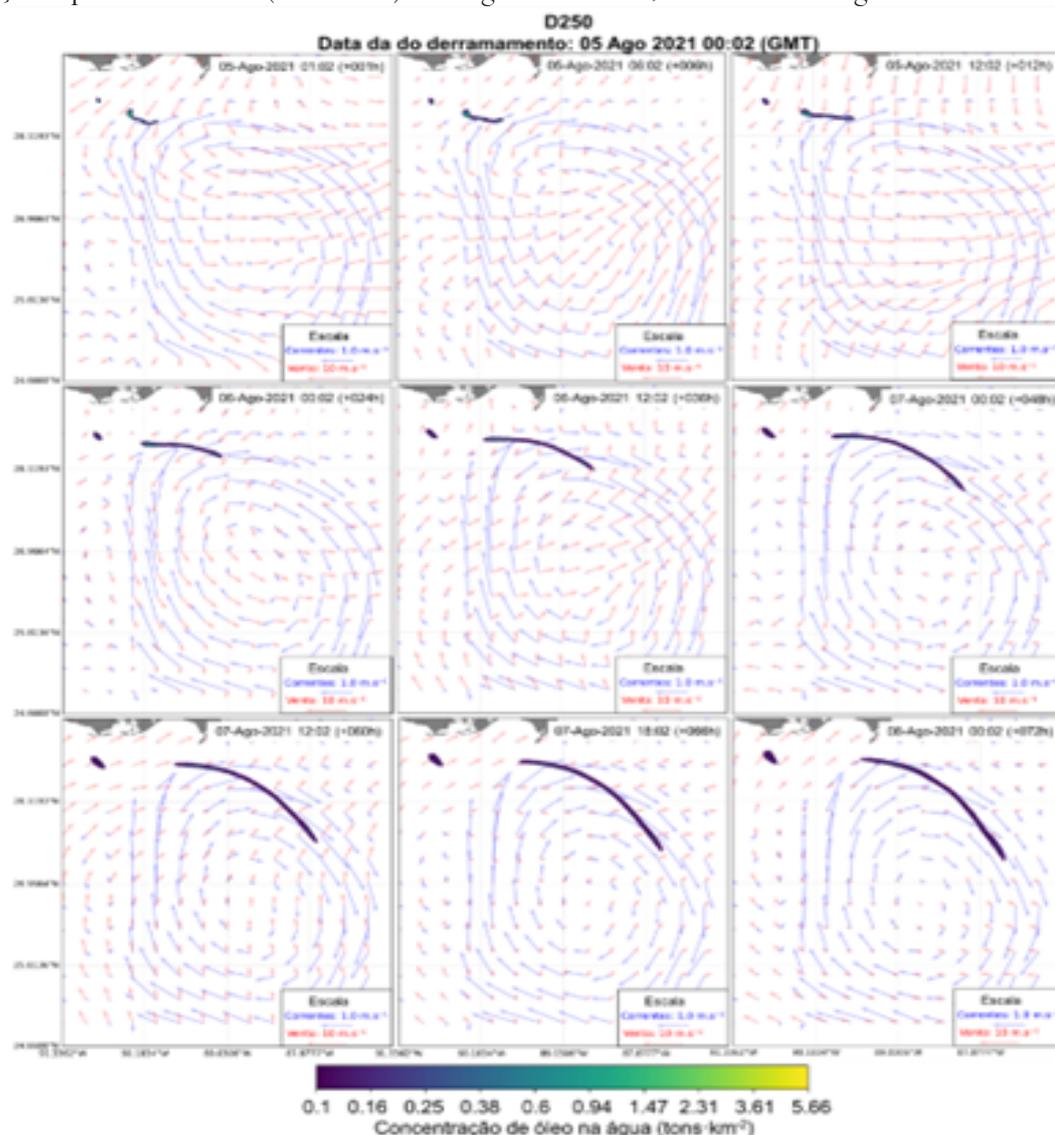
A Figura 12 mostra simula a trajetória e a evolução da concentração de óleo na superfície do mar a partir de um evento de derramamento ocorrido em 05 de agosto de 2021. Cada painel representa um instante de tempo, em incrementos de seis horas até 72 horas após o evento inicial, revelando o comportamento dinâmico da mancha sob a ação combinada das correntes oceânicas (vetores em azul) e dos ventos de superfície (vetores em vermelho). A mancha é representada em tons de roxo a amarelo, correspondentes à concentração de óleo em toneladas por quilômetro quadrado, com os valores mais altos (acima de 5.66 t.km^{-2}) indicados pelas tonalidades mais claras.

Ao longo da simulação, observa-se um deslocamento gradual da mancha de oeste para leste-nordeste, consistente com a circulação oceânica local e o campo de vento sobreposto. Esse padrão evidencia a influência da rotação da corrente ciclônica na região e a ação do vento como força motriz secundária, contribuindo para o transporte e a deformação da mancha. A previsão numérica mostra que, em cerca de três dias, a mancha percorre uma distância significativa, modificando sua forma e distribuição de concentração,

o que é crucial para avaliar os impactos ambientais e a priorização de resposta em áreas costeiras sensíveis ou de atividade econômica.

Modelos como o MEDSLIK-II são ferramentas fundamentais no contexto de resposta a emergências ambientais envolvendo derramamentos de óleo. Ao integrar dados de detecção remota com previsão ambiental (vento e corrente), esses modelos permitem estimar a trajetória provável da mancha em tempo quase real, fornecendo subsídios técnicos para decisões operacionais, como a mobilização de embarcações de contenção, o direcionamento de boias de absorção ou a emissão de alertas para comunidades costeiras. A simulação automática a partir de pontos centrais detectados pelo sistema SipamMar representa um avanço na automação do monitoramento e resposta, alinhando inteligência artificial à modelagem preditiva em uma abordagem integrada e eficiente para gestão de desastres ambientais.

Figura 12 – Simulação da dispersão de óleo realizada com o modelo MEDSLIK-II para o evento detectado em 05 de agosto de 2021 às 00:02 GMT (caso D250). Os painéis mostram a evolução da concentração superficial de óleo ($\text{tons}\cdot\text{km}^{-2}$) ao longo de 72 horas, em intervalos regulares de 6 horas.



5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e implementação do sistema SipamMAR representam um avanço significativo na capacidade nacional de monitoramento ambiental e resposta a derramamentos de óleo em águas jurisdicionais brasileiras. Ao integrar tecnologias de sensoriamento remoto por radar de abertura sintética (SAR), algoritmos de aprendizado profundo com redes neurais convolucionais e modelagem numérica de dispersão de contaminantes, o sistema automatiza a cadeia de detecção, alerta e previsão, reduzindo a

SipamMar: Um sistema autônomo brasileiro de detecção e modelagem de manchas de óleo

dependência de ações humanas e otimizando a eficiência operacional.

A performance de uma rede neural convolucional na detecção de manchas de óleo em imagens SAR está intrinsecamente ligada às condições ambientais que influenciam o retroespalhamento das ondas de radar na superfície do oceano. Fatores como a velocidade e direção do vento, por exemplo, são fundamentais. Ventos fortes aumentam a rugosidade da superfície, elevando o retroespalhamento geral e potencialmente mascando a mancha, enquanto ventos fracos podem criar manchas escuras naturais que podem ser confundidas com óleo, levando a falsos positivos. Além disso, concentração de filmes biogênicos, como a clorofila, também possuem o potencial de criar manchas escuras naturais para sensores SAR e, portanto, com potencial para gerar falsos positivos.

Observou-se que em situações de vento fraco, a rede convolucional manteve alta taxa de detecção, com níveis de confiança médios superiores à média observada, refletindo a boa separabilidade espectral dos padrões de óleo em contraste com o mar calmo. Por outro lado, em condições com presença de lookalikes (ex.: manchas de algas, frentes térmicas e zonas de cisalhamento), a taxa de falsos positivos aumentou em aproximadamente 12–15%, reduzindo o nível médio de confiança para valores superiores aos esperados por diferente referências que citamos no trabalho. Essa variação indica que a rede é mais sensível a feições superficiais complexas do que às condições meteorológicas isoladas.

Destacamos ainda que a coerência com dados auxiliares (vento e correntes superficiais) contribuiu para reduzir a incerteza: quando associados a situações oceanográficas consistentes com derrames de óleo (ex.: advecção alinhada ao vento predominante), a probabilidade de detecção correta foi maior. Essa análise sugere que futuras versões do sistema poderão ser aprimoradas pela integração explícita de variáveis ambientais como entradas adicionais ao modelo, aumentando a robustez frente a lookalikes e condições adversas.

Os estudos de caso demonstram a robustez dos classificadores U-Net e ResNet-50 na segmentação de manchas de óleo em imagens SAR, com desempenho consistente mesmo em ambientes complexos e sujeitos a interferências, como regiões com presença de lookalikes ou condições meteorológicas adversas. A integração de dados auxiliares, como campos de vento, concentração de clorofila e probabilidades de detecção, mostrou-se essencial para a redução de falsos positivos e para a validação das anomalias detectadas.

Essa abordagem multivariada fortalece a tomada de decisão e contribui para uma resposta mais rápida e informada. Por sua vez, a modelagem preditiva com o MEDSLIK-II, alimentada automaticamente por dados observacionais e previsionais de alta resolução, permite simular cenários realistas de transporte e transformação do óleo, proporcionando subsídios técnicos fundamentais para a atuação de órgãos ambientais, autoridades marítimas e operadoras portuárias.

Apesar dos avanços alcançados, é importante reconhecer algumas limitações do presente estudo. Ressaltamos que não foi conduzida uma validação estatística sistemática das detecções automáticas, baseada em eventos-teste in situ. Acreditamos que isto restringe a quantificação do desempenho dos classificadores em cenários reais variados. Visando contornar este problema, dispomos de um grupo de operadores treinados para verificar cada sinal de alerta do sistema. Outro aspecto importante a considerar é a predominância do uso de dados simulados ou de estudos de caso específicos, ainda carecendo de uma aplicação operacional ampla e contínua em tempo real. Isto permitirá ao SipamMar aferir a robustez do sistema frente a diferentes tipos de óleo e biomas marinhos.

Como perspectivas futuras, destacam-se a expansão da base de treinamento com dados oriundos de múltiplos sensores, a integração de rotinas de validação estatística comparando as detecções automáticas com observações de campo, e o teste da plataforma em diferentes ambientes costeiros e oceânicos. Ademais, a incorporação do SipamMar em protocolos governamentais de resposta emergencial poderá potencializar seu impacto prático, ampliando o suporte às ações de monitoramento e mitigação de derrames de óleo em águas jurisdicionais brasileiras.

Diante dos desafios impostos pela extensão da Amazônia Azul e pela crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas marinhos, o SipamMAR oferece uma alternativa tecnológica autônoma, escalável e de alto valor estratégico. Ao consolidar a aplicação de inteligência artificial e modelagem ambiental no contexto da vigilância oceânica, o sistema se configura como uma ferramenta de Estado para a proteção dos recursos marinhos, reforçando a soberania nacional, a segurança ambiental e a capacidade de resposta frente a desastres ecológicos de grandes proporções.

O sistema representa um avanço relevante na capacidade brasileira de resposta a incidentes ambientais no mar, especialmente ao integrar diferentes fontes de dados, automação de processos e visualização espacial para suporte à tomada de decisão. Espera-se que, com a continuidade do desenvolvimento e a incorporação de novas funcionalidades, como índices de impacto ambiental e interface web integrada, o sistema possa ser consolidado como uma solução estratégica para a proteção da Amazônia Azul e das zonas costeiras do país.

REFERÊNCIAS

- AGHAEI, N.; AKBARIZADEH, G.; KOSARIAN, A. Osdes_net: oil spill detection based on efficient_shuffle network using synthetic aperture radar imagery. **Geocarto International**, Abingdon, v. 37, n. 26, p. 13539–13560, 25 maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2082545>. Acesso em: 7 jul. 2025.
- ANDRADE, I. O.; FRANCO, L. G. A. A Amazônia Azul como fronteira marítima do Brasil: importância estratégica e imperativos para a defesa nacional. In: PÊGO, B.; MOURA, R. (Org.). **Fronteiras do Brasil: uma avaliação de política pública**. v. 1. Rio de Janeiro: Ipea; MI, 2018. p. 151–177.
- BARBOSA JÚNIOR, I. Oceanopolítica: conceitos fundamentais Amazônia Azul. In: MORE, R. F.; BARBOSA JÚNIOR, I. (Org.). **Amazônia Azul: política, estratégia e direito para o Oceano do Brasil**. Rio de Janeiro: FEMAR, 2012. p. 205–231.
- BEIRÃO, A.; MARQUES, M.; RUSCHEL, R. R. **O valor do mar: uma visão integrada dos recursos do oceano do Brasil**. São Paulo: Essencial Idea Editora, 2020. 248 p.
- BREKKE, C.; SOLBERG, A. H. S. Oil spill detection by satellite remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 95, n. 1, p. 1-13, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.015>. Acesso em: 3 jun. 2025.
- BHATTACHARYYA, S. et al. **Deep learning: research and applications**. Berlin; Boston: De Gruyter, 2020. p.1-19. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110670905>. Acesso em: 01 jun. 2025.
- CHEN, G. et al. Application of deep networks to oil spill detection using polarimetric synthetic aperture radar images. **Applied Sciences**, Basel, v. 7, n. 10, p. 968, 21 set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/app7100968>. Acesso em: 05 jun. 2025.
- CORREIA LIMA, E. J. A. et al. The effect of wind parametrizations in MEDSLIK-II oil spill simulations: a case study of the FPU P-53 incident in Brazilian waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 218, May 2025, article 118118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118118>.
- DOMINICIS, M. DE et al. MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting – Part 2: Numerical simulations and validations. **Geoscientific Model Development**, 1 nov. 2013. v. 6, n. 6, p. 1871–1888. DOI: <https://gmd.copernicus.org/articles/6/1871/2013/>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- DOMINICIS, M. DE et al. MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting – Part 1: Theory. **Geoscientific Model Development**, 1 nov. 2013. v. 6, n. 6, p. 1851–1869. Disponível em: <https://gmd.copernicus.org/articles/6/1851/2013/>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- DE MOURA, W. S. G.; POLITO, P. O. S. The 2019 northeast Brazil oil spill: scenarios. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 94, n. 2, e20210532, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220210391>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- HASSELMANN, K. et al. Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). **Deut. Hydrogr. Z.**, v. 8, p. 1–95, 1 jan. 1973.
- LEMLEY, J.; BAZRAFKAN, S.; CORCORAN, P. Deep learning for consumer devices and services: pushing the limits for machine learning, artificial intelligence, and computer vision. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, Piscataway, v. 6, n. 2, p. 48–56, 1 abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/mce.2016.2640698>. Acesso em: 20 maio 2025.
- LIU, P. et al. Identification of ocean oil spills in SAR imagery based on fuzzy logic algorithm. **International Journal of Remote Sensing**, Abingdon, v. 31, n. 17–18, p. 4819–4833, 20 set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.485147>. Acesso em: 12 maio 2025.

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

MACKAY, D.; PATERSON, S.; TRUDEL, K. **A mathematical model of oil spill behaviour**. Report to Research and Development Division, Environment Emergency Branch, Environmental Impact Control Directorate. Ottawa: Environmental Protection Service, Environment Canada, 1980.

MAGRIS, R. A.; GIARRIZZO, T. Mysterious oil spill in the Atlantic Ocean threatens marine biodiversity and local people in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, Kidlington, v. 153, 110961, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110961>. Acesso em: 13 maio 2025.

MITYAGINA, M.; LAVROVA, O. Oil slicks from natural hydrocarbon seeps in the Southeastern Black Sea, their drift and fate as observed via remote sensing. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2018, Valencia. **Anais [...]**. Piscataway: IEEE, 2018. p. 7926–7929. DOI: <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8517607>. Acesso em: 9 jun. 2025.

NIRCHIO, F. *et al.* Automatic detection of oil spills from SAR images. **International Journal of Remote Sensing**, Abingdon, v. 26, n. 6, p. 1157–1174, 1 mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160512331326558>. Acesso em: 26 maio 2025.

ORTIZ VALADEZ, S. C. *et al.* **Languages with artificial intelligence applications**. Hershey: IGI Global, 2024. p. 192–201. DOI: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1119-6.ch010>. Acesso em: 27 maio 2025.

PESSOA, J. C. O. **Estudo mineralógico e geoquímico de crostas polimetálicas (FeMn-Co) das áreas Alpha e Bravo da Elevação do Rio Grande**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16018>. Acesso em: 13 maio 2025.

RAEISI, A.; AKBARIZADEH, G.; MAHMOUDI, A. Combined method of an efficient cuckoo search algorithm and nonnegative matrix factorization of different Zernike moment features for discrimination between oil spills and lookalikes in SAR images. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, Piscataway, v. 11, n. 11, p. 4193–4205, 1 nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/jstars.2018.2841503>. Acesso em: 7 jul. 2025.

SILVA, A. P. S. Brazil advances over the Area: the inclusion of the Rio Grande Rise within the Brazilian outer continental shelf and its consequences for other states and for the common heritage of mankind. **Marine Policy**, Oxford, v. 125, 104399, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104399>. Acesso em: 05 jun. 2025.

SOARES, M. O. *et al.* The most extensive oil spill registered in tropical oceans (Brazil): the balance sheet of a disaster. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 29, p. 14598–14611, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18710-4>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TOPOUZELIS, K. N. Oil spill detection by SAR images: dark formation detection, feature extraction and classification algorithms. **Sensors**, Basel, v. 8, n. 10, p. 6642–6659, 23 out. 2008. DOI: <https://doi.org/10.3390/s8106642>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ZAKZOUK, M.; ABDULAZIZ, A. M.; ABOU EL-MAGD, I. *et al.* Automated oil spill detection using deep learning and SAR satellite data for the northern entrance of the Suez Canal. **Scientific Reports**, London, v. 15, article 20107, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03028-1>. Acesso em: 26 jun. 2025.

ZHOU, Z.; RAHMAN SIDDIQUEE, M. M.; TAJBAKHS, N.; LIANG, J. UNet++: a nested U-net architecture for medical image segmentation. In: STOYANOV, D. *et al.* (Org.). **Deep learning in medical image analysis and multimodal learning for clinical decision support**. Cham: Springer, 2018. (Lecture Notes in Computer Science, v. 11045). p. 3–11. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00889-5_1

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

The threat of transnational organized crime to the protection and sustainable future of the Brazilian Amazon

La Amenaza del Crimen Organizado Transnacional a la Protección y al Futuro Sostenible de la Amazonía Brasileña

La Menace du Crime Organisé Transnational sur la Protection et l'Avenir Durable de l'Amazonie Brésilienne

Data da submissão: 30 de maio de 2025

Data da aprovação: 02 de setembro de 2025

Mário Brasil do Nascimento²

Resumo

Este artigo analisa os impactos do crime organizado transnacional (COT) sobre a proteção e o futuro sustentável da Amazônia brasileira. Argumenta-se que a presença de facções criminosas na região tem ampliado o desmatamento ilegal, facilitado por redes logísticas, corrupção institucional e violência contra comunidades e agentes de fiscalização. A partir da integração de dados geoespaciais do PRODES/INPE e registros da atuação de organizações criminosas, realiza-se uma análise quantitativa e qualitativa dos municípios da Amazônia Legal. Os resultados indicam uma correlação territorial relevante entre a presença de facções e os níveis de desmatamento acumulado. Conclui-se que o COT representa uma ameaça direta à soberania nacional e à integridade ambiental da região, exigindo respostas articuladas entre políticas de segurança, defesa e desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Amazônia brasileira; crime organizado transnacional; desmatamento.

Abstract

This article analyzes the impacts of transnational organized crime (TOC) on the protection and sustainable future of the Brazilian Amazon. It argues that the presence of criminal factions in the region has intensified illegal deforestation, facilitated by logistical networks, institutional corruption, and violence against communities and environmental agents. By integrating geospatial data from PRODES/INPE with records of criminal organizations' activities, the study conducts a quantitative and qualitative analysis of municipalities within the Legal Amazon. The findings reveal a significant territorial correlation between the presence of criminal factions and accumulated deforestation levels. It concludes that TOC poses a direct threat to national sovereignty and the environmental integrity of the region, demanding integrated responses through security, defense, and sustainable development policies.

Keywords: Brazilian Amazon; transnational organized crime; deforestation.

²Doutor em Relações Internacionais – Atlantic International University; Mestre em Relações Internacionais e Resolução de Conflitos – American Military University; e Mestre em Segurança e Defesa – ANEPE/Chile.

Resumen

Este artículo analiza los impactos del crimen organizado transnacional (COT) sobre la protección y el futuro sostenible de la Amazonía brasileña. Se sostiene que la presencia de facciones criminales en la región ha intensificado la deforestación ilegal, facilitada por redes logísticas, corrupción institucional y violencia contra comunidades locales y agentes de fiscalización. A partir de la integración de datos geospaciales del PRODES/INPE y de registros sobre la actuación de organizaciones criminales, se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de los municipios de la Amazonía Legal. Los resultados muestran una correlación territorial significativa entre la presencia de facciones y los niveles de deforestación acumulada. Se concluye que el COT representa una amenaza directa a la soberanía nacional y a la integridad ambiental de la región, lo que exige respuestas articuladas entre las políticas de seguridad, defensa y desarrollo sostenible.

Palabras clave: Amazonía brasileña; crimen organizado transnacional; deforestación.

Résumé

Cet article analyse les impacts du crime organisé transnational (COT) sur la protection et l'avenir durable de l'Amazonie brésilienne. Il soutient que la présence de factions criminelles dans la région a intensifié la déforestation illégale, facilitée par des réseaux logistiques, la corruption institutionnelle et la violence dirigée contre les communautés locales et les agents de contrôle. En intégrant des données géospaciales du PRODES/INPE et des registres relatifs aux activités des organisations criminelles, l'étude réalise une analyse quantitative et qualitative des municipalités de l'Amazonie légale. Les résultats révèlent une corrélation territoriale significative entre la présence de factions et les niveaux de déforestation accumulée. L'article conclut que le COT constitue une menace directe à la souveraineté nationale et à l'intégrité environnementale de la région, exigeant des réponses coordonnées entre les politiques de sécurité, de défense et de développement durable.

Mots-clés: Amazonie brésilienne ; crime organisé transnational ; déforestation.

1 INTRODUÇÃO

O crime organizado tem aumentado sua presença na Amazônia ao longo do tempo, particularmente na segunda década do século XXI (Couto, 2023, p.47). Em 2023, 22 grupos criminosos estavam presentes em 178 municípios (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2023, p.10). Em 2024, apesar de terem diminuído para 19, essas organizações criminosas se estabeleceram em 260 municípios (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2024, p.71), dos 773 existentes na Amazônia Legal (IBGE, 2025), denotando a atuação em cerca de 34% do território da região Amazônica.

A ação do crime organizado não se limita à Amazônia brasileira. Ao contrário, as atividades se estendem pela Pan-Amazônia (Lima, 2023), alcançando países como Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. No Peru, por exemplo, estudos mostram que ações do crime organizado têm provocado cerca de 20% do desmatamento da floresta por conta dos cultivos de folhas de coca. Segundo o United Nations of Drugs and Crime (UNODC), a droga produzida no Peru, assim com a advinda da Colômbia ou Bolívia, ingressa no território brasileiro para alcançar usuários internos e para ser exportada para a Europa ou a África (UNODC, 2023, p.70 e 81). Além disso, outros ilícitos praticados pelo crime organizado transnacional (COT), como mineração e aproveitamento ilegal de recursos florestais (UNODC-DEVIDA, 2024) têm ameaçado a floresta e a biodiversidade da região.

A Global Initiative Against Transnational Organized Crime (2023, p.5) argumenta que os carregamentos de cocaína, minérios preciosos e madeira, que circulam pelos rios amazônicos e pelas pistas de pouso clandestinas, alimentam a demanda global crescente, bem como o desmatamento da floresta. O organismo também destaca que o COT é uma ameaça existencial para a região de maior biodiversidade do planeta.

O Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2023, p.11) ressalta que não há como tratar de políticas e estratégias para manter a Floresta Amazônica em pé, sem considerar a ameaça que o crime significa para a região amazônica. Dada a gravidade do assunto, os líderes dos Estados Partes do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), participantes da Cúpula da Amazônia de 2023, acordaram em convocar uma Reunião de Ministros da área de Segurança Pública para avaliar os fenômenos criminais e o COT na região Amazônica, bem como promover a troca de informações e estabelecer cooperação policial contra atividades ilícitas e crimes ambientais naquela região (Brasil, 2023).

Diante desse cenário complexo, o problema norteador para este artigo foi: **como o crime organizado transnacional impacta as taxas de desmatamento ilegal, com potencial negativo para a proteção e o futuro sustentável da Amazônia brasileira?** O fulcro é identificar os impactos que a ameaça do crime organizado transnacional impõe à Amazônia no tocante ao desmatamento ilegal. A relevância dessa investigação reside na centralidade da Amazônia para as dinâmicas climáticas mundiais, dependente da manutenção da área florestal, e nas ameaças multifacetadas que o COT representa para a defesa nacional e a integridade ambiental.

O artigo está organizado da seguinte forma: a introdução contextualiza o problema da atuação do crime organizado transnacional na Amazônia e apresenta o objetivo da pesquisa. A segunda seção apresenta a análise qualitativa do fenômeno: crime organizado e sua relação com o desmatamento ilegal. A terceira seção aborda a análise quantitativa, mediante exame estatístico de dados disponíveis, da relação entre o COT e o desmatamento ilegal. A quarta seção adentra na discussão dos achados das duas seções anteriores. Finalmente, a conclusão destaca as implicações para a formulação de políticas públicas e sugere caminhos para pesquisas futuras.

2 METODOLOGIA E MATERIAIS

Para a elaboração deste artigo, utilizou-se a metodologia de pesquisa quali-quantitativa de natureza aplicada, estruturada em dois eixos metodológicos complementares.

O primeiro eixo de pesquisa foi de natureza qualitativa e bibliográfica, buscando-se identificar o relacionamento das organizações criminosas com o desmatamento ilegal ou outros ilícitos econômicos que contribuem para esse desmatamento como, por exemplo: lavagem de dinheiro, aquisição ilegal de imóveis para atividades agropecuárias e mineração ilegal. Essa pesquisa bibliográfica utilizou artigos científicos disponíveis em plataformas digitais como o Google Scholar ou EBSCOhost. As fontes foram selecionadas sob os critérios de aderência ao tema, relevância para a resposta ao problema, qualidade e atualidade.

O segundo eixo compreendeu: 1) análise estatística comparativa do desmatamento, no período de 2000 a 2023, envolvendo municípios da Amazônia Legal, com ou sem facções criminosas, inclusive com geração de gráfico; 2) a aplicação do teste t-Welch a fim de constatar se a diferença entre as amostras é estatisticamente significativa; 3) regressão logística multivariada para a variável dependente “desmatamento” – com o objetivo de confirmar a probabilidade de influência das facções criminosas sobre o desmatamento – e as seguintes variáveis independentes: a) extensão das áreas desmatadas; b) presença de facções do COT; c) extensão das áreas agricultáveis na Amazônia Legal; d) quantidade de gado bovino por município; e) área dos municípios; f) presença de unidades de conservação nos municípios; g) presença de terras indígenas nos municípios; h) extensão de rodovias nas unidades de federação (considerando o provável impacto na logística ilegal); i) operações da Polícia Federal na área; e j) taxas de desmatamento; 4) teste estatístico Mann-Whitney (U), teste estatístico não paramétrico utilizado para verificar se a diferença entre os municípios com e sem facções criminosas é significativa; 4) finalmente, utilizando dados das taxas PRODES/INPE e aplicando análise com a técnica ARIMA – autoregressive integrated moving average, ou seja, técnica de análise de séries temporais e previsão de possíveis valores futuros, buscou-se identificar o cenário futuro de desmatamento.

As bases de dados utilizadas foram: 1) Desmatamento PRODES, do INPE (2000-2023); 2) Terra-Brasilis – PRODES (Desmatamento) 2000-2023; 3) Amazônia Legal, do IBGE (2025); e 4) Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024), para a identificação da presença de organizações criminosas nos municípios e operações policiais realizadas na Amazônia contra os crimes correlacionados ao desmatamento; 5) Sistema IBGE de Recuperação Automática (2025) para dados sobre agricultura e pecuária; 6) IBGE (2025) para dados sobre a malha rodoviária municipal, que facilitar a logística de escoamento da madeira; 7) FUNAI (2025) para a identificação de terras indígenas nos municípios; e 8) Ministério do Meio Ambiente (2025) para identificação de unidades de conservação presentes nos municípios.

¹Amazônia Legal em Dados

²O t de Welch (ou Welch's t-test) é uma variação do teste t de Student para comparar médias de dois grupos independentes quando as variâncias e/ou os tamanhos das amostras são diferentes. É o teste padrão quando a suposição de “variâncias iguais” não é plausível. Como o valor p foi menor que 0,05, é rejeitada a hipótese que o desmatamento nas áreas com o COT ocorre por acaso.

³As variáveis independentes utilizadas na regressão logística multivariada foram estabelecidas com base na relevância e na hipotética correlação com o fenômeno do desmatamento em áreas com ou sem presença do COT, ou seja: 1) a extensão das áreas, a presença de facções, a extensão das áreas agricultáveis, a quantidade de gado por município, a área do município, a presença de unidades de conservação, a presença de terras indígenas, a extensão de rodovias e a quantidade de operações da PF no município. Observe-se que as variáveis selecionadas retornaram um modelo estatisticamente preditivo.

3 RESULTADOS

3.1. ANÁLISE QUALITATIVA

O propósito desta seção é realizar a análise qualitativa da relação entre as organizações criminosas e o desmatamento da Amazônia Legal.

De acordo com Margulis (2003, p. 11), nas décadas de 1970 e 1980, o desmatamento da Amazônia era causado primordialmente pela ocupação econômica do território, induzida por incentivos e políticas governamentais. Na década de 1990, o aumento do desmatamento foi causado pelas atividades privadas, particularmente as atividades pecuárias. Na época, Margulis alertou que a viabilidade financeira dos grandes e médios pecuaristas funcionava como o motor do desmatamento (p.14); e a atividade agrícola não competia com a pecuária por enfrentar barreiras geo-ecológicas, como a elevada pluviosidade da região (p.15). Naquele estudo, a ocupação pecuária correspondia a cerca de 75% das áreas desmatadas da Amazônia (p.15). Note-se que até 1970, censos agropecuários davam conta que as áreas desmatadas da Amazônia para fins agropecuários eram ao redor de 3%, mas em 2003 representavam mais de 10% (p.28). Já em 2020, 2% das propriedades na Amazônia e no Cerrado eram responsáveis por 62% de todo o desmatamento potencialmente ilegal e 17% das exportações de carne bovina de ambos os biomas para a União Europeia poderiam estar relacionadas com o desmatamento ilegal (Rajão et al, 2020).

Com a atuação do COT na Amazônia a partir dos anos 2010, a dinâmica do desmatamento ilegal da Amazônia passou das pressões puramente econômicas, associada a deficiência de controle do Estado, para incorporar a interveniência das organizações criminosas. De acordo com o Instituto Igarapé (2024, p.3), grande parte do desmatamento da região Amazônica é resultado de atividades ilegais sustentadas por cadeias criminosas nacionais e transnacionais. O Instituto ressalta que o desmatamento é impulsionado por um conjunto de práticas de atividades econômicas ilícitas como: grilagem de terras e agropecuária com práticas ilegais na cadeia produtiva, extração ilegal de madeira e mineração ilegal⁴ (p.4). Carneiro e Rosas (2025, p.6) registram que falhas no registro de terras na Amazônia levam à grilagem; e as falhas ou insuficiências na legislação ambiental fomentam a exportação ilegal de madeira e o garimpo ilegal, proporcionando inúmeras oportunidades para as organizações criminosas.

Segundo Brombacher e Santos (2023, p.15), o impacto direto do cultivo de drogas sobre o desmatamento é limitado, mas há evidências que a “economia da droga”⁵ impulsiona a expansão da fronteira agrícola, as atividades agropecuárias e mineradoras que possuem potencial para aumentar o desmatamento da Amazônia. O UNODC denomina essa conexão e sobreposição de atividades ilegais, que afetam o meio ambiente, como “convergência criminal”, que engloba corrupção, lavagem de dinheiro, fraude, extorsão, violência e outras atividades ilícitas (UNODC, 2023, p.91). Esse conceito é coerente com o que Carneiro e Rosas (2025, p.7) caracterizam como uma espécie de articulação de múltiplas atividades ilícitas desenvolvidas por intermédio de redes de cooperação e facilitação envolvendo narcotráfico, extração ilegal de madeira, garimpo clandestino, grilagem de terras e lavagem de dinheiro.

Em termos de organizações criminosas transnacionais que operam na Amazônia, se destacam o Comando Vermelho (CV) e o Primeiro Comando da Capital (PCC) (Cardoso, 2020, p.15). Dentro da concepção de redes criminosas, além do PCC e do CV, também atuam na Amazônia as seguintes organizações criminosas (ORCRIM), que de alguma forma mantêm ligações com aquelas duas primeiras: Bonde dos 13, Bonde dos 40, União Criminosa do Amapá, Família Terror do Amapá, os Crias, Piratas do Solimões, Família do Norte, Primeiro Comando Panda, Trem de Aráguia, Trem da Guayana, Sindicato, entre outros. Ademais, elementos dissidentes das FARC ou membros do Sendero Luminoso se ligam com as organizações criminosas brasileiras (Parente, 2020, p. 22-3).

Esses grupos criminosos possuem motivação pelo lucro e poder, aplicam medidas de planejamento empresarial; e cooptam agentes de Estado para facilitar as ações ilegais (Mingardi, 2007, p.56). Os crimes ambientais, por exemplo, geram lucros de US\$ 110 a US\$ 281 bilhões de dólares anuais (Instituto Igarapé, 2024, p.4). Com isso, as organizações criminosas buscam a lavagem de dinheiro do mercado de drogas, reinvestindo o lucro em aquisições legais e ilegais de terras (incluindo a grilagem), desmatamento para criação de pastos e outras atividades agrícolas, gerando o narcodesmatamento⁵ (UNODC, 2023, p.67).

As organizações criminosas têm múltiplas capacidades de cometimento de ilícitos como: 1) domínio territorial para estabelecimento de rotas de tráfico de drogas (Funari, 2024, p.5); 2) implantação de pistas de pouso ilegais e estradas clandestinas (Couto, 2000, p.10 e p.12); 3) acesso a armas de fogo (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2023, p.10); 4) recrutamento de novos integrantes, inclusive

⁴Segundo a Global Initiative (2023, p. XXX), a exploração ilegal de ouro na Amazônia cresceu 94% de 2016 a 2021, representando um dos principais vetores de desmatamento da região.

indígenas (Lima, Ambrósio e Farias, 2025, p.3); 5) obtenção de lucros com tráfico de drogas e armas, desmatamento, grilagem de terras, mineração ilegal (Guaraldo, 2025); 6) lavagem de dinheiro de garimpos ilegais e atividades do agronegócio (Júnior e Costa, 2023, p.153-5); 7) estabelecimento de redes financeiras para movimentar e ocultar as transações ilícitas (Muller, 2024, p.21); 8) corrupção de agentes públicos para facilitar as operações e garantir impunidade (Instituto Igarapé, 2024, p.25); 9) controle das comunidades (Costa, Almeida e Oliveira, 2024, p.310); 10) intimidação de locais, ativistas ambientais e autoridades (Araújo, 2024, p.29); 11) expansão para novos municípios (Couto, 2023, p.63); e 12) estabelecimento de alianças estratégicas (Couto e Netto, 2025, p.38).

De acordo com Waisbich et al (2022, p.8), o desmatamento ilegal é resultado de quatro atividades ilegais: 1) grilagem de terras; 2) exploração ilegal de madeira; 3) mineração ilegal; e 4) agricultura e pecuária conectadas com ilegalidades ambientais. Para comprovar tal situação, utilizou-se um levantamento de dados de 369 operações da Polícia Federal (p.11), no período de 2016 a 2021, que revelou o seguinte:

Tabela 1 – Relacionamento do desmatamento e outras atividades econômicas ilícitas

Quantidade de Operações	Alvo Principal	Relacionamento com o alvo principal				
		Exploração ilegal de madeira	Grilagem de terras públicas	Mineração ilegal	Agropecuária com atividades ambientais ilegais	Desmatamento ilegal
100	Desmatamento ilegal	32%	66%	21%	13%	-
53	Grilagem de terras públicas	11%	-	-	7%	35%
151	Exploração ilegal de madeira	-	32%	3%	27%	49%
170	Mineração ilegal	3%	7%	-	13%	21%
15	Agropecuária com atividades ambientais ilegais	3%	19%	1%	-	13%

Fonte: Elaboração própria, com dados de Waisbich et al (2022, p.11).

Os dados mostram que o desmatamento quase nunca ocorre de forma isolada, há significativa conexão do desmatamento com a grilagem de terras públicas e com a exploração ilegal de madeira. Por outro lado, o relacionamento do desmatamento ilegal com a mineração ou atividades agropecuárias que afetam o meio ambiente se mostram menos intensas. Mesmo assim, segundo o relatório *Contemporary Issues on Drug* (UNODC, 2023, p.63), há evidências que traficantes de drogas financiam o apoio logístico para algumas minerações ilegais, expandindo as operações para extração ilegal de madeira.

De acordo com o Fórum Brasileiro de Segurança Pública, o Pará tem sido o Estado com o maior número de registros de desmatamentos ilegais (2023, p.99). O organismo também destaca os vetores para o desmatamento nos Estados da Amazônia, prioritariamente da seguinte forma: 1) exploração de madeira e pecuária incrementam o desmatamento do Norte do Mato Grosso, Rondônia e Acre; 2) exploração de madeira e garimpo afetam o Sul do Amazonas e o Estado de Roraima; 3) exploração de madeira, agricultura e pecuária catalisam o desmatamento do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul; 4) exploração de madeira, garimpo, agricultura e pecuária afeta o Pará; e 5) agricultura e garimpo aceleram o desmatamento no Maranhão (2023, p.103).

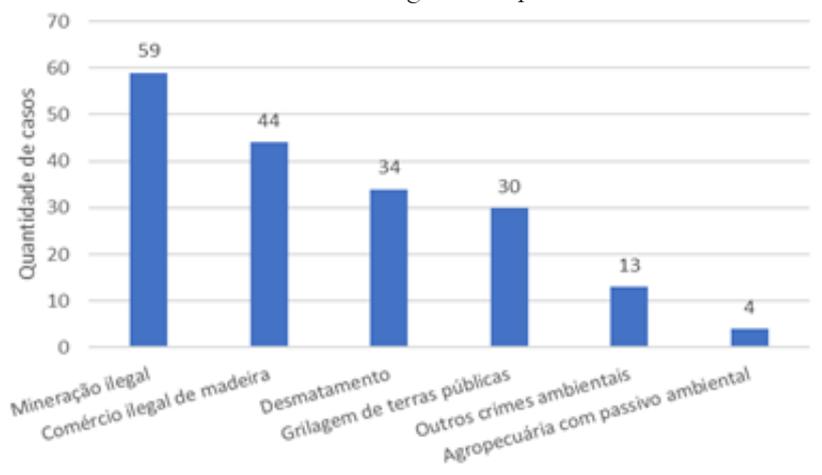
Segundo o Instituto Igarapé, no período de 2016 a 2022, a Polícia Federal (PF) registrou os seguintes crimes ambientais:

⁵Economia da droga envolve a produção, distribuição e consumo, assim como os lucros gerados, impactos sociais e financeiros e os custos sociais produzidos.

⁶De acordo com o *World Drug Report*, narcodesmatamento consiste no desmatamento para especulação imobiliária ou atendimento do setor agropecuário, que, na verdade, oculta a lavagem de dinheiro do tráfico de drogas (UNODC, 2023, p.61).

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

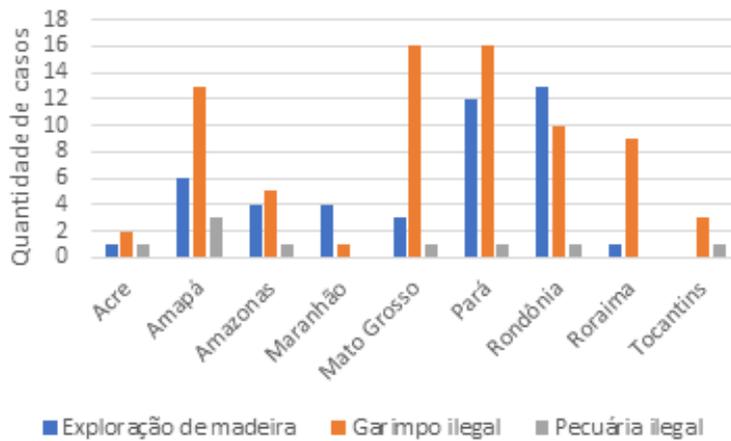
Gráfico 1 – Casos de crimes ambientais registrados pela PF, entre 2016 e 2022



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Instituto Igarapé (2024).

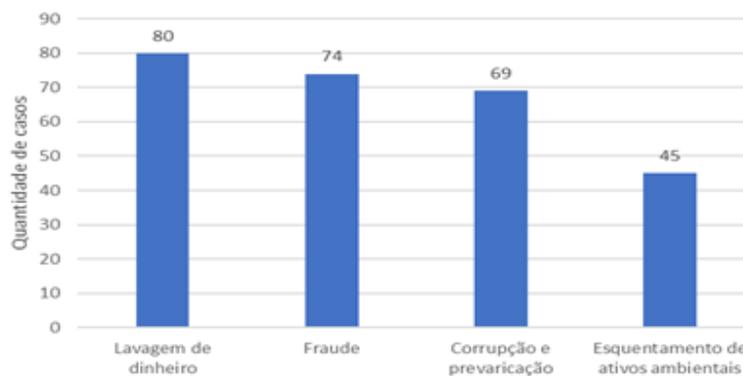
Constata-se que há um portfólio de atividades criminais relacionadas ao meio ambiente, passíveis de interconexão como desmatamento e comércio ilegal de madeira ou desmatamento para formação de pastagens. Aqueles crimes mapeados pela PF foram distribuídos geograficamente da seguinte forma:

Gráfico 2 – Quantidade de crimes ambientais registrados pela PF, entre 2016 e 2022



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Instituto Igarapé (2024).

Gráfico 3 - Casos mapeados pela PF de ilícitos econômicos vinculados com crimes ambientais entre 2016 e 2022.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Instituto Igarapé (2024).

Os registros de crimes ambientais e os ilícitos econômicos vinculados denotam a convergência criminal e a conexão deles com o desmatamento ilegal produzido pelas organizações criminosas.

3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

Esta seção trata da avaliação quantitativa da relação entre o crime organizado e o desmatamento ilegal da Amazônia brasileira, valendo-se, principalmente, de dados dos sistemas de monitoramento da região: PRODES/INPE (2000-2023) e TerraBrasilis (2000-2023).

O Estado do Acre apresenta 100% dos municípios com a presença de ORCRIM, evidenciando um domínio amplo, majoritariamente do Comando Vermelho (CV) em 18 municípios. Segue o Estado de Roraima com 93% dos municípios com a presença de facções criminosas. O Pará é o Estado com o maior número de facções criminosas seguido pelo Maranhão. No Amazonas, 21 municípios, de um total de 62, tem presença de facções. O Estado do Maranhão tem 48 municípios com ORCRIM (48 de 181), que, proporcionalmente, representa cerca de 27% do território. O CV domina 23 municípios (de 142) do Mato Grosso, onde predominam as atividades agropecuárias. No Pará, tem-se 73 municípios com a presença de facções criminosas, representando ao redor de 51% do total de 144 cidades. As menores presenças de organizações criminosas incidem no Tocantins e no Amapá.

Verifica-se que o Comando Vermelho tem dominância em aproximadamente 49% dos municípios com a presença de organizações criminosas, destacando-se no Acre (AC), Amazonas (AM), Maranhão (MA) e Pará (PA).

O Primeiro Comando da Capital (PCC) opera em 11% dos municípios com facções criminosas, ressaltando em Rondônia (RO) e Roraima (RR).

Há 44 registros da coexistência do CV e do PCC em determinados municípios, situação que pode ensejar disputas entre as facções ou algum tipo de acordo para promoverem suas atividades ilegais com lucratividade.

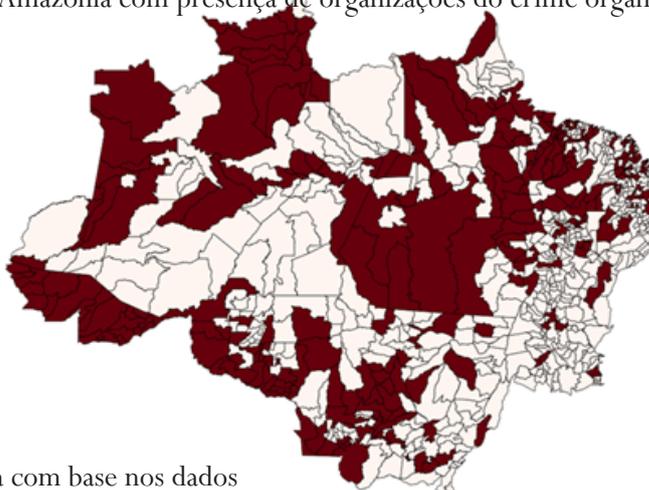
Tabela 2 – Presença de organizações criminosas na Amazônia

ESTADO	NÚMERO DE MUNICÍPIOS	MUNICÍPIOS COM FACÇÕES CRIMINOSAS	PRESENÇA DO CV	PRESENÇA DO PCC	PRESENÇA DE 2 OU MAIS FACÇÕES OU DOMINÂNCIA DISTINTA DE CV OU PCC
AC	22	22	18	-	4
AM	62	21	10	-	11
AP	16	5		1	4
MA	181	48	11	3	34
MT	142	42	23	1	18
PA	144	73	60	3	10
RO	52	26	3	13	10
RR	15	14	1	6	7
TO	139	9	1	2	6

Fonte: Elaborada pelo autor, com dados do Fórum de Segurança Pública (2024)

Geograficamente, a distribuição de municípios da Amazônia Legal com a presença do crime organizado é a seguinte:

Figura 1 – Municípios da Amazônia com presença de organizações do crime organizado



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024)

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

De acordo com os dados do PRODES/INPE (2000-2023), a taxa de desmatamento da Amazônia, ao longo do tempo, tem ocorrido conforme apontado no gráfico a seguir:

Gráfico 4 – Taxa de desmatamento – PRODES/INPE Amazônia (km²)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do PRODES (2025)

Dos 260 municípios com presença de ORCRIM (dos 773 que integram a Amazônia Legal), há dados de desmatamento para 233. Para os 513 municípios sem a presença de ORCRIM, verificou-se a disponibilidade de dados para 323 cidades. A falta de dados para 190 municípios pode ocorrer em função da falta de manchas contínuas de desmatamento acima de 6,25 hectares, entre 2000 e 2023.

Comparando o desmatamento de municípios Amazônia Legal, verificou-se que a média de desmatamento em municípios com a presença de ORCRIM é aproximadamente 1,39 vezes maior que os municípios sem facção criminosa. Quando se avalia a mediana, verifica-se que os municípios com a presença de grupos criminosos são 1,26 vezes maiores que os outros.

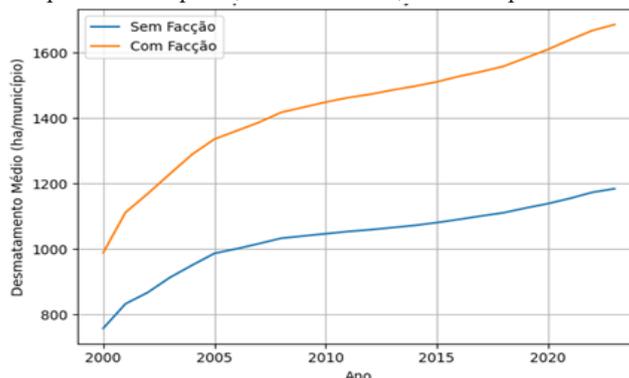
Tabela 3 – Comparativo da Estatística Descritiva – Desmatamento da Amazônia Legal⁷

INDICADOR	MUNICÍPIOS SEM FACÇÃO	MUNICÍPIOS COM FACÇÃO
N	323	233
Média do desmatamento (ha/ano)	1035,48	1434,27
Mediana (há/ano)	707,52	894,11
Desvio padrão	1134,33	1817,43

Fonte: Elaboração própria com dados do PRODES/INPE (2000-2023) e do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024).

A fim de verificar se a diferença do desmatamento médio entre os grupos com e sem facções criminosas é significativa, aplicou-se o teste **t-Welch**, que apresentou o valor de 2,95 e o **p-valor de 0,0033 (menor que 0,05), demonstrando ser estatisticamente significativo**. Esse teste confirma que a presença de organizações criminosas interfere no aumento do desmatamento.

Gráfico 5 – Desmatamento médio por município (2000 – 2023): municípios com e sem a presença de facções criminosas



Fonte: Elaboração própria, com dados do PRODES/INPE (2000-2023) e do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024)

⁷Valores calculados sobre a média anual de desmatamento, no período 2000–2023, por município após merge dos dados de desmatamento provenientes do PRODES (2000-2023) e dos grupos criminosos, do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024).

Com o fito de confirmar o impacto das ORCRIM na probabilidade de ocorrência de desmatamento, optou-se por realizar uma regressão logística multivariada em corte transversal de 2000 a 2023. A variável dependente selecionada foi desmatamento = 1, quando o município apresentou área desmatada total > 0 (dados provenientes do PRODES/INPE 2025) e desmatamento = 0 caso contrário. As variáveis independentes incluíram: 1) extensão territorial dos municípios (log da área); 2) presença de facções; 3) extensão das áreas agricultáveis nos municípios (log da área plantada); 4) quantidade de gado por município (log e densidade por km²); 5) presença de unidades de conservação no município (dummy); 6) presença de terras indígenas no município (dummy); e 7) extensão da malha rodoviária municipal (log e densidade por km²).

O *odds ratio*⁸ para a presença de facções foi de aproximadamente 2,78 (IC95%: 1,55-4,98; p<0,001)⁹. Isso significa que, mantidas as outras variáveis independentes constantes, municípios com a presença de facções têm cerca de 2,8 vezes mais chance de registrar algum desmatamento no período analisado. Em termos absolutos, o efeito marginal médio corresponde a aproximadamente +15 pontos percentuais na probabilidade de ocorrência.

O impacto estimado do COT sobre o desmatamento pode ser calculado da seguinte forma:

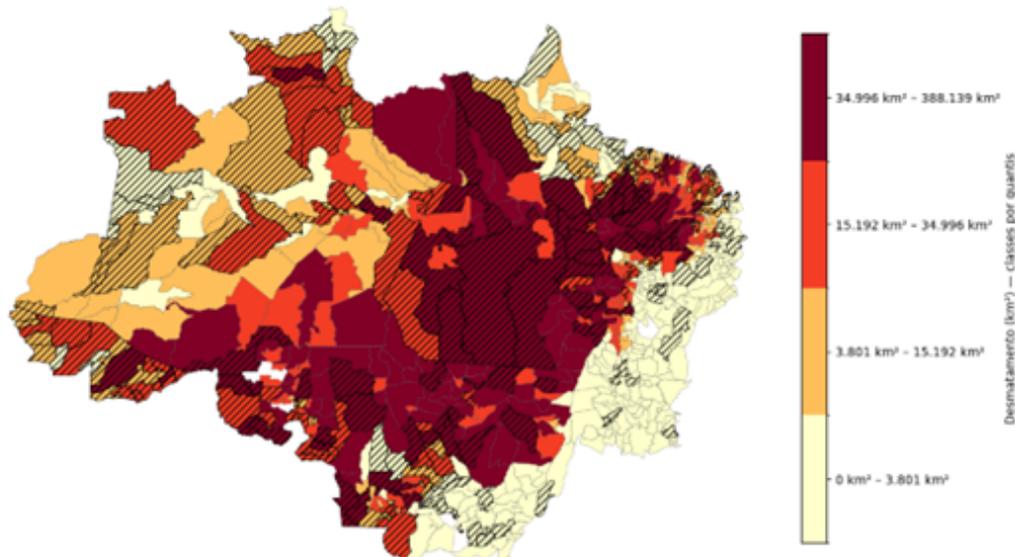
$$\text{Impacto relativo COT (\%)} = 100 \times \frac{\text{Crescimento do desmatamento com facções} - \text{Crescimento do desmatamento sem facções}}{\text{Crescimento do desmatamento sem facção}}$$

$$\text{Impacto relativo COT (\%)} = \frac{21,80 - 17,49}{17,49} \times 100$$

O valor estimado para o impacto relativo do COT sobre o desmatamento é de aproximadamente 24,62%.

No mapa a seguir, é possível verificar a sobreposição entre o desmatamento e a presença de ORCRIM, permitindo a identificação das prováveis áreas desmatadas mais influenciadas pelo crime organizado.

Figura 2 – Mapa desmatamento por município e presença de ORCRIM (hachura preta)



Fonte: Elaboração própria, com dados do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024) e do TerraBrasilis (2000-2023)

⁸Odds ratio (OR) ou razão de chance é utilizado para comparar dois cenários. No caso de OR > 1 aumenta a chance de ocorrência do evento.

⁹Intervalo de confiança (IC) de 95%. A presença de facções aumenta as chances de ocorrer desmatamento em pelo menos 55% e pode chegar a quase 5 vezes, sendo mais provável ao redor de 2,8 vezes. O p<0,001 denota a significância do estudo.

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

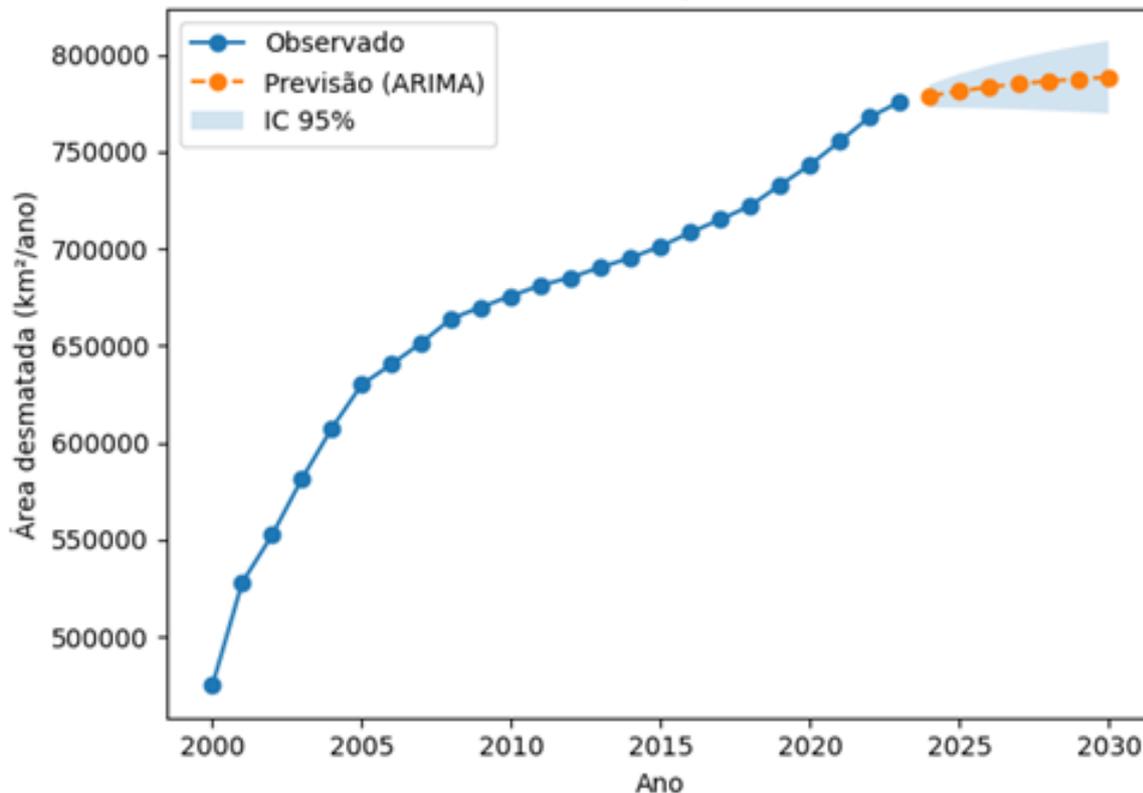
Nos modelos estatísticos para verificação de intensidade da influência do crime organizado (para os municípios que já desmatam), o efeito de facções foi pequeno e não significativo; e não foram encontradas evidências de um aumento causal convincente atribuído à presença de facções. Essa constatação provém principalmente da falta de dados concretos do início da atuação do crime organizado em cada município e de dados objetivos que relacionam o desmatamento e às ORCRIM.

Em resumo, a presença de facções aumenta a chance de o município estar no grupo que desmata, contudo ainda não há evidências que sejam a causa direta do aumento do desmatamento.

Observe-se a dificuldade de mensuração de dados em face da falta de integração de conhecimentos dos diversos órgãos que tratam direta ou indiretamente da Inteligência contra o COT. Grande parte dos atos de desmatamento não chega ao conhecimento das polícias civis, seja porque outras instituições tenham tomado ciência e não comunicam, seja porque não foram detectadas pelas instituições (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2023, p.100).

Utilizando dados das Taxas PRODES/INPE (2000-2023) e aplicando análise com a técnica ARIMA – *autoregressive integrated moving average*, ou seja, técnica de análise de séries temporais e previsão de possíveis valores futuros, identificou-se um cenário de desmatamento com as seguintes características: 1) tendência de chegar aos 813.838km² acumulados de área desmatada; 2) hipótese do limite inferior de 752.689 km²; e uma hipótese superior de 874.987 km². O gráfico a seguir ilustra os cenários possíveis de desmatamento da Amazônia Legal.

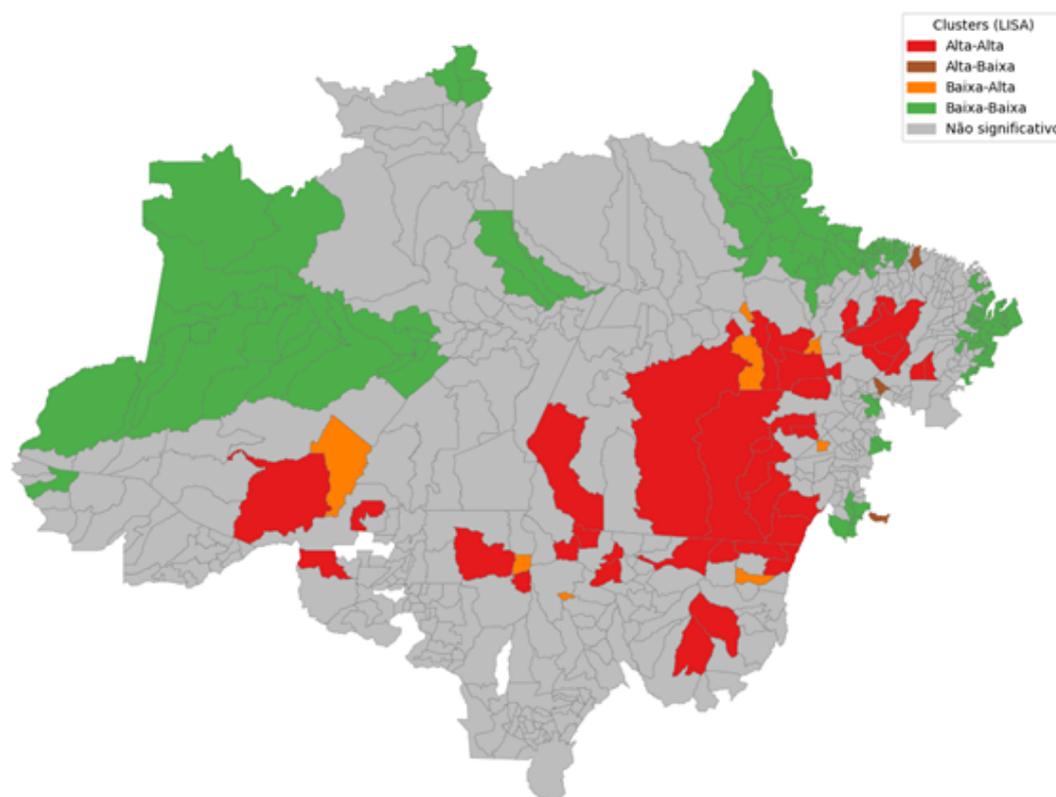
Gráfico 6 – Desmatamento na Amazônia Legal: Histórico e Previsão (ARIMA)



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados das taxas PRODES/INPE Amazônia (2000 - 2023)

No mapa a seguir, elaborado com o uso do conceito de clusterização espacial, é possível visualizar as áreas com maior possibilidade de incremento com influência do COT.

Figura 3 – Mapa de Clusterização Espacial – Média de Desmatamento (LISA)



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do PRODES/INPE (2000-2023) e do Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2024)

A interpretação do mapa de clusterização é a seguinte:

Tabela 4 – Resultados da Clusterização Espacial Desmatamento - COT

CLUSTER	INTERPRETAÇÃO ESPACIAL	SIGNIFICADO PARA O COT E O DESMATAMENTO
Alta-Alta	Município com alto desmatamento, cercado por vizinhos também com alto desmatamento.	Forte evidência de padrões regionais de desmatamento elevado, possivelmente com influência coordenada do COT em áreas contíguas. Pode indicar rota consolidada de exploração ilegal (ex: madeira, gado e drogas).
Alta-Baixa	Município com alto desmatamento, cercado por vizinhos com baixo desmatamento.	Pode indicar que o COT está atuando isoladamente ou recentemente em determinada área, provocando um "ponto quente" de desmatamento fora de regiões tradicionalmente afetadas. Pode representar nova frente de expansão.
Baixa-Alta	Município com baixo desmatamento, cercado por vizinhos com alto desmatamento.	Potencial zona de transição ou de resistência à expansão do COT. Pode se tratar de municípios com Unidades de Conservação ou presença estatal mais efetiva, mas em risco de contaminação por proximidade.
Baixa-Baixa	Município com baixo desmatamento e cercado por vizinhos também com baixo desmatamento.	Zona de relativa estabilidade ambiental e segurança territorial. Pode indicar ausência ou baixo impacto do COT. Merece atenção para preservação e políticas de contenção.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4 DISCUSSÃO

O problema formulado para o desenvolvimento deste artigo foi o seguinte: **como o crime organizado transnacional impacta as taxas de desmatamento ilegal, com potencial negativo para a proteção e o futuro sustentável da Amazônia?**

Os resultados da análise qualitativa demonstram que as organizações criminosas na Amazônia já têm presença em cerca de 34% do território. A lucratividade obtida pelo COT, seja no tráfico de drogas,

seja no cometimento de crimes ambientais (com lucros estimados entre US\$ 110 e US\$281 bilhões/ano) permite o reinvestimento na região, gerando a convergência de atividades ilícitas com impacto significativo no desmatamento, que passa a ser o narcodesmatamento. Verificou-se, por exemplo, a partir de dados da Polícia Federal, a interrelação de 66% entre o desmatamento ilegal e a grilagem de terras e de 32% com a exploração ilegal de madeira.

A convergência criminal vista entre desmatamento, grilagem, exploração de madeira e mineração, fraude e outros ilícitos dialoga com o conceito de governança híbrida, explorado pelo COT na Amazônia. Segundo Pimenta et al (2021, p.7), governança híbrida por ser entendida como a presença de diferentes fontes de autoridade no mesmo espaço onde a violência, as regras e a conduta moral são administradas por ambos os atores legais e ilegais. Dessa forma, o COT coexiste e disputa o poder com o Estado, impondo determinadas regras na conduta social (Ferreira, 2023). A governança híbrida se manifesta no desmatamento ilegal, quando o COT emprega a corrupção de pessoas para viabilizar a atividade, valendo-se, por exemplo, da: cooptação de agentes públicos para a falsificação de documentos como planos de manejo florestal, guias florestais (Instituto Igarapé, 2023, p.11); documentos de origem florestal (p.12), emissão fraudulenta de permissões de lavra garimpeira, certidões de propriedade e outros documentos conexos aos crimes ambientais (p.15); facilitação do comércio ilegal de minérios (p.19); esquemamento do gado pelo chamado processo da “triangulação”, no qual o gado é transferido de locais ilegais para outros legalizados (p.22); e facilitação para a apropriação ilegal ou irregular de terras públicas (p.25), entre tantas outras “janelas de oportunidade”. Ademais, a pobreza e falta de oportunidades lícitas, que poderiam ser gerados pelo Estado, fomentam indivíduos e comunidades a se aliarem às práticas criminosas (Marques, 2023, p.14). Os conflitos fundiários, a marginalização de comunidades tradicionais e os fluxos populacionais favorecem o cometimento de ações criminosas (Gama, Barboza e Jesus, 2024, p.9).

Outros aspectos que favorecem a convergência criminal e a governança híbrida na Amazônia são: 1) a capilaridade logística e proteção armada (facções criam ou financiam pistas clandestinas, portos informais e redes de proteção violenta, reduzindo custos e riscos para empreendimentos ilícitos ambientais; e 2) a lavagem e especulação fundiária: lucros do tráfico e de mercados ilícitos são reciclados em terra e gado, viabilizando grilagem e a conversão de floresta em pasto ou campos de plantio; e 3) cooptação e captura institucional: corrupção em cadastros, licenciamento, fiscalização e cartórios para fraudar documentos, ao mesmo tempo em que desincentiva a dissuasão.

Sob a perspectiva da análise qualitativa, verificou-se que, a partir dos anos 1990 o processo de desmatamento da Amazônia brasileira passou a ter causalidade relacionada com as atividades econômicas, notadamente as atividades agropecuárias que requeriam a derrubada da floresta para a formação de pastagens para a criação extensiva ou as áreas para a agricultura de escala. Com isso surgiu uma janela de oportunidade para as organizações criminosas atuantes na Amazônia, mormente relacionadas com o tráfico de drogas, para realizarem a lavagem de dinheiro dos lucros auferidos com a venda de cocaína.

Os resultados da análise quantitativa indicam que municípios com presença de organizações criminosas apresentaram, em média, desmatamento anual mais elevado no período 2000–2023 do que municípios sem essa presença: aproximadamente 1.434 hectares/ano versus 1.035 hectares/ano. Constatou-se que a diferença é estatisticamente significativa (t-Wesch, $p < 0,01$). Esse resultado parece estar coerente com a análise qualitativa da atuação das ORCRIM na Amazônia tendo em vista a convergência das atividades ilícitas de desmatamento, grilagem de terras públicas, exploração ilegal de madeira e mineração ilegal.

Em modelo logístico, a presença de facções associa-se a um aumento da probabilidade de o município figurar no grupo que desmata (Odds ratio de 2,78, IC95% 1,55–4,98), com efeito marginal próximo de +15 pontos percentuais., reforçando o papel facilitador do COT sobre a ocorrência.

A análise quantitativa conseguiu identificar a chance de as ORCRIM terem efeito sobre o desmatamento ilegal, coerente com a análise qualitativa, todavia a insuficiência de dados anuais, específicos por organização criminosa sugere prudência no entendimento da causalidade do fenômeno.

Em conjunto, as evidências empíricas e os estudos já realizados sustentam que a presença de ORCRIM atua como amplificador estrutural do risco de desmatamento, sobretudo onde a capacidade estatal é baixa, a rentabilidade ilícita é alta e corredores logísticos reduzem custos de oportunidade. Políticas focalizadas em corredores, renda do ilícito e governança fundiária tendem a produzir retornos superiores aos de ações setoriais isoladas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crime organizado transnacional é uma ameaça de alto impacto para o Brasil, com prejuízos reais para a sociedade brasileira, seja fruto do narcotráfico, seja do desmatamento e as atividades criminosas conexas, integrantes do portfólio de ilícitos praticados.

Mediante um estudo quantitativo, verificou-se que, para o momento atual, o COT contribui com quase 25% da atividade de desmatamento ilegal na Amazônia. Esse impacto tem potencial de aumentar, como se pode inferir pela apreciação do mapa de clusterização espacial. Por intermédio da análise qualitativa, verifica-se que o narcodesmatamento é resultado do reinvestimento dos lucros derivados da convergência criminal na Amazônia e da governança híbrida (onde o crime concorre com o Estado) que se instalou na região.

Os achados sugerem o estabelecimento de três eixos para o enfrentamento dessa situação: 1) o aprimoramento das operações interagências como foco em corredores comerciais, baseados fundamentalmente em inteligência financeira e controle de logística (pistas, portos, dragas) em eixos prioritários (Solimões, BR-163, BR-319); 2) fortalecimento da governança fundiária e rastreabilidade: saneamento de cadastros de registro de imóveis, bloqueio de grilagem e rastreabilidade de cadeia (gado – madeira – minério) com sanções financeiras e comerciais; e 3) atuação financeira, orientada a fluxos do narcodesmatamento (monitoramento de transações ligadas a terras, maquinário, combustíveis e interpostas pessoas), com parcerias internacionais (UE, EUA, vizinhos andinos).

Os dados obtidos neste trabalho abrem espaço para futuras pesquisas relacionadas à determinação da intensidade da ação do crime organizado transnacional sobre o desmatamento em cada subregião da Amazônia brasileira, bem como a determinação do peso de cada ilícito econômico associado, no âmbito da convergência criminal.

Em tempos em que a soberania de alguns países se encontra ameaçada, como ocorre de maneira cinética contra a Ucrânia; e sob a forma de discurso contra a Dinamarca (por conta da Groenlândia), não é de se admirar que a Amazônia seja, em breve, colocada como um ativo em disputa por diversos motivos: disponibilidade de enormes reservas de água, fonte de terras raras; e bioativos de valor, entre outros. Para isso, a justificativa de ingerência por conta do desmatamento e dos efeitos no clima global poderá servir de argumento para empreitadas de alguns atores internacionais, ameaçando o futuro da Amazônia brasileira.

Finalmente, é possível asseverar que a proteção e o futuro sustentável da Amazônia estão em jogo, em uma disputa onde os atores que têm poder o exercem sem qualquer respeito aos mais fracos ou mais descuidados.

REFERÊNCIAS

AMAZÔNIA LEGAL EM DADOS. **Visão integrada do território formado por nove estados da Amazônia Legal**. 2025. Disponível em: <https://amazonialemdados.info>. Acesso em: 28 abr. 2025.

ARAÚJO, Ruan Carlos Lima de. **Degradação ambiental nas terras indígenas da Amazônia: uma revisão de literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/3935>. Acesso em: 08 maio 2025.

BROMBACHER, Daniel; SANTOS, Hector Fábio. The amazon in the crossfire. Review of the special chapter of the UN World Drug Report 2023 on the Amazon Basin. **Journal of Illicit Economies and Development**. v.5. n.1, 2023, p.13-18. DOI: <https://doi.org/10.31389/jied.218>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2023. Publicado no Portal Brasileiro de Dados Abertos. Disponível em: <https://dados.mma.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao> Acesso em: 06 maio 2025.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Comunicado de imprensa n. 331 – Cúpula da Amazônia – IV Reunião dos Presidentes dos Estados Partes do Tratado de Cooperação Amazônica – Declaração Presidencial**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/en/contact-us/press-area/press-releases/the-amazon-summit-2013-iv-meeting-of-presidents-of-the-state-parties-to-the-amazon-cooperation-treaty-2013-presidential-declaration> Acesso em: 13 jul. 2025.

CARDOSO, Arisa Ribas. O crime organizado transnacional: um estudo introdutório da questão na perspectiva da teoria da interdependência. **Revista Eletrônica Direito e Política**. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí. v.6, n.1, 2011. Disponível em: www.univali.br/direitoepolitica – ISSN 2980-7791. Acesso em: 07 maio 2025.

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

CARDOSO, Pablo Soares dos Santos. **A transnacionalização das organizações criminosas do Brasil: Primeiro Comando da Capital como ameaça à América do Sul.** Artigo apresentado como requisito da disciplina Trabalho de Curso II, Escola de Direito e Relações Internacionais (Curso de Direito) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/313> Acesso em: 03 maio 2025.

CARNEIRO, Leonardo Piquet; ROSAS, Adriano Bastos. **O cenário do crime organizado e dos mercados ilícitos no bioma amazônico.** São Paulo: Edições Plataforma Democrática, 2025. Disponível em: https://bioeconomia.fea.usp.br/wp-content/uploads/2025/05/conexao-america-latina-o-cenario-do-crime-organiza_250430_125759.pdf Acesso em: 07 maio 2025.

COSTA, Bruna Vitória Sousa; ALMEIDA, Gabriela Correia de; OLIVEIRA, Jocirley. A coexistência e o crime organizado no Brasil: um estudo dos impactos nos âmbitos familiar e social. **JNT Facit Business and Technology Journal.** ed.55, v.01, p. 305-322, 2024. Disponível em: <https://revistas.faculda-defacit.edu.br/index.php/JNT/article/viewFile/3016/2050>. Acesso em: 07 maio 2025.

COUTO, Aiala. Ameaça e caráter transnacional do narcotráfico na Amazônia brasileira. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n.44. 2000. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/25852>. Acesso em: 02 maio 2025.

COUTO, Aiala. Geografia das redes de narcotráfico na Amazônia. **Revista GeoAmazônia.** Belém, v.11, n.22, p.46-47, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/download/13828/pdf>. Acesso em: 07 maio 2025.

COUTO, Aiala; NETTO, Roberto Magno Reis. **Encarceramento em massa e implicações na organização das facções criminosas na Amazônia.** 1.ed. 2025. Disponível em: <https://institutomaecrioula.org/publicacoes/>. Acesso em: 08 maio 2025.

FERREIRA, Marcos Alan S. V. **Poder paralelo: como o crime organizado atua na destruição da Amazônia.** Podcast. [S.l.]: Spotify, 2023. Disponível em: <https://open.spotify.com/episode/6EMRKYx-FdRjAlUFpj7IOzL?si=L8J44kLvRj-8tNZZm4Vgtw> Acesso em: 25 jul. 2025.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Informe Especial: segurança pública e crime organizado na Amazônia Legal.** São Paulo: FBSP, 2023. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2023/06/informe-especial-seguranca-publica-e-crime-organizado-na-amazonia-legal.pdf>. Acesso em: 06 maio 2025.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Cartografias da violência na Amazônia.** v.3. São Paulo: FBSP, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.forumseguranca.org.br/items/c86febd3-e26f-487f-a561-623ac825863a>. Acesso em: 31 jul. 2025.

FUNAI. **Terras indígenas: dados geoespaciais e mapas.** Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>: Acesso em: 05 maio. 2025.

FUNARI, Gabriel. Fronteiras ilícitas: governança criminal na região da Tríplice Fronteira. **Global Initiative Against Transnational Organized Crime.** 2024. Disponível em: <https://globalinitiative.net/wp-content/uploads/2024/11/Gabriel-Funari-Fronteiras-ilicitas-Governanca-criminal-na-regiao-da-triplice-fronteira-amazonica-GI-TOC-novembro-2024.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2025.

GAMA, Arnaldo Costa; BARBOZA, Maria Edilene Pena; JESUS, Cláudio Roberto de. Desafios e perspectivas da segurança pública na fronteira norte brasileira. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, v.8, n.4., p.01-15, 2024. Disponível em: <https://repositorioinstitucional.uea.edu.br/index.php/revistageo-transfronteirica/article/view/3588>. Acesso em: 18 maio 2025.

GUARALDO, Lucas. **Crime organizado mudou a dinâmica da preservação na Amazônia, alerta Cientista.** IPAM, 2025. Disponível em: <https://ipam.org.br/crime-organizado-mudou-a-dinamica-da-preservacao-na-amazonia-alerta-cientista/>. Acesso em: 05 maio 2025.

GLOBAL INITIATIVE AGAINST TRANSNATIONAL ORGANIZED CRIME. **Global Organized Crime Index 2023**. Disponível em: <https://globalinitiative.net/analysis/ocindex-2023/>. Acesso em: 03 maio 2025.

IBGE. **Amazônia Legal**. 2024. Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/amazonia_legal/2024/Municipios_da_Amazonia_Legal_2024.ods. Acesso em: 13 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Brasília, [s.d.]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil>. Acesso em: 4 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **PRODES – Desmatamento: base de dados (espelho)**. 2025. Disponível em: <https://basedosdados.org/dataset/e5c87240-ecce-4856-97c5-e6b84984bf42?table=d7a76d45-c363-4494-826d-1580e997ebf0>. Acesso em: 28 abr. 2025.

INSTITUTO IGARAPÉ. **Siga o Dinheiro: crimes ambientais e ilícitos econômicos em cadeias produtivas na Amazônia brasileira**. Artigo Estratégico n. 63, abr. 2024. Disponível em: <https://igarape.org.br/siga-o-dinheiro-crimes-ambientais-e-ilicitos-economicos-em-cadeias-produtivas-na-amazonia-brasileira/>. Acesso em: 03 de maio de 2025.

JÚNIOR, Jackson Barreto Costa; COSTA, Rodrigo Fernandes da. Observabilidade na cadeia de suprimentos de ouro: combatendo à lavagem de dinheiro associada ao crime ambiental. **Produção Acadêmica Multidisciplinar** v.2, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ipvc.pt/handle/20.500.11960/3751?locale=pt>. Acesso em: 7 maio 2025.

LIMA, Leonardo Freitas de Souza. O conceito geopolítico de Pan-Amazônia. **Revista de Geopolítica**, v.14, n.2, p.1-18, 2023. Disponível em: <http://revistageopolitica.com.br/index.php/revistageopolitica/article/viewFile/454/345>. Acesso em: 05 maio 2025.

LIMA, Werica; AMBRÓSIO, Nicolý; FARIAS, Elaíze. **Amazônia sob ameaça do tráfico**. 2025. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/especiais/ameaca-do-traffic/>. Acesso em: 05 maio 2025.

MARGULIS, Sergio. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Trabalho em andamento para discussão pública. Brasília: Banco Mundial, 2003. ISBN 85-88192-10-1. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/10D00567.pdf>. Acesso em: 04 maio 2025.

MARQUES, Luciele Lemes. A agenda de defesa brasileira no Trapézio Amazônico: o combate ao narcotráfico e às redes de crime organizado na região. **Revista Perspectiva: Reflexões Sobre a Temática Internacional**. v.16, n.30, 2023. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/RevistaPerspectiva/article/view/135636>. Acesso em: 10 maio 2025.

MINGARDI, Guaracy. O Trabalho da Inteligência no controle do Crime Organizado. **Revista Estudos Avançados**. v.21, n.61. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/ygZtbk53FgrM4ZfjMLn-f74h/>. Acesso em: 06 maio 2025.

MULLER, Bibiana de Castro. **Crime organizado ambiental nas áreas de preservação permanente da Amazônia brasileira (2000 – 2017)**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/275732/001205557.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 maio 2025.

PARENTE, Fernando Vidal Vianna. **Narcotráfico na Amazônia: um desafio para Defesa Nacional**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola Superior de Guerra. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1310>. Acesso em: 08 maio 2025.

A ameaça do crime organizado transnacional à proteção e ao futuro sustentável da Amazônia brasileira

PIMENTA, Marília; SUAREZ, Marcial; FERREIRA, Marcos Alan. Hybrid Governance as a dynamic hub for violent non-state actors: examining the case of Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Política Internacional**. v.64, n.2. 2021. <https://doi.org/10.1590/0034-7329202100207>.

RAJÃO, Raoni; SOARES-FILHO, Britaldo; NUNES, Felipe; BORNER, Jan; MACHADO, Lilian; ASSIS, Débora; OLIVEIRA, Amanda; PINTO, Luís; RIBEIRO, Vivian; RAUSCH, Lisa; GIBBS, Holly; FIGUEIRA, Danilo. The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science*. v.369, n.6758. 2020. DOI: 10.1126/Science.aba6646. Disponível em: <https://www.science.org/>. DOI:10.1126/science.aba6646. Acesso em: 31 jul. 25.

TERRABRASILIS (INPE). **PRODES – Desmatamento (aplicativo)**. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em: 02 maio 2025.

UNODC-DEVIDA. **PERÚ Cultivos de coca y deforestación 2020-2023**. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/5f94b9ab38d344929bac80bdfa5963e4>. Acesso em: 13 jul. 2025.

UNITED NATIONS OFFICE OF DRUGS AND CRIME (UNODC). **Drug trafficking & cultivation: data portal (drug prices)**. Disponível em: <https://dataunodc.un.org/dp-drug-prices>. Acesso em: 02 maio 2025.

UNITED NATIONS OFFICE OF DRUGS AND CRIME (UNODC). **Global Report on Cocaine 2023: Local dynamics, global challenges**. Vienna: UNODC, 2023. Disponível em: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/cocaine/Global_cocaine_report_2023.pdf. Acesso em: 28 de abr. 2025.

UNITED NATIONS OFFICE OF DRUGS AND CRIME (UNODC). **Main departure or transit countries of cocaine shipments and described seizures, 2020-2023**. (WDR 2025 Annex). Vienna: UNODC, 2025. Disponível em: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/WDR_2025/Annex/7.3.2_Main_departure_or_transit_countries_of_cocaine_shipments_as_described_by_reported_seizures_2020-2023.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

UNITED NATIONS OFFICE OF DRUGS AND CRIME (UNODC). **World Drug Report 2023: the nexus between drugs and crimes that affect the environment and convergent crime in the Amazon Basin**. Vienna: UNODC, 2023. Disponível em: https://www.unodc.org/res/WDR-2023/WDR23_B3_CH4_Amazon.pdf. Acesso em: 03 maio 2025.

UNITED NATIONS OFFICE OF DRUGS AND CRIME (UNODC). **The globalization of crime: a transnational organized crime assessment**. Vienna: UNODC, 2010. Disponível em: http://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/tocta/TOCTA_Report_2010_low_res.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

UNITED NATIONS OFFICE OF DRUGS AND CRIME (UNODC). **Contemporary issues on drug** (WDR, 2024). Vienna: UNODC, 2024. Disponível em: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/WDR_2024/WDR24_Contemporary_issues.pdf. Acesso em: 05 maio 2025.

WAISBICH, Laura Trajber; RISSO, Melina; HUSEK, Terine; BRASIL, Lycia. **The ecosystem of environmental crime in the Amazon: an analysis of illicit rainforest economies in Brazil**. Instituto Igarapé. Strategic Paper 55. 2022. Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2022/04/The-ecosystem-of-environmental-crime-in-the-Amazon.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2025.

Indicador geoespacial de frentes de garimpo a partir do Sistema de Alertas de Garimpo (LOGAR) do CENSIPAM

Geospatial indicator of mining fronts from the Mining Alert System (LOGAR) of CENSIPAM

Indicador geoespacial de frentes de mineração ilegal a partir del Sistema de Alertas de Minería (LOGAR) del CENSIPAM

Indicateur géospatial des fronts de l'orpaillage à partir du Système d'Alerte de l'Orpaillage (LOGAR) du CENSIPAM

Lucas Silva Costa¹
Giovanna Henrique Queiroz Albuquerque²
Sandro Oliveira³
Cristina Aparecida Beneditti⁴

Resumo

Este trabalho apresenta uma ferramenta geoespacial para identificar frentes ativas de garimpo na Amazônia Legal, com base em alertas históricos do sistema LOGAR (CENSIPAM). O Índice de Frente de Garimpo (IFG) combina a concentração espacial e a persistência temporal de alertas associados à mineração irregular, permitindo detectar áreas com atividade contínua. A proposta visa otimizar o monitoramento territorial e priorizar ações de fiscalização, especialmente em Terras Indígenas. Os resultados mostram que o IFG é eficaz para captar dinâmicas distintas. Na TI Kayapó, entre 2023 e 2025, mesmo com redução no número de alertas, foram identificadas frentes persistentes e realocação espacial da atividade. Na TI Yanomami, observou-se um pico em fevereiro de 2023, seguido por queda acentuada nas frentes. A metodologia, baseada em sensoriamento remoto e SIG, é prática, replicável e útil para apoiar políticas públicas, coordenar ações interagências e priorizar aquisição de imagens. O IFG contribui para uma vigilância mais inteligente e estratégica, capaz de acompanhar a evolução do garimpo irregular em contextos de alta vulnerabilidade.

Palavras-chave: Amazônia Legal; Ilícitos; sensoriamento remoto; desmatamento; PlanetScope.

Abstract

This study presents a geospatial tool for identifying active illegal mining fronts in the Brazilian Legal Amazon, based on historical alerts from the LOGAR system (CENSIPAM). The Mining Front Index combines the spatial density and temporal persistence of alerts linked to illegal gold mining to detect areas with ongoing activity. The goal is to improve territorial monitoring and prioritize enforcement efforts, particularly in Indigenous Lands. Results demonstrate the index's effectiveness in capturing distinct patterns. In

¹Doutor e Mestre em Ecologia. Analista em Ciência e Tecnologia lotado na coordenação de Geoinformática do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM).

²Mestranda em Geociências Aplicadas e Geodinâmica. Analista em Ciência e Tecnologia com atuação na área de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto na Coordenação Geral de Inteligência (CGINT) do CENSIPAM.

³Mestre em Segurança Pública. Coordenador de Inteligência do Centro Regional de Manaus do CENSIPAM.

⁴Doutora em Geociências e Meio Ambiente. Mestre em Ciências Cartográficas. Analista em Ciência e Tecnologia e coordenadora de Geoinformática do CENSIPAM.

Indicador geoespacial de frentes de garimpo a partir do Sistema de Alertas de Garimpo (LOGAR) do CENSIPAM

the Kayapó Indigenous Land, from 2023 to 2025, active fronts persisted despite a reduction in the number of alerts, including spatial shifts in activity. In the Yanomami Indigenous Land, the index recorded a peak in February 2023, followed by a sharp and sustained decline, likely reflecting the impact of government-led removal operations. The methodology, based on satellite imagery and GIS, is practical and replicable. It supports public policy, enhances interagency coordination, and guides strategic acquisition of high-resolution imagery. The index enables smarter, more targeted surveillance, and is capable of tracking illegal mining trends across vulnerable regions of the Amazon.

Keywords: Legal Amazon; illegal activities; remote sensing; deforestation; PlanetScope.

Resumen

Este trabajo presenta una herramienta geoespacial para identificar frentes activos de minería ilegal en la Amazonía Legal, basada en alertas históricas del sistema LOGAR (CENSIPAM). El Índice de Frente de Minería (IFM) combina la concentración espacial y la persistencia temporal de alertas asociadas a la minería irregular, lo que permite detectar áreas con actividad continua. La propuesta busca optimizar el monitoreo territorial y priorizar acciones de fiscalización, especialmente en Tierras Indígenas. Los resultados muestran que el IFM es eficaz para captar dinámicas distintas. En la TI Kayapó, entre 2023 y 2025, aun con la reducción en el número de alertas, se identificaron frentes persistentes y reubicación espacial de la actividad. En la TI Yanomami, se observó un pico en febrero de 2023, seguido de una fuerte disminución de los frentes, reflejando el probable efecto de las operaciones de desintrusión. La metodología, basada en teledetección y SIG, es práctica, replicable y útil para apoyar políticas públicas, coordinar acciones interinstitucionales y priorizar la adquisición de imágenes. El IFM contribuye a una vigilancia más inteligente y estratégica, capaz de acompañar la evolución de la minería ilegal en contextos de alta vulnerabilidad.

Palabras clave: minería ilegal; Amazonía; geointeligencia; teledetección; SIG.

Résumé

Ce travail présente un outil géospatial destiné à identifier les fronts actifs d'extraction minière illégale dans l'Amazonie légale, à partir d'alertes historiques du système LOGAR (CENSIPAM). L'Indice de Front de Garimpo (IFG) combine la concentration spatiale et la persistance temporelle des alertes liées à l'exploitation minière irrégulière, permettant ainsi de détecter les zones d'activité continue. La proposition vise à optimiser le suivi territorial et à prioriser les actions de contrôle, en particulier dans les Terres Indigènes. Les résultats montrent que l'IFG est efficace pour capter des dynamiques distinctes. Dans la Terre Indigène Kayapó, entre 2023 et 2025, malgré une diminution du nombre d'alertes, des fronts persistants et une relocalisation spatiale de l'activité ont été identifiés. Dans la Terre Indigène Yanomami, un pic a été observé en février 2023, suivi d'une baisse marquée des fronts. La méthodologie, fondée sur la télédétection et les SIG, se révèle pratique, réplicable et utile pour soutenir les politiques publiques, coordonner les actions interinstitutionnelles et prioriser l'acquisition d'images. L'IFG contribue à une surveillance plus intelligente et stratégique, capable de suivre l'évolution du garimpo illégal dans des contextes de forte vulnérabilité.

Mots-clés: Amazonie légale ; activités illicites ; télédétection ; déforestation ; PlanetScope.

1 INTRODUÇÃO

A mineração no Brasil remonta ao período colonial, com a expedição de Martim Afonso de Sousa enviada por Portugal para buscar ouro, prata e pedras preciosas. Em 1549, o Governador-Geral Tomé de Sousa iniciou a exploração de conchas marinhas na Baía de Todos os Santos, usadas na produção de cal para construção. Nos séculos XVII e XVIII, com a descoberta de ouro em Minas Gerais, o Brasil se destacou globalmente, produzindo cerca de 50% do ouro e diamantes do mundo no chamado Ciclo do Ouro. Em 1728, com o esgotamento das jazidas em Mato Grosso, a exploração avançou para o Alto Amazonas e região Norte. Durante a Segunda Guerra Mundial, o país tornou-se fornecedor de minerais estratégicos como mica, quartzo, tungstênio, tântalo, zircão, berilo, manganês e ferro. Nesse período, foi criada a Companhia Vale do Rio Doce para atender à demanda dos EUA e Reino Unido. Hoje, o Brasil é o sexto maior produtor mundial de minerais não combustíveis (Machado; Figueirôa, 2001).

Paralelamente à extração de minério em grande escala existem a mineração artesanal/pequena escala (MAPE) e o garimpo, que pode ser irregular ou regular, quando realizado sob a Permissão de Lavra Garimpeira-PLG, conforme a Lei n.º 7805/1989. O garimpo apresentou crescimento de 1200% no Brasil nas últimas quatro décadas, sobretudo na Amazônia, onde ocorrem cerca de 91% da atividade de garimpo do Brasil (Siqueira-Gay; Sánchez, 2021; Mataveli et al., 2022; Cortinhas Ferreira Neto et al., 2024). Sob a ótica de legalidade, Cortinhas Ferreira Neto et al. (2024) apresentam que quase 80% do garimpo que ocorreu em 2022 tinham sinais de ilegalidade. O garimpo promove impactos irreversíveis tanto sociais como ambientais. Segundo Lobo et al. (2018) a Amazônia responde por cerca de 80% da poluição sul-americana de mercúrio (Hg) no ambiente, sendo a presença de Hg ubíqua e ao mesmo tempo dinâmica em toda região. Devido à permanência do Hg na cadeia alimentar, a exposição, sobretudo humana, à forma tóxica desse elemento não depende da proximidade da fonte poluidora. O consumo de metilmercúrio é de duas a seis vezes acima das doses seguras em algumas regiões amazônicas.

A Amazônia Legal abriga os menores Índices de Desenvolvimento Humano do Brasil (PNUD, 2013). A condição de vulnerabilidade socioeconômica das populações desta região é agravada com a crescente, e recente, presença do garimpo ilegal. Estima-se que cerca de 40% dos garimpos possuem cinco anos ou menos de criação. Essa porção sobe para 62% quando analisadas as áreas de garimpo dentro de terras indígenas (Cortinhas Ferreira Neto et al., 2024). Com o aumento rápido da extração irregular de minério, principalmente ouro, subiram também os conflitos sociais na Amazônia. Haslam e Tanimoune (2016) encontraram relação entre intensidade de conflitos decorrentes do garimpo e a vulnerabilidade social, em que quando maior a pobreza e precariedade da infraestrutura do local, mais intensos são os efeitos do garimpo. Formada por um mosaico de diferentes contextos sociais como comunidades ribeirinhas, extrativistas, pescadores, agricultores familiares, quilombolas e indígenas, a Amazônia configura-se como área prioritária para o combate e o controle do garimpo irregular.

A exploração mineral irregular em Terras Indígenas (TIs) por invasores constitui uma grave problemática socioambiental que afeta parcela significativa desses territórios no Brasil. Em 2021, atividades de mineração irregular ocorreram em 17 TIs, e representou a conversão direta de uma área de aproximadamente 200 km², o que corresponde a cerca de 5% das 332 terras indígenas oficialmente reconhecidas. Apesar de a conversão direta ser relativamente pequena, os impactos indiretos podem alcançar mais de um terço da área de algumas Terras Indígenas, como 33,4% na TI Kayapó, 31,4% na TI Munduruku e 34,4% na TI Yanomami (Da Silva et al., 2023).

O sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas para obter informações da superfície terrestre sem contato direto. Os sensores podem ser ópticos, que operam no visível e infravermelho e são passivos por dependerem da radiação solar, ou de micro-ondas, que são ativos por emitirem sua própria radiação e permitem aquisição de dados mesmo sem luz solar ou em presença de nuvens (Liu, 2015). No contexto do monitoramento ambiental, essas tecnologias desempenham papel fundamental, especialmente em regiões de elevada biodiversidade e ampla extensão territorial, como a Amazônia Legal. A utilização integrada de sensores ativos e passivos permite a detecção, análise e acompanhamento de diversos processos ambientais e antrópicos, tais como desmatamento, queimadas, inundações, construção de pistas de pouso clandestinas, presença de embarcações e atividade de garimpo. Essas tecnologias viabilizam a geração de dados em larga escala, com frequência temporal elevada e acesso a áreas de difícil alcance, contribuindo significativamente para a formulação de políticas públicas, ações de fiscalização e estratégias de conservação ambiental.

O monitoramento de áreas de garimpo irregular apresenta diversos desafios, em especial devido à escala reduzida em que essas atividades ocorrem, frequentemente abrangendo superfícies inferiores a um hectare. Essas dimensões limitadas exigem o uso de imagens de média a alta resolução espacial (igual ou inferior a 20 metros) para que possam ser adequadamente detectadas. Outro fator complicador reside na complexidade das redes hidrográficas amazônicas, nas quais a atividade garimpeira pode ocorrer tanto em ambientes de água limpa quanto em águas turvas, além de se desenvolver nas margens dos rios. Essa variabilidade contribui para a geração de assinaturas espectrais semelhantes às de solos expostos, dificultando a diferenciação precisa entre áreas naturais e áreas impactadas pela mineração, sobretudo quando se utiliza sensoriamento remoto óptico convencional (Lobo et al., 2018).

O LOGAR (Localização de Garimpos) foi criado pelo CENSIPAM para detectar, analisar e monitorar atividades irregulares de mineração na Amazônia Legal, evoluindo a partir do ProAE-Inteligência, iniciado em 2008. Reformulado em 2014 e atualizado em 2018, passou a operar como um Sistema de Informações Geográficas de Inteligência, integrando dados do DETER/INPE e PlanetScope do Programa Brasil MAIS, com base de dados centralizada para identificar padrões típicos de garimpo. O banco de dados do LOGAR, composto por polígonos de atividades de garimpo desde 2005, representa uma base histórica valiosa para o entendimento da evolução espacial e temporal do garimpo na Amazônia Legal. No entanto, a distinção entre garimpos históricos e frentes ativas, isto é, áreas com atividade garimpeira ou emergindo

no presente, é essencial para orientar ações de controle ambiental, segurança pública e gestão territorial de forma estratégica e eficiente.

Do ponto de vista da fiscalização, a identificação de frentes de garimpo permite otimizar recursos humanos e logísticos, priorizando a atuação em áreas onde o impacto ambiental e social está em curso ou prestes a se intensificar. Essa capacidade é crucial para o planejamento de operações de desintrusão, especialmente em Terras Indígenas e Unidades de Conservação, onde a presença de garimpeiros irregulares compromete a integridade de populações tradicionais e ecossistemas sensíveis. Além disso, a informação atualizada sobre frentes ativas subsidia decisões quanto ao uso de imagens comerciais de altíssima resolução e de sensores SAR (Radar de Abertura Sintética), permitindo priorizar a cobertura das regiões mais críticas e reduzir custos com imageamento redundante ou desnecessário.

Outro aspecto relevante é a geração de inteligência geoespacial para ações interagências, como as coordenadas pelo Ministério da Justiça, Ibama, ICMBio e Forças Armadas. Ao antecipar a movimentação das atividades de garimpo, é possível agir preventivamente, evitando a consolidação de infraestruturas ilegais (balsas, pistas de pouso, acampamentos) e a formação de cadeias logísticas de apoio. Também há ganhos para o monitoramento de riscos socioambientais, como a contaminação por mercúrio, o assoreamento de rios e a expansão do desmatamento associado à mineração. Em termos estratégicos, a capacidade de detectar frentes ativas reforça o papel do LOGAR como um instrumento de inteligência territorial voltado à proteção da Amazônia e à governança sobre seus recursos naturais. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia simplificada e acessível para identificação de frentes de garimpo, denominada Índice de Frente de Garimpo – IFG, com base no banco de dados de alertas de desmatamento associados à atividade garimpeira. As Terras Indígenas Kayapó e Yanomami foram utilizadas como áreas piloto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado dentro dos limites da Amazônia Legal (AL), região que compreende nove estados brasileiros e ocupa cerca de 5.015.068,18 km², o equivalente a 59% do território nacional. Em termos de biomas, a AL é composta majoritariamente por floresta Amazônica (aproximadamente 80%), seguida pelo Cerrado com 15% e pelo Pantanal com 1% (IBGE, 2003). Do ponto de vista climático, a região se distribui em três classificações de Köppen: Af (clima equatorial úmido), predominante no noroeste, com temperaturas médias entre 25 °C e 28 °C e precipitação média anual (PMA) acima de 2.000 mm, podendo ultrapassar os 3.000 mm, sem estação seca bem definida; Am (clima de monção), que se estende das porções oeste ao nordeste da AL, apresenta uma curta estação seca (junho a agosto), mas mantém PMA elevada, entre 1.600 mm e 3.000 mm; e Aw (clima tropical de savana), com forte sazonalidade, inverno seco (de maio a setembro) e PMA variando entre 1.000 mm e 1.500 mm (Dubreuil et al., 2018). Essas variações refletem a diversidade ambiental que caracteriza a região.

Socioambientalmente, a Amazônia Legal (AL) detém uma das maiores biodiversidades do planeta e uma ampla diversidade sociocultural. A AL abriga mais da metade da população indígena do país, cerca de 51,2% (IBGE, 2023). São 424 Terras Indígenas na Amazônia onde vivem 46% dos indígenas da AL e que juntas somam cerca de 22% de área da AL (1.153.444 Km²) (IBGE, 2023). Em relação às populações quilombolas, o Censo Demográfico 2022 do IBGE contabilizou 426.449 pessoas quilombolas nos municípios da AL – quase um terço (32,11 %) do total dessa população no país, das quais 80.899 vivem em Territórios Quilombolas oficialmente delimitados, o que representa 48,38 % do total nacional desse grupo. O Censo Demográfico 2022 trouxe também dados robustos sobre povos indígenas e comunidades extrativistas, evidenciando sua relevância significativa para o manejo sustentável dos recursos naturais. Atualmente, existem 41 Reservas Extrativistas federais na Amazônia Legal, habitadas por populações tradicionais como seringueiros, castanheiros e outros grupos vinculados a modos de vida extrativistas.

O levantamento identificou ainda que 11,8 milhões de pessoas vivem em Unidades de Conservação no Brasil, correspondendo a 5,8% da população total. Desse universo, os povos e as comunidades tradicionais representam parcelas significativas: os quilombolas somam 282.258 pessoas (2,39% da população residente em UCs) e os indígenas totalizam 132.804 pessoas (1,12%). Quase a totalidade (98,73%) das pessoas que vivem em UCs está em áreas de uso sustentável, como Áreas de Proteção Ambiental e Reservas Extrativistas. Os dados do Censo 2022 também revelam desafios sociais nessas áreas: a taxa de analfabetismo entre os moradores de UCs é de 8,84%, acima da taxa nacional de 7,00%. Entre os 9.245.172 residentes com 15 anos ou mais nessas áreas, 817.383 são analfabetos (IBGE, 2023). Da mesma forma, destacam-se as populações ribeirinhas, que mantêm forte vínculo com a dinâmica e a “saúde” dos rios, sen-

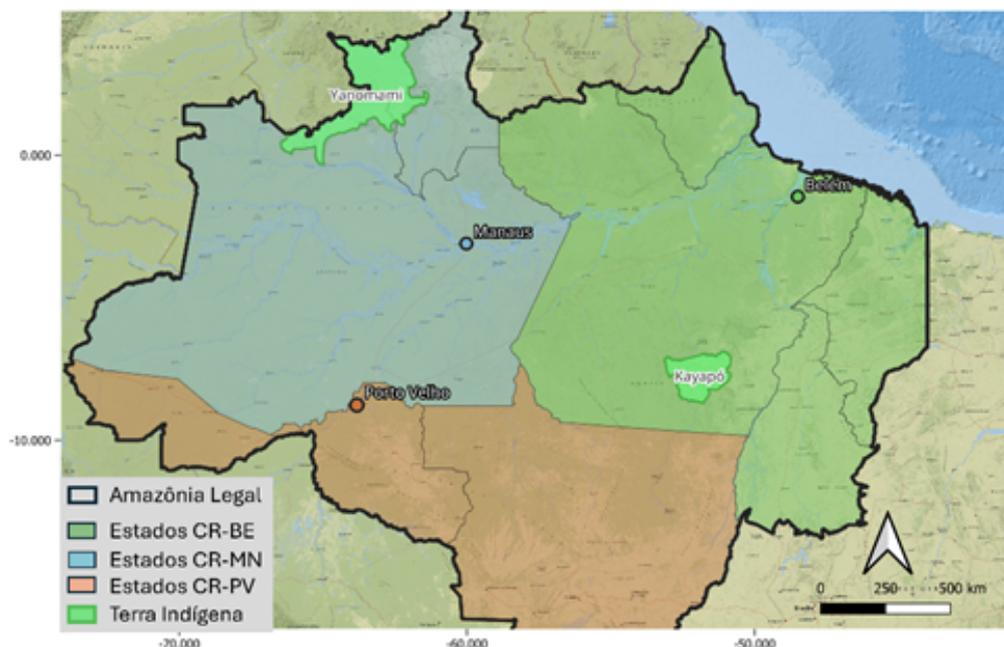
do oficialmente reconhecidas como comunidades tradicionais pelo Decreto n.º 6.040/2007, que institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT).

2.2 DESCRIÇÃO BASE DE DADOS DE ALERTAS E METODOLOGIA LOGAR

O sig_alertas é um banco de dados relacional interno do CENSIPAM, baseado em PostgreSQL e projetado para armazenar e gerenciar dados geoespaciais utilizados pela área operacional dos diferentes Centros da instituição. Implantado em um servidor em rede interna, o sistema permite acesso tanto local quanto externo via VPN, garantindo a confidencialidade e autenticidade dos dados para usuários autorizados. O banco é estruturado para suportar operações analíticas e operacionais relacionadas ao monitoramento territorial da Amazônia Legal, fazendo uso de extensões geográficas como o PostGIS para manipulação avançada de informações espaciais. O sig_alertas é acessado diretamente por ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), especificamente o QGIS, permitindo a visualização, análise e edição dos dados espaciais em tempo real por analistas e técnicos autorizados.

A metodologia aplicada no LOGAR (Localização de Garimpos) é fundamentada na integração de tecnologias de sensoriamento remoto, geoprocessamento e uma rotina analítica estruturada em duas fases principais: validação e revisão. A área de abrangência do LOGAR corresponde à Amazônia Legal brasileira, subdividida para fins operacionais entre os Centros Regionais de Belém (CR-BE), Manaus (CR-MN) e Porto Velho (CR-PV), cada um responsável pelo monitoramento dos estados sob sua jurisdição (Figura 1). Cada analista é designado a um conjunto fixo de cenas satelitais, o que assegura que toda a extensão da Amazônia Legal seja analisada, no mínimo, uma vez por ano.

Figura 1 – Subdivisão da jurisdição dos estados da Amazônia Legal de cada Centro Regional (CR): de Manaus (MN), Belém (BE) e Porto Velho (PV) do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM/MD). Destaca-se as duas Terras Indígenas analisadas neste estudo (Kayapó e Yanomami).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os principais dados de entrada utilizados para detecção de alvos de mineração irregular são os alertas de desmatamento associados à atividade de mineração, oriundos de dois sistemas principais: o DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e o sistema de alertas baseado na constelação de satélites PlanetScope, vinculado ao programa Brasil MAIS do Ministério da Justiça e Segurança Pública. No Brasil MAIS, o processamento automático utiliza imagens PlanetScope (3 m) para detectar mudanças de cobertura do solo. O fluxo envolve correções radiométricas e geométricas, remoção de nuvens e aplicação do algoritmo de change detection. São calculados índices espectrais como NDVI, NBR e NDWI, comparando séries temporais para identificar quedas abruptas na vegetação e presença de água turva típica de garimpo. O método é orientado ao pixel, com uso predominante de classificação não supervisionada para destacar áreas de mudança e, em seguida, regras espectrais para

refinar os polígonos. As áreas detectadas são transformadas em vetores e classificadas automaticamente, servindo como alertas. Já o DETER do INPE, opera com sensores de média resolução (250 m – MODIS/Terra e Aqua; 64 m – WFI/CBERS-4; 60 m – WFI/Amazonia-1), priorizando a rapidez da detecção em grande escala. O processamento aplica algoritmos de detecção de mudança multitemporal, apoiados em índices como NDVI, EVI e NBR, associados a técnicas de classificação supervisionada e de segmentação orientada a objetos. Esse enfoque orientado ao objeto permite diferenciar padrões geométricos de desmatamento (ex.: polígonos regulares de agricultura versus clareiras irregulares), gerando alertas de maior abrangência espacial e periodicidade quase diária. Apesar da menor resolução, o DETER garante cobertura sistemática e ampla, servindo como ferramenta de fiscalização ágil e complementar ao Brasil MAIS, que se concentra na detecção de mudanças em menor escala. Além dessas duas fontes, o CENSIPAM complementa a cobertura com dados de outros sensores de observação da Terra, como CBERS, LANDSAT, SENTINEL e sensores SAR, permitindo flexibilidade na escolha de imagens conforme as condições de nuvens, resolução espacial e revisita orbital.

O processo analítico segue uma rotina diária, iniciada com a conexão dos analistas ao banco de dados geoespacial por meio da plataforma QGIS. Assim, os alertas recém-gerados são carregados e exibidos como camadas vetoriais, sendo cruzados com a base cartográfica de Terras Indígenas, Unidades de Conservação e títulos minerários da Agência Nacional de Mineração (ANM). Os polígonos identificados com indícios de atividade de garimpo são então classificados quanto à legalidade com base na sobreposição espacial com essas camadas de referência.

A validação inicial é feita com base em interpretação visual de imagens de alta resolução (Planet) considerando características típicas de garimpos, como clareiras com contornos irregulares, presença de estruturas como rampas e balsas e indícios de turbidimetria em corpos hídricos. Os alvos confirmados seguem para a fase de revisão, que consiste na verificação cruzada por um segundo analista. Após esse duplo controle, os registros são consolidados na base de dados definitiva.

O LOGAR também possui capacidade proativa: em regiões sem cobertura contínua ou fora do alcance dos alertas automáticos, o CENSIPAM realiza buscas independentes por meio de análises sistemáticas de imagens, garantindo uma cobertura geoespacial abrangente. Dessa forma, o LOGAR representa um modelo robusto de vigilância territorial e produção de inteligência geoespacial voltada ao combate da mineração ilegal.

2.3 DEFINIÇÃO DE FRENTE DE GARIMPO E DESCRIÇÃO DO ÍNDICE DE FRENTE DE GARIMPO (IFG)

A partir das informações disponibilizadas no LOGAR foi possível propor uma forma simples e acessível de identificação das frentes de garimpo, calculada a partir da estimativa do Índice de Frente de garimpo (Equação 1).

$$\text{Índice de Frente de Garimpo (IFG)} = \frac{\text{Área}/\text{Tempo}}{T - T_{\text{hoje}}} \quad (1)$$

Onde “Área” é soma da área dos alertas, “Tempo” é o intervalo de tempo entre a data do primeiro alerta e do último, enquanto “T” representa a data do último alerta e “Thoje” é a data do dia de hoje.

O código cria uma visão materializada que agrupa alertas de garimpo irregular registrados nos últimos 180 dias e calcula um índice de velocidade de expansão dessas áreas. Utiliza-se um clustering espacial para identificar grupos de alertas próximos e, para cada grupo, calcula a área total, o intervalo de tempo entre os alertas, o tempo desde o último alerta até hoje, e gera uma geometria representativa. A visão destaca os grupos com maior velocidade de crescimento, permitindo priorizar regiões críticas para fiscalização.

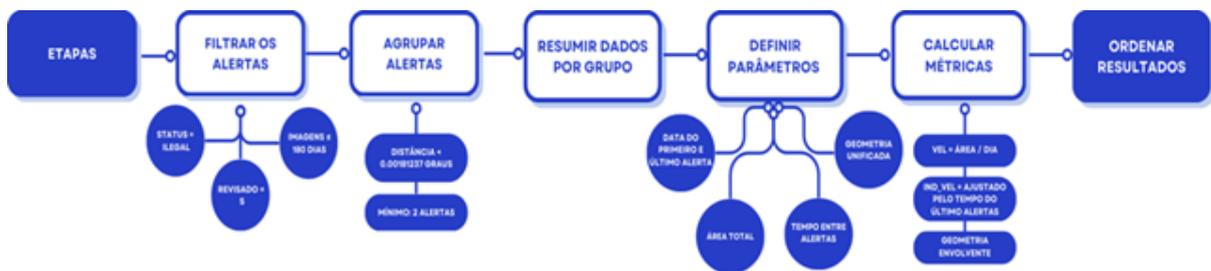
Etapas principais (Figura 2):

1. Filtrar os alertas recentes e ilegais (pol): Seleciona apenas os alertas de garimpo com status “ILEGAL”, revisados (revisado = ‘S’), com imagens nos últimos 180 dias. Inclui informações como data do alerta, nome do status, geometria e área;
2. Agrupa espacialmente os alertas (grupos): Usa a função `st_clusterdbscan` para agrupar alertas que estão próximos entre si (distância < 0.00181237 graus ou 200 metros), formando grupos de alertas com pelo menos 2 ocorrências.
3. Resumir os dados por grupo (dados): Para cada grupo,

4. Calcular: A data do primeiro e do último alerta; Área total (soma da área dos alertas); Tempo entre os alertas; Tempo desde o último alerta até hoje; Geometria unificada do grupo;

5. Calcular métricas: Para cada grupo válido ($\text{tempo_diff} > 0$ e grupo IS NOT NULL), calcula: vel: velocidade de aumento do desmatamento associado a garimpo (área por dia). ind_vel: índice de velocidade ajustado pelo tempo desde o último alerta. Geometria envolvente (convex hull) para representar a área total. Os resultados são ordenados pelo índice de velocidade de forma decrescente.

Figura 2 – Fluxograma das etapas utilizadas para a definição das frentes de garimpo e o cálculo do Índice de Frente de Garimpo (IFG).



Fonte: Elaborado pelos autores.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 RESULTADOS

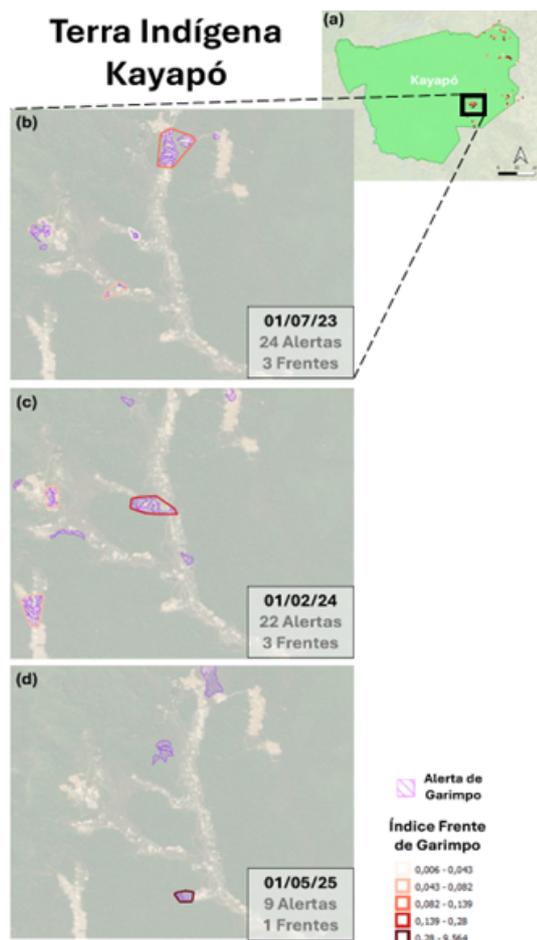
O Índice de Frente de Garimpo (IFG) foi desenvolvido como uma ferramenta analítica para identificar áreas com persistência e concentração de alertas de garimpo irregular recentes, indo além da simples contagem de ocorrências. Ao combinar a densidade espacial e a continuidade temporal dos alertas, o indicador permitiu detectar frentes de atuação garimpeira que se mantêm ativas ao longo do tempo (últimos 180 dias), mesmo que o número bruto de alertas varie. Essa abordagem oferece uma leitura mais qualificada da dinâmica do garimpo, permitindo o monitoramento direcionado e a priorização de áreas críticas para ações de fiscalização.

A sequência de imagens (Figura 3) mostra a dinâmica da atividade garimpeira dentro da Terra Indígena Kayapó (Figura 3a) ao longo de três períodos distintos, destacando tanto o número de alertas quanto a presença e intensidade das frentes de garimpo. Em 1º de julho de 2023 (Figura 3b), foram registrados 24 alertas e três frentes ativas, com áreas demarcadas em diferentes intensidades de vermelho segundo o IFG, ferramenta que sintetiza o grau de concentração espacial e persistência dos alertas. As frentes mais ativas apresentaram valores elevados no IFG (até 9,564), evidenciando áreas de garimpo em crescimento.

No segundo período, em 1º de fevereiro de 2024 (Figura 3c), o número de alertas diminuiu levemente para 22, mantendo-se ainda três frentes identificadas. No entanto, houve uma reorganização espacial dessas frentes, com uma concentração mais destacada na porção central da imagem, associada a um polígono com IFG intermediário-alto (entre 0,139 e 0,28). Esse deslocamento, captado pelo IFG, revela a utilidade da ferramenta para identificar não apenas a quantidade de alertas, mas também padrões de mobilidade e possível expansão ou retração das frentes garimpeiras ao longo do tempo.

A última imagem (Figura 3d), de 1º de maio de 2025, registra uma queda acentuada no número de alertas (nove) e uma redução significativa no número de frentes ativas, restando apenas uma. As áreas marcadas indicam baixa intensidade, com valores situados nas faixas inferiores do IFG. A funcionalidade do IFG torna-se evidente nesse cenário: mesmo com poucos alertas, ele permite diferenciar entre atividades esparsas e aquelas que, ainda que pontuais, concentram esforços contínuos. Essa diferenciação é crucial para orientar estratégias de monitoramento e resposta territorial.

Figura 3 – Evolução dos alertas de garimpo e identificação das frentes de garimpo na Terra Indígena Kayapó (a) em três períodos: (b) 01/07/2023, (c) 01/02/2024 e (d) 01/05/2025. As áreas hachuradas em roxo indicam os alertas detectados, enquanto os contornos sólidos representam as frentes de garimpo identificadas com base no Índice de Frente de Garimpo (IFG). A intensidade da coloração dos polígonos varia conforme o valor do IFG. A intensidade da coloração dos polígonos varia conforme o valor do IFG. A intensidade da coloração dos polígonos varia conforme o valor do IFG. Observa-se uma redução progressiva tanto no número de alertas quanto nas frentes ativas ao longo do período analisado.

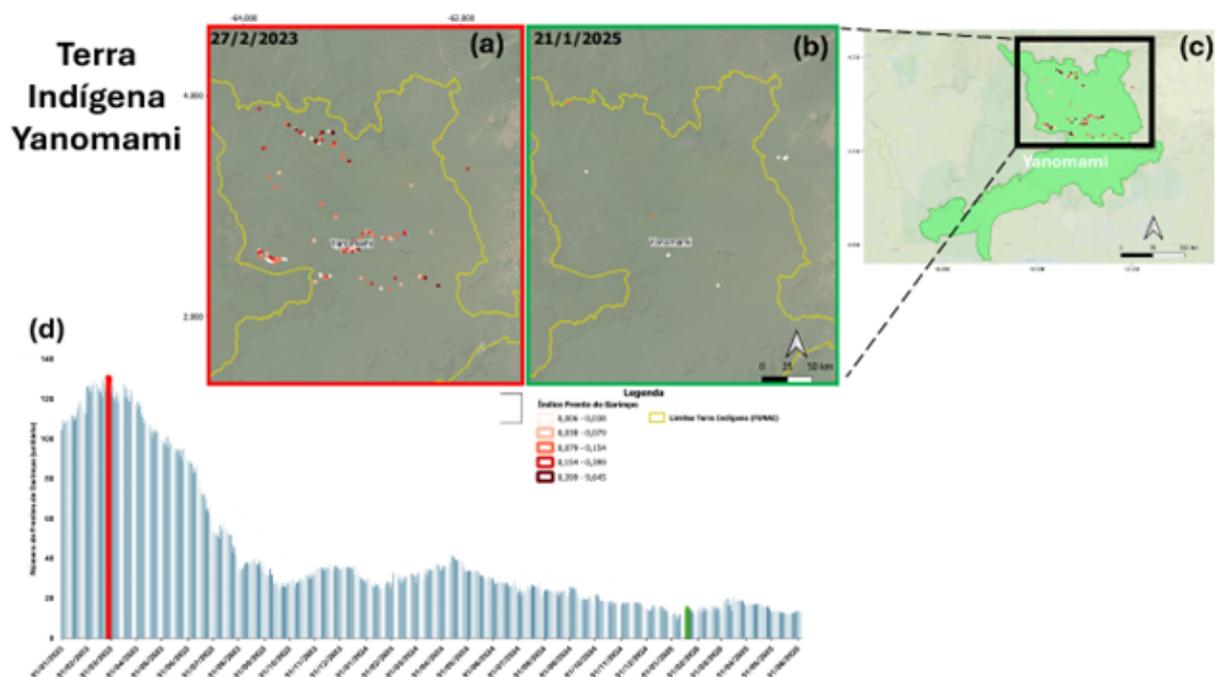


Fonte: Elaborado pelos autores.

Adicionalmente foi feito um estudo de caso histórico durante o período de 2023 a 2025 na Terra Indígena Yanomami (figura 4), conhecida por estar sob forte pressão de garimpo e posterior intensa atividade de repressão a esta atividade ilícita. Na TI Yanomami, os dados temporais revelam um cenário particular, com um máximo da atividade garimpeira em fevereiro de 2023, seguido por uma queda acentuada e contínua. A rápida redução das frentes após o pico indica uma resposta imediata e provavelmente coordenada a uma intervenção governamental, como operações de retirada de invasores amplamente divulgadas na mídia durante esse período. A estabilidade observada nos níveis baixos de atividade a partir do segundo semestre de 2023 sugere eficácia das ações adotadas, ao menos dentro da janela temporal analisada.

Os mapas (figura 4a-b) corroboram essa tendência: em 27 de fevereiro de 2023, as frentes de garimpo estão concentradas principalmente na porção central da TI, com algumas áreas de alta intensidade. Em contraste, no mapa de 21 de janeiro de 2025, praticamente não há registro de frentes ativas. A eliminação quase completa da atividade garimpeira detectável por sensoriamento remoto pode representar um resultado expressivo de controle territorial.

Figura 4 – Mapas comparativos da distribuição espacial das frentes de garimpo referentes ao máximo (a) e mínimo (b) de atividade de garimpo na Terra Indígena Yanomami (c). Os polígonos são classificados de acordo com o índice de frente de garimpo (IFG). Em (d) é apresentada a série temporal do número de frentes de garimpo detectadas na TI Yanomami entre janeiro de 2020 e junho de 2025. A linha vermelha indica a data de pico da atividade garimpeira, e a linha verde a data de menor registro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 DISCUSSÃO

O sensoriamento remoto tem sido um aliado estratégico na detecção de mudança de uso do solo, seja o desmatamento para fins madeireiro ou associado ao garimpo irregular. Na revisão feita por Kozinska e Górnica-Zimroz (2021) os autores avaliam métodos para detectar mineração irregular a céu aberto, destacando técnicas baseadas em sensoriamento remoto. As técnicas mais comuns foram a classificação de imagens: supervisionada, não supervisionada e híbrida. Enquanto, as fontes de dados mais usadas foram imagens de satélite gratuitas (Landsat, Sentinel). Porém, a baixa resolução dificultou a detecção de pequenos sítios, característica da mineração e do garimpo irregular, exigindo imagens de maior resolução, por vezes imagens pagas. Por fim, os autores concluem que a escolha do método ideal depende da disponibilidade de dados, características do terreno e recursos tecnológicos, mas os dois mais precisos foram o sistema CLASlite (94%) e a fusão de imagens com índices espectrais (91,1%). O CLASlite depende da qualidade das imagens e apresenta melhor desempenho em regiões tropicais, enquanto a fusão com índices espectrais requer seleção cuidadosa de bandas e pode ser sensível à sazonalidade e ao ruído espectral.

No que diz respeito ao transnacional bioma amazônico, estudos recentes buscam propor e aprimorar métodos de alerta de garimpo. O estudo de Becerra et al. (2024) apresenta um sistema de alertas quase em tempo real para detectar desmatamento por mineração irregular na Amazônia peruana usando dados SAR do Sentinel-1. Neste estudo foram detectados 185.460 alertas de pixel entre fevereiro e dezembro de 2022, totalizando 1.864 ha de mineração, com acurácia de 99,98%. Por fim, os autores concluíram que a plataforma RAMI é eficaz para monitoramento contínuo, mesmo sob nuvens, apoiando ações rápidas de fiscalização. Já em território brasileiro, Mataveli et al. (2022) associam a coleção 6 do projeto MapBiomias, que usa imagens de satélite Landsat classificadas pelo algoritmo Random Forest, com o teste de Mann-Kendall para detectar o crescimento do garimpo dentro de TIs. Os autores encontraram um aumento de cerca de 1200% entre 1985 e 2020 com tendência de crescimento. Por fim, o estudo destaca o desafio da fiscalização e a urgência de investimento em políticas públicas eficazes, apontando que TIs demarcadas estão vulneráveis. Tendo em vista este aumento do garimpo irregular nas TIs, especialmente nas TIs Kayapó, Mundurucu e Yanomami, Da Silva et al. (2023) apontaram as áreas de alto interesse em mineração, estradas e pistas de pouso clandestinas como os principais vetores associados garimpo.

Em termos de desafios e oportunidades na detecção remota e contínua do garimpo na Amazônia Legal, é fundamental dispor de uma base de dados robusta. Especificamente, uma base de alertas de garimpo com série temporal extensa, validação sistemática e múltiplas fontes de informação é crucial para o desenvolvimento de métricas confiáveis e operacionais, como um índice de crescimento do garimpo. A integração de alertas gerados por diferentes métodos de classificação de imagens com inspeções visuais realizadas por analistas permite maior consistência nos registros e maior controle sobre a qualidade dos

dados. A diversidade de fontes reduz a dependência de um único método de detecção, minimizando vieses e aumentando a robustez das análises. Sem uma base de dados com essas características, indicadores derivados tendem a apresentar limitações em termos de precisão temporal, comparabilidade e aplicabilidade.

Devido às condições climáticas atmosféricas das florestas tropicais, sobretudo grande parte da AL, cresce as abordagens de sensoriamento remoto multissensores e particularmente a utilização de sensores ativos como radares. No estudo de Forkuor, Ullmann e Griesbeck (2020), dados de séries temporais obtidos pelo sensor Sentinel-1 foram empregados para o monitoramento de pequenas áreas de garimpo artesanal localizadas no Sudoeste de Gana. O conjunto de dados consistiu em 155 imagens, coletadas entre julho de 2015 e abril de 2019. Contudo, a análise foi parcialmente limitada pela presença de interferência atmosférica, resultando na exclusão de cenas com baixa qualidade. Embora dados de Radar de Abertura Sintética (SAR) apresentem vantagens para o monitoramento em regiões com alta cobertura de nuvens, os resultados de Forkuor, Ullmann e Griesbeck (2020) demonstraram uma sensibilidade da banda C do Sentinel-1 a eventos de nebulosidade intensa.

A nebulosidade na Amazônia varia conforme o clima das sub-regiões (Af, Am e Aw segundo Köppen), afetando diretamente a visibilidade para sensores ópticos. Regiões Af e Am, mais úmidas, apresentam maior cobertura de nuvens, enquanto áreas Aw, mais secas, oferecem melhores condições de observação, especialmente na estação seca. Nesse contexto, os resultados indicam que a eficácia dos sistemas ópticos de detecção, como os utilizados pelo DETER e pelo programa Brasil MAIS, é diretamente limitada pelas condições climáticas, especialmente pela alta nebulosidade associada às regiões classificadas como Af e Am, onde a detecção de alertas é mais lenta ou falha (Silva et al., 2020; Albuquerque et al., 2025). A performance dos alertas Brasil MAIS melhora nos meses secos (maio a setembro), quando há menor atividade convectiva, e piora entre novembro e março, período de chuvas intensas, quando a cobertura de nuvens reduz a quantidade de imagens úteis, mesmo com a alta frequência de revisita dos satélites Planet (Albuquerque et al., 2025). O sistema DETER apresenta limitações similares, enfrentando cobertura persistente de nuvens durante os meses chuvosos, coincidindo com aumento da atividade madeireira ilegal, que acaba não sendo detectada (Silva et al., 2020). Como alternativa, sensores com tecnologia SAR (Radar de Abertura Sintética) sofrem menor interferência atmosférica e conseguem operar em uma variedade maior de condição climática.

A ferramenta de identificação de frentes de garimpo representa um avanço estratégico para o monitoramento e enfrentamento da mineração irregular na Amazônia Legal. Ao integrar alertas geoespaciais e índices de crescimento, ela permite localizar, analisar e acompanhar com maior precisão as áreas ativas ou em expansão. Seus usos vão além da fiscalização, oferecendo suporte a ações táticas, planejamento interagência, estudos acadêmicos e formulação de políticas públicas. A identificação de frentes de garimpo permite direcionar a aquisição de imagens comerciais de altíssima resolução, otimizando recursos e evitando imageamento redundante. Regiões com alta velocidade de crescimento de atividades garimpeiras podem ser priorizadas para coberturas mais frequentes ou com sensores específicos, como radares SAR, ampliando a capacidade de detecção e resposta em tempo quase real. Outra aplicação da ferramenta é no planejamento e a logística de operações de fiscalização em campo. Com dados atualizados sobre as frentes de garimpo, órgãos como Ibama, ICMBio, Polícia Federal e Forças Armadas podem coordenar ações conjuntas de forma mais eficiente, reduzindo riscos e maximizando o impacto das intervenções. Os dados extraídos da ferramenta também servem como base para estudos sobre as dinâmicas espaciais e temporais do garimpo na Amazônia. É possível identificar padrões de expansão, relação com infraestrutura (estradas, rios, pistas clandestinas), ciclos de atividade e perfis territoriais específicos, contribuindo para análises socioambientais e regionais mais aprofundadas.

O Índice de Frente de Garimpo (IFG) apresenta como limitação central a sua dependência direta da qualidade e robustez do banco de dados utilizado. A confiabilidade dos resultados está condicionada tanto à confirmação e aprimoramento do próprio alerta, quanto à possíveis cruzamentos de dados, como no caso da categorização da legalidade do garimpo. Este último depende das informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM), cuja cruzamento de dados já apresentou inconsistências e encontra-se em processo de aprimoramento, reforçando a necessidade de constante validação e atualização das fontes de referência.

Por fim, entre os próximos desafios estão o aprimoramento da ferramenta, calibrando a janela temporal e o raio de distância para melhor representar a dinâmica de crescimento do garimpo, assim como avaliar qual valor do Índice melhor representa as frentes de garimpo prioritárias para monitoramento. Em médio e longo prazos, o aprimoramento pode ocorrer com o uso de algoritmos preditivos e com a maior integração de dados socioeconômicos, climáticos e geológicos. Perguntas-chave incluem: Quais vetores estão impulsionando novas frentes? Qual a relação entre frentes ativas e territórios protegidos? Como prever áreas sob risco iminente de ocupação ilegal?

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Índice de Frente de Garimpo (IFG) apresentou-se como uma ferramenta eficiente e acessível para o monitoramento espacial e temporal da atividade garimpeira irregular na Amazônia Legal. Ao combinar densidade e permanência de alertas, o índice permite identificar frentes de atuação contínua, mesmo em cenários com baixa frequência de alertas, o que o torna especialmente valioso para ações estratégicas de fiscalização. Os estudos de caso nas Terras Indígenas Kayapó e Yanomami demonstraram a sensibilidade do método em detectar tanto a persistência quanto a retração das atividades ilegais em resposta a políticas de controle. Além disso, a ferramenta pode apoiar decisões interinstitucionais, otimizar o uso de imagens comerciais e subsidiar a alocação de recursos. Embora, o IFG seja limitado pela dependência da qualidade dos bancos de dados, tanto na confirmação dos alertas quanto nos cruzamentos para categorização da legalidade, sua aplicação pode ser expandida para outras regiões da Amazônia, contribuindo para o fortalecimento da governança ambiental e da proteção dos territórios tradicionais frente à pressão crescente do garimpo ilegal.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, G. H. Q. et al. Análise temporal de alertas ambientais na Amazônia Legal: a importância de uma abordagem com multissensores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 21., 2025, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Galoá, 2025. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2025/trabalhos/analise-temporal-de-alertas-ambientais-na-amazonia-legal-a-importancia-de-uma-ab?lang=pt-br>. Acesso em: 6 maio 2025.
- BECERRA, M. et al. Creating near real-time alerts of illegal gold mining in the Peruvian Amazon using Synthetic Aperture Radar. **Environmental Research Communications**, v. 6, p. 125022, 2024. DOI: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ad937e>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ad937e>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- CORTINHAS FERREIRA NETO, L. et al. Uncontrolled illegal mining and garimpo in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54220-2>. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54220-2>. Acesso em: 5 jul. 2025.
- DA SILVA, C. F. A. et al. The drivers of illegal mining on Indigenous Lands in the Brazilian Amazon. **The Extractive Industries and Society**, v. 16, e101354, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101354>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101354>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- DUBREUIL, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins: Revue franco-brésilienne de géographie**, n. 37, 2018.
- FORKUOR, G.; ULLMANN, T.; GRIESBECK, M. Mapping and monitoring small-scale mining activities in Ghana using Sentinel-1 time series (2015–2019). **Remote Sensing**, v. 12, n. 6, p. 911, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12060911>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12060911>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- HASLAM, P. A.; TANIMOUNE, N. A. The determinants of social conflict in the Latin American mining sector: new evidence with quantitative data. **World Development**, v. 78, p. 401-419, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X15002429>. Acessado em: 23 set. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Brasil tem 1,7 milhão de indígenas e mais da metade deles vive na Amazônia Legal**. Censo 2022, 7 ago. 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/noticias-por-estado/37565-brasil-tem-1-7-milhao-de-indigenas-e-mais-da-metade-deles-vive-na-amazonia-legal>. Acesso em: 27 maio 2025.

Indicador geoespacial de frentes de garimpo a partir do Sistema de Alertas de Garimpo (LOGAR) do CENSIPAM

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapeamento de biomas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

KOZIŃSKA, P.; GÓRNIAK-ZIMROZ, J. A review of methods in the field of detecting illegal open-pit mining activities. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, v. 942, e012027, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/942/1/012027>. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/942/1/012027>. Acesso em: 28 maio 2025.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2015.

LOBO, F. L. et al. Mapping mining areas in the Brazilian Amazon using MSI/Sentinel-2 imagery (2017). **Remote Sensing**, v. 10, n. 8, p. 1178, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10081178>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs10081178>. Acesso em: 28 maio 2025.

MACHADO, I. F.; FIGUEIRÔA, S. F. de M. 500 years of mining in Brazil: a brief review. **Resources Policy**, v. 27, n. 1, p. 9–24, 2001. DOI: 10.1016/S0301-4207(01)00004-6. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4207\(01\)00004-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4207(01)00004-6). Acesso em: 28 maio 2025.

MATAVELI, G. et al. Mining is a growing threat within Indigenous Lands of the Brazilian Amazon. **Remote Sensing**, v. 14, n. 16, e4092, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14164092>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs14164092>. Acesso em: 28 maio 2025.

PNUD; IPEA; FJP. **O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro: série Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013**. Brasília: PNUD, IPEA, FJP, 2013.

SIQUEIRA-GAY, J.; SÁNCHEZ, L. E. The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation. **Regional Environmental Change**, v. 21, art. 28, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01761-7>. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01761-7>. Acesso em: 28 maio 2025.

SILVA, C. A. et al. Análise qualitativa do desmatamento na Floresta Amazônica a partir de sensores SAR, óptico e termal. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, p. 18–29, jan. 2020.

Amazônia: questão climática, segurança e defesa no futuro

Amazonia: climate issue, security and defense in the future

Amazonia: cuestión climática, seguridad y defensa en el futuro

Amazone : question climatique, sécurité et défense à l'avenir

Data da submissão: 11 de junho de 2025

Data da aprovação: 27 de agosto de 2025

Antonio Dos Santos¹

Lidia Maria Ribas²

Fernanda Ramos Konno³

Resumo

Este artigo analisa a crescente vinculação entre a questão climática e os domínios da segurança e defesa, com ênfase na região amazônica. Parte-se do reconhecimento de que o meio ambiente natural, especialmente a Amazônia, tornou-se elemento central nas disputas geopolíticas contemporâneas. O objetivo é investigar como a crise climática pode ser securitizada, convertendo-se em instrumento de pressão internacional e risco à soberania nacional. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica e análise documental de marcos estratégicos e normativos. Assim, os resultados indicam que, embora o Brasil possua um arcabouço jurídico ambiental robusto, a ausência de uma grande estratégia nacional que integre segurança, desenvolvimento e a questão climática, pode tornar vulnerável o Estado brasileiro à instrumentalização ambiental por potências estrangeiras. Conclui-se, portanto, que é necessário reforçar políticas públicas sustentáveis e estratégias de defesa que incorporem a variável climática, inclusas todas em uma grande estratégia nacional que confira sinergia ao processo.

Palavras-chave: securitização; geopolítica ambiental; sustentabilidade estratégica; soberania; grande estratégia.

Abstract

This article analyzes the growing link between the climate issue and the security and defense domains, with emphasis on the Amazon region. It starts from the recognition that the natural environment, especially the Amazon, has become a central element in contemporary geopolitical disputes. The objective is to investigate how the climate crisis can be securitized, becoming an instrument of international pressure and a risk to national sovereignty. The research adopts a qualitative approach, with literature review and documentary analysis of strategic and normative frameworks. The results indicate that, although Brazil has a robust environmental legal framework, the absence of a grand national strategy integrating security, development, and the climate issue may render the Brazilian state vulnerable to environmental instrumentalization by foreign powers. It is concluded, therefore, that it is necessary to strengthen sustainable public policies and defense strategies that incorporate the climate variable, all included in a grand national strategy that confers synergy to the process.

Keywords: securitization; environmental geopolitics; strategic sustainability; sovereignty; grand strategy.

¹Mestre em Segurança Internacional e Defesa pela Escola Superior de Guerra - ESG. Analista de Geopolítica, Segurança e Defesa do Centro de Estudos Estratégicos da ESG, Rio de Janeiro (Brasil). Pesquisador do Laboratório de Simulações e Cenários da Escola de Guerra Naval.

²Doutora e Mestre em Direito do Estado pela PUC/SP. Pós-doutora pela Universidade de Coimbra e pela Universidade Nova de Lisboa. Professora Titular na FADIR/UFMS. Líder do Grupo de Pesquisas Direito, Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.

³Mestranda em Direitos Humanos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Bacharel em Direito pela UFMS. Pesquisadora do Grupo de Pesquisa do CNPq Direito, Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.

Resumen

Este artículo analiza la creciente vinculación entre la cuestión climática y los ámbitos de la seguridad y la defensa, con énfasis en la región amazónica. Parte del reconocimiento de que el medio ambiente natural, especialmente la Amazonia, se ha convertido en un elemento central en las disputas geopolíticas contemporáneas. El objetivo es investigar cómo la crisis climática puede ser securitizada, convirtiéndose en un instrumento de presión internacional y en un riesgo para la soberanía nacional. La investigación adopta un enfoque cualitativo, con revisión bibliográfica y análisis documental de marcos estratégicos y normativos. Los resultados indican que, aunque Brasil posee un sólido marco jurídico ambiental, la ausencia de una gran estrategia nacional que integre seguridad, desarrollo y la cuestión climática puede volver vulnerable al Estado brasileño frente a la instrumentalización ambiental por parte de potencias extranjeras. Se concluye, por lo tanto, que es necesario reforzar políticas públicas sostenibles y estrategias de defensa que incorporen la variable climática, todas incluidas en una gran estrategia nacional que otorgue sinergia al proceso.

Palabras clave: securitización; geopolítica ambiental; sostenibilidad estratégica; soberanía; gran estrategia.

Résumé

Cet article analyse le lien croissant entre la question climatique et les domaines de la sécurité et de la défense, avec un accent particulier sur la région amazonienne. Il part de la reconnaissance que l'environnement naturel, en particulier l'Amazonie, est devenu un élément central des disputes géopolitiques contemporaines. L'objectif est d'examiner comment la crise climatique peut être sécurisée, se transformant en instrument de pression internationale et en risque pour la souveraineté nationale. La recherche adopte une approche qualitative, avec une revue de la littérature et une analyse documentaire des cadres stratégiques et normatifs. Les résultats indiquent que, bien que le Brésil dispose d'un cadre juridique environnemental robuste, l'absence d'une grande stratégie nationale intégrant la sécurité, le développement et la question climatique peut rendre l'État brésilien vulnérable à l'instrumentalisation environnementale par des puissances étrangères. Il en résulte qu'il est nécessaire de renforcer les politiques publiques durables et les stratégies de défense intégrant la variable climatique, toutes incluses dans une grande stratégie nationale qui confère une synergie au processus.

Mots-clés: sécurisation; géopolitique environnementale; durabilité stratégique; souveraineté; grande stratégie.

1 INTRODUÇÃO

A questão climática emerge como um dos maiores desafios do século XXI, haja vista que suas implicações ultrapassam os limites da ecologia e penetram nos campos da geopolítica, economia, segurança internacional e defesa nacional. A Amazônia, por sua realidade complexa, insere-se em um papel de destaque nesse debate. Seu território, compartilhado por nove países, entre eles o Brasil, pode ser objeto de disputas simbólicas e materiais que envolvem atores estatais e não estatais, mobilizando interesses ambientais, econômicos e estratégicos.

Nesse cenário, cresce o protagonismo da temática ambiental como vetor de reconfiguração das relações de poder no sistema internacional. A Amazônia brasileira é, ao mesmo tempo, um ativo ambiental nacional e um espaço geopolítico sensível, cuja governança suscita preocupações sobre soberania, segurança e desenvolvimento sustentável. A crescente visibilidade da região gera pressões externas que, sob o manto da preservação ambiental, podem assumir contornos de interferência política, econômica e normativa.

O presente artigo, portanto, se debruça sobre a seguinte problemática: em que medida a questão climática pode representar uma ameaça à soberania brasileira na Amazônia, a partir da lógica da securitização proposta pela Escola de Copenhague?

Como hipóteses, considera-se que (i) a agenda ambiental internacional tem sido utilizada como instrumento de coerção simbólica e econômica por potências centrais; e (ii) a vulnerabilidade do Brasil aumenta na ausência de uma Grande Estratégia Nacional (GEN), concebida aqui como o arranjo integrado e de longo prazo que orienta fins nacionais e articula meios e políticas setoriais, que incorpore, de forma transversal, a segurança climática.

O objetivo geral deste trabalho é analisar as implicações da questão climática para a segurança e defesa na região amazônica, no presente e futuro, sob a perspectiva da Escola de Copenhague. Como objetivos específicos, pretende-se apresentar os fundamentos teóricos da securitização; discutir as especificidades da Amazônia e os desafios ambientais e estratégicos que a cercam; e examinar os mecanismos contemporâneos de cooperação e dominação associados à pauta climática.

Dessa maneira, o artigo se mostra relevante quanto à sua proposta de articular o debate ambiental com os estudos de segurança internacional, a fim de contribuir para a compreensão crítica das dinâmicas que pressionam a soberania nacional em nome da sustentabilidade. Para além disso, busca-se oferecer insumos para a formulação de políticas públicas coerentes com os interesses estratégicos brasileiros.

Metodologicamente, adota-se abordagem qualitativa com análise bibliográfica e documental sistemática. O corpus empírico é composto por documentos estratégicos nacionais (PND, END, LBDN), tratados e acordos internacionais sobre meio ambiente e segurança, relatórios da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e resoluções de conferências climáticas (COPs). Como critérios de seleção, utilizou-se: (i) a centralidade em segurança, clima e Amazônia, (ii) autoridade da fonte e (iii) acessibilidade e completude. Como técnica de análise, fez-se uso da matriz de securitização triangulando com literatura teórica e, como procedimento, leitura dupla independente, codificação temática e síntese analítica para integrar teoria e evidências.

O artigo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. A primeira seção apresenta os fundamentos teóricos da Escola de Copenhague, com destaque para o conceito de securitização. A segunda seção aborda a Amazônia como espaço estratégico diante das mudanças climáticas. A terceira analisa a relação entre cooperação internacional e dominação, à luz da questão climática. A quarta discute os impactos da agenda ambiental nas políticas nacionais de segurança e defesa. Fundamentos de prospectiva estão inseridos ao longo das seções. Por fim, nas considerações conclusivas, estão sintetizadas as ideias discutidas e são apontadas as perspectivas futuras.

2 ESCOLA DE COPENHAGUE E SEGURANÇA ABRANGENTE

Após o fim da Guerra Fria, ocorreram mudanças que catalisaram transformações na forma como a segurança internacional passou a ser compreendida. Isto é, com o declínio da ordem bipolar vivida, um arcabouço teórico foi construído para se buscar alternativas à ideia do que se deve entender como segurança, de modo que se move a visão de que as ameaças militares externas são as únicas a serem consideradas como perigo a um Estado.

Convém, nesse ponto, referenciar como o ambientalismo foi inserido nos estudos de segurança. O pioneirismo foi de Lester Brown (1977), ao publicar *Redefining National Security*. Em seguida, tem-se Richard Ullman, publicando *Redefining Security*, no ano de 1983. Devendo ainda ser considerado o papel catalisador da publicação do Relatório Brundland, que defendia a ampliação da abrangência do conceito de segurança, de forma a capturar os possíveis efeitos deletérios da degradação ambiental, nos idos de 1987 (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – CMMAD, 1991, p. 21).

Dentro desse contexto emerge a Escola de Copenhague, formada por autores como Barry Buzan, Ole Wæver e Jaap de Wilde, que propôs uma reconfiguração do conceito de segurança por meio da teoria da securitização, articulando a ideia de uma segurança abrangente, incorporando ameaças de natureza política, econômica, societal e ambiental. Essa teoria parte do princípio de que segurança não é apenas uma condição objetiva, mas um ato político-discursivo pelo qual um ator securitizador identifica uma ameaça existencial a um objeto referencial, buscando convencer uma audiência da necessidade de adotar medidas excepcionais para neutralizá-la.

Dos Santos (2021, p. 13) aponta que “a Escola de Copenhague ao propor a incorporação progressiva de novos temas e atores nos estudos de segurança, com base numa estrutura conceitual própria ampliou os campos de análise, justificando a denominação abrangente como ficou conhecida”.

De acordo com Buzan, Wæver e Wilde (1998, p. 23), segurança é “o movimento que leva a política além das regras estabelecidas do jogo e enquadra a questão ou como um tipo especial de política ou como algo acima da política”. Assim, o processo de securitização compreende três etapas principais: (i) Não politizado, quando o tema não é objeto de debate público nem de ação governamental relevante; (ii) Politizado, entra na agenda pública e é tratado no âmbito das políticas e instituições ordinárias, com alocação de recursos e formulação de normas; e (iii) Securitizado, é construído como ameaça existencial que exige ações extraordinárias.

Esse movimento é iniciado por um ator securitizador e validado por uma audiência, caracterizando-se como um processo intersubjetivo. Assim, um tema pode transitar de um estado “não politizado” para “politizado” e, por fim, ser securitizado, ou seja, tratado como ameaça existencial que justifica ações fora

da norma política ordinária. O resultado ideal, segundo os autores, é a dessecuritização, quando um tema retorna ao tratamento no âmbito político ordinário (Buzan; Wæver; de Wilde, 1998, p. 29).

Denota-se que a estrutura proposta pela Escola de Copenhague possibilita a compreensão da instrumentalização de temas como o de segurança, com destaque para a questão climática. A mudança climática, por seu impacto transversal – afetando recursos hídricos, biodiversidade, saúde pública, agricultura, infraestrutura e estabilidade social – torna-se cada vez mais suscetível à securitização por atores estatais e não estatais.

Dos Santos (2021, p. 14) explana que:

A teoria de securitização proposta pela Escola de Copenhague corporifica um processo intersubjetivo no qual o problema é apresentado como uma ameaça à existência de um determinado objeto referencial, requerendo medidas de exceção e emergenciais para solucioná-lo. Essas medidas ou ações às vezes estão fora dos limites convencionais da práxis política consuetudinária.

Nesse cenário, emerge o risco de que o discurso ambientalista seja manipulado como instrumento de coerção internacional, transformando a questão climática em vetor de poder geopolítico. Como observam Buzan, Wæver e Wilde (1998, p. 132), “neste setor destacam-se dois problemas: em primeiro lugar, as ameaças ambientais não são, na sua maioria, intencionais; e, em segundo lugar, ainda existe uma grande incerteza sobre que tipo de estruturas políticas as questões ambientais produzirão”.

Neste ponto, cabe destacar que as incertezas e riscos elevados são fatores que apontam para a necessidade do uso de cenários prospectivos, no conjunto das ferramentas de planejamento estratégico, para a construção de políticas públicas robustas e resilientes que permitam ao decisor mitigar os riscos e reduzir o grau das incertezas futuras.

Como um instrumento consolidado no âmbito da gestão, o planejamento estratégico tem, entre uma de suas ferramentas, a construção de cenários prospectivos, que consiste em projetar diferentes possibilidades futuras com base em variáveis críticas (Marcial; Grumbach, 2008, p. 12).

Portanto, são visíveis os efeitos da securitização ambiental em práticas como a imposição de barreiras tarifárias ambientais e restrições comerciais por padrões ecológicos. O uso de mecanismos jurídicos e midiáticos por potências centrais e coalizões de atores internacionais pode representar uma forma sutil de submeter a soberania de países em desenvolvimento, como o Brasil, à lógica normativa de interesses estrangeiros travestidos de defesa ambiental.

Importa ressaltar que, para Buzan; Wæver; Wilde (1998, p. 31), o conceito de ameaça não é uma realidade objetiva em si, mas uma construção intersubjetiva: é a aceitação compartilhada entre ator e audiência que legitima a classificação de algo como ameaça existencial. No campo climático, isso significa que pressões externas só se convertem em securitização efetiva quando há discurso aceito como tal.

Compreende-se que o conceito exige a intencionalidade de um ator e a aceitação pela audiência, o que significa que a ameaça climática só se torna uma ameaça securitizada se houver um discurso bem-sucedido nesse sentido. A crescente atenção internacional sobre a Pan-Amazônia, por exemplo, pode ser lida como parte de uma tentativa de construção discursiva de ameaça global, com implicações que ultrapassam o campo ambiental e tocam na soberania.

Consequentemente, é possível observar que, entre os cenários existentes dentro da securitização, reside o desafio de responder à mudança climática sem permitir que ela seja usada como pretexto para a erosão da soberania nacional. A ausência de uma Grande Estratégia Nacional robusta, que integre a segurança climática, amplia a vulnerabilidade do Brasil frente à securitização externa, resultando em uma possível dificuldade em construir uma agenda ambiental própria, equilibrando proteção ambiental e desenvolvimento econômico.

Para fins conceituais, a Grande Estratégia Nacional ultrapassa a esfera estritamente geopolítica e assume igualmente uma dimensão constitucional. No contexto do Estado Democrático de Direito, a Constituição estabelece os parâmetros que orientam as ações estratégicas do Estado brasileiro, ao passo que a Grande Estratégia atua como instrumento de concretização dos objetivos fundamentais inscritos no artigo 3º, incisos I a IV, da Constituição Federal (Góes, 2024, p. 35-36).

Em resumo, verifica-se que a abordagem da Escola de Copenhague fornece um substrato analítico para compreender como os processos políticos envolvem a emergência da crise climática podendo resultar em fator de tensão mundial. Conforme o que foi explanado, a partir da abordagem, amplia-se a visão da segurança para além da dimensão militar, de modo que se permite compreender como discursos moldam práticas internacionais e afetam diretamente a capacidade de autodeterminação dos Estados em regiões ambientalmente sensíveis como a Amazônia.

Pelo exposto, constata-se a complexidade que envolve as questões climáticas, evidenciando que para tratar de um tema tão relevante os especialistas apontam a viabilidade de utilizar técnicas e ferramentas de planejamento estratégico que possibilitem o decisor orientar suas atividades com flexibilidade.

Para Porter (1989), os cenários podem ser percebidos como um conjunto de hipóteses plausíveis sobre as incertezas que podem influenciar o objeto de prospecção com uma visão consistente sobre a realidade futura. Usando as colocações do próprio Porter (1989, p. 15), tem-se o conceito de que “cenários são uma visão internamente consistente da realidade futura, baseada em conjunto de suposições plausíveis sobre as incertezas que podem influenciar o objeto de prospecção”.

Assim, se sugere o emprego de cenários prospectivos de modo a visualizar novas possibilidades e rotas. Confirma-se dessa forma a necessidade de utilizar-se ferramentas de análise da realidade futura emprestando qualidade ao planejamento das políticas públicas.

Ao compreender que um possível aumento de pressão por grupos internacionais e potências centrais, seja pelas tentativas de impor normas internacionais em território brasileiro, seja pela dificuldade em manejar o interesse em regiões sensíveis, é preciso também alinhar as questões atinentes à Amazônia, o que é feito a seguir.

3 AMAZÔNIA E QUESTÃO CLIMÁTICA

A Pan-Amazônia é reconhecida como o maior bioma tropical do mundo, abrangendo nove países da América do Sul. No Brasil, a área correspondente à Amazônia Legal, se estende por cerca de 6,9 milhões de km², 58,93% do território nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2023, p. 65; ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA – OTCA, 2017, p. 2).

Quando a abordagem é a da perspectiva regional, passa a ser denominada de Pan-Amazônia e se estende pelo território da Venezuela, Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana e Suriname, bem como o território ultramarino Guiana Francesa. Essa dimensão transnacional reforça a necessidade de políticas coordenadas que, na lógica da securitização, funcionem como respostas endógenas favoráveis a defesa da Amazônia, e que refutem a ameaça existencial contida no discurso internacional.

Figura 1 – Mapa da Pan-Amazônia.



Fonte: Costa (2020)

Essa extensão equivale à maior floresta tropical contínua do planeta e compreende não apenas a densa floresta equatorial, mas também áreas de transição para outros biomas sul-americanos, compondo uma complexa rede ecológica e hidrológica (OTCA, 2017, p. 23). Nesse sentido, discursos internacionais que vinculam o equilíbrio climático global à preservação amazônica podem funcionar como atos securitizadores, deslocando o debate do plano político para o de urgência existencial.

A partir da perspectiva de Sachs (2008), o futuro da humanidade dependerá do destino da floresta amazônica. Longe de ser o “Jardim do Éden” ou o “inferno verde” retratado por visões extremas, a Amazônia demanda reconhecimento além de sua importância ecológica e também estratégica, a fim de incor-

porar a preservação ambiental em políticas de desenvolvimento que conciliem a exploração sustentável de seus recursos com a manutenção da soberania dos países que a compartilham.

Embora seja comum, descrever a Amazônia como “pulmão do mundo” é um equívoco científico. A metáfora popular desinforma ao sugerir a Amazônia como principal fornecedora de oxigênio do planeta (Oliveira, 1991), ilustrando como narrativas ambientais, ainda que equivocadas, podem ser mobilizadas para influenciar percepções e justificar intervenções, evidenciando a dimensão discursiva da securitização. Na verdade, sua contribuição líquida para a produção global de oxigênio é praticamente nula, pois o oxigênio liberado é consumido pela respiração e decomposição da biomassa, exigindo revisão crítica dessa retórica ambiental.

Embora a importância da Amazônia seja reconhecida, há uma notável falta de consenso internacional sobre as medidas adequadas para sua preservação. As abordagens propostas nas Conferências das Partes (COPs) sobre mudanças climáticas, como a COP 21 de Paris (2015), COP 3 de Kyoto (1997), COP 26 de Glasgow (2021) e COP 28 de Dubai (2023), revelam a disparidade entre as expectativas dos países desenvolvidos e os interesses dos países amazônicos. Esse cenário revela o estágio politizado da questão amazônica: o tema está na agenda pública e institucional, mobilizando recursos e decisões, mas sem que tenham sido legitimadas ações excepcionais que caracterizariam a securitização plena.

Portanto, compreende-se que, ao comparar com demais regiões do país, a Amazônia pode apresentar peculiaridades, tais como isolamento geográfico e a necessidade de políticas públicas específicas para um desenvolvimento responsivo com o meio ambiente. Dos Santos (2021, p. 42) faz um importante destaque de que os debates que pairam sobre a Amazônia são intrinsecamente conectados a outros termos:

Os debates sobre a Amazônia estão eivados de outros termos conexos como: fronteiras, meio ambiente, índios, populações tradicionais, exploração econômica, soberania, escassez de recursos naturais, floresta, água, biodiversidade, preservação, desenvolvimento sustentável, e outros mais. Sob esse prisma, e para além do determinismo geográfico regional, as dimensões conceituais desses termos apontam para a necessidade de adoção de soluções complexas e abrangentes, que devem ser concertadas de modo multilateral por todos os condôminos amazônicos.

Essa tensão se manifesta em propostas que, embora revestidas de retórica ambiental, podem servir como instrumentos de coerção diplomática e econômica. Um exemplo emblemático é o projeto do Corredor Triplo A (Andes-Amazônia-Atlântico), proposto pelo governo colombiano e apoiado por outros atores internacionais. A iniciativa visava criar um corredor ecológico contínuo entre os Andes e o Atlântico, atravessando territórios estratégicos.

No entanto, foi duramente criticada por autoridades brasileiras, especialmente no setor de defesa, que apontaram a ausência de diálogo bilateral e o risco de ingerência internacional sob o pretexto da preservação ambiental (Dos Santos, 2021). A reação brasileira evidencia como a Amazônia pode se tornar campo de disputas geopolíticas travestidas de preocupações ecológicas.

Além disso, a complexidade do bioma amazônico vai além de sua dimensão ecológica. Trata-se de uma região marcada por desigualdades socioeconômicas, ausência crônica de infraestrutura, carência de serviços públicos e dificuldades logísticas. Essas características dificultam a implementação de políticas ambientais eficazes e sustentáveis. Conforme aponta Bezerra (2013, p. 170), o desenvolvimento da Amazônia demonstra uma possibilidade de desenvolvimento econômico em sintonia com particularidades locais, isto é, uma abordagem que articule soberania, cooperação regional e infraestrutura mínima de conectividade.

As fragilidades internas da região tornam-na ainda mais vulnerável às pressões externas. A ausência de unidade de pensamento em nível internacional sobre critérios de preservação e as iniciativas unilaterais reforçam a necessidade de uma posição estratégica brasileira bem definida. Isso pode ser apontando por meio do uso crescente de barreiras tarifárias ambientais por países desenvolvidos, como a exigência de certificações verdes para importações agrícolas, o que exemplifica como a pauta climática pode ser utilizada como instrumento de dominação econômica (Ribas; Riet, 2025, p. 130).

Nessa fase, trabalha-se com possibilidades e riscos futuros advindos das condutas do Estado brasileiro e de ações de outros atores que podem não convergir com os interesses brasileiros para o futuro da região.

Ribas, Dos Santos e Konno (2025, p. 303) explanam que “projetar o futuro difere de prospectar futuros”. Na primeira, busca-se séries históricas e a curto prazo; já a prospecção é direcionada para médio e longo prazos, a fim de identificar as megatendências e as possíveis rupturas. Portanto, há de se construir cenários em um planejamento estratégico para minimizar as incertezas dentro de um horizonte temporal de adrede estipulado.

Assim se visualiza o quanto é imperioso o uso de cenários prospectivos suportando o planejamento estratégico da Amazônia de modo a promover a robustez, flexibilidade e resiliência de futuras políticas públicas para a referida região.

Em síntese, a Amazônia deve ser compreendida não apenas como um patrimônio ambiental, mas como um território estratégico cuja preservação exige uma governança ambiental soberana, baseada na cooperação entre os condôminos. Demanda, portanto, ações endógenas coordenadas que conciliem conservação, desenvolvimento e soberania, neutralizando tentativas de securitização exógena e reforçando o protagonismo dos Estados amazônicos.

4 QUESTÃO CLIMÁTICA, COOPERAÇÃO E DOMINAÇÃO

A preocupação internacional com o meio ambiente ganhou força a partir da década de 1960, impulsionada por eventos climáticos, tais como o surgimento das chuvas ácidas, a destruição de camada de ozônio e o reconhecimento do efeito estufa como fenômeno global causado majoritariamente por ações antrópicas.

Nos Estados Unidos da América (EUA), destaca-se, como marco simbólico do despertar ambientalista, a publicação do livro *Primavera Silenciosa* (1962) de Rachel Carson, que denunciou os impactos do dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), um inseticida amplamente utilizado na época, sobre os ecossistemas, transformando-se em referência do movimento ambiental moderno.

Desde então, a questão ambiental tornou-se pauta crescente nos fóruns internacionais, especialmente após a Conferência de Estocolmo (1972) e a publicação de *The Limits to Growth* pelo Clube de Roma, que projetava cenários catastróficos caso o modelo de crescimento econômico desenfreado persistisse (Lago, 2013, p. 24). Essas iniciativas anteciparam o debate contemporâneo sobre os limites do planeta e os custos do desenvolvimento. No entanto, também revelaram uma tensão central: quem arcará com os custos das transições ecológicas? Quais países poderão impor seus paradigmas de preservação ambiental?

A teoria da securitização, da Escola de Copenhague, oferece uma lente para compreender como esse debate pode ser instrumentalizado. Segundo Buzan e Hansen (2009, p. 214), segurança “faz algo” (securitiza) ao enquadrar um tema como ameaça existencial. No setor ambiental, esse enquadramento permite legitimar medidas excepcionais, inclusive sanções e restrições comerciais, como forma de pressionar Estados a adotar políticas específicas.

Portanto, o discurso de segurança não apenas descreve uma ameaça, mas produz essa ameaça ao nomeá-la como tal, legitimando ações excepcionais que fogem ao curso normal da política. Atores securitizadores, como líderes políticos ou instituições internacionais, podem apresentar a destruição ambiental como uma ameaça existencial, justificando medidas extraordinárias como sanções, barreiras comerciais ou ingerência diplomática.

No caso da Amazônia, essa lógica se manifesta quando atores internacionais apresentam a floresta como objeto referencial global e questionam a capacidade do Brasil de preservá-la, deslocando o tema para um patamar em que decisões soberanas podem ser relativizadas em nome da “sobrevivência planetária”.

O Brasil, entretanto, dispõe de um robusto arcabouço jurídico ambiental. A Constituição Federal de 1988 consagrou a proteção ao meio ambiente como direito fundamental (art. 225), com instituição de políticas robustas como o Código Florestal (Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012), a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981) e mecanismos de controle como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).

Contudo, a existência dessas normas não impede que o país seja alvo de narrativas securitizadoras, pois a securitização é menos sobre capacidades objetivas e mais sobre construções discursivas aceitas por uma audiência internacional. No plano internacional, os efeitos das mudanças climáticas são percebidos de forma desigual. A maior parte das emissões de gases de efeito estufa é produzida por um número restrito de países industrializados, enquanto os impactos ambientais recaem de forma mais intensa sobre nações em desenvolvimento (Giddens, 2010, p. 268).

As conferências climáticas, como a de Kyoto (1997), Paris (2015) e Glasgow (2021), mostram que países desenvolvidos tendem a defender padrões regulatórios mais rígidos, enquanto países em desenvolvimento enfatizam o direito ao crescimento e à justiça climática. Essa divergência alimenta um cenário politizado, em que a pauta ambiental é negociada politicamente, mas ainda não justifica, no caso brasileiro, ações excepcionais que caracterizariam uma securitização plena.

O caso do Ártico é exemplar dessa lógica: com o derretimento do gelo polar, potências como Estados Unidos, Rússia, China e Canadá passaram a disputar as rotas marítimas e os recursos naturais ali disponíveis, priorizando interesses estratégicos e econômicos mesmo diante dos alertas ecológicos. A pre-

valência da geopolítica sobre a ecopolítica revela como a agenda ambiental pode ser relativizada diante de interesses nacionais, reforçando a tese de que o discurso da preservação pode servir como pretexto para práticas de dominação (Viola; Franchini, 2012).

A imposição de padrões sustentáveis desvinculados das realidades socioeconômicas locais exemplifica essa tendência, concomitantemente deslegitimando políticas soberanas de manejo ambiental compatíveis com os interesses de desenvolvimento dos países periféricos. Assim, sob o manto da preservação ambiental, constrói-se uma nova forma de colonialismo discursivo, no qual a ecologia serve como vetor de poder e de influência internacional.

No caso da Amazônia, o ecossistema é frequentemente construído como um objeto referencial global, abrindo margem para a relativização da soberania dos países amazônicos. Tal discurso, ainda que dissimulado de preocupação ambiental, pode mascarar disputas geopolíticas por recursos estratégicos, como água, minérios e biodiversidade, e se conecta à crítica de Viola e Franchini (2012) sobre o uso político da ecopolítica como pretexto para práticas de dominação.

A segurança ambiental também reflete disputas epistêmicas e materiais entre Norte e Sul globais. Como apontam Buzan e Hansen (2009, p. 129), os primeiros estudos sobre degradação ambiental surgiram “dentro de agendas científicas e políticas sobrepostas” (tradução livre de “within overlapping scientific and policy agendas”), ou seja, a partir de agendas técnico-normativas que tendiam a preservar o olhar dos países centrais.

No entanto, as abordagens críticas – como os Estudos Pós-Coloniais, a Pesquisa para a Paz e a Segurança Humana – destacam que os impactos da degradação ambiental recaem de forma desproporcional sobre os países periféricos, embora estes tenham contribuído historicamente, de forma menos intensa para as emissões. Essa assimetria é visível nas conferências climáticas, nas quais países desenvolvidos pressionam por compromissos regulatórios que, muitas vezes, limitam as possibilidades de crescimento econômico dos países em vias de desenvolvimento, criando novas formas de subordinação ambiental.

Vê-se que a imposição de restrições ambientais pode, portanto, tornar-se ferramenta de dominação econômica e diplomática, por meio de mecanismos como barreiras tarifárias ambientais, condicionais para financiamento internacional e acordos comerciais assimétricos. A Amazônia insere-se nesse panorama global de disputa.

Com sua vasta biodiversidade e mananciais de recursos estratégicos, o bioma torna-se alvo de pressões externas, inclusive sob a forma de narrativas securitizadoras. Segundo Antiquera (2006, p. 19), a crescente atenção mundial à Amazônia pela sua relevância ecológica acende o alerta entre os países amazônicos sobre possíveis tentativas de relativizar suas soberanias. Como adverte Santos (2018, p. 105), a escassez de recursos naturais e a vulnerabilidade ambiental elevam o risco de securitização externa sobre o território amazônico.

A questão climática emerge, portanto, como arena de cooperação necessária, mas também como campo potencial de dominação. O desafio está em construir um equilíbrio entre os objetivos de preservação ambiental e os direitos ao desenvolvimento soberano. Essa conciliação exige protagonismo estatal, diplomacia ambiental ativa e políticas públicas que integrem sustentabilidade e autonomia estratégica.

5 SEGURANÇA, DEFESA E MEIO AMBIENTE

A crescente visibilidade da questão climática no cenário internacional elevou a importância de sua articulação com os setores de segurança e defesa. Em um mundo cada vez mais interdependente, as diretrizes ambientais passaram a ser utilizadas como mecanismos de inserção e credibilidade internacional. Para o Brasil, país com vasto território e imensa biodiversidade, especialmente na região amazônica, isso implica alinhar suas políticas públicas a normas internacionais sem abdicar da soberania e dos interesses estratégicos nacionais.

Devem ainda considerar as denominadas “forças profundas” (Duroselle, 2000, p. 186), que são condições estruturais geográficas, demográficas, econômicas, culturais e sentimentais que moldam a percepção e a resposta dos Estados. Esses fatores influenciam o contexto em que atos de fala securitizantes sobre a Amazônia ganham tração, ampliando a receptividade às narrativas que buscam deslocar o tema para o estágio securitizado ou manter sua gestão no âmbito politizado.

A segurança ambiental, nesse contexto, extrapola a simples preservação de ecossistemas: transforma-se em variável fundamental para a estabilidade política, energética, alimentar e hídrica. Cenários prospectivos, como o Brasil 2035 do Ipea e da Assecor (Marcial et al., 2017, p. 191), apontam que a Amazônia continuará sendo um foco de tensão, tanto pelo valor estratégico de seus recursos quanto pelas pressões internacionais que buscam influenciar sua governança ambiental.

As ameaças climáticas, portanto, não atuam isoladamente. Elas tendem a catalisar ou agravar ameaças já existentes, como crises migratórias, tensões fronteiriças e disputas por recursos energéticos. Conforme argumenta Krausmann et al. (2009, p. 14), o aumento da demanda global e do consumo per capita impõe pressões significativas sobre a extração e o uso de recursos, intensificando os riscos de instabilidade.

Nesse cenário, a centralidade do Estado como agente da segurança é reafirmada. Apesar das críticas contemporâneas à capacidade estatal, é o Estado que detém o monopólio legítimo do uso da força e a responsabilidade de garantir a integridade territorial e o bem-estar de sua população (Ferrajoli, 2002, p. 48). A soberania, neste sentido, constitui pilar inegociável para a definição de políticas ambientais e de defesa.

A segurança ambiental, nesse contexto, deve ser incorporada como variável estratégica na formulação de uma GEN. No caso brasileiro, a Política Nacional de Defesa (PND), Estratégia Nacional de Defesa (END) e Livro Branco de Defesa Nacional (LBDN) formam o núcleo instrumental. À luz da teoria da securitização, tal arranjo delimita quando riscos ambientais permanecem no estágio politizado (gestão ordinária) e quando demandam medidas excepcionais de defesa, desenvolvimento sustentável ou resiliência frente a pressões externas.

Contudo, sob a ótica da securitização, tais documentos permanecem predominantemente no estágio de politização: reconhecem a relevância estratégica, mas não estabelecem mecanismos que integrem as metas climáticas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) a ações de defesa, nem medidas que caracterizem uma resposta securitizada plena, o que reforça a fragmentação institucional e a dificuldade de transpor a retórica para a prática.

A PND, ainda assim, estabelece um vínculo formal entre meio ambiente e segurança, o que permite inferir que o Estado brasileiro admite a hipótese de securitizar o setor ambiental. Essa previsão se alinha à lógica da securitização ambiental ao reconhecer que ameaças climáticas e ambientais podem ser enquadradas como riscos à segurança nacional. Na seção nº 2 da PND, nominada como “O contexto da Política Nacional de Defesa”, observa-se no item 2.3.5 o seguinte:

(...) a expansão mundial das atividades humanas, decorrente dos crescimentos econômico e populacional, tem resultado na ampliação da demanda por recursos naturais. Dessa forma, não se pode negligenciar a intensificação de disputas por áreas marítimas, pelo domínio espacial e por fontes de água doce, de alimentos, de recursos minerais, de biodiversidade e de energia. Tais questões poderão levar a ingerências em assuntos internos ou a controvérsias por interesses sobre espaços sujeitos à soberania dos Estados, configurando possíveis quadros de conflito (Brasil, 2020, p. 17).

Além do caso brasileiro, experiências internacionais indicam a crescente incorporação da agenda ambiental às estruturas de defesa. A União Europeia, por exemplo, anunciou em 2021 a criação de uma força de proteção ambiental dentro de sua política de segurança e defesa, voltada para ações em áreas vulneráveis a desastres climáticos e conflitos ecológicos. Tais iniciativas exemplificam a fase politizada ou mesmo securitizada da agenda ambiental em determinados contextos, conforme a Escola de Copenhague.

A geopolítica amazônica, portanto, precisa ser compreendida como espaço de disputa simbólica e material. Meira Mattos (2005) já advertia para a necessidade de integração do território nacional por meio da ocupação estratégica das fronteiras, visando a proteção contra a internacionalização da Amazônia e a preservação de suas riquezas naturais.

No mesmo sentido, Bertha Becker (2005) alerta para a transformação da geopolítica contemporânea, que atua de forma difusa sobre as decisões dos Estados, utilizando-se de instrumentos não convencionais para influenciar o uso e o controle dos territórios.

A geopolítica sempre se caracterizou pela presença de pressões de todo tipo, intervenções no cenário internacional desde as mais brandas até guerras e conquistas de territórios. Inicialmente, essas ações tinham como sujeito fundamental o Estado, pois ele era entendido como a única fonte de poder, a única representação da política, e as disputas eram analisadas apenas entre os Estados. Hoje, a geopolítica atua, sobretudo, por meio do poder de influir na tomada de decisão dos Estados sobre o uso do território, uma vez que a conquista de territórios e as colônias tornaram-se muito caras. Assim, as imensidões geográficas balizadas por fronteiras multinacionais, bem como um patrimônio riquíssimo a ser explorado junto com seus parceiros amazônicos, evocam as ameaças e cobiças internacionais sobre a região.

A integração da Amazônia como objeto de segurança internacional deve ser analisada à luz dos Estudos Críticos de Segurança, sobretudo da teoria da securitização. Para Buzan e Hansen (2009, p. 214), securitizar significa deslocar um tema do campo da política ordinária para o da urgência, legitimando ações excepcionais.

Nesse contexto, a Amazônia não é apenas uma floresta tropical, mas um objeto referencial cuja proteção tem sido invocada em discursos internacionais que, ao mesmo tempo que clamam por preservação ambiental, podem relativizar a soberania dos Estados Pan-amazônicos. A Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), criada com o objetivo de reforçar a cooperação regional e proteger a integridade territorial dos países amazônicos, representa uma resposta institucional multilateral a essas narrativas securitizadoras (Dos Santos; Ribas, 2024, p. 17).

A atuação da OTCA revela que a multilateralidade entre países amazônicos pode funcionar como estratégias de securitização endógena, nas quais os próprios Estados amazônicos reconhecem riscos e formulam respostas conjuntas, reforçando a autonomia frente a pressões externas. Esse modelo pós-hegemônico é relevante para o Sul Global, pois integra cooperação ambiental e defesa da soberania. Segundo Santos e Ribas (2024, p. 20), a criação da organização visou reagir a discursos subliminares que relativizavam a soberania brasileira e buscavam construir uma frente diplomática coesa contra a internacionalização do bioma.

Tal arranjo demonstra que os países Pan-amazônicos reconhecem a importância da cooperação ambiental, mas rechaçam qualquer tentativa de subordinação geopolítica em nome da ecologia. A OTCA, portanto, encarna um modelo de securitização endógena – não como imposição de fora para dentro, mas como ação coletiva de defesa da soberania, da preservação ambiental e da sustentabilidade regional.

A articulação entre soberania e segurança ambiental, nesse sentido, adquire contornos distintos no Sul Global. Enquanto nos países centrais a segurança ambiental tende a ser compreendida como um imperativo técnico-normativo com vocação universalizante, nas periferias geopolíticas ela se imbrica com a afirmação de autonomia e resistência à dependência.

Buzan e Hansen (2009, p. 129) chamam à atenção para a tendência de as abordagens tradicionais da segurança ambiental manterem o Estado como objeto referencial, mas ignorarem as desigualdades estruturais no sistema internacional. Já a OTCA emerge como um exemplo de iniciativa de segurança ambiental pós-hegemônica: ancorada em experiências regionais, voltada à emancipação e fundada na cooperação entre iguais.

Diante disso, torna-se essencial construir políticas de defesa que articulem soberania, desenvolvimento, proteção e defesa ambiental. A complexidade dos desafios contemporâneos exige um planejamento estratégico baseado em cenários prospectivos, amplo diálogo interinstitucional e a valorização da Amazônia como ativo nacional, cuja defesa é parte indissociável do projeto de país.

A crescente interdependência global e os desafios ambientais transnacionais trouxeram à tona uma tensão estrutural entre os paradigmas da soberania e da segurança ambiental. Enquanto os primeiros se fundamentam no princípio da autodeterminação dos povos e na não intervenção (Dallari, 1981, p. 109), a segunda demanda coordenação internacional, compromissos vinculantes e, muitas vezes, renúncia parcial à autoridade decisória exclusiva dos Estados. Para os países amazônicos, esse dilema é particularmente agudo: como cooperar internacionalmente sem renunciar ao controle sobre seus territórios, voltando-se para o desenvolvimento nacional?

A OTCA oferece um modelo singular de superação dessa dicotomia. Ao articular soberania e multilateralismo entre países que compartilham o mesmo ecossistema, ela permite que a governança ambiental seja exercida com legitimidade e conhecimento territorial. Como enfatizam Dos Santos, Ribas e Konno (2023, p. 13), a globalização provocou erosões seletivas de soberania, afetando principalmente países periféricos; nesse contexto, a OTCA funciona como instrumento contra-hegemônico, permitindo soluções regionais para problemas globais. Tal arranjo reforça a ideia de que a soberania não deve ser vista como obstáculo à cooperação, mas como condição para uma governança ambiental justa e equitativa.

Essa perspectiva contrasta com a de setores do Norte Global, que frequentemente defendem formas de “governança ambiental global” que, na prática, operam como mecanismos de vigilância e condicionamento. Assim, uma segurança ambiental emancipada – como propõem os estudos críticos – precisa estar enraizada em arranjos regionais como a OTCA, que conciliam proteção ambiental com soberania e justiça distributiva entre os povos.

6 CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

A ascensão da questão climática na pauta do sistema internacional transformou o modo como os Estados, as organizações multilaterais e outros atores abordam os temas de defesa e segurança. Longe de se restringir à esfera ambiental, a crise climática tornou-se vetor transversal de disputas geopolíticas, especialmente em regiões dotadas de elevada relevância ecológica e estratégica, como a Amazônia.

Neste cenário, o Brasil ocupa posição ambivalente: é protagonista normativo em fóruns ambientais globais, mas também alvo de narrativas securitizadoras que colocam em questão sua soberania sobre a Amazônia. A análise desenvolvida demonstrou que, conforme a Escola de Copenhague, esse enquadramento não é neutro nem estritamente técnico, mas resultado de processos políticos e discursivos que constroem, de forma intersubjetiva, a Amazônia como objeto referencial da segurança internacional, justificando potenciais intervenções normativas, diplomáticas e econômicas.

O estudo da OTCA demonstrou que os países pan-amazônicos têm resistido a essa lógica verticalizada por meio de uma abordagem cooperativa, horizontal e multilateral. Tal iniciativa pode ser lida, ora como coordenação cooperativa no estágio politizado e, em certos aspectos, como estratégia de dessecuritização, ao trazer o tema para a governança ordinária entre os Estados amazônicos, sem acionar medidas excepcionais.

Ao mesmo tempo, instrumentos internacionais de governança ambiental, como tratados climáticos e mecanismos comerciais “verdes”, podem operar como ferramentas de dominação normativa, quando não incorporam justiça climática e respeito à autonomia dos Estados. Esse risco exige que o Brasil atue como formulador de regras e não apenas como receptor, contestando enquadramentos que ameacem sua soberania.

O país dispõe de um dos arcabouços jurídicos ambientais mais robustos do mundo, o que lhe confere capacidade normativa para liderar a agenda de desenvolvimento sustentável. Contudo, essa força normativa precisa estar integrada a uma GEN que incorpore a variável climática de forma transversal às políticas de defesa, segurança, infraestrutura, diplomacia, desenvolvimento e inovação. Sem essa integração, a Amazônia continuará vulnerável a pressões externas que instrumentalizam a agenda ambiental como mecanismo de coerção.

A defesa da Amazônia não se limita à contenção de ameaças externas, mas exige também a construção de condições internas para seu desenvolvimento sustentável, integrado e seguro, com presença estatal fortalecida, investimentos em ciência e tecnologia, infraestrutura sustentável e mecanismos de governança participativa. A tensão entre segurança ambiental e soberania é estrutural, manifestando-se, por exemplo, nas COPs, em que países desenvolvidos defendem compromissos regulatórios rígidos, enquanto países em desenvolvimento reivindicam justiça climática e compensações por desigualdades históricas.

Essa assimetria revela como a agenda climática pode operar como instrumento de coerção normativa e dominação diplomática, sobretudo quando vinculada a barreiras tarifárias, restrições comerciais ou condicionalidades financeiras. Nesse contexto, o fortalecimento de arranjos regionais como a OTCA desponta como alternativa contra-hegemônica, capaz de articular uma visão sul-americana da segurança ambiental e resgatar a autonomia decisória em temas centrais à segurança nacional e regional.

A Amazônia é, simultaneamente, desafio e oportunidade: desafio por sua vulnerabilidade geopolítica e socioambiental; oportunidade por sua centralidade na construção de um paradigma civilizatório baseado em cooperação, diversidade e integração regional. O futuro da segurança ambiental brasileira dependerá, em larga medida, da capacidade de conjugar soberania, multilateralismo e desenvolvimento sustentável em um mesmo horizonte estratégico.

Reconhecer a Amazônia como ativo geopolítico, e não apenas como passivo ambiental, é passo seguro para garantir que o Brasil se mantenha sujeito ativo na formulação de sua própria agenda climática, de desenvolvimento, segurança e defesa. Portanto, a reflexão proposta aqui aponta para o reposicionamento da questão climática como tema de segurança estratégica do Estado brasileiro. Isso não implica militarização automática e, sim, seu reconhecimento como vetor de políticas públicas, estratégias de defesa, acordos internacionais e programas de desenvolvimento harmonizados sob a lógica da sustentabilidade soberana.

REFERÊNCIAS

ANTIQUERA, Daniel de Campos. **A Amazônia e a Política Externa Brasileira: Análise do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) e sua transformação em Organização Internacional (1978–2002)**. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

BECKER, Bertha Koiffmann. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 71-86, abr. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/54s4tSXRLqzF3KgB7qRTWdg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BEZERRA, Joana Carlos. O papel do meio ambiente na política externa brasileira. **Ideias**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 151-173, jul. 2013. DOI: 10.20396/ideias.v4i1.8649401. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/view/8649401>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2025]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 abr. 2025.

BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2025]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 05 mai. 2025.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 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 nos 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. Brasília, DF: Presidência da República, [2025]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 5 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa. Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2020. 79 p. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

BROWN, Lester. **Redefining National Security**. Washington: Worldwatch Institute, 1977.

BUZAN, Barry; WÆVER, Ole; DE WILDE, Jaap. **Security: a new framework for analysis**. Boulder: Lynne Rienner, 1998.

BUZAN, Barry; HANSEN, Lene. **The evolution of international security studies**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

CARSON, Rachel. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1962.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 1991.

COSTA, Camilla. Amazônia: O que ameaça a floresta em cada um de seus 9 países? **BBC News Brasil**, Londres, 18 fev. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-51377232>. Acesso em: 17 abr. 2025.

DALLARI, Dalmo de Abreu. Empresas multinacionais e soberania do Estado. **Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 76, n. 1981, p. 107-121, jan. 1981. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rfdusp/article/view/66917>. Acesso em: 10 ago. 2025.

DOS SANTOS, Antonio. **O movimento de securitização do Corredor Triplo A no âmbito do setor ambiental: atores, agendas e dinâmicas (2015–2019)**. 2021. Dissertação (Mestrado em Segurança e Defesa) – Departamento de Estudos, Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro.

DOS SANTOS, Antonio; RIBAS, Lídia Maria. A Organização do Tratado de Cooperação Amazônia segundo a ótica da Geopolítica, da Soberania e da Multilateralidade. **Cadernos de Estudos Estratégicos**, Rio de Janeiro, v. 2024, n. 1, p. 16-37, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/esg/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/cadernos/edicoes-do-ano-corrente/cadernos-de-estudos-estrategicos_26_02_24-fev-2.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

DOS SANTOS, Antonio; RIBAS, Lúcia Maria; KONNO, Fernanda Ramos. Globalização como desafio contemporâneo para a Soberania Nacional. **Omnidef Analysis**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 3-16, jun. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/esg/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletim-de-defesa-e-seguranca/omnidef-analysis/arquivos/portugues/2023/omnidef-analysis_ed-1-__29_junho-2023_vf-1.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

DUROSELLE, Jean-Baptiste. **Todo Império Perecerá**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.

FERRAJOLI, Luigi. **A soberania no mundo moderno: nascimento e crise do Estado Nacional**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

GIDDENS, Anthony. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

GÓES, Guilherme Sandoval. Grande Estratégia Brasileira da Tríplíce Triáde: pensando o futuro do País. **Revista da Escola Superior de Guerra**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 86, p. 34-61, maio/ago. 2024. DOI: 10.47240/revistadaesg.v39i86.1372. Disponível em: <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/view/1372>. Acesso em 11 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: Indígenas: Primeiros resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102018>. Acesso em: 10 ago. 2025.

KRAUSMANN, Fridoslin; GINFRICH, Simone; EISENMENGER, Nina; ERB, Karl-Heinz; HABERL, Helmut; FISCHER-KOWALSKI, Marina. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 68, n. 10, p. 1-19, ago. 2009. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.05.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909002158>. Acesso em: 10 ago. 2025.

LAGO, André Aranha Corrêa do. **Conferências de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: FUNAG, 2013. Disponível em: <https://funag.gov.br/loja/download/1047-conferencias-de-desenvolvimento-sustentavel.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2025.

MARCIAL, Elaine Coutinho; CURADO, Maurício Pinheiro Fleury; OLIVEIRA, Márcio Gimene de; CRUZ JÚNIOR, Samuel Cesar da; COUTO, Leandro Freitas (Eds.). **Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento**. Brasília: IPEA: Assecor, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7910>. Acesso em: 11 ago. 2025.

MARCIAL, Elaine Coutinho; GRUMBACH, Raul Jose dos Santos. **Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008.

MEIRA MATTOS, Carlos de. A internacionalização da Amazônia. **Folha de S. Paulo, São Paulo**, 13 abr. 2005. Tendências/Debates. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/fz1304200510.htm>. Acesso em: 22 abr. 2005.

OLIVEIRA, Ney Coe de. Amazônia, pulmão do mundo?. **Revista Conjuntura Econômica**, São Paulo, v. 45, n. 12, p. 14, dez. 1991. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rce/article/view/55274/53943>. Acesso em: 11 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Acordo de Paris. Paris: UNFCCC, 2015. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Decisão sobre a Avaliação Global – COP28 Dubai. Dubai: UNFCCC, 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/636264>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Glasgow Climate Pact – Decision 1/CMA.3. Glasgow: UNFCCC, 2021. Disponível

em: <https://unfccc.int/documents/310497>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Kyoto: UNFCCC, 1997. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração sobre o Meio Ambiente Humano**. Estocolmo: ONU, 1972. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/CONF.48/14/Rev.1>. Acesso em: 27 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA (OTCA). **Cooperation Opportunities in the Amazon Region**. 2017. Disponível em: <https://otca.org/en/wp-content/uploads/2021/01/Cooperation-Opportunities-in-the-Amazon-Region.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2025.

PORTER, Michael Eugene. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 1989.

RIBAS, Lídia Maria; DOS SANTOS, Antonio; KONNO, Fernanda Ramos. Geopolítica, Amazônia e Futuro do Brasil. In: DOS SANTOS, Antonio; RIBAS, Lídia Maria; GÓES, Guilherme Sandoval. **Brasil e a sua Inserção Futura na Ordem Multipolar**. Rio de Janeiro: Catalivros, 2025. p. 289-305.

RIBAS, Lídia Maria; RIET, Fernanda Ramos Konno van. Democracia Cosmopolita da União Europeia: perspectivas e desafios ambientais. In: ESPÓSITO NETO, Tomaz; NASCIMENTO, Arthur Ramos do; PEREIRA, Demetrius Cesário; LUZ, Mateus Ferrari. **União Europeia no Século XXI: perspectivas do “Sul Global”**. Foz do Iguaçu: Editora IDESF de Estudos e Projetos, 2025. p. 119-135.

SACHS, Ignacy. Amazônia – laboratório das biocivilizações do futuro. **Le Monde Diplomatique Brasil**, 14 nov. 2008. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/amazonia-laboratorio-das-biocivilizacoes-do-futuro/>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SANTOS, Marcos Cardoso dos. **Construindo Inimigos Para a América do Sul: os discursos de segurança no conselho de defesa da Unasul**. 1. ed. Curitiba: Appris Editora, 2018.

ULLMAN, Richard H. Redefining Security. **International Security**, Londres, v. 8, n. 1, p. 129-153, dez./mar. 1983. DOI: 10.2307/2538489. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2538489>. Acesso em: 11 ago. 2025.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matías. Sistema internacional de hegemonia conservadora: o fracasso da Rio + 20 na governança dos limites planetários. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 118, dez. 2012. DOI: 10.1590/S1414-753X2012000300002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/7v4qmGKwntYmpPwbqT5W6Dk/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

Meio século de mudanças na temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal

Half a century of air temperature changes in the capitals of the Legal Amazon

Medio siglo de cambios en la temperatura del aire en las capitales de la Amazonía Legal

Un demi-siècle de changements de température de l'air dans les capitales de l'Amazonie légale

Data da submissão: 29 de maio de 2025 **Data da aprovação:** 19 de setembro de 2025

*Cleber Assis dos Santos¹
Nilzele de Vilhena Gomes Jesus²
Leticia Karyne da Silva Cardoso³*

Resumo

O aumento das temperaturas impacta significativamente os centros urbanos da Amazônia. Este estudo teve como objetivo analisar a evolução temporal e as tendências de aquecimento da temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal no último meio século (1970-2024), com ênfase na identificação de tendências de aquecimento. Utilizaram-se dados de reanálise ERA5, aplicando os testes de Mann-Kendall, estimador de Sen e teste de Pettitt para identificar tendências e pontos de mudança. Todas as capitais apresentaram tendências de aquecimento estatisticamente significativas (Z_{MK} 5,78 a 7,23, $p < 0,0001$), com taxas de aumento anual variando de $0,019^{\circ}\text{C}$ a $0,032^{\circ}\text{C}$. Pontos de mudança foram predominantemente identificados entre as décadas de 1990 e 2000. A comparação entre os períodos pré e pós-mudança revelou aumentos significativos de temperatura, com amplitudes entre $0,52^{\circ}\text{C}$ (São Luís) e $0,91^{\circ}\text{C}$ (Boa Vista), indicando aquecimento substancial e heterogeneidade espacial, com maior intensidade no norte da região e em zonas de transição. O estudo fornece evidências robustas do aquecimento persistente nas capitais amazônicas, contribuindo com dados cruciais para políticas de adaptação climática e planejamento urbano nesta região sensível.

Palavras-chave: Amazônia Legal; mudanças climáticas; aquecimento urbano.

Abstract

Rising temperatures have a significant impact on urban centers in the Amazon. This study aimed to analyze the temporal evolution and warming trends of air temperature in the capitals of the Legal Amazon over the last half century (1970-2024), with an emphasis on identifying warming trends. ERA5 reanalysis data were

¹Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Doutor em Ciência do Sistema Terrestre pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. E-mail: cleber.santos@sipam.gov.br.

²Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Doutora em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: nilzele.jesus@sipam.gov.br.

³Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: leticia.cardoso@sipam.gov.br

used, applying the Mann-Kendall test, Sen estimator, and Pettitt test to identify trends and change points. All capitals showed statistically significant warming trends (Z_{MK} 5.78 to 7.23, $p < 0.0001$), with annual increase rates ranging from 0.019°C to 0.032°C . Change points were predominantly identified between the 1990s and 2000s. Comparison between pre- and post-change periods revealed significant temperature increases, with amplitudes between 0.52°C (São Luís) and 0.91°C (Boa Vista), indicating substantial warming and spatial heterogeneity, with greater intensity in the north of the region and in transition zones. The study provides robust evidence of persistent warming in Amazonian capitals, contributing crucial data for climate adaptation policies and urban planning in this sensitive region.

Keywords: Legal Amazon; climate change; urban warming.

Resumen

El aumento de las temperaturas impacta significativamente los centros urbanos de la Amazonía. Este estudio tuvo como objetivo analizar la evolución temporal y las tendencias de calentamiento de la temperatura del aire en las capitales de la Amazonía Legal en el último medio siglo (1970-2024), con énfasis en la identificación de tendencias de calentamiento. Se utilizaron datos de reanálisis ERA5, aplicando las pruebas de Mann-Kendall, el estimador de Sen y la prueba de Pettitt para identificar tendencias y puntos de cambio. Todas las capitales presentaron tendencias de calentamiento estadísticamente significativas (Z_{MK} 5,78 a 7,23, $p < 0,0001$), con tasas de aumento anual que varían entre $0,019^{\circ}\text{C}$ y $0,032^{\circ}\text{C}$. Los puntos de cambio fueron predominantemente identificados entre las décadas de 1990 y 2000. La comparación entre los períodos pre y post-cambio reveló aumentos significativos de temperatura, con amplitudes entre $0,52^{\circ}\text{C}$ (São Luís) y $0,91^{\circ}\text{C}$ (Boa Vista), lo que indica un calentamiento sustancial y heterogeneidad espacial, con mayor intensidad en el norte de la región y en zonas de transición. El estudio proporciona pruebas sólidas del calentamiento persistente en las capitales amazónicas, contribuyendo con datos cruciales para políticas de adaptación climática y planificación urbana en esta región sensible.

Palabras clave: Amazonía Legal; cambio climático; calentamiento urbano.

Résumé

L'augmentation des températures impacte de manière significative les centres urbains de l'Amazonie. Cette étude visait à analyser l'évolution temporelle et les tendances de réchauffement de la température de l'air dans les capitales de l'Amazonie légale au cours du dernier demi-siècle (1970-2024), en mettant l'accent sur l'identification des tendances de réchauffement. Des données de réanalyse ERA5 ont été utilisées, en appliquant les tests de Mann-Kendall, l'estimateur de Sen et le test de Pettitt pour identifier les tendances et les points de changement. Toutes les capitales ont montré des tendances de réchauffement statistiquement significatives (Z_{MK} 5,78 à 7,23, $p < 0,0001$), avec des taux d'augmentation annuels variant de $0,019^{\circ}\text{C}$ à $0,032^{\circ}\text{C}$. Les points de changement ont été principalement identifiés entre les décennies de 1990 et 2000. La comparaison entre les périodes avant et après le changement a révélé des augmentations significatives de température, avec des amplitudes allant de $0,52^{\circ}\text{C}$ (São Luís) à $0,91^{\circ}\text{C}$ (Boa Vista), indiquant un réchauffement substantiel et une hétérogénéité spatiale, avec une plus grande intensité au nord de la région et dans les zones de transition. L'étude fournit des preuves solides du réchauffement persistant dans les capitales amazoniennes, contribuant ainsi à fournir des données cruciales pour les politiques d'adaptation climatique et la planification urbaine dans cette région sensible.

Mots-clés: Amazonie légale ; changement climatique ; réchauffement urbain.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), em seu Sexto Relatório de Avaliação (AR6), as temperaturas do ar estão aumentando globalmente como consequência das mudanças climáticas, com efeitos particularmente intensificados nos ambientes urbanos, onde o aquecimento é potencializado pela formação de ilhas de calor e pela rápida urbanização (IPCC, 2023; Shahfahad et al., 2024). De acordo com Liu et al. (2022), o aquecimento das superfícies urbanas varia conforme o porte das cidades e sua localização geográfica, sendo geralmente mais acentuado em centros urbanos maiores,



onde a densidade populacional e o processo de urbanização contribuem significativamente para a elevação das temperaturas. Esse fenômeno se agrava em áreas com infraestrutura compacta e escassez de vegetação, o que compromete os mecanismos naturais de resfriamento (Cheng et al., 2019; Hou; Estoque, 2020; Song; Park, 2021). Nesse cenário, torna-se fundamental entender como essas dinâmicas se manifestam em regiões ecologicamente sensíveis, como a Amazônia (Ferreira, Sávio José Filgueiras et al., 2021; Furtado; Pereira; de Souza, 2024), onde o avanço urbano pode acentuar os efeitos climáticos locais e regionais.

A Amazônia tem registrado mudanças climáticas marcantes nas últimas cinco décadas, com destaque para o aumento persistente e significativo da temperatura do ar (Carvalho et al., 2020; Da Silva et al., 2019; Lucas et al., 2021; Ritchie et al., 2022). Esse aquecimento contínuo afeta diretamente os principais centros urbanos da região, ampliando os desafios relacionados à saúde pública, infraestrutura e qualidade de vida (Alves de Oliveira et al., 2021; Ferreira, Mariana Abou Mourad et al., 2023). A elevação térmica é uma das expressões mais claras das alterações climáticas em escalas global e regional, com impactos profundos sobre os ecossistemas, a biodiversidade e as populações humanas que ocupam essa vasta e sensível porção do território nacional, afetando diretamente o bem-estar das comunidades urbanas (Tham et al., 2020). Diante desse quadro, torna-se imprescindível investigar as tendências de aquecimento nas capitais amazônicas, a fim de subsidiar políticas públicas e orientar o planejamento urbano, promovendo estratégias eficazes de adaptação e mitigação frente aos efeitos adversos do clima (Marengo et al., 2018).

Estudos científicos consolidados, como os de Marengo et al. (2024) e Nobre et al. (2016), têm reiteradamente demonstrado o avanço das temperaturas superficiais na extensa região amazônica. Esse processo está fortemente associado a transformações no uso e cobertura da terra, impulsionadas sobretudo pelo desmatamento voltado à expansão agrícola, pecuária e infraestrutura. No entanto, a revisão da literatura revela que a maior parte das pesquisas sobre dinâmica térmica amazônica tem se concentrado em áreas rurais ou nas zonas de transição entre floresta e áreas antropizadas. Embora essas abordagens sejam essenciais para compreender os impactos da conversão florestal, elas acabam por deixar lacunas importantes no entendimento sobre o aquecimento em áreas urbanizadas. As capitais dos estados amazônicos, que desempenham papéis centrais na administração, economia e demografia regionais, concentram uma parcela significativa e crescente da população. Essa densidade populacional, aliada ao crescimento urbano desordenado e à intensificação do efeito de ilha de calor (Raiol et al., 2024), torna essas cidades particularmente vulneráveis às consequências das mudanças climáticas.

Embora numerosos estudos já tenham documentado a elevação das temperaturas em regiões tropicais, como a Amazônia (Almeida et al., 2017; Da Silva et al., 2019; de Souza et al., 2025; Marengo et al., 2024; Ritchie et al., 2022), ainda persiste uma lacuna relevante no monitoramento contínuo e na análise aprofundada do aquecimento em áreas urbanas da região, especialmente nas capitais. Essas localidades, cada vez mais impactadas pelas transformações no uso do solo e pela intensificação dos efeitos urbanos sobre o clima, requerem abordagens metodológicas que considerem suas especificidades microclimáticas. À luz desse contexto, evidencia-se a importância de avançar na investigação das mudanças e tendências da temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal, que concentram parcela crescente da população regional e apresentam características urbanas singulares. A análise da evolução térmica ao longo de meio século permite não apenas quantificar a magnitude do aquecimento, mas também identificar padrões temporais e espaciais que contribuam para a formulação de respostas adaptativas eficazes. Investigações com esse foco, portanto, são fundamentais para preencher lacunas na literatura científica e oferecer subsídios técnicos ao planejamento urbano sustentável e à construção de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos climáticos sobre os centros urbanos amazônicos. Assim, este estudo tem como objetivo principal analisar a evolução temporal da temperatura do ar e sua tendência nas capitais da Amazônia Legal, durante o último meio século (1970-2024), com ênfase na identificação de tendências de aquecimento.

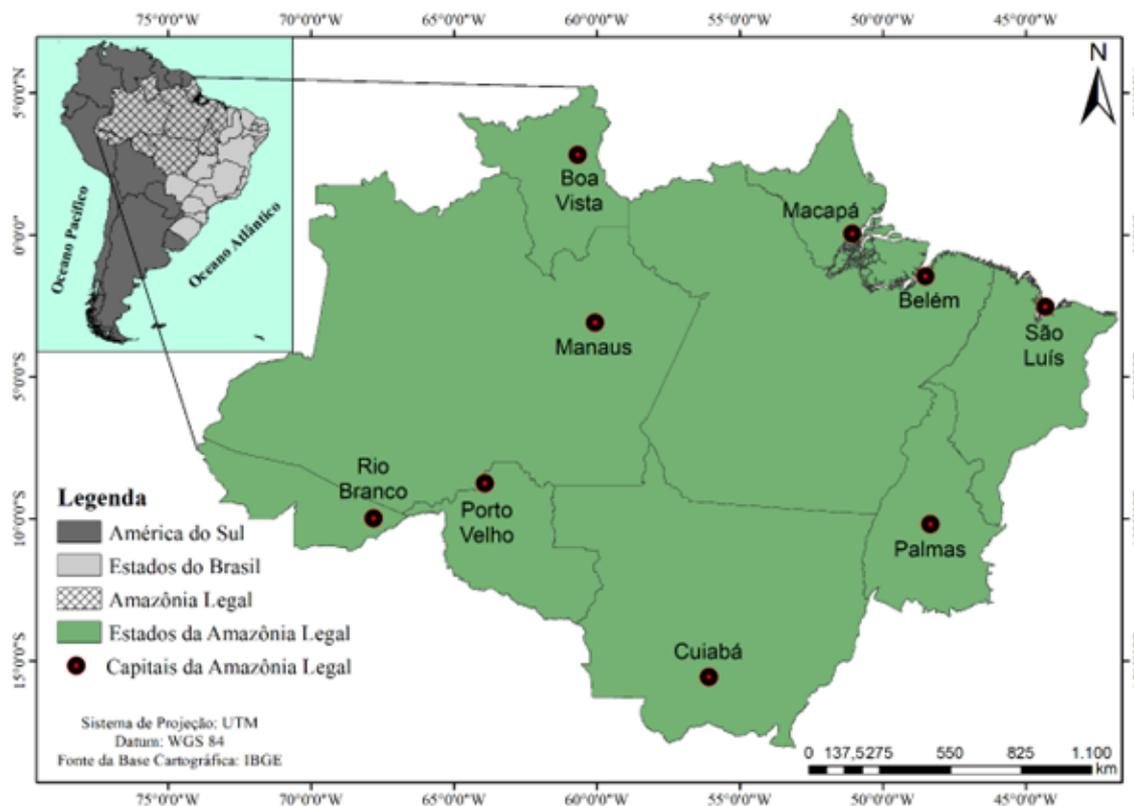
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange as nove capitais da Amazônia Legal (Figura 1): Belém – PA, Boa Vista – RR, Cuiabá – MT, Macapá – AP, Manaus – AM, Palmas – TO, Porto Velho – RO, Rio Branco – AC e São Luís – MA. Essas cidades apresentam distintas características climáticas, ambientais e urbanas, sendo representativas da diversidade socioambiental da região. De acordo com o último censo do IBGE realizado em 2022 (IBGE, 2022), o total populacional das 9 capitais (7.040.045) equivale a ~3,5% do total de habitantes do Brasil (203.080.756 de habitantes).

Meio século de mudanças na temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal

Figura 1 – Localização geográfica das capitais dos estados da Amazônia Legal



Fonte: os autores (2025).

Com base na classificação climática de Köppen-Geiger 1936 (Köppen; Geiger, 1936; Lima et al., 2023; Rahimi; Laux; Khalili, 2020), a região da Amazônia Legal possui a tipologia de clima classificada como “A” (correspondente ao clima tropical, se destacando por apresentar temperaturas médias mensais sempre superiores a 18°C ao longo do ano. Esse grupo climático também se caracteriza por apresentar elevada umidade relativa do ar e alto índice pluviométrico, embora a distribuição das chuvas ao longo do ano possa variar conforme a subcategoria). Ele é subdividido em três tipos mais específicos: o tipo “Af” (clima tropical úmido, sem estação seca; todos os meses com precipitação > 60 mm e temperaturas médias > 18°C); “Am” (clima tropical monçônico, com curta estação seca; mês mais seco com precipitação < 60 mm); e “Aw” (clima tropical sazonal, com estação seca no inverno e chuvas concentradas no verão; mês mais seco com precipitação < 60 mm). Durante o ano, a temperatura do ar não apresenta grande variabilidade, exceto no sul da Amazônia. Isso ocorre, devido a influência da passagem de sistemas frontais (Marengo; Nobre; Culf, 1997).

Nessa região existem dois principais sistemas meteorológicos quem impulsionam a elevada quantidade de precipitação entre os meses de dezembro e abril (Reboita et al., 2010). Em sua porção norte, há a atuação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), que alcança sua posição mais austral (~4°S) entre os meses de fevereiro e abril. Por outro lado, na faixa sul da Amazônia Legal, no sentido NO-SE, desde o sudoeste do Amazonas até o sudeste do Mato Grosso, ocorre a predominância da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), que tem seu pico de atuação entre os meses de dezembro e fevereiro (Liebmann et al., 1999).

2.2 BASE DE DADOS CLIMATOLÓGICOS DE TEMPERATURA DO AR

A variável de temperatura do ar a 2 metros utilizada neste estudo foi extraída do reanálise ERA5, desenvolvido pelo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) e disponibilizado pelo C3S (Copernicus Climate Change Service) (Bell et al., 2021; Hersbach et al., 2020). O ERA5 representa a quinta geração de reanálises atmosféricas globais e fornece estimativas consistentes e de alta qualidade de diversas variáveis meteorológicas e climáticas, combinando observações (de superfície, balões, satélites, entre outras fontes) com modelos numéricos sofisticados por meio de um sistema de assimilação de dados 4D-Var (Gustafsson, 2007; Lorenc; Rawlins, 2005).

A temperatura do ar a 2 metros (nome da variável: 2m_temperature, ou t2m) refere-se à estimativa da temperatura do ar livre a uma altura de 2 metros acima da superfície do terreno ou da vegetação. Essa estimativa é derivada da extrapolação dos níveis de pressão mais baixos do modelo atmosférico para o nível de 2 metros, considerando as condições locais de relevo e cobertura do solo. Os valores de temperatura são fornecidos em unidades de Kelvin (K), sendo convertidos para graus Celsius (°C) quando necessário para facilitar a interpretação e visualização. A resolução espacial do ERA5 é de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ de latitude/longitude, o que corresponde a aproximadamente 31 km na linha do equador. A resolução temporal é horária, com registros disponíveis a cada 1 hora (UTC), o que permite análises detalhadas de variações diurnas e eventos extremos. Os dados estão disponíveis globalmente desde 1950 (com qualidade operacional mais robusta a partir de 1979).

2.3 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

2.3.1 Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall (MK) (Kendall, 1955; Mann, 1945) é um teste não paramétrico amplamente utilizado para detectar tendências monotônicas em séries temporais. Ele avalia a significância de uma tendência sem exigir que os dados sejam normalmente distribuídos. O teste é iniciado calculando a estatística S usando a seguinte equação (Equação 1):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

em que, n é o número total de pontos de dados; x_j e x_i são os valores de dados nas séries temporais j e i ($j > i$), respectivamente e $\text{sgn}(x_j - x_i)$ é a função de sinal, que pode ser calculada pela seguinte equação (Equação 2):

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{se } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{se } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{se } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Um valor positivo de S indica uma tendência ascendente, e um valor negativo indica uma tendência descendente. A distribuição estatística S é aproximadamente normal quando $n > 10$. A média de S é zero e a variância pode ser calculada da seguinte forma (Equação 3):

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad (3)$$

em que, n é o número de pontos de dados; m é o número de grupos empatados (um conjunto de dados com o mesmo valor é considerado um grupo empatado); e t_i denota o número de empates na extensão i . No caso em que o tamanho da amostra, $n > 10$, os valores de S e “Var” (S) são usados para calcular o teste padrão Z_{MK} da seguinte forma (Equação 4):

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

O escore Z_{MK} segue uma distribuição normal. Considerando um nível de significância de $\alpha=0,05$, correspondente a um intervalo de confiança de 95% para um teste bilateral, os valores críticos são $-1,96$ e $+1,96$. Assim, quando o valor de Z_{MK} é negativo e seu módulo excede $1,96$, há uma tendência decrescente estatisticamente significativa. Por outro lado, se Z_{MK} for positivo e maior que $1,96$, a tendência é crescente e significativa. Valores de Z_{MK} compreendidos entre $-1,96$ e $+1,96$ indicam ausência de tendência significativa ao nível de 5%.

2.3.2 Estimador da inclinação de Sen

O teste de MK, em conjunto com o estimador de declive de Sen (Sen, 1968), permite estimar a direção e a magnitude da tendência, considerando o nível de significância convencionais 0,05 (95%). Esse estimador calcula a inclinação mediana de todas as combinações possíveis entre N pares de pontos na série temporal (Equação 5):

$$Q_i = \frac{X_j + X_k}{j - k}, i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (5)$$

em que, X_j e X_k são os valores dos dados nos momentos j e k ($j > k$), respectivamente. Na Equação 5, $j > k$, a mediana desses N valores de Q_i é representado pela inclinação da estimativa de Sen. A mediana dos valores Q_i representa a magnitude da tendência. Um valor positivo da inclinação de Sen indica tendência de aumento, enquanto um valor negativo indica tendência de redução (Faquseh; Grossi, 2024).

2.3.3 Teste de Pettitt

O teste de Pettitt (Pettitt, 1979) é um teste não paramétrico usado para detectar uma mudança significativa (ou ponto de mudança) em uma série temporal. Ele é particularmente útil quando você quer identificar um ponto em que a mediana da série muda, sem assumir uma distribuição específica para os dados. Nesse estudo, o teste de Pettitt será utilizado para indicar em qual ano houve o ponto de mudança, para separar a série temporal em dois períodos distintos, assim como utilizado em diversos estudos climatológicos (Ahmadi et al., 2018; Mallakpour; Villarini, 2016; Rybski; Neumann, 2011; Serinaldi; Kilsby, 2016; Verma; Prasad; Verma, 2022; Zarenistanak; Dhorde; Kripalani, 2014). Esse teste é apresentado de forma que k é o índice candidato a ponto de mudança (ou ponto de quebra) e os valores x_1, x_2, \dots, x_n são valores da série temporal, organizados em ordem crescente (Equação 6). O valor absoluto é usado porque estamos interessados na intensidade da mudança, independentemente da direção:

$$k = \left| \max_k \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \right|, 1 < k < n \quad (6)$$

em que $\text{sgn}(x_j - x_i)$ é a função sinal (Equação 7).

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{se } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{se } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{se } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (7)$$

O ponto de mudança da série está localizado no teste de Pettitt quando k atinge seu valor máximo, desde que a estatística seja significativa. A probabilidade de significância de k é aproximado para $p \leq 0,05$ com (Equação 8)

$$p \approx 2 \exp\left(\frac{-6k^2}{n^3 + n^2}\right) \quad (8)$$

Enquanto o valor de p for maior que o nível de significância especificado α (0,05), a hipótese nula (H_0 indica dados homogêneos) pode ser aceita e não há ponto de mudança na série de dados. Em contrapartida, para valores de p inferiores a α (0,05), rejeita-se a hipótese nula e considera-se a hipótese alternativa (H_1 indica ocorrência de mudança).

2.4 FAIXAS DE AQUECIMENTO (WARMING STRIPES)

Para expor as anomalias de temperatura anual, em relação à média de 1971-2000 dos dados do ERA5, optou-se por utilizar a metodologia desenvolvida por Ed Hawkins (Hawkins et al., 2025). Essa é uma forma de simples e impactante de visualização do aquecimento nas capitais da Amazônia Legal, sua força está na clareza visual da tendência. Nas visualizações de Hawkins, o uso de cores quentes e frias co-

munica de forma clara e acessível as mudanças climáticas. Cores quentes (tons de vermelho) indicam aquecimento, enquanto cores frias (tons de azul) remetem ao resfriamento, quanto mais escura a cor, maior a magnitude da anomalia facilitando a compreensão por públicos diversos (O'Connor, 2023).

2.5 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a aquisição dos dados de temperatura média anual do ERA5, foi elaborado um script na linguagem Python (Mehare; Anilkumar; Usmani, 2023). De maneira simples, o código automatiza o download, o processamento e a exportação de dados anuais da temperatura do ar a 2 metros para um ponto específico (definido por latitude e longitude), utilizando o reanálise ERA5. Ele acessa a API do Copernicus Climate Data Store para obter médias mensais de temperatura desde 1970, calcula anomalias com base na climatologia do período de 1971–2000 e exporta os resultados em arquivos CSV, tanto em resolução anual.

Com o uso da linguagem Python, foi calculada estatística do teste de Mann-Kendall, inclinação de Sen e o teste Pettitt. Resumidamente, os passos adotados no código realizaram uma análise de tendência e detecção de mudanças em séries temporais anuais de temperatura média, a partir dos dados em formato CSV. Utiliza o teste de Pettitt para identificar pontos de mudança abrupta, o teste de Mann-Kendall para verificar a presença de tendência monotônica e a inclinação de Sen para estimar a taxa de variação da temperatura ao longo do tempo.

As “Warming Stripes” foram elaboradas com um código para representar graficamente as anomalias anuais da temperatura do ar das capitais dos estados da Amazônia Legal, entre 1970 e 2024, com base em dados do ERA5. Tal código utilizou um gradiente de cores do azul (anomalias negativas) ao vermelho (positivas), atribuindo uma cor a cada ano conforme a magnitude da anomalia, compondo uma figura final de alta resolução para comunicação e divulgação climática.

Por fim, os gráficos de tendência da temperatura anual foram elaborados no Microsoft Excel, a partir dos resultados obtidos com os testes estatísticos de Pettitt e Mann-Kendall. No Excel, foram criados gráficos de linhas que representam a série temporal da temperatura, com a adição de elementos visuais como o ano de mudança detectado, permitindo uma interpretação clara e acessível dos padrões climáticos ao longo do tempo. Essa abordagem combinou a robustez das análises estatísticas com a flexibilidade gráfica do Excel para fins de apresentação e comunicação científica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A Tabela 1 apresenta os resultados da estatística Z_{MK} , da declinação de Sen e o p-valor associado às estatísticas adotadas, para as séries temporais anuais da temperatura do ar a 2 metros, das capitais analisadas. Os resultados do teste Z_{MK} , revelaram tendências significativas ($p < 0,0001$) de aumento em todas as capitais da Amazônia Legal, confirmando o aquecimento regional ao longo do período avaliado, evidenciando a presença de um aquecimento consistente e não aleatório nas séries temporais. Esses resultados vão ao encontro de pesquisas recentes que apontam o aumento da temperatura do ar na Amazônia (Almeida et al., 2017; Da Silva et al., 2019; Dias et al., 2021; Victoria et al., 1998).

Os valores do Z_{MK} variaram de 5,78 (Cuiabá) a 7,23 (Macapá), sendo os maiores valores observados nas cidades de Macapá ($Z_{MK} = 7,23$) e Belém ($Z_{MK} = 7,06$), indicando tendências mais acentuadas e consistentes de aquecimento. O declive de Sen, que estima a taxa de variação anual, variou entre $0,019^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ (São Luís) e $0,032^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ (Boa Vista), o que reflete uma elevação significativa nas temperaturas médias ao longo dos anos. A elevada significância estatística, combinada com inclinações moderadas a altas, reforça a robustez das tendências detectadas. Embora São Luís tenha apresentado a menor inclinação de Sen, o valor de Z_{MK} (6,43) sugere que essa tendência, ainda que menos intensa, é altamente consistente ao longo do tempo.

A análise das tendências de aquecimento nas capitais do Norte do Brasil, evidenciada pelos altos valores de Z_{MK} e pelas taxas positivas de declive de Sen, corrobora estudos mais amplos sobre as mudanças climáticas na região amazônica. Pesquisas que abrangeram múltiplos locais e séries temporais mais extensas, utilizando metodologias estatísticas robustas como o teste de Mann-Kendall, também identificaram um padrão predominante de aumento nas temperaturas médias, particularmente acentuado a partir da década de 1990 (Penreiro et al., 2018). Essa convergência de resultados, tanto em nível de capitais específicas quanto em escala regional, sublinha a consistência do fenômeno de aquecimento observado, reforçando a percepção de que a Amazônia é uma área particularmente sensível às alterações climáticas globais e regionais.

Meio século de mudanças na temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal

Tabela 1 – Resultados do teste de Mann–Kendall (Z_{MK}), declinação de Sen e o p-valor associado, para séries temporais de temperatura anual de 1970-2024

Cidade	Z_{MK}	Declinação de Sen ($^{\circ}\text{C}/\text{ano}$)	p-valor
Belém	7,06	0,027	<0,0001
Boa Vista	6,43	0,032	<0,0001
Cuiabá	5,78	0,023	<0,0001
Macapá	7,23	0,027	<0,0001
Manaus	6,11	0,023	<0,0001
Palmas	5,92	0,025	<0,0001
Porto Velho	6,87	0,024	<0,0001
Rio Branco	5,98	0,021	<0,0001
São Luís	6,43	0,019	<0,0001

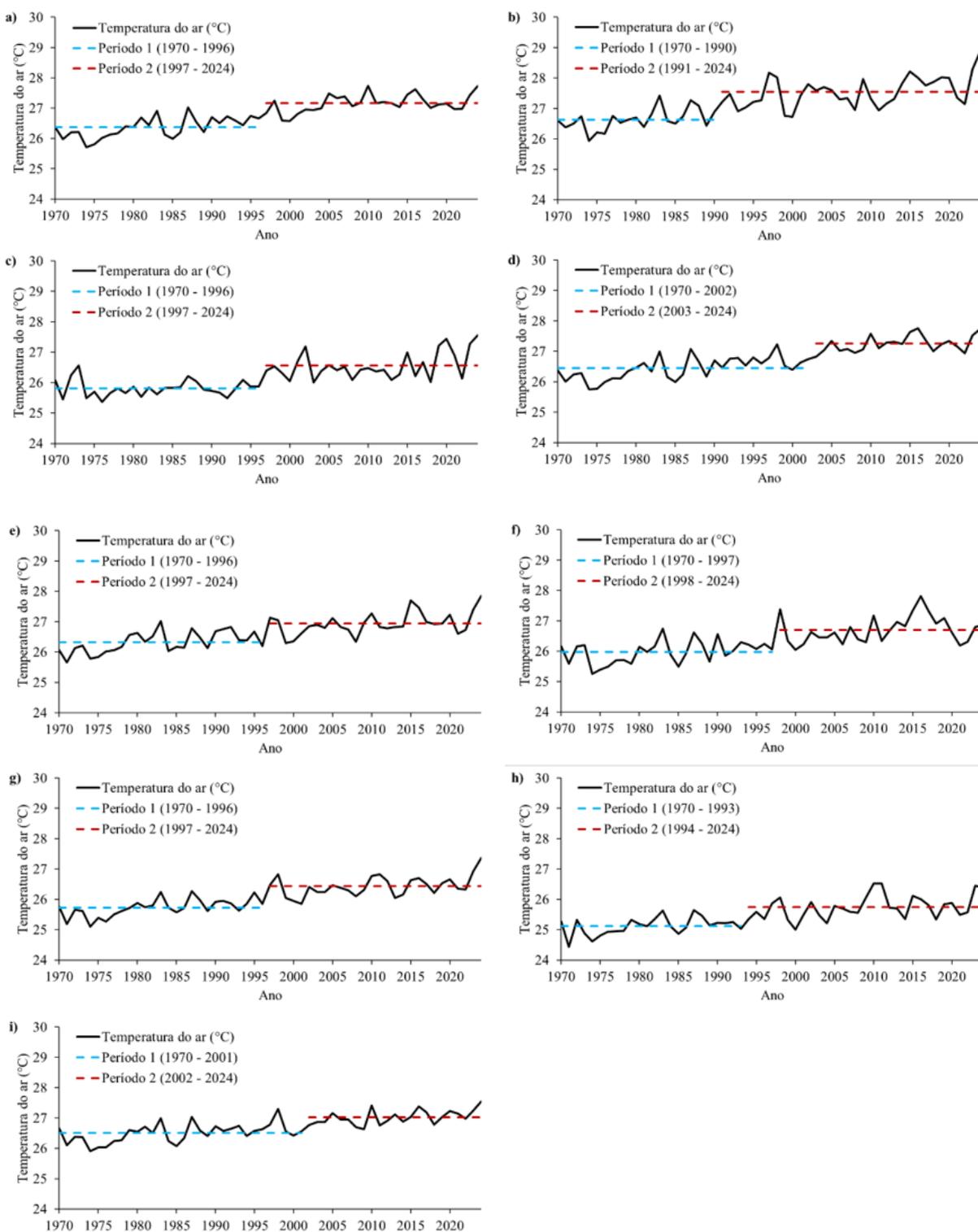
Fonte: os autores (2025).

A detecção de tendências de aquecimento estatisticamente significativas, como as apresentadas na Tabela 1, vão ao encontro das projeções e observações do IPCC, que apontam para um aquecimento do sistema climático global (IPCC, 2023). Embora a variabilidade natural, incluindo fenômenos como El Niño, possa influenciar as tendências interanuais e sazonais (Jiménez-Muñoz et al., 2016; Li et al., 2011; Moura et al., 2019), a consistência das tendências de longo prazo sugere uma forte componente associada às mudanças climáticas antropogênicas e às alterações no uso da terra na região (Almeida et al., 2017). A compreensão dessas tendências e de seus possíveis motores é crucial para o desenvolvimento e implementação de políticas públicas e estratégias de adaptação eficazes, que considerem as vulnerabilidades específicas de cada localidade, em função de um cenário de tendência aquecimento evidente (Green; Armstrong; Soon, 2009).

Cabe destacar que os valores de Z_{MK} e da inclinação de Sen não apresentaram proporcionalidade direta, corroborando a natureza complementar dessas métricas. Enquanto o teste de Mann-Kendall detecta a existência e significância estatística da tendência, a inclinação de Sen quantifica sua magnitude (Aditya; Gusmayanti; Sudrajat, 2021). Além disso, como observado por Yue, Pilon e Cavadias (2002), embora o teste de Mann-Kendall seja eficaz para indicar a existência de tendências monotônicas em séries temporais, ele não fornece informações sobre a taxa de mudança, papel este desempenhado pela inclinação de Sen. Essa abordagem combinada é especialmente útil em estudos climáticos, onde a tendência pode ser estatisticamente significativa mesmo com variações sutis (ou seja, com baixa inclinação), como verificado no caso de São Luís. Dessa forma, localidades com maior consistência estatística nem sempre são aquelas com maior taxa de aquecimento, o que enfatiza a necessidade de interpretação conjunta dessas estatísticas.

A Figura 2 ilustra as séries temporais (1970–2024) de temperatura do ar e a divisão dessa série em dois períodos distintos, após a aplicação do teste de Pettitt, para as capitais da Amazônia Legal. O teste de Pettitt permitiu identificar os pontos de mudança nas séries temporais, sugerindo uma alteração significativa no comportamento da temperatura a partir da década de 1990. A maioria das cidades apresentou ponto de mudança em 1997 (Belém, Cuiabá, Manaus, Porto Velho), com exceções como Boa Vista (1991), Rio Branco (1994), Palmas (1998), São Luís (2002) e Macapá (2003). Esses resultados indicam uma intensificação do aquecimento a partir de meados da década de 1990 em grande parte da região.

Figura 2 – Representação gráfica das séries de temperaturas anuais (1970-2024) para Belém (a), Boa Vista (b), Cuiabá (c), Macapá (d), Manaus (e), Palmas (f), Porto Velho (g), Rio Branco (h) e São Luís (i). As linhas pontilhadas indicam os resultados encontrados pelo teste de Pettitt, em que as cores em azul indicam o Período 1 (antes da mudança) e as cores em vermelho indicam o Período 2 (após a mudança).



Fonte: os autores (2025).

A identificação de pontos de mudança nas séries temporais de temperatura, predominantemente na década de 1990 e início dos anos 2000, conforme detectado pelo teste de Pettitt, fornece evidências adicionais sobre a dinâmica do aquecimento na Amazônia Legal. A concentração dos pontos de mudança nesse período específico sugere um momento de inflexão ou aceleração no processo de aquecimento regional, alinhando-se com observações de outros estudos que também apontam para a década de 1990 como um período chave para a intensificação das tendências positivas de temperatura na Amazônia Legal. Um estudo realizado por Bodas Terassi et al. (2024) revela que, durante as décadas de 1990 e 2000, houve

Meio século de mudanças na temperatura do ar nas capitais da Amazônia Legal

uma mudança abrupta, ou quebra de padrão, nos dados climáticos relacionados às temperaturas extremas. Essa mudança não foi gradual, mas sim uma descontinuidade, o que indica que algo significativo pode ter influenciado o clima nesse período; o processo de urbanização acelerada (mais construções, mais asfalto, menos vegetação) pode ter alterado o microclima local, contribuindo para aumento de temperatura ou maior frequência de extremos térmicos.

A alteração no regime de temperaturas a partir dos pontos de mudança identificados pode estar associada a uma combinação de fatores, incluindo a intensificação do efeito estufa em escala global, variabilidade climática natural e mudanças regionais no uso e cobertura da terra, como o desmatamento (Bodas Terassi et al., 2024). Estudos indicam que as alterações climáticas observadas na Amazônia Legal, incluindo o aumento das temperaturas, são consistentes com o aquecimento global (IPCC, 2023; Harris; Huntingford; Cox, 2008). A análise de pontos de mudança, como realizada com o teste de Pettitt, é fundamental para entender não apenas a magnitude da tendência de aquecimento, mas também a sua evolução temporal, identificando períodos de alterações mais aceleradas que podem impactar de forma significativa os ecossistemas e as populações locais, exigindo ajustes nas estratégias de resposta e enfrentamento.

Complementarmente a Figura 2, a Tabela 2 apresenta as médias de longo prazo das temperaturas anuais (1970–2024) para as capitais da Amazônia Legal, segmentadas em dois períodos distintos, identificados pelo teste de Pettitt. Os resultados reforçam a tendência de aumento das temperaturas médias anuais nas capitais da Amazônia Legal, mostrando um aumento consistente nas médias anuais de temperatura em todas as capitais entre os dois períodos distintos. As variações observadas (amplitude entre os períodos) variaram de 0,52°C, em São Luís, a 0,91°C, em Boa Vista, indicando um aquecimento significativo ao longo das últimas décadas.

As maiores amplitudes foram observadas em Boa Vista (0,91°C), Macapá (0,81°C) e Belém (0,80°C), todas localizadas na porção norte da região, sugerindo uma possível intensificação dos efeitos do aquecimento global nessa sub-região. Em contrapartida, São Luís (0,52°C) e Rio Branco (0,63°C) apresentaram as menores variações, embora ainda expressivas do ponto de vista climático. A capital mato-grossense, Cuiabá, destacou-se por apresentar um aumento de 0,75°C. Essa amplitude, por exemplo, alinha-se com a observação de que áreas de transição Amazônia-Cerrado podem experimentar alterações climáticas mais pronunciadas devido à combinação de influências climáticas e antrópicas, corroborando estudos que apontam para um aquecimento mais acentuado em áreas de transição entre o cerrado e a floresta amazônica (Bodas Terassi et al., 2024; Joseph; Souza; Sabino, 2021; Marengo et al., 2022).

Tabela 2 – Médias de longo prazo (1970-2024) das séries de temperaturas anuais das capitais da Amazônia Legal nos diferentes períodos identificados pelo teste de Pettitt

Cidade	Período 1	Período 2	Amplitude
Belém	26,4°C	27,2°C	0,80°C
Boa Vista	26,4°C	27,5°C	0,91°C
Cuiabá	25,8°C	26,6°C	0,75°C
Macapá	26,4°C	27,3°C	0,81°C
Manaus	26,3°C	26,9°C	0,62°C
Palmas	26,0°C	26,7°C	0,73°C
Porto Velho	25,7°C	26,4°C	0,71°C
Rio Branco	25,1°C	25,7°C	0,63°C
São Luís	26,5°C	27,0°C	0,52°C

Fonte: os autores (2025).

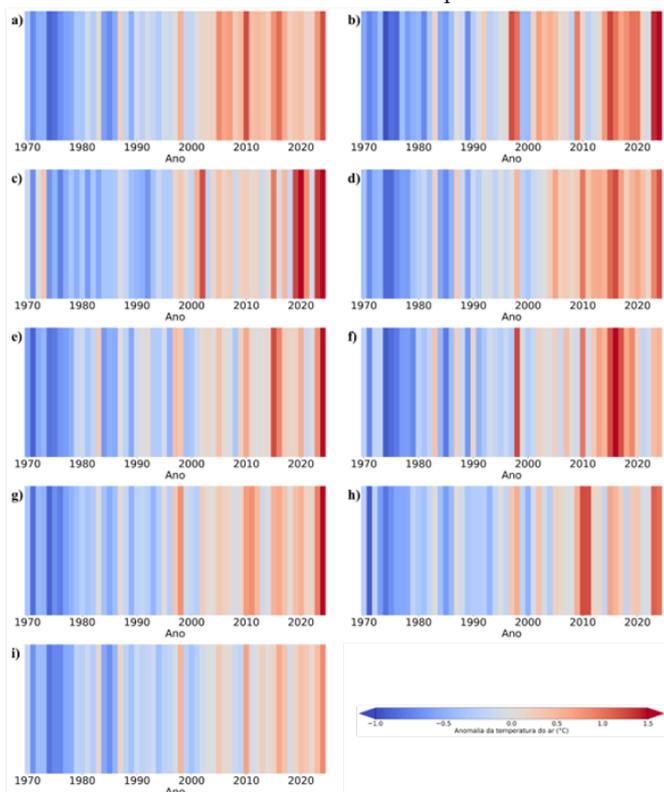
A análise comparativa das médias de temperatura entre os Períodos 1 e 2 (Tabela 2) quantifica a magnitude do aquecimento pós-ponto de mudança em cada capital. A amplitude observada, variando de 0,52°C a 0,91°C, representa um incremento substancial na temperatura média anual em um intervalo de poucas décadas, reforçando a robustez do sinal de aquecimento na região. A heterogeneidade espacial das amplitudes de aquecimento, com valores mais elevados no Norte (Boa Vista, Macapá, Belém) e em áreas de transição como Cuiabá, sugere a influência de fatores regionais modulando a resposta ao aquecimento global.

3.2 FAIXAS DE AQUECIMENTO

Com base nas faixas de aquecimento (“warming stripes”) geradas a partir das anomalias anuais de temperatura do ar (1970–2024) para as capitais da Amazônia Legal (Figura 3), observa-se uma clara e consistente tendência de aquecimento ao longo das últimas cinco décadas. Os gráficos revelam uma transição visual marcante de tons azulados (anomalias negativas) para tons avermelhados (anomalias positivas), indicando um aumento gradual e contínuo das temperaturas médias anuais em todas as capitais analisadas. Observa-se uma predominância de tons azulados até meados da década de 1980, seguida por um aumento progressivo da frequência e intensidade dos tons avermelhados, indicando anomalias positivas persistentes a partir dos anos 1990. Esse padrão se intensifica nas décadas de 2000 e 2010, refletindo um processo de aquecimento regional acelerado.

Entre as capitais analisadas, Boa Vista apresenta uma das tendências mais marcantes de aquecimento, com anomalias superiores a $+1,5^{\circ}\text{C}$ em 2024, valor que representa o ápice da série temporal para essa localidade. Outras capitais, como Cuiabá, Macapá e Belém, também registraram anomalias superiores a $+1,0^{\circ}\text{C}$ em diversos anos recentes. Capitais situadas nas porções oeste e nordeste da Amazônia Legal, como Rio Branco, Porto Velho e São Luís, igualmente demonstraram um aumento gradual das anomalias positivas, especialmente após o ano 2000. O ano de 2024 destaca-se como um dos mais quentes em toda a série temporal para a maioria das capitais, com anomalia positiva da ordem de $+1,4^{\circ}\text{C}$, o que pode estar associado à intensificação de fenômenos climáticos de grande escala, como a atuação do El Niño (Espinoza *et al.*, 2024; Santos de Lima *et al.*, 2024), somados à tendência de aquecimento global.

Figura 3 – Faixas de aquecimento (“warming stripes”) das anomalias de temperatura do ar das séries anuais (1970-2024) para Belém (a), Boa Vista (b), Cuiabá (c), Macapá (d), Manaus (e), Palmas (f), Porto Velho (g), Rio Branco (h) e São Luís (i). As cores em tons de azul indicam anomalias negativas, por outro lado, as cores em tons de vermelho indicam anomalias positivas



Fonte: os autores (2025).

4 CONCLUSÃO

Em síntese, os resultados apontam para um cenário regional de aquecimento significativo e progressivo nas capitais amazônicas, com variações importantes tanto na intensidade quanto na consistência estatística das tendências. Os resultados obtidos por meio da aplicação do teste de Mann-Kendall, estimador de Sen e teste de Pettitt evidenciaram, de forma inequívoca, um processo de aquecimento consistente

e estatisticamente significativo em todas as capitais analisadas. A identificação de pontos de mudança pelo teste de Pettitt permitiu segmentar as séries em dois períodos distintos, revelando que a maioria das capitais experimentou uma alteração significativa no comportamento térmico a partir da década de 1990, com destaque para 1997, ano em que quatro capitais (Belém, Cuiabá, Manaus e Porto Velho) apresentaram pontos de ruptura.

Esses resultados contribuem para o preenchimento de lacunas na literatura científica sobre a dinâmica térmica em centros urbanos amazônicos, oferecendo uma caracterização detalhada da evolução temporal e da magnitude do aquecimento nas capitais da região. As contribuições dos resultados, podem abranger desde questões de saúde pública e conforto térmico urbano até aspectos relacionados à demanda energética e ao planejamento de infraestrutura. Esses achados reforçam a importância de estratégias de adaptação climática regionalizadas, considerando as particularidades de cada capital analisada. Esses dados ressaltam a importância do monitoramento contínuo das variáveis climáticas e da implementação de políticas públicas de adaptação e mitigação frente ao aquecimento observado. Isso representa um desafio crescente para gestores públicos e planejadores urbanos, demandando estratégias adaptativas específicas de mitigação que considerem as particularidades climáticas e socioambientais de cada localidade.

REFERÊNCIAS

ADITYA, F.; GUSMAYANTI, E.; SUDRAJAT, J. Rainfall trend analysis using Mann-Kendall and Sen's slope estimator test in West Kalimantan. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 893, n. 1, e012006, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/893/1/012006>. Acesso em: 27 maio 2025.

AHMADI, F.; NAZERITAHROUDI, M.; MIRABBASI, R.; KHALILI, K.; JHAJHARIA, D. Spatiotemporal trend and abrupt change analysis of temperature in Iran. **Meteorological Applications**, v. 25, n. 2, p. 314–321, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/met.1694>. Acesso em: 25 maio 2025.

ALMEIDA, C. T. *et al.* C. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 4, p. 2013–2026, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.4831>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ALVES DE OLIVEIRA, B. F.; BOTTINO, M. J.; NOBRE, P.; NOBRE, C. A. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. **Communications Earth & Environment**, v. 2, n. 1, p. 207, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00275-8>. Acesso em: 25 abr. 2025.

BELL, B. *et al.* The ERA5 global reanalysis: Preliminary extension to 1950. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 147, n. 741, p. 4186–4227, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/qj.4174>. Acesso em: 12 abr. 2025.

BODAS TERASSI, P. M. *et al.* Exploring climate extremes in Brazil's Legal Amazon. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 38, n. 4, p. 1403–1422, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00477-023-02634-7>. Acesso em: 05 mar. 2025.

CARVALHO, S. *et al.* A changing Amazon rainforest: Historical trends and future projections under post-Paris climate scenarios. **Global and Planetary Change**, v. 195, e03328, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103328>. Acesso em: 10 maio 2025.

CHENG, L. *et al.* Urban cooling island effect of main river on a landscape scale in Chongqing, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 47, e101501, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101501>. Acesso em: 24 maio 2025.

DA SILVA, P. E. *et al.* Precipitation and air temperature extremes in the Amazon and northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 2, p. 579–595, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.5829>. Acesso em: 15 abr. 2025.

DE SOUZA, A. *et al.* Analyzing Maximum Temperature Trends and Extremes in Brazil: A Study of Climate Variability and Anthropogenic Influences from 1960 to 2020. **Aerosol Science and Engineering**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41810-025-00288-2>. Acesso em: 04 maio 2025.

DIAS, T. S. S. *et al.* Urban Environment and the Air Temperature Trend: The Case of the Metropolis of Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 1, p. 159–171, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.1.p159-171>. Acesso em: 27 maio 2025.

ESPINOZA, J. *et al.* The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 8107, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>. Acesso em: 27 maio 2025.

FAQUSEH, H.; GROSSI, G. Trend analysis of precipitation, temperature and snow water equivalent in Lombardy region, northern Italy. **Sustainable Water Resources Management**, v. 10, n. 1, p. 18, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40899-023-00992-2>. Acesso em: 21 abr. 2025.

FERREIRA, M. A. M.; LEITE, Y. L. R.; JUNIOR, C. C.; VICENTE, C. R. Impact of climate change on public health in Brazil. **Public Health Challenges**, v. 2, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/puh2.62>. Acesso em: 30 abr. 2025.

FERREIRA, S. J. F. *et al.* M. S. R.; DA CUNHA, T. R. B.; DOS SANTOS, A. S.; BENDER, S.; DA CUNHA, H. B. Impact of rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 8, p. 316, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09621-7>. Acesso em: 24 maio 2025.

FURTADO, L. S.; PEREIRA, R. V. S.; DE SOUZA, E. B. Hemeroby Mapping of the Belém Landscape in Eastern Amazon and Impact Study of Urbanization on the Local Climate. **Urban Science**, v. 8, no. 1, p. 15, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/urbansci8010015>. Acesso em: 28 maio 2025.

GREEN, K. C.; ARMSTRONG, J. S.; SOON, W. Validity of climate change forecasting for public policy decision making. **International Journal of Forecasting**, v. 25, no. 4, p. 826–832, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2009.05.011>. Acesso em: 27 maio 2025.

GUSTAFSSON, N. Discussion on ‘4D-Var or EnKF?’ **Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography**, v. 59, n. 5, p. 774, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2007.00262.x>. Acesso em: 26 maio 2025.

HARRIS, P. P.; HUNTINGFORD, C.; COX, P. M. Amazon Basin climate under global warming: the role of the sea surface temperature. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1753–1759, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0037>. Acesso em: 27 maio 2025.

HAWKINS, E. *et al.* Warming Stripes spark climate conversations: from the ocean to the stratosphere. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0212.1>. Acesso em: 25 maio 2025.

HERSBACH, H. *et al.* The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 146, n. 730, p. 1999–2049, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/qj.3803>. Acesso em: 13 abr. 2025.

HOU, H.; ESTOQUE, R. C. Detecting Cooling Effect of Landscape from Composition and Configuration: An Urban Heat Island Study on Hangzhou. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 53, p. 126719, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126719>. Acesso em: 24 maio 2025.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 26 maio 2025.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [Core Writing Team: LEE, H.; ROMERO, J. (eds.)]. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 18 set. 2025.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. *et al.* Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, e33130, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep33130>. Acesso em: 27 maio 2025.

JOSEPH, W.; SOUZA, A. P.; SABINO, M. Índices de extremos de temperatura do ar na Amazônia brasileira. **Confins**, v. 52, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.41520>. Acesso em: 10 mar. 2025.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. London: Griffin, 1955. Disponível em: <https://academic.oup.com/jrssa/article/119/1/90/7101500>. Acesso em: 03 fev. 2025.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Das Geographische System der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger: 1936. v. 1. Disponível em: https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

LI, W.; ZHANG, P.; YE, J.; LI, L.; BAKER, P. A. Impact of two different types of El Niño events on the Amazon climate and ecosystem productivity. **Journal of Plant Ecology**, v. 4, n. 1-2, p. 91-99, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtq039>. Acesso em: 27 maio 2025.

LIEBMANN, B.; KILADIS, G. N.; MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; GLICK, J. D. Submonthly Convective Variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, vol. 12, no. 7, p. 1877–1891, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1877:SCVOSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1877:SCVOSA>2.0.CO;2). Acesso em: 07 maio 2025.

LIMA, R. F. *et al.* Climate Change Assessment in Brazil: Utilizing the Köppen-Geiger (1936) Climate Classification. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 38, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-77863810001>. Acesso em: 02 maio 2025.

LIU, Z. *et al.* Surface warming in global cities is substantially more rapid than in rural background areas. **Communications Earth & Environment**, v. 3, n. 1, p. 219, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00539-x>. Acesso em: 24 maio 2025.

LORENC, A. C.; RAWLINS, F. Why does 4D-Var beat 3D-Var? **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 131, n. 613, p. 3247–3257, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1256/qj.05.85>. Acesso em: 26 maio 2025.

LUCAS, E. W. M. *et al.* Trends in climate extreme indices assessed in the Xingu river basin - Brazilian Amazon. **Weather and Climate Extremes**, v. 31, e100306, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100306>. Acesso em: 21 maio 2025.

MALLAKPOUR, I.; VILLARINI, G. A simulation study to examine the sensitivity of the Pettitt test to detect abrupt changes in mean. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 2, p. 245–254, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1008482>. Acesso em: 13 maio 2025.

MANN, H. B. Nonparametric Tests Against Trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245, 1945. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1907187>. Acesso em: 24 mar. 2025.

MARENGO, J. A. *et al.* Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 457, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04241-4>. Acesso em: 27 maio 2025.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CULF, Al. D. Climatic Impacts of “Friagens” in Forested and Deforested Areas of the Amazon Basin. **Journal of Applied Meteorology**, v. 36, n. 11, p. 1553–1566, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1997\)036<1553:CIOFIF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1997)036<1553:CIOFIF>2.0.CO;2). Acesso em: 19 abr. 2025.

MARENGO, J. A. *et al.* Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>. Acesso em: 24 maio 2025.

MARENGO, J. A. *et al.* Long-term variability, extremes and changes in temperature and hydrometeorology in the Amazon region: A review. **Acta Amazonica**, v. 54, n. spe1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4392202200980>. Acesso em: 15 maio 2025.

MEHARE, H. B.; ANILKUMAR, J. P.; USMANI, N. A. The Python Programming Language. **A Guide to Applied Machine Learning for Biologists**. Cham: Springer International Publishing, p. 27–60, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22206-1_2. Acesso em: 25 maio 2025.

MOURA, M. M. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 1639–1651, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.242>. Acesso em: 27 maio 2025.

NOBRE, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>. Acesso em: 24 maio 2025.

O’CONNOR, Z. Environmental color interventions on a macro scale: Tactical urbanism and issues of global concern. **Color Research & Application**, v. 48, n. 5, p. 578–584, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/col.22845>. Acesso em: 25 maio 2025.

PENEREIRO, J. C.; BADINGER, A.; MACCHERI, N. A.; MESCHIATTI, M. C. Distribuições de Tendências Sazonais de Temperatura Média e Precipitação nos Biomas Brasileiros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 97–113, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331012>. Acesso em: 27 maio 2025.

PETTITT, A. N. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. **Applied Statistics**, v. 28, n. 2, p. 126, 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2346729>. Acesso em: 19 mar. 2025.

RAHIMI, J.; LAUX, P.; KHALILI, A. Assessment of climate change over Iran: CMIP5 results and their presentation in terms of Köppen–Geiger climate zones. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 141, n. 1–2, p. 183–199, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03190-8>. Acesso em: 25 maio 2025.

RAIOL, L. L. *et al.* Assessment of Urban Heat Islands in an Eastern Amazonian city. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLVIII-3–2024, p. 437–443, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-3-2024-437-2024>. Acesso em: 24 maio 2025.

REBOITA, M. S. *et al.* Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>. Acesso em: 11 mar. 2025.

RITCHIE, P. D. L. *et al.* Increases in the temperature seasonal cycle indicate long-term drying trends in Amazonia. **Communications Earth & Environment**, vol. 3, no. 1, p. 199, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00528-0>. Acesso em: 15 abr. 2025.

RYBSKI, D.; NEUMANN, J. A Review on the Pettitt Test. **In Extremis**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 202–213, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-14863-7_10. Acesso em: 13 maio 2025.

SANTOS DE LIMA, L. *et al.* Severe droughts reduce river navigability and isolate communities in the Brazilian Amazon. **Communications Earth & Environment**, v. 5, n. 1, p. 370, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01530-4>. Acesso em: 27 maio 2025.

SEN, P. K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, n. 324, p. 1379–1389, 1968. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>. Acesso em: 25 maio 2025.

SERINALDI, F.; KILSBY, C. G. The importance of prewhitening in change point analysis under persistence. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 30, n. 2, p. 763–777, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1041-5>. Acesso em: 14 maio 2025.

SHAHFAHAD; BINDAJAM, A. A. *et al.* Analysing diurnal temperature range and extreme temperature events over Delhi and Mumbai mega cities. **Natural Hazards**, v. 120, n. 10, p. 9267–9295, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06077-9>. Acesso em: 22 maio 2025.

SONG, B.; PARK, K. Temperature trend analysis associated with land-cover changes using time-series data (1980–2019) from 38 weather stations in South Korea. **Sustainable Cities and Society**, v. 65, p. 102615, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06077-9>. Acesso em: 24 maio 2025.

THAM, S. *et al.* Indoor temperature and health: a global systematic review. **Public Health**, v. 179, p. 9–17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2019.09.005>. Acesso em: 25 maio 2025.

VERMA, S.; PRASAD, A. D.; VERMA, M. K. Trends of Rainfall and Temperature over Chhattisgarh During 1901-2010. In: **Advanced Modelling and Innovations in Water Resources Engineering**. RAO, C. M.; PATRA, K. C.; JHAJHARIA, D.; KUMARI, S. (eds.). Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 176. Springer, 2022. p. 3-19. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4629-4_1. Acesso em: 12 maio 2025.

VICTORIA, R. L. *et al.* Surface Air Temperature Variations in the Amazon Region and Its Borders during This Century. **Journal of Climate**, v. 11, n. 5, p. 1105–1110, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011<1105:SATVIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011<1105:SATVIT>2.0.CO;2). Acesso em: 27 maio 2025.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 259, n. 1-4, p. 254–271, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00594-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7). Acesso em: 12 mar. 2025.

ZARENISTANAK, M.; DHORDE, A. G.; KRIPALANII, R. H. Trend analysis and change point detection of annual and seasonal precipitation and temperature series over southwest Iran. **Journal of Earth System Science**, v. 123, n. 2, p. 281–295, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12040-013-0395-7>. Acesso em: 25 maio 2025.

Secas em ascensão e precipitação em declínio na Amazônia: diagnóstico estatístico de extremos climáticos ao longo de quase meio século

Increasing drought and declining precipitation in the Amazon:
a statistical assessment of climate extremes over nearly half a century

Aumento de las sequías y disminución de la precipitación en la Amazonía: diagnóstico estadístico de los extremos climáticos a lo largo de casi medio siglo

Sécheresses en hausse et précipitations en baisse en Amazonie : analyse statistique des extrêmes climatiques sur près d'un demi-siècle

Data da submissão: 17 de julho de 2025 **Data da aprovação:** 22 de setembro de 2025

*Nilzele de Vilhena Gomes Jesus¹
Cleber Assis dos Santos²
Leticia Karyne da Silva Cardoso³*

Resumo

Este estudo tem como objetivo identificar mudanças nos padrões de precipitação e na ocorrência de eventos extremos na Amazônia, no período de 1979 a 2024. As análises foram regionalizadas em cinco sub-regiões: Noroeste (NW), Nordeste (NE), Oeste (W), Leste (E) e Sudeste (SE). Utilizou-se de dados mensais de precipitação do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), via Climate Prediction Center (CPC). Eventos extremos secos e chuvosos foram definidos com base nos valores abaixo do percentil 15% e acima do percentil 85%, respectivamente. Para identificar tendências temporais, aplicou-se regressão linear simples, com teste t de Student para verificar a significância estatística. Os resultados apontam redução significativa na precipitação mensal, especialmente nas sub-regiões E e SE. Verificou-se também aumento na frequência de eventos secos extremos em todas as sub-regiões, com maior intensidade em SE, sugerindo crescente vulnerabilidade à estiagem. Os eventos extremos chuvosos apresentaram tendência de redução, mas com menor consistência estatística. Conclui-se que o regime pluviométrico da Amazônia se tornou mais irregular, com predomínio de extremos secos, o que acarreta riscos à sustentabilidade ecológica, à segurança hídrica e à resiliência das populações. Os resultados reforçam a necessidade de políticas públicas de adaptação climática e de sistemas regionais de monitoramento.

Palavras-chave: mudanças climáticas; regressão linear; ENOS.

¹ Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Doutora em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: nilzele.jesus@sipam.gov.br.

² Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Doutor em Ciência do Sistema Terrestre pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. E-mail: cleber.santos@sipam.gov.br.

³ Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: leticia.cardoso@sipam.gov.br

Abstract

The objective of this study is to identify changes in precipitation patterns and the occurrence of extreme events in the Amazon from 1979 to 2024. The analysis was regionalized into five sub-regions: Northwest (NW), Northeast (NE), West (W), East (E), and Southeast (SE). Monthly precipitation data from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), via the Climate Prediction Center (CPC), were used. Extreme dry and wet events were defined based on values below the 15% percentile and above the 85% percentile, respectively. To identify temporal trends, simple linear regression was applied, and statistical significance was assessed using the Student's t-test. Results show a statistically significant reduction in monthly precipitation, particularly in the E and SE sub-regions. There was also an increase in the frequency of extreme dry events across all sub-regions, with SE showing the highest intensity, suggesting growing vulnerability to drought. In contrast, extreme wet events showed a decreasing trend, although with less statistical consistency. The findings indicate that the Amazon rainfall regime has become more irregular, with a predominance of dry extremes, posing risks to ecological sustainability, water security, and local population resilience. These results underscore the urgent need for climate adaptation policies and regional climate monitoring systems in the Amazon.

Keywords: climate change; linear regression; ENSO.

Resumen

Este estudio tiene como objetivo identificar cambios en los patrones de precipitación y en la ocurrencia de eventos extremos en la Amazonía entre 1979 y 2024. Los análisis se regionalizaron en cinco subregiones: Noroeste (NW), Noreste (NE), Oeste (W), Este (E) y Sureste (SE). Se utilizaron datos mensuales de precipitación del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), a través del Climate Prediction Center (CPC). Los eventos extremos secos y lluviosos se definieron con base en valores por debajo del percentil 15% y por encima del percentil 85%, respectivamente. Para identificar tendencias temporales, se aplicó regresión lineal simple, con la prueba t de Student para verificar la significancia estadística. Los resultados señalan una reducción significativa en la precipitación mensual, especialmente en las subregiones E y SE. También se observó un aumento en la frecuencia de eventos secos extremos en todas las subregiones, con mayor intensidad en SE, lo que sugiere una creciente vulnerabilidad a la sequía. Los eventos extremos lluviosos mostraron una tendencia a la disminución, aunque con menor consistencia estadística. Se concluye que el régimen pluviométrico de la Amazonía se ha vuelto más irregular, con predominio de extremos secos, lo que genera riesgos para la sostenibilidad ecológica, la seguridad hídrica y la resiliencia de las poblaciones. Los resultados refuerzan la necesidad de políticas públicas de adaptación climática y de sistemas regionales de monitoreo.

Palabras clave: cambio climático; regresión lineal; ENSO.

Résumé

Cette étude vise à identifier les changements dans les régimes de précipitations et l'occurrence d'événements extrêmes en Amazonie sur la période allant de 1979 à 2024. Les analyses ont été régionalisées en cinq sous-régions : Nord-Ouest (NW), Nord-Est (NE), Ouest (W), Est (E) et Sud-Est (SE). Les données mensuelles de précipitations proviennent de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), via le Climate Prediction Center (CPC). Les événements extrêmes secs et humides ont été définis sur la base de valeurs inférieures au 15^e percentile et supérieures au 85^e percentile, respectivement. Pour identifier les tendances temporelles, une régression linéaire simple a été appliquée, accompagnée du test t de Student pour en vérifier la signification statistique. Les résultats indiquent une diminution significative des précipitations mensuelles, en particulier dans les sous-régions E et SE. Une augmentation de la fréquence des épisodes extrêmes de sécheresse a été observée dans toutes les sous-régions, avec une intensité plus marquée dans la région SE, suggérant une vulnérabilité croissante à l'aridité. Les épisodes extrêmes de précipitations montrent une tendance à la baisse, bien que de manière statistiquement moins consistante. Il en ressort que le régime pluviométrique amazonien est devenu plus irrégulier, avec une prédominance des extrêmes secs, ce qui représente un risque pour la durabilité écologique, la sécurité hydrique et la résilience des populations. Ces résultats soulignent la nécessité de politiques d'adaptation climatique et de systèmes régionaux de surveillance.

Mots-clés: changement climatique ; régression linéaire ; ENSO

1 INTRODUÇÃO

A região Amazônica abriga a maior floresta tropical do planeta e uma das maiores redes hidrográficas do mundo. Além disso, estudos conduzidos por Nobre et al. (2016) evidenciam o papel crucial que essa região desempenha na regulação do clima, tanto em escala regional quanto global. A precipitação é um dos principais elementos meteorológicos da região, sustentando ecossistemas diversos, o ciclo hidrológico e as atividades socioeconômicas das populações locais, incluindo agricultura, pesca, transporte fluvial e abastecimento de água (Marengo, 2008). A região é caracterizada por um regime de precipitação predominantemente elevado, com médias anuais entre 1.500 e 3.000 mm em grande parte da sua área, sendo marcada por sazonalidade moderada e forte influência de sistemas atmosféricos de grande escala (Figueroa; Nobre, 1990).

A distribuição da precipitação na Amazônia é modulada por fenômenos de variabilidade climática relacionados a anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais. O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), com suas fases El Niño (aquecimento anômalo das TSM) e La Niña (resfriamento anômalo das TSM) no Pacífico Equatorial, está associado a déficits e excessos de precipitação na região, especialmente durante o verão austral (Aceituno, 1988; Nobre; Shukla, 1996; Marengo et al., 2001; Ronchail et al., 2002). Além do ENOS, o padrão de Dipolo do Atlântico, caracterizado por anomalias térmicas opostas entre as bacias norte e sul do Atlântico tropical, também influencia o regime pluviométrico regional (Souza et al., 2000).

Esses fenômenos da variabilidade climática modulam a atuação e a intensidade dos sistemas meteorológicos que provocam precipitação na Amazônia, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Alta da Bolívia, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais, Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Sistemas Convectivos de Mesoescala (Rao; Hada, 1990, Kodama, 1992, Gan; Kousky, 1986; Kousky; Kagano, 1981; Ferreira et al., 2009; Oliveira, 1986; Satyamurty et al., 2013; Cohen et al., 1995).

A partir do ano 2000, tem-se observado crescente preocupação com as mudanças climáticas e potenciais consequências adversas. Os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apontam modificações nos regimes pluviométricos em várias partes do mundo, com aumento na frequência e intensidade de eventos extremos na Amazônia (IPCC, 2021), de forma que diversos estudos têm identificado sinais dessas mudanças na região. Brito et al. (2014) analisaram diferentes tipos de eventos extremos de precipitação na região entre 1998 e 2013, avaliando sua frequência, intensidade e contribuição para a climatologia da precipitação acumulada, observando intensificação desses eventos nos últimos sete anos do período, com pico entre 2011 e 2012. Santos et al. (2015), por sua vez, investigaram tendências na precipitação diária para a Amazônia brasileira e identificaram um aumento significativo no número de dias com precipitação extrema na porção noroeste da região, enquanto no sul foi observada uma tendência de redução desses eventos. Essas mudanças, frequentemente associadas a fenômenos de variabilidade climática como o El Niño/La Niña, resultam em impactos socioambientais profundos, incluindo aumento das queimadas, aumento ou redução dos níveis dos rios, prejuízos ao transporte e à biodiversidade (Marengo et al., 2024).

Apesar da crescente atenção científica e política, ainda persistem lacunas na compreensão da variabilidade espacial e temporal da precipitação e de seus extremos na Amazônia. Neste contexto, este estudo teve como objetivo identificar mudanças nos padrões de precipitação e na ocorrência de eventos extremos de forma regionalizada na Amazônia, ao longo do período de 1979 a 2024. Por meio de técnicas de regressão linear simples, busca-se detectar tendências temporais e avaliar sua significância estatística, contribuindo para um diagnóstico climático regional mais preciso e para o subsídio a estratégias de adaptação e gestão de riscos climáticos na região.

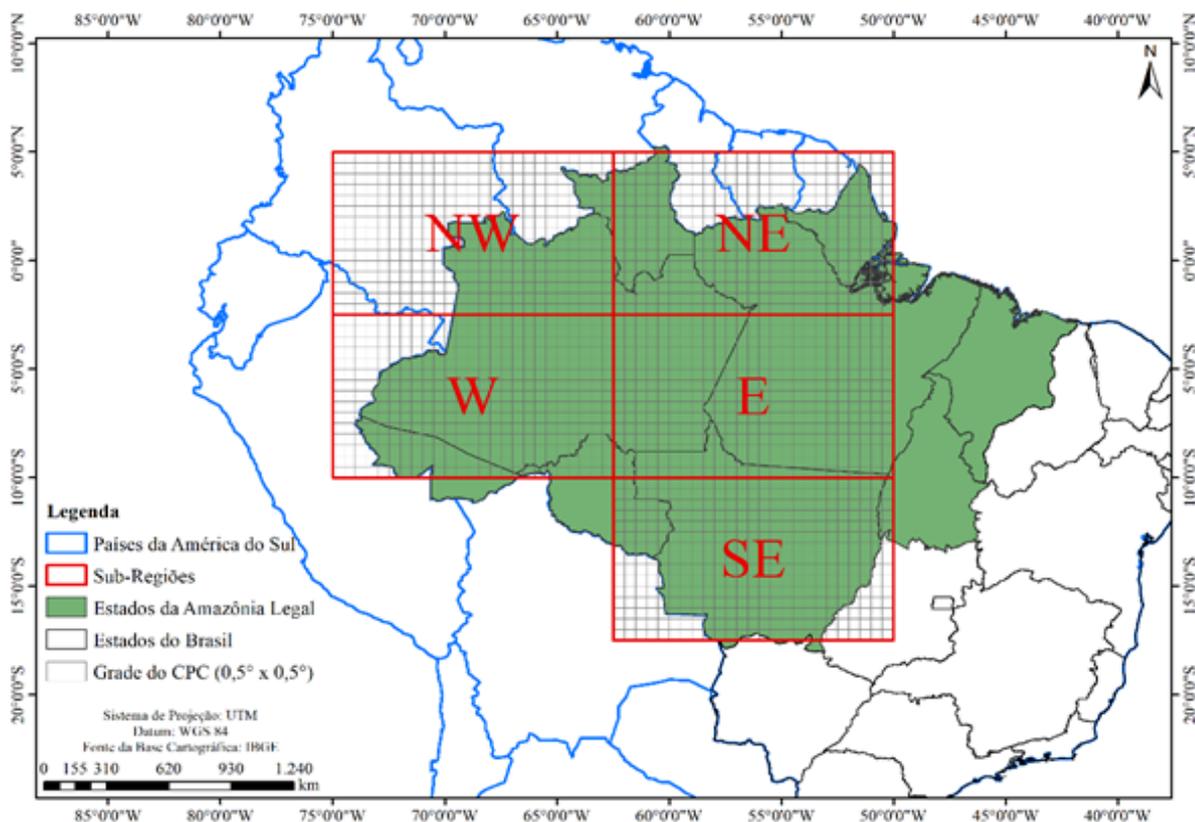
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi dividida com base na localização geográfica dos setores da região Amazônica, utilizando cinco sub-regiões delimitadas por faixas latitudinais e longitudinais. A metodologia segue critério semelhante ao adotado por Alves et al. (2013), que empregaram essa abordagem para classificar anos de seca na Amazônia. As sub-regiões definidas foram: Noroeste (NW): 75°W a 62,5°W e 5°N a 2,5°S; Nordeste (NE): 62,5°W a 50°W e 5°N a 2,5°S; Oeste (W): 75°W a 62,5°W e 2,5°S a 10°S; Leste (E): 62,5°W a 50°W e 2,5°S a 10°S; e Sudeste (SE): 62,5°W a 50°W e 10°S a 17,5°S (Figura 1). Na sub-região NE estão inseridas as capitais Boa Vista-RR e Macapá-AP; na sub-região W estão incluídas as capitais

Rio Branco-AC e Porto Velho-RO; e na sub-região SE está incluída a capital Cuiabá-MG. Essas subdivisões representam áreas com distintas características climáticas dentro da Amazônia, possibilitando uma análise regionalizada da variabilidade da precipitação e da ocorrência de eventos extremos.

Figura 1 – Área de estudo, destacando as cinco sub-regiões da Amazônia utilizadas na análise: Noroeste (NW), Nordeste (NE), Oeste (W), Leste (E) e Sudeste (SE).



Fonte: os autores (2025).

2.2 DADOS

Foram utilizados os dados de precipitação mensal acumulada da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), fornecidos pelo Climate Prediction Center (CPC). Esses dados consistem em uma densa rede observacional distribuída ao redor do mundo, interpolada em uma grade de 0,5° de latitude por 0,5° de longitude (Silva et al., 2007), conforme mostra a Figura 1. Esse conjunto de dados foi gerado com base em observações coletadas por plataformas orbitais de satélites, interpolado com dados de estações de superfície e ajustado com estimativas provenientes dos próprios satélites. Optou-se por utilizar esse tipo de dado, considerando a escassez de medições convencionais com séries históricas longas na Amazônia, sendo adequado para estudos climatológicos (pelo menos 30 anos). O período analisado foi de janeiro de 1979 a dezembro de 2024. As médias espaciais mensais foram calculadas para cada uma das cinco áreas delimitadas, resultando em séries temporais representativas de cada região.

Para o cálculo da climatologia e base para identificar os eventos extremos foi adotado o período de 1981 a 2010, conforme recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2017).

2.3 METODOLOGIA

Para identificar a climatologia anual e mensal das sub-regiões, foi calculada a média aritmética (Equação 1) anual e mensal da precipitação do período de 1981 a 2010.

$$\overline{Prp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Prp_i \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que: \overline{Prp} é a precipitação média climatológica anual ou mensal; Prp é o valor da precipitação

no ano ou mês i do período de referência; n é o número de anos do período de referência ($n = 30$, no caso de 1981 a 2010).

A identificação de eventos extremos de precipitação foi realizada com base na metodologia estatística proposta por Xavier (2002), semelhante ao que foi aplicado em Tavares et al. (2021), que utiliza a distribuição empírica dos dados para o cálculo de percentis. Essa abordagem é recomendada quando se deseja evitar suposições sobre a forma da distribuição (por exemplo, normalidade), sendo particularmente útil para dados pluviométricos que frequentemente apresentam assimetrias. Com isso, dado um conjunto de n valores mensais de precipitação x_1, x_2, \dots, x_n , ordenados de forma crescente, o valor do percentil p (onde $0 < p < 1$) é obtido por interpolação linear entre os elementos ordenados, de acordo com a Equação 2:

$$P_p = x_i + (n \cdot p - i) \cdot (x_{i+1} - x_i) \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: P_p é o valor do percentil p ; x_i é o valor do i -ésimo elemento da série ordenada e $i = [n \cdot p]$, sendo $[.]$ a parte inteira.

Foram utilizados os seguintes limiares para definir os eventos extremos: extremo seco: precipitação mensal inferior ao percentil de 15% ($P_{0,15}$) e extremo chuvoso: precipitação mensal superior ao percentil de 85% ($P_{0,85}$).

O cálculo dos percentis foi realizado individualmente para cada mês do ano e para cada sub-região, a fim de considerar a sazonalidade da precipitação. De forma que, todos os janeiros foram agrupados, assim como todos os fevereiros, e assim por diante, formando 12 distribuições mensais por sub-região para o período de referência climatológica (1981 a 2010). Essa abordagem permitiu identificar, para cada mês e região, desvios significativos do comportamento normal da precipitação, distinguindo-se de métodos paramétricos como o Standardized Precipitation Index (SPI), que exigem suposições sobre a distribuição estatística dos dados (McKee et al., 1993).

Para a análise das tendências temporais na série de precipitação e na frequência anual de eventos extremos (secos e chuvosos), foi aplicada a regressão linear simples, um método estatístico amplamente utilizado para descrever a relação entre uma variável dependente e uma variável independente (Montgomery; Runger, 2003). A regressão linear simples modela uma variável y (neste estudo, a precipitação mensal ou o número de meses no ano com eventos extremos) como função do tempo x (representado pelo ano ou pelo número do mês ao longo da série temporal). A equação da reta ajustada é dada pela Equação 3.

$$y = a + bx \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: y é a variável dependente (precipitação ou número de eventos por ano), x é a variável independente (tempo), a é o intercepto, que representa o valor esperado de y quando $x=0$, b é o coeficiente angular (ou inclinação da reta), que representa a taxa de variação de y ao longo do tempo.

Um valor positivo de b indica tendência de aumento, enquanto um valor negativo indica tendência de redução. O coeficiente angular (b) foi estimado pelo método dos mínimos quadrados, que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos entre os valores observados e os valores ajustados da reta.

A regressão foi aplicada de duas formas: na série temporal mensal de precipitação (1979 a 2024) em cada sub-região, para identificar tendências sazonais e interanuais; e na série anual do número de meses com eventos extremos secos e chuvosos, para verificar mudanças na frequência desses eventos ao longo do tempo.

Dessa forma, foi possível avaliar de forma objetiva a presença de tendências de intensificação ou redução da precipitação e da frequência de eventos extremos em diferentes setores da Amazônia. Tais tendências podem estar associadas a alterações no clima regional e global, possivelmente vinculadas aos processos de mudança climática (IPCC, 2021).

Para avaliar a significância estatística das tendências identificadas nas séries temporais (1979 a 2024) de precipitação mensal e no número de meses no ano com eventos extremos (secos e chuvosos), foi aplicado o teste t de Student (t) ao coeficiente angular da reta obtida pela regressão linear simples (Equação 4). Esse teste verifica a hipótese nula de que o coeficiente angular b é igual a zero, ou seja, que não existe tendência significativa ao longo do tempo (Montgomery; Runger, 2003; Wilks, 2011).

A significância do teste é avaliada por meio do valor- p correspondente ao valor de t , considerando os graus de liberdade $n-2$, onde n é o número total de observações. Valores de p menor que 0,05 indicam que a tendência é estatisticamente significativa ao nível de 5%, rejeitando-se a hipótese nula.

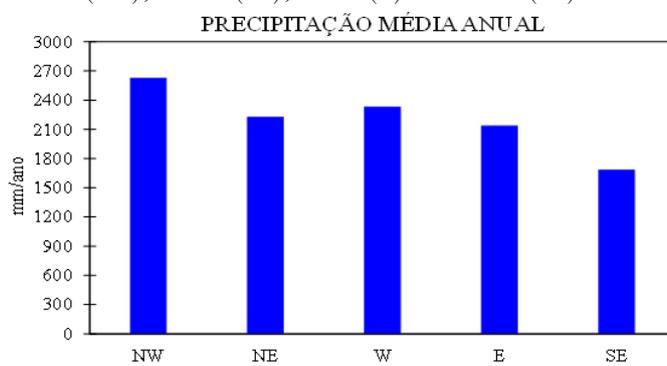
$$t = \frac{b}{SE(b)} \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que: b é o coeficiente angular da reta de regressão; $SE(b)$ é o erro padrão associado ao coeficiente angular.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

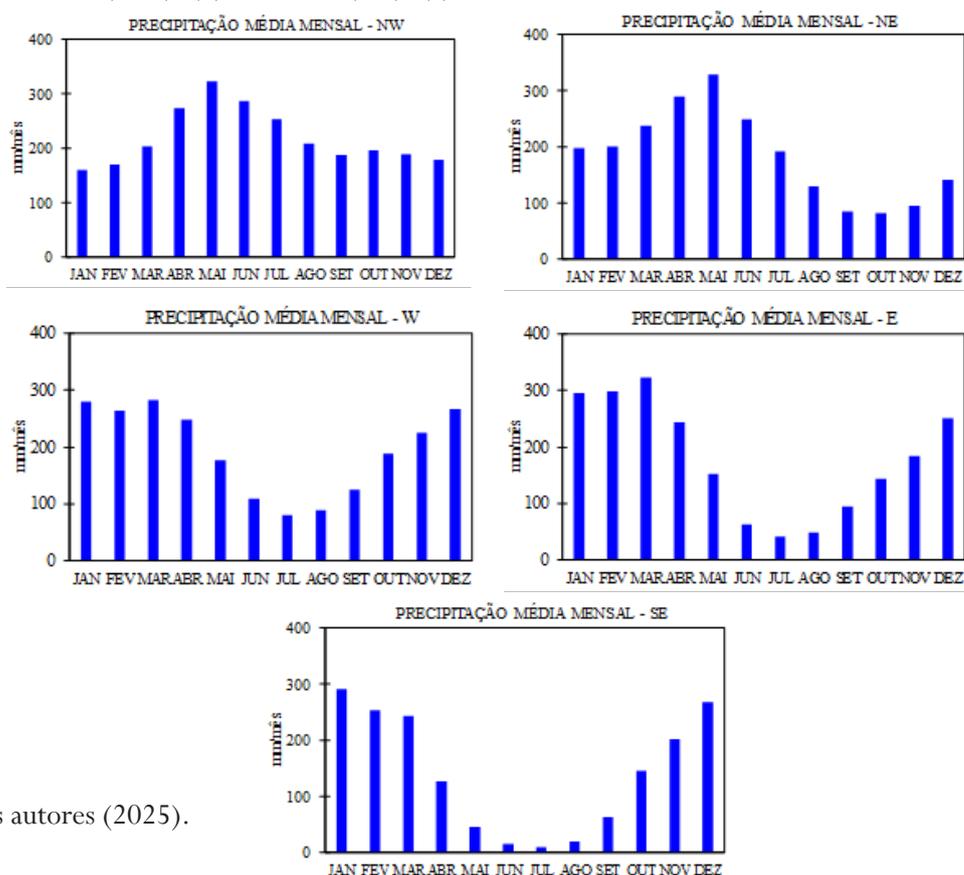
A Figura 2 ilustra a climatologia da precipitação, média de 1981 a 2010, nas cinco sub-regiões da Amazônia, evidenciando a existência de variações espaciais, com maior acumulado em NW (2.629 mm) e menor em SE (1.685 mm). A Figura 3 (a-e) mostra a climatologia mensal, destacando padrões sazonais distintos: as sub-regiões NW e NE apresentam alta pluviosidade durante todo o ano, sem estação seca bem definida, apesar da redução relativa entre agosto e novembro. Os picos em maio (323 mm em NW e 328 mm em NE) refletem a influência prolongada da ZCIT no norte amazônico (Rao; Hada, 1990; Ribeiro et al. 2023). A redução da precipitação no segundo semestre, embora menos intensa do que nas regiões meridionais, mantém elevados volumes, sugerindo a persistência da umidade atmosférica e a ocorrência de sistemas meteorológicos de escala local (Souza et al., 2021).

Figura 2 – Precipitação média anual (1981 a 2010) nas cinco sub-regiões da Amazônia: Noroeste (NW), Nordeste (NE), Oeste (W), Leste (E) e Sudeste (SE)



Fonte: os autores (2025).

Figura 3 – Precipitação média mensal (1981 a 2010) nas cinco sub-regiões da Amazônia: (a) Noroeste (NW), (b) Nordeste (NE), (c) Oeste (W), (d) Leste (E) e (e) Sudeste (SE)



Fonte: os autores (2025).

Embora a climatologia da precipitação tenha padrões sazonais bem definidos nas sub-regiões amazônicas, foi fundamental investigar se esses regimes vêm se alterando ao longo do tempo. A análise das tendências da precipitação mensal de toda a série temporal permitiu identificar sinais de mudanças na região, em resposta aos fatores climáticos e ambientais recentes, como a influência do fenômeno ENOS, por exemplo. A Figura 4 (a-e) apresenta as séries temporais da precipitação mensal para as cinco sub-regiões analisadas entre 1979 e 2024, acompanhadas das respectivas linhas de tendência linear. Os resultados indicam tendência negativa estatisticamente significativa da precipitação em todas as sub-regiões, conforme indicado pelos coeficientes angulares das equações de regressão linear simples (valores de “b”) e confirmados pelos testes t de Student, com p-valor menor que 0,05 em todos os casos (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de p das regressões lineares aplicadas às séries temporais de precipitação mensal, extremos chuvosos e extremos secos nas sub-regiões da Amazônia (1979 a 2024).

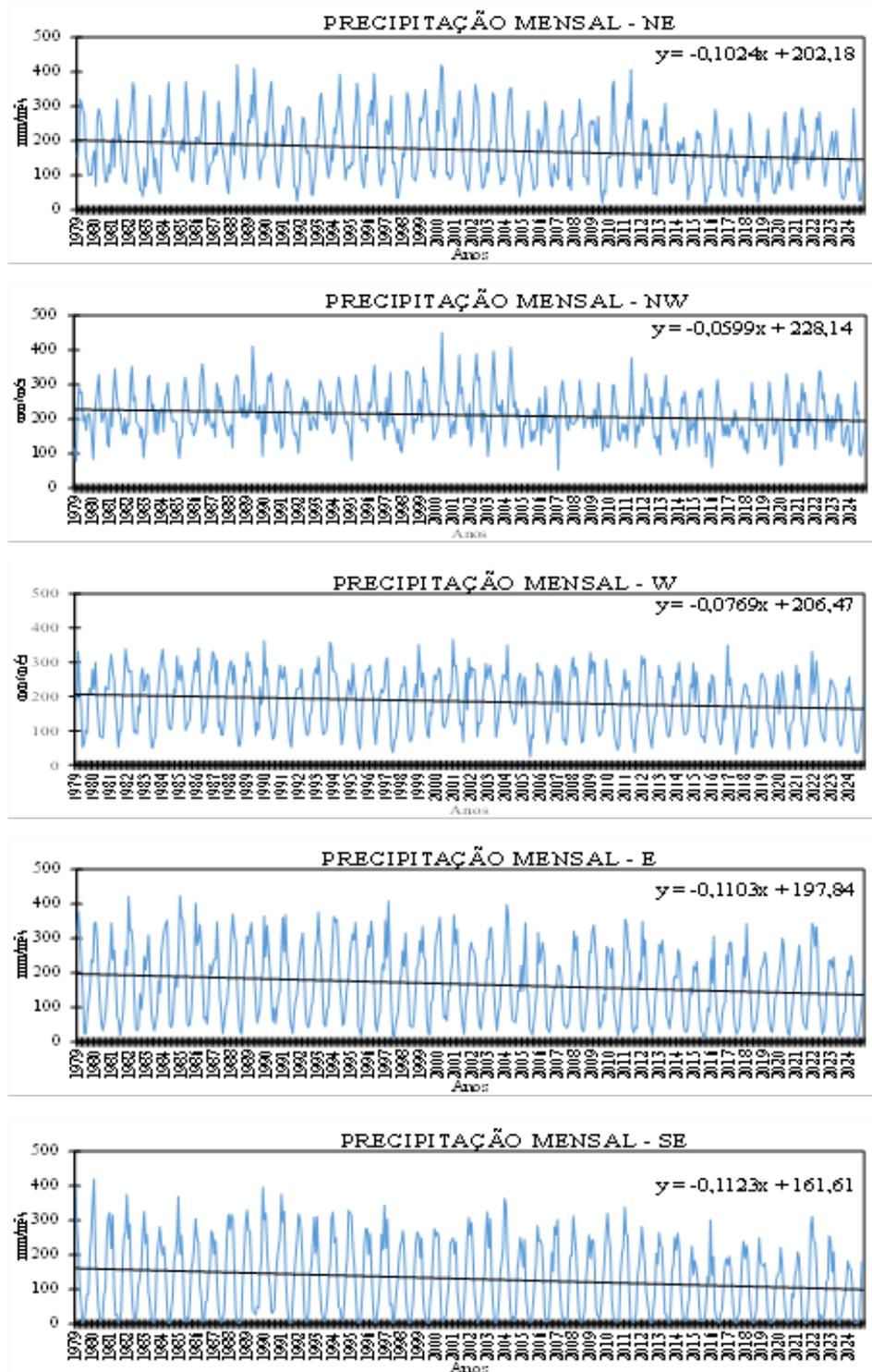
SUB-REGIÃO	PRECIPITAÇÃO	EXTREMO CHUVOSO	EXTREMO SECO
NW	0,012	0,052	5,760E-05
NE	0,000	0,088	8,556E-04
W	0,000	0,003	1,424E-03
E	0,000	0,000	1,716E-05
SE	0,000	0,000	1,186E-07

Fonte: os autores (2025). O nível de significância considerado foi de p menor que 0,05, indicando que a tendência é estatisticamente significativa. Os valores menores que 0,05 estão em cinza.

A sub-região NW apresentou declínio médio de aproximadamente -0,60 mm/mês ($y = -0,599x + 228,14$), refletindo uma redução gradual da pluviosidade ao longo do período, embora essa região ainda mantenha elevados volumes médios mensais, superiores a 300 mm nos meses da estação chuvosa. A sub-região NE apresentou tendência de redução mais acentuada, com -1,02 mm/mês ($y = -1,024x + 202,18$). A sub-região W registrou a menor taxa de redução entre as áreas analisadas (-0,077 mm/mês), por outro lado, a sub-região E apresentou redução de -0,110 mm/mês e a Sudeste (SE) apresentou declínio de -0,112 mm/mês ($y = -0,1123x + 161,61$), o que é consistente com outros estudos que apontam aumento da estação seca e intensificação de secas extremas na parte meridional da Amazônia, especialmente na transição para o bioma Cerrado (Souza et al., 2005; Marengo et al., 2018). Esses resultados corroboram estudos prévios que evidenciam uma tendência de redução das chuvas na Amazônia nas últimas décadas, especialmente nas porções leste e sul, potencialmente associada às mudanças climáticas globais, à expansão do desmatamento e à retroalimentação entre perda de cobertura vegetal e redução de umidade atmosférica (Marengo et al., 2011; Aragão, 2012).

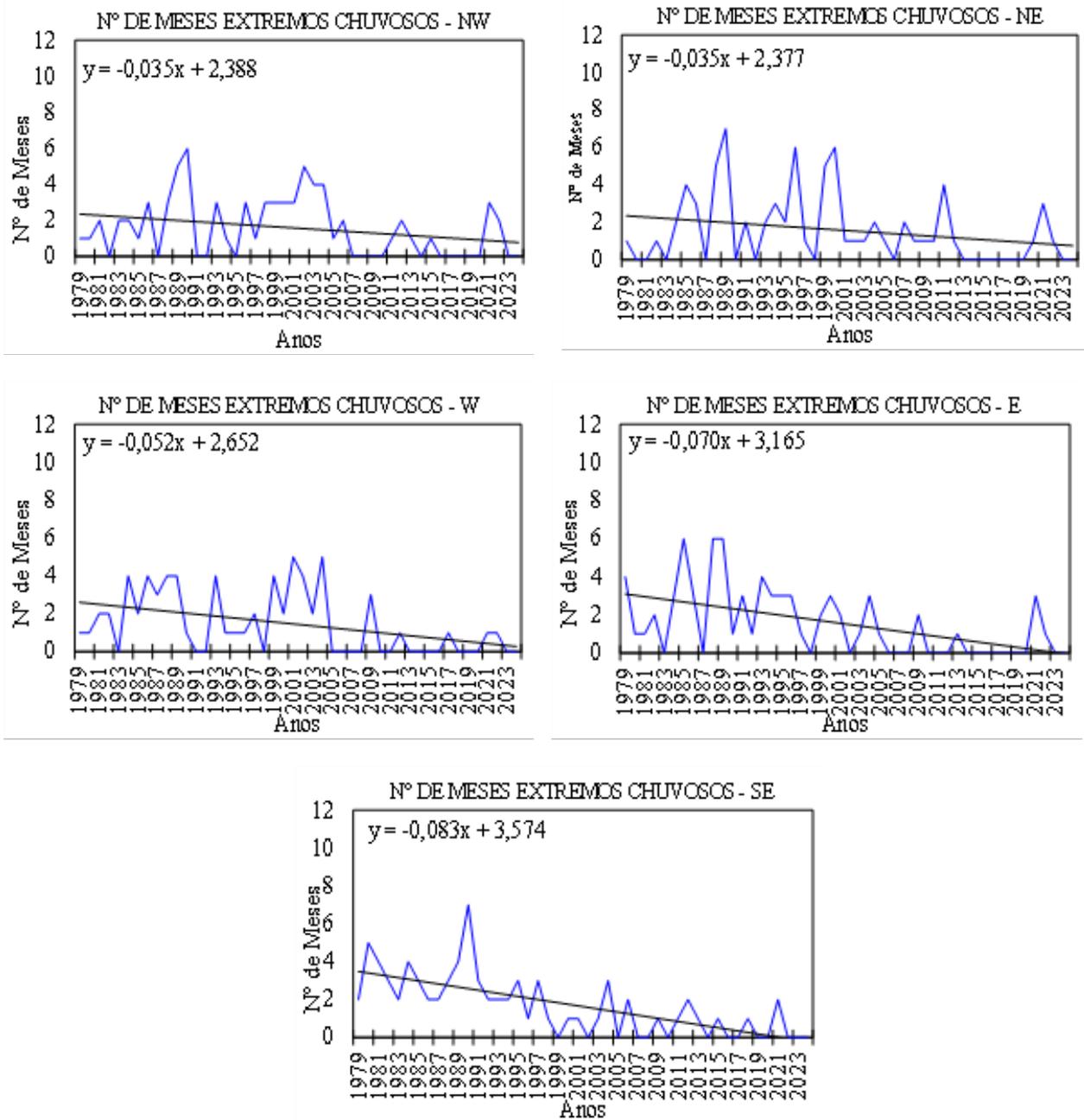
Além das tendências de redução nos totais mensais de precipitação observadas em todas as sub-regiões amazônicas, é igualmente relevante avaliar as mudanças na frequência dos eventos extremos. Essas ocorrências, muitas vezes mascaradas pelas médias climatológicas, têm implicações diretas sobre a disponibilidade hídrica, a navegabilidade fluvial e a resiliência socioambiental da região. A Figura 5 (a-e) apresenta as tendências no número anual de meses classificados como extremos chuvosos, para o período de 1979 a 2024, nas cinco sub-regiões da Amazônia. Os resultados mostraram uma predominância de tendência negativa em todas as áreas, com magnitudes variáveis entre as sub-regiões. No entanto, os testes de significância estatística (t) indicaram que apenas as regiões W, E e SE apresentaram tendências estatisticamente significativas, enquanto NW e NE não demonstraram significância, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Figura 4 – Tendência da precipitação mensal nas sub-regiões da Amazônia (1979 a 2024). Precipitação mensal (linhas azuis) e respectivas tendências lineares (linhas pretas) para as sub-regiões: (a) Noroeste (NW), (b) Nordeste (NE), (c) Oeste (W), (d) Leste (E) e (e) Sudeste (SE).



Fonte: os autores (2025).

Figura 5 – Tendência no número anual de meses com evento extremo chuvoso (acima do percentil 85) nas sub-regiões da Amazônia: (a) Noroeste (NW), (b) Nordeste (NE), (c) Oeste (W), (d) Leste (E) e (e) Sudeste (SE), no período de 1979 a 2024. A linha preta representa a tendência linear.



Fonte: os autores (2025).

As regiões NW e NE apresentaram inclinações de -0,035 eventos/ano, com interceptos próximos a 2,4 eventos anuais. Apesar da tendência negativa visível, a ausência de significância estatística sugere que a variabilidade interanual ainda predomina o comportamento dos extremos chuvosos nessas áreas. Nas sub-regiões W, E e SE, a tendência negativa foi mais acentuada e estatisticamente significativa, com inclinações de -0,052, -0,070 e -0,083 eventos/ano, respectivamente. Isso sugere uma redução consistente na frequência de eventos chuvosos extremos nessas áreas, possivelmente vinculada à intensificação de anomalias secas sazonais, ao avanço da estação seca e à variabilidade climática de grande escala. A SE, por exemplo, localizada na transição entre a Amazônia e o Cerrado, apresentou a maior taxa de declínio, reforçando evidências de que essa área está entre as mais sensíveis às mudanças climáticas (Souza et al., 2005; Coe et al., 2013).

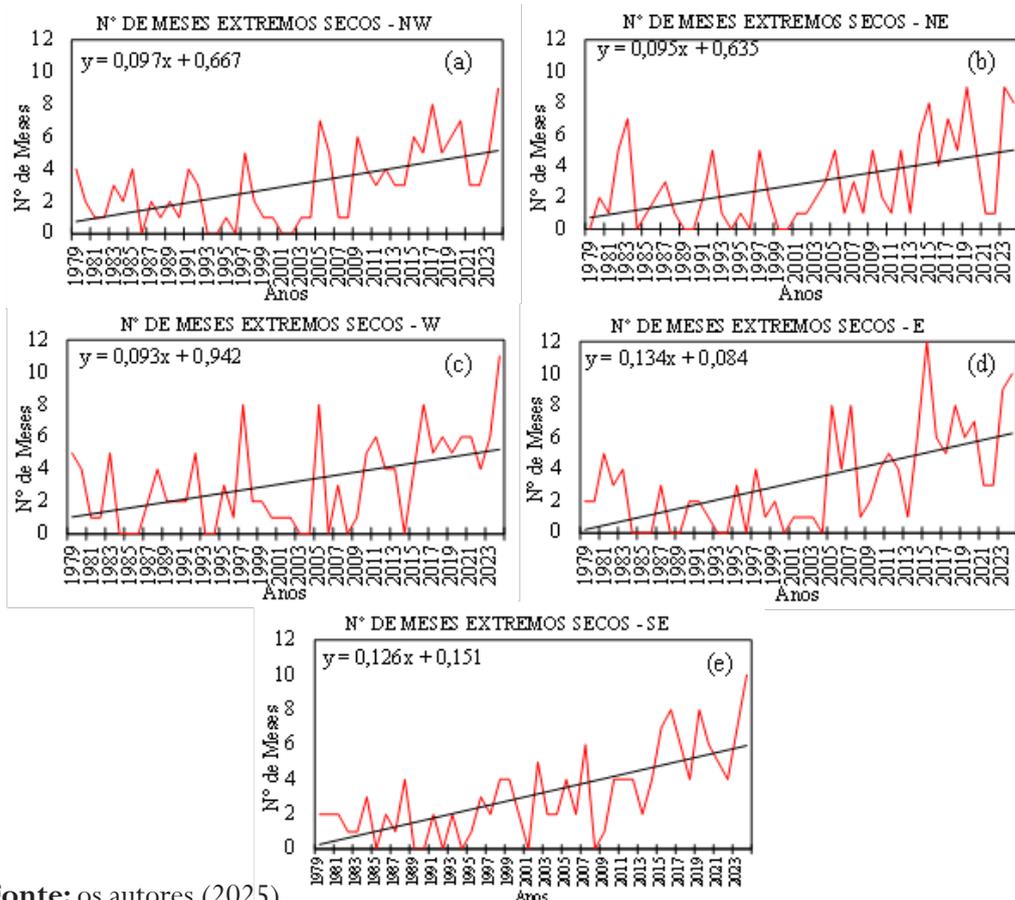
A análise dos eventos extremos chuvosos indica que os anos de 1989 e 1990 foram os mais expressivos em NE, NW, E e SE da Amazônia. Em 1989, a frequência de meses com extremos chuvosos foi

máxima em NE (até 7 meses), bem como elevada em NW e E, refletindo a forte atuação do evento de La Niña 1988–1989, que intensificou a ZCIT e aumentou o transporte de umidade para o norte da região (Ronchail et al., 2002). Em 1990, o destaque foi para SE, com até 6 meses de eventos extremos (Figura 5e), ainda sob influência residual do La Niña anterior, pois, segundo Silva e Silva (2015), há correlação entre a precipitação na região norte da América do Sul e a temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Equatorial, com uma defasagem temporal. Isso significa que os efeitos atmosféricos podem persistir mesmo após o término do evento oceânico, devido à inércia da circulação de grande escala, que demora a se ajustar às variações térmicas no oceano. Esse desacoplamento temporário entre o oceano e a atmosfera contribui para prolongar os impactos climáticos sobre áreas tropicais, como é o caso da Amazônia.

A Figura 6 (a-e) ilustra as tendências no número anual de meses classificados como extremos secos (inferior ao percentil 15), para o período de 1979 a 2024, nas cinco sub-regiões da Amazônia. Os resultados indicam uma tendência crescente no número de meses com eventos de seca extrema em todas as sub-regiões analisadas. O teste t confirmou que todas as tendências são estatisticamente significativas, refletindo um aumento consistente na frequência desses eventos (Tabela 1).

A sub-região SE apresentou a maior taxa de crescimento anual ($b = 0,126$), seguida pelas regiões E, NW, NE e W, com b de 0,134, 0,097, 0,095 e 0,093, respectivamente, sugerindo um aumento sistemático da ocorrência de secas severas, o que pode ser associado a alterações nos padrões atmosféricos tropicais e aos impactos das mudanças climáticas globais (Coe et al., 2013). A intensificação de eventos secos tem implicações relevantes para a floresta amazônica, que depende de um ciclo hidrológico equilibrado para sua manutenção ecológica. A maior frequência de meses secos pode intensificar o estresse hídrico na vegetação, reduzir o fluxo dos rios e ampliar a suscetibilidade a incêndios florestais, principalmente nas bordas do bioma e em áreas de desmatamento e degradação (Aragão et al., 2014; Souza et al., 2003). Além disso, a maior incidência de secas pode comprometer os meios de subsistência locais, a navegação fluvial e a segurança alimentar das populações tradicionais (Nobre et al., 2016).

Figura 6 – Tendência no número anual de meses com evento extremo seco (abaixo do percentil 15) nas sub-regiões da Amazônia: (a) Noroeste (NW), (b) Nordeste (NE), (c) Oeste (W), (d) Leste (E) e (e) Sudeste (SE), no período de 1979 a 2024. A linha preta representa a tendência linear.



Fonte: os autores (2025).

De forma geral, o ano de 2024 foi particularmente crítico para NW, NE, E e SE, com elevada frequência de meses com extremo seco. Embora este evento seja recente, uma pesquisa preliminar indicou que a seca de 2023-2024 na Amazônia foi caracterizada por uma combinação de fatores climáticos, incluindo o El Niño e o aquecimento anômalo dos oceanos Atlântico Norte, Índico e Pacífico Norte. Essa combinação reduziu significativamente a precipitação e elevou as temperaturas, afetando a disponibilidade hídrica, prolongando as secas e causando picos de temperatura (Marengo et al., 2024).

Além disso, o ano de 2015 destacou-se na sub-região E, onde todos os 12 meses registraram valores extremos secos. Esse período coincidiu com um dos eventos de El Niño mais intensos do século XXI, conforme tem sido observado no levantamento dos dados do Índice Oceânico de Niño (Alves, 2025). Segundo Marengo et al. (2018), o El Niño de 2015 causou uma redução expressiva na precipitação da região Amazônia, com secas severas entre agosto e outubro, afetando ecossistemas e os regimes hidrológicos. Os autores destacam que a combinação do El Niño com condições locais de baixa umidade resultou em uma das maiores secas observadas nas últimas décadas.

Esses resultados evidenciam que os eventos secos extremos têm se tornado mais frequentes e abrangentes, especialmente em anos sob forte influência do El Niño, reforçando a importância de estratégias de monitoramento e gestão adaptativa diante da crescente variabilidade climática.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de regressão linear aplicadas às séries temporais de precipitação mensal e à frequência de meses com precipitação extrema (denominada de extremo seco e extremo chuvoso) evidenciam mudanças estatisticamente significativas no regime pluviométrico da Amazônia Legal no período de 1979 a 2024. Observou-se uma tendência generalizada de redução na precipitação total em todas as sub-regiões analisadas, com maior intensidade nas sub-regiões E e SE da Amazônia.

Particular atenção deve ser dada à intensificação dos extremos secos, cuja significância estatística foi verificada de forma robusta em todas as sub-regiões, com valores de p expressivamente baixos, sobretudo na sub-região SE. Esse padrão sugere um aumento da frequência de períodos de estiagem severa, o que impõe implicações diretas à gestão dos recursos hídricos, à segurança alimentar e à resiliência das populações amazônicas.

Embora os extremos chuvosos apresentem menor consistência estatística nas tendências, algumas sub-regiões, como o W e o E, indicaram significância em suas regressões, apontando para uma possível ampliação da variabilidade intra-anual da precipitação. Esse comportamento, aliado à intensificação dos extremos secos, reforça o cenário de instabilidade climática crescente e maior risco de desastres naturais associados tanto à escassez quanto ao excesso hídrico.

Tais resultados corroboram as evidências recentes da literatura sobre os impactos das mudanças climáticas na Amazônia e destacam a urgência de fortalecer estratégias de monitoramento climático, planejamento territorial e políticas públicas integradas, com foco na mitigação de riscos e na adaptação às novas condições hidrometeorológicas da região. A caracterização estatística das tendências pluviométricas extremas constitui, portanto, uma ferramenta essencial para a gestão sustentável e soberana da Amazônia frente aos desafios impostos pelas mudanças globais.

REFERÊNCIAS

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. **Monthly Weather Review, Boston**, v. 166, n. 3, p. 505-524, mar. 1988. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/116/3/1520-0493_1988_116_0505_otfots_2_0_co_2.xml. Acesso em: 14 set. 2025.

ALVES, L. M. et al. Classificação dos anos de Seca. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São José dos Campos: INPE, 2013. p. 49–53.

ARAGÃO, L. E. O. C. The rainforest's water pump. **Nature**, v. 489, p. 217–218, 2012. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature11485>. Acesso em: 14 set. 2025.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 89, n. 4, p. 913–931, 2014. DOI: 10.1111/brv.12088. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/brv.12088>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRITO, A. L.; VEIGA, J. A. P.; YOSHIDA, M. C. Extreme rainfall events over the Amazon basin produce significant quantities of rain relative to the rainfall climatology. **Atmospheric and Climate Sciences**, v. 4, n. 2, p. 179–191, 2014. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=44665>. Acesso em: 14 set. 2025.

COE, Michael T. et al. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, article 20120155, 2013. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2012.0155>. Acesso em: 14 set. 2025.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE C. A.: Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 123, n.11, p. 3163–3174, nov. 1995. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/123/11/1520-0493_1995_123_3163_ecawas_2_0_co_2.xml. Acesso em: 14 set. 2025.

FERREIRA, N. J., RAMIREZ, M. V., GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do nordeste do Brasil. In: CAVALVANTI, I.F.A. et al. (org), **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, cap.15, p.235–241.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over Central and Western tropical South America. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 5, n.6, p. 36–44, jun. 1990. [Versão impressa]

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, n.1, p.19–28, 1986. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Manoel-Gan/publication/43653491_Vortices_ciclonicos_da_alta_troposfera_no_Oceano_Atlantico_Sul/links/56054a0c08ae8e08c08b7d22/Vortices-ciclonicos-da-alta-troposfera-no-Oceano-Atlantico-Sul.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail&_rt-d=e30%3. Acesso em: 14 set. 2025.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. **Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI: 10.1017/9781009157896. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of sub-tropical precipitations zone (The Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, Tokyo, v. 70, n.4, p. 813–835, aug.1992. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj1965/70/4/70_4_813/_article/-char/ja/. Acesso em: 14 set. 2025.

KOUSKY, V. E.; KAGANO, M. T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. **Acta Amazonia**, Manaus, v. 11, n. 4, p. 743–753, set.1981. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/rpfC4jL8D9x4hXRHGnzcDdG/?lang=en>. Acesso em: 14 set. 2025.

MARENGO, J. A. et al. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, Boston, v.14, n. 5, p.833–852, mar. 2001. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/14/5/1520-0442_2001_014_0833_oaetr_2.0.co_2.xml. Acesso em: 14 set. 2025.

MARENGO, J. A. et al. Recent developments on the South American monsoon system. **Journal of Climatology**, v. 32, p. 1–21, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.2254>. Acesso em: 14 set. 2025.

MARENGO, J. A. et al. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2018.00228/full>. Acesso em: 14 set. 2025.

MARENGO, J. A. et al. Long-term variability, extremes and changes in temperature and hydrometeorology in the Amazon region: A review. **Acta Amazonica**, v. 54, n. spe1, p. e54es22098, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/twpxgJTGHNKhjvqnmmtsW8Pv/?lang=en>. Acesso em: 14 set. 2025.

MARENGO, J. A. et al. The drought of Amazonia in 2023–2024. **American Journal of Climate Change**, v. 13, n. 3, p. 567–597, 2024. DOI: 10.4236/ajcc.2024.133026. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=136388>. Acesso em: 28 maio 2025.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **The relationship of drought frequency and duration to time scales**. In: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 1993, Anaheim. Boston: American Meteorological Society, 1993. p. 179–184.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**, 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. **Cold & Warm Episodes by Season**, 2025. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 28 maio 2025.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016. DOI: 10.1073/pnas.1605516113. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1605516113>. Acesso em: 14 set. 2025.

NOBRE P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, Boston, v. 9, n. 10, p. 2464–2479, oct.1996. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/9/10/1520-0442_1996_009_2464_voss-tw_2_0_co_2.xml. Acesso em: 14 set. 2025.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas na América do sul e convecção na Amazônia**. 246 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

OMM – ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Guidelines on the Calculation of Climate Normals: WMO-No. 1203**. Genebra: Organização Meteorológica Mundial, 2017. Disponível em: https://library.wmo.int/viewer/55797/download?file=1203_en.pdf&type=pdf&navigator=1. Acesso em: 28 maio 2025.

RAO, V.B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with Southern oscillations. **Theoretical and Applied Climatology, Netherlands**, v. 42, n. 2, p.81-91, Jun. 1990. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00868215>. Acesso em: 14 set. 2025.

RIBEIRO, R. M. R.; VITORINO, M. I.; MOURA, M. N. Variabilidade sazonal da Zona de Convergência Intertropical e sua influência sobre o norte da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 5, p. 2798–2810, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/257964>. Acesso em: 2 set. 2025.

RONCHAIL, J. et al. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the Equatorial Pacific and the Tropical Atlantic Oceans. **International Journal of Climatology**, New York, v. 22, n. 9, p. 1663–1686, 2002. Disponível em: <https://hal.science/hal-02987801/>. Acesso em: 14 set. 2025.

SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. S. Análise de tendência da precipitação diária na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 04, p. 1041–1051, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/items/a6955219-236c-4a6e-9c55-9862c8cd5202>. Acesso em: 14 set. 2025.

SATYAMURTY, P.; DA COSTA, C. P. W.; MANZI, A. O. Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 111, p. 195–209, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/S00704-012-0637-7>. Acesso em: 14 set. 2025.

SILVA, V. B., KOUSKY, V. E., SHI, W., HIGGINS, R. W. An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil. **Journal of Hydrometeorology** [on line], 8(4), 847-861, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM598.1>. Acesso em: 30 maio 2025.

SILVA, E. R. L. D. G.; SILVA, M. E. S. Memória de eventos ENOS na precipitação da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 30, p. 34–55, 2015. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/96077>. Acesso em: 30 maio 2025.

SOUZA, E. et al. On the influences of the el Niño, la Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, Manaus, v.30, n. 2, p. 305–318, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/T56f9k8VYK6ZV6hJFmNw8bT/?lang=en>. Acesso em: 14 setembro 2025.

SOUZA JR, C. et al. Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT 4 through spectral mixture models. **Remote sensing of environment**, v. 87, n. 4, p. 494-506, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425703002086>. Acesso em: 14 setembro 2025.

SOUZA, E. B, KAYANO, M. T., AMBRIZZI T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**. Netherlands, v. 81, n. 3, p. 177–191, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-004-0081-4>. Acesso em: 14 setembro 2025.

SOUZA, E. B. et al. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/13989>. Acesso em: 2 set. 2025.

TAVARES, A. L. et al. Climate indicators for a watershed in the eastern Amazon. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14102>. Acesso em: 3 set. 2025.

XAVIER, T. M. B. **Eventos climáticos extremos no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 166 p.

WILKS, D. S. (2011). **Métodos estatísticos nas ciências atmosféricas**. Imprensa acadêmica, 2011.

Policy Papers

De natureza propositiva, esta seção apresenta policy papers que discutem as implicações da temática das mudanças climáticas para a segurança e a defesa da Amazônia, trazendo recomendações ao Estado brasileiro, em especial ao setor de Defesa. Nesta edição, são apresentados três textos que tratam, sob diferentes perspectivas, dos desafios e das oportunidades relacionadas à gestão soberana e sustentável da Amazônia.

O texto “Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia: uma análise estratégica” trata da interseção entre a agenda climática e a segurança nacional, analisando como as mudanças climáticas amplificam vulnerabilidades e instabilidades na região. De acordo com o texto, para mitigar esses problemas, faz-se necessário uma série de medidas, desde o fortalecimento da capacidade de resposta do Estado, até o fortalecimento da cooperação internacional.

Em “Exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e seus impactos na Defesa Nacional”, trata-se das implicações da exploração petrolífera na Margem Equatorial para a defesa nacional, abordando aspectos geopolíticos, ambientais e energéticos. A análise considera o papel das Forças Armadas na segurança da região e apresenta recomendações para mitigar riscos e maximizar oportunidades de desenvolvimento soberano e sustentável.

Por fim, “Gestão de Resíduos Recicláveis no Exército Brasileiro: implementação da Coleta Seletiva” descreve o Programa de Coleta Seletiva Cidadã, uma política de gestão de resíduos sólidos que tem gerado benefícios ambientais e sociais, além de fomentar a economia circular. Com foco nas atividades realizadas em unidades do Exército Brasileiro, o texto discute os desafios relacionados à ampliação de parcerias, ao fortalecimento institucional e aos entraves logísticos no âmbito das atividades de Defesa.

Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia: uma análise estratégica

Data da submissão: 24 de abril de 2025 Data da aprovação: 20 de julho de 2025

Paulo Ricardo de Oliveira Dias¹

Resumo Executivo

Este Policy Paper aborda a crescente relevância da interseção entre a agenda climática e a segurança nacional, com foco nas implicações para a Amazônia brasileira. A região, vital para a regulação do clima global e detentora de vastos recursos naturais, enfrenta desafios complexos decorrentes de eventos climáticos extremos, aumento do desmatamento e pressões sobre seus recursos. A proximidade da COP30, a ser sediada em Belém do Pará, em 2025, intensifica a urgência de se debater a securitização do meio ambiente e a necessidade de ações coordenadas para mitigar os riscos climáticos. O estudo analisa como as mudanças climáticas amplificam vulnerabilidades e instabilidades na Amazônia, impactando a segurança alimentar, a disponibilidade de água e a estabilidade política. A degradação ambiental, impulsionada por atividades ilegais como garimpo e exploração madeireira, agrava a situação, colocando em risco a biodiversidade e o equilíbrio ecológico da região. A análise também considera as implicações para a segurança nacional, incluindo a instabilidade regional, os deslocamentos populacionais, as ameaças a infraestruturas estratégicas e a intensificação de atividades criminosas transfronteiriças. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é apresentar recomendações gerais que permitam fortalecer as condições de Segurança e Defesa na Amazônia brasileira. A estrutura do texto compreende uma análise detalhada do problema, seguida de um conjunto de recomendações práticas e viáveis, embasadas nas evidências que foram alvo de pesquisa. As principais recomendações incluem: 1) o fortalecimento da capacidade de resposta do Estado a eventos climáticos extremos; 2) o investimento em tecnologias de monitoramento e combate a crimes ambientais; 3) a promoção de políticas de desenvolvimento sustentável; 4) a integração de considerações climáticas no planejamento de segurança e defesa nacionais; e 5) o fortalecimento da cooperação regional e internacional para a proteção da Amazônia. A implementação dessas medidas é essencial para garantir a soberania nacional, a segurança da população e a preservação do patrimônio ambiental da Amazônia, em um contexto de crescentes desafios climáticos, os quais, cada vez mais ganham contornos geopolíticos.

Palavras-chave: segurança climática; Amazônia; segurança nacional; desenvolvimento sustentável; securitização.

1 A DINÂMICA DA QUESTÃO CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA

A Amazônia brasileira tem enfrentado desafios crescentes relacionados à questão climática. O aumento constante da temperatura média, a ocorrência de eventos climáticos extremos, o aumento do desmatamento e das queimadas, e a pressão sobre os recursos naturais existentes na região são óbices que precisam ser prevenidos ou combatidos.

Embora eventos climáticos extremos ocorram naturalmente, sua frequência e intensidade aumentaram significativamente em um período recente. Na Amazônia, episódios de seca mais frequentes, intensos e duradouros têm sido observados, impactando negativamente a biodiversidade, a saúde humana e a segurança alimentar da região (IPCC, 2023). De modo análogo, inundações têm ocorrido com mais frequência, causando destruição em comunidades ribeirinhas e afetando a infraestrutura local (Marengo *et al.*, 2018).

A bacia do rio Amazonas apresenta condições de ocupação humana suscetíveis às consequências

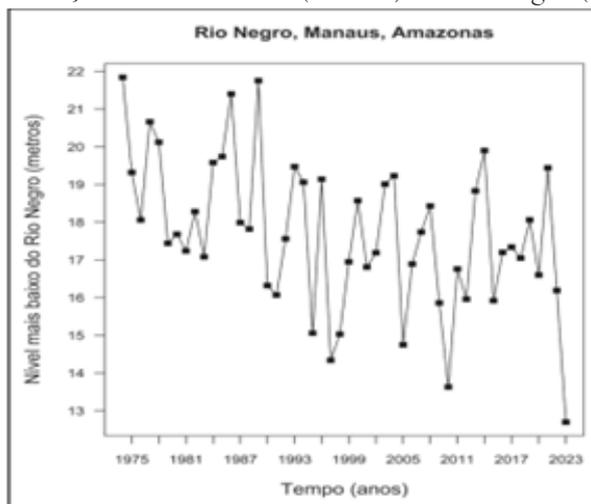
¹Militar do Exército Brasileiro. Graduado em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (2008). Pós-graduado em Operações Militares de Defesa Antiaérea e de Defesa do Litoral; Mestre em Ciências Militares com ênfase na prevenção e combate ao terrorismo pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais.

Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia

de eventos extremos gerados ou agravados pelas mudanças climáticas. Em 2023, condições agudas de precipitação pluvial no início do ano provocaram cheias e inundações excepcionais nos Estados do Acre, Amazonas, Pará e Maranhão, obrigando 116 mil pessoas a saírem de suas localidades (IDMC, 2024 apud Mendes e Spécie, 2024).

Ainda em 2023, a partir do meio do ano e ao longo do segundo semestre, a mesma região foi assolada pela seca, principalmente o estado do Amazonas, que experimentou a pior estiagem em um século. O rio Amazonas e seu afluente mais volumoso, o rio Negro, atingiram o nível hídrico mais baixo que se tem registro, com decorrências devastadoras para a fauna e a vegetação (Figura 1). Comunidades ribeirinhas e grupos indígenas foram atingidos e milhares de pessoas migraram (INMET, 2023; NASA, 2023; FAPESP, 2023 apud Mendes e Spécie, 2024).

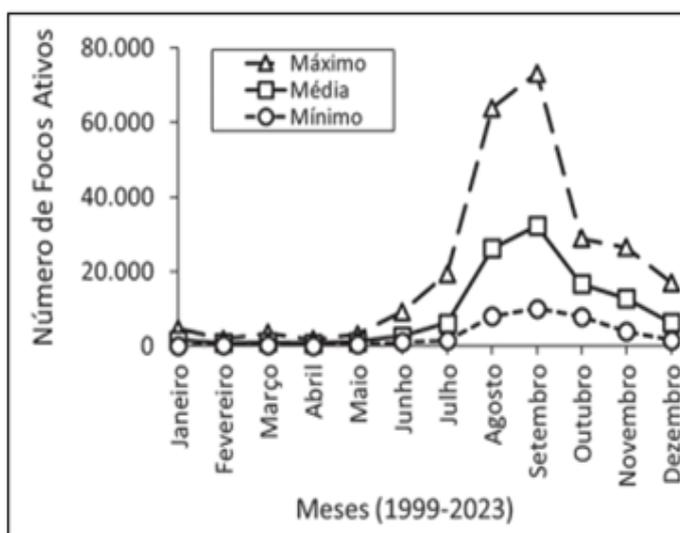
Figura 1 – Representação da cota mínima (vazante) do Rio Negro (1974-2023)



Fonte: Brandão *et al.* (2024).

Beneficiadas pelas condições climáticas supracitadas, as quais tendem a se agravar nos meses de agosto, setembro e outubro (Figura 2), ações antrópicas de degradação ambiental colocam mais pressão sobre as políticas de preservação da Amazônia. Com base em dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), verifica-se que o bioma amazônico é, na história recente, o bioma brasileiro mais sujeito a ocorrência de focos de queimada (figura 3).

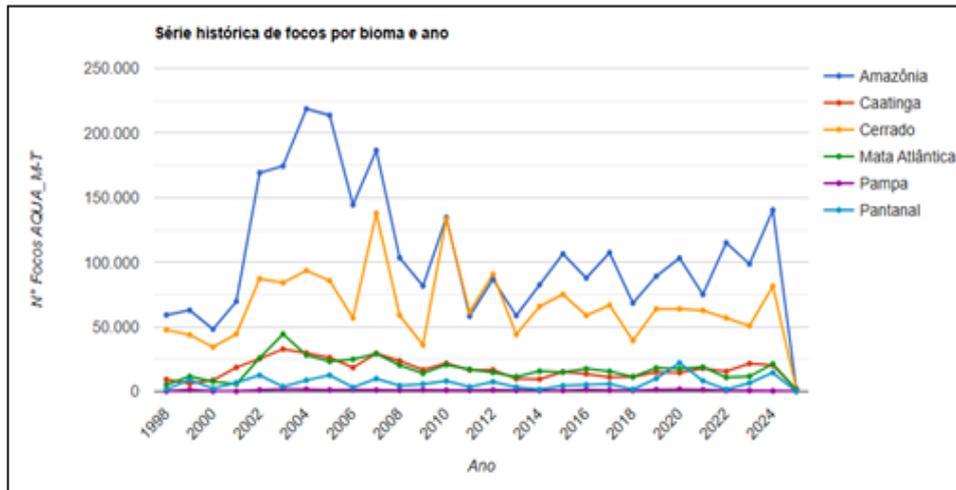
Figura 2 – Comparativo dos valores máximo, médios e mínimos de focos ativos de queimadas (1999-2023), conforme dados do satélite AQUA_M-T



Fonte: Brandão *et al.* (2024), baseado em dados do INPE (2024).

Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia

Figura 3 – Comparativo dos dados do ano corrente com os valores máximos, médios e mínimos, entre 1998 e 16 Abr 2025



Fonte: INPE, (2025).

Segundo Barlow e Peres (2008), a combinação entre secas e incêndios florestais aumenta a mortalidade de árvores de duas a quatro vezes na Amazônia, o que pode se relacionar a uma modificação severa na estrutura física da floresta, bem como uma significativa redução no número de espécies nativas. Nesse contexto, a Tabela 1 mostra como a pressão sobre a vegetação nativa tem apresentado uma tendência recente de crescimento.

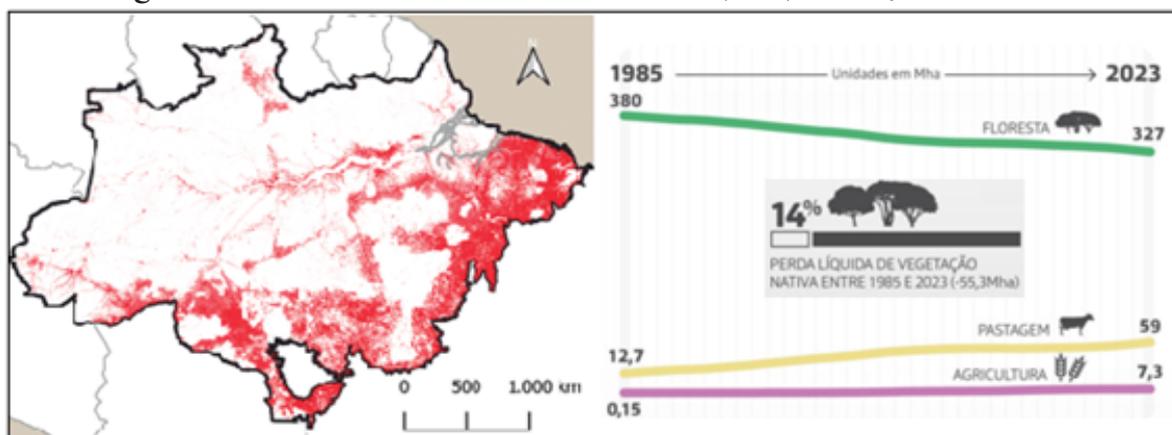
Tabela 1 – Percentual de focos de incêndio em áreas de vegetação nativa na Amazônia (2019-2024)

2019	2020	2021	2022	2023	2024	Média
11,8%	12,3%	9,1%	9,8%	12,2%	22,3%	13,6%

Fonte: O autor, baseado em dados do INPE (2025).

Nesse contexto, uma das condições relacionadas com esse fenômeno é o movimento recente de expansão das fronteiras do agronegócio no país, o qual tem avançado sobre as franjas da Amazônia legal, conforme afirma Pereira *et al.* (2020) (Figura 4).

Figura 4 – Desmatamento acumulado na Amazônia (2022) e evolução anual do uso da terra



Fonte: o autor, baseado em Brandão *et al.* (2024) e MapBiomas (2025).

Outra constrição muito particular (e lucrativa) sobre a Amazônia, relaciona-se à exploração dos recursos minerais em seu solo. Dados de 2023 revelam que a Amazônia concentra 69,7% das áreas de mineração no país, o que engloba a mineração industrial e o garimpo, com prevalência deste último, perfazendo um total de 306.918 hectares (Mapbiomas Brasil, 2025).

A questão do garimpo na região amazônica é particularmente preocupante. Trata-se de uma atividade de extração mineral de pequena escala, frequentemente realizada por indivíduos ou pequenas cooperativas, com baixo investimento em tecnologia e infraestrutura. Desse modo, o garimpo projeta-se como um empreendimento de impacto ambiental desproporcionalmente grande, haja vista às práticas muitas vezes predatórias e não regulamentadas (Boehm, 2024).

Na Amazônia, o garimpo tem alta taxa de ilegalidade e associa-se, com frequência, a conflitos socioambientais de caráter local, como o desmatamento ilegal, a poluição de mananciais, a prostituição infantil (Pinto e Vieira, 2018) e o tráfico de drogas e armas. Salienta-se que, da área garimpada na Amazônia, 10% fica dentro de terras indígenas (TI). As TI Kayapó, Mundurucu e Yanomami são as mais ocupadas por garimpeiros, concentrando 90% da área garimpada localizada em terras dessa categoria. (Boehm, 2024).

Todo esse quadro fez com que pesquisas recentes passassem a se preocupar com o que se tem chamado de “ponto de não retorno” (tipping point). Trata-se de uma condição na qual ocorreria uma redução irreversível na diversidade biológica e no estoque de carbono florestal, desencadeada por mudanças hidrológicas e energéticas resultantes do ritmo das mudanças climáticas globais e de usos da terra na região. Como resultado, haveria um processo de savanização da Amazônia (Nobre et al., 2023). Estimativas indicam que, até 2050, entre 10% e 47% da floresta amazônica podem atingir esse ponto crítico (Flores et al., 2024).

Assim, a questão climática apresenta uma relação indissociável com a Amazônia. A partir disso, tem-se a criação de condições socioambientalmente conflitivas, as quais podem descortinar severos desafios à segurança nacional.

2 A EMERGÊNCIA DA SEGURANÇA CLIMÁTICA E SEUS IMPACTOS PARA A AMAZÔNIA

A proximidade da Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2025, a COP30, em Belém, intensifica a relevância da interseção entre mudanças climáticas e os desafios da Amazônia na agenda ambiental global.

Edições anteriores da COP não se furtaram de debater o tema e, por isso, servem de prelúdio para o que está por ser discutido na edição de 2025. A COP26, por exemplo, realizada em Glasgow em 2021, trouxe à tona discussões sobre a importância da Amazônia para a segurança climática global. Nela, dentre os diversos debates, estabeleceu-se um Painel Científico para a Amazônia, que lançou um relatório alertando que a floresta estaria próxima de um ponto crítico em mais de 60% de sua bacia (Modelli, 2021).

Na COP27, em 2022, realizada em Sharm El Sheikh, no Egito, o Presidente da República Luiz Inácio Lula da Silva, em seu discurso, ressaltou o papel fundamental da Amazônia para a humanidade ao dizer que: “Não há segurança climática sem Amazônia protegida”, numa clara tentativa de chamar a atenção do mundo para a necessidade da criação de mecanismos financeiros para remediar perdas e danos causados à Amazônia, em função da mudança do clima (Lima, 2022).

Nesse contexto, cabe um melhor entendimento do que podem representar dois termos muito úteis à discussão em tela: segurança climática e securitização do meio ambiente.

Segundo a Organização Internacional para Migrações (2025, online), agência da Organização das Nações Unidas que atua na área de migração, a segurança climática

refere-se aos impactos diretos e indiretos da crise climática sobre a paz e a segurança, em que as mudanças climáticas atuam como um multiplicador de ameaças, exacerbando vulnerabilidades subjacentes e agravando as queixas existentes. As consequências das mudanças climáticas afetam todas as áreas da segurança humana (econômica, alimentar, sanitária, ambiental, pessoal, comunitária e política) e prejudicam a prevenção de conflitos, a manutenção da paz e os esforços de desenvolvimento sustentável, com um impacto desproporcional nas comunidades com vulnerabilidades existentes [...] (tradução nossa).

Por seu turno, o Pacific Northwest National Laboratory (2025, online), laboratório vinculado ao Departamento de Energia dos Estados Unidos, apresenta uma definição mais ampla, mas que segue uma lógica similar, afirmando que:

Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia

A segurança climática representa os impactos físicos, econômicos ou sociais associados às mudanças climáticas que alteram substancialmente a estabilidade política, a segurança humana ou a infraestrutura de segurança nacional. A crescente crise climática gera estressores geopolíticos e socioeconômicos, como deslocamento populacional, terrorismo, estagnação econômica, impactos na infraestrutura e agitação social (tradução nossa).

Por isso, a Amazônia brasileira, ao ser o maior bioma de floresta tropical do mundo, é reconhecida como crucial na segurança climática global. Segundo Nobre (2017, p.22),

a floresta amazônica é essencial para a regulação do clima global, agindo como um sumidouro de carbono e contribuindo para o ciclo hidrológico. A degradação e o desmatamento da Amazônia podem ter consequências devastadoras para a segurança climática do planeta.

Abre-se, então, margem para a construção de narrativas que reforçam posicionamentos de securitização do meio ambiente. A securitização do meio ambiente é um conceito teórico advindo do campo dos estudos estratégicos. Ela se desenvolve a partir do diálogo entre as correntes do Realismo Estrutural e do Construtivismo Wendtiano e se refere ao processo pelo qual questões ambientais são elevadas a um nível de ameaça à segurança nacional ou internacional, justificando, então, a utilização de medidas extraordinárias para sua resolução (Buzan *et al.*, 1998).

A securitização, segundo Buzan *et al.* (1998, p. 23-24, tradução nossa), ocorre “(...) quando uma questão é apresentada como uma ameaça existencial, requerendo medidas emergenciais e justificando ações fora dos limites dos procedimentos políticos.”

Esse tipo de concepção estratégica tornou-se muito comum após a Guerra Fria, impulsionada pelo sucesso da Escola de Copenhague, a qual levou muitas agendas internacionais a abordarem questões que antes não eram vistas pela ótica da segurança. Temas como economia, direitos humanos e meio ambiente tornaram-se questões de segurança e passaram a ser tratados com prioridade. Além disso, novos objetos de referência (ou seja, coisas que estão sob ameaça) foram gradualmente percebidos como passíveis de proteção pela comunidade internacional (Mendes *et al.*, 2020).

Por isso, a securitização da Amazônia pode levar ao incremento de mecanismos de cooperação regionais e internacionais, como nos casos da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e do Fundo Amazônia, mas também pode resultar em tensões entre Estados, especialmente se recursos estratégicos como água e energia estiverem em disputa.

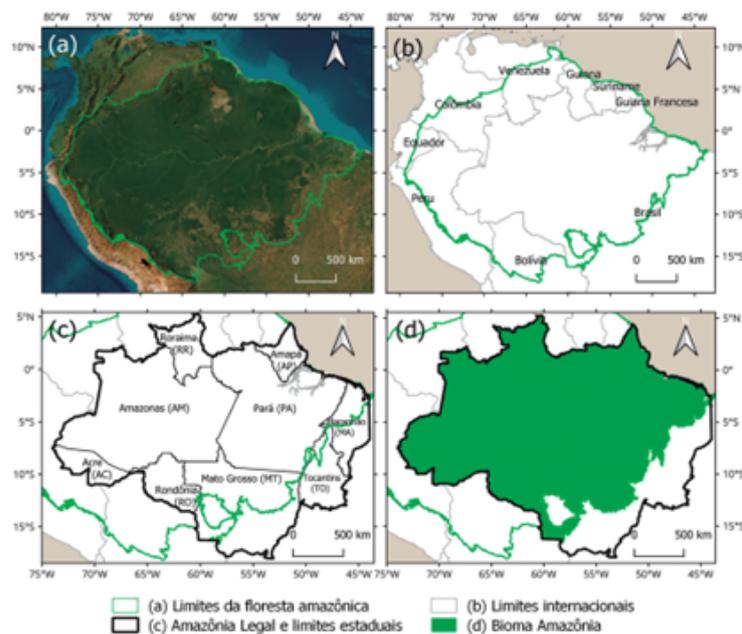
3 IMPLICAÇÕES DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA PARA A SEGURANÇA E DEFESA DO BRASIL

Do exposto até o momento, pode-se inferir que, nos tempos contemporâneos, as questões climáticas sempre terão impacto sobre assuntos correlatos à Segurança Nacional. Quando tais questões são particularizadas para a Amazônia brasileira, seus impactos adquirem contornos superlativos, dada a natureza geoestratégica dessa região para o país e sua relevância para a regulação climática global, concedendo-lhe uma dupla valoração, no prisma interno e no internacional (Mafra, 2006).

A importância da Amazônia para a segurança nacional brasileira é ressaltada pela Professora Thezinha de Castro, que em sua vasta obra sobre o tema, destacou a necessidade de integrar a região ao todo nacional para garantir a soberania do país e o seu desenvolvimento sustentável. Para tanto, dentro da ideia de “integrar para não entregar”, aquela renomada teórica geopolítica advogou pela tomada de uma abordagem integrada que combinasse o desenvolvimento econômico, a proteção ambiental e a defesa do território, a fim de garantir a segurança e a prosperidade da Amazônia (Mafra, 2006).

A Amazônia brasileira, além de cobrir a extensão aproximada de 60% do território brasileiro, compartilha 11.000 Km de fronteiras com sete países: Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa (território ultramarino francês), Colômbia, Peru e Bolívia. Ainda, patenteia para si o domínio pleno da foz do Amazonas, porta de entrada para a exploração de grande parte do potencial do bioma, o que inclui as maiores reservas de água superficiais e subterrâneas do mundo: a bacia Amazônica e o Sistema Aquífero Grande Amazônia (Figura 5) (Abreu *et al.*, 2013 *apud* Peixoto Júnior, 2020).

Figura 5 – Delimitação geoespacial da área Amazônica



Fonte: Brandão et al. (2024), baseado em dados do INPE (2023); QGIS (2023).

Nesse contexto, os fracos índices de ocupação humana da Amazônia (Viana, 2021), se somam às dificuldades de mobilidade daquela área, as quais são potencializadas por ativos florestais dissociadores e por parcas e mal estruturadas redes viárias (Virga et al., 2021). Essa conjugação de fatores resulta nas assimetrias socioeconômicas regionais (Viana, 2021), as quais apontam, então, para a necessidade de uma diretriz geopolítica estruturada em torno da necessidade de integração da região ao todo nacional, o que perpassa por iniciativas do poder público, como o desenvolvimento técnico de populações autóctones, a fim de promover o bem-estar social, acompanhado da exploração sustentável dos recursos naturais ricamente ofertados pela Amazônia (Mafra, 2006).

Por tudo isso, talvez nenhuma outra parte do Brasil consiga traduzir tão bem a validade do trinômio Segurança, Desenvolvimento e Defesa quanto a Amazônia. Nessa região, as partes desse trinômio assumem conceitos interdependentes, sem os quais, um não poderá desenvolver-se sem o outro.

Nesse quadro, Segurança é um dever de Estado e pode ser compreendida como “fator de produção” indispensável ao Desenvolvimento, garantindo-lhe a necessária estabilidade. O Desenvolvimento, por sua vez, garante que o Estado disponha de recursos necessários à promoção de sua própria Segurança, ficando em condições de proteger o seu povo e instituições contra toda sorte de ameaças (Arruda, 1989). Dessa interação mutuamente suportada, tem-se como resultado o robustecimento da capacidade de Defesa do país, por meio da sua habilidade em mobilizar recursos para a luta e resistência da Nação em prol da garantia de sua soberania (Couto e Silva, 1967 apud Mansan, 2022).

Com isso, infere-se que o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis na Amazônia pode gerar emprego e renda para as comunidades locais, reduzir a pressão sobre os recursos naturais e fortalecer a presença do Estado na região, desenvolvendo uma sociobioeconomia saudável, que usufrui de todo aquele ecossistema a partir de uma abordagem econômica interdisciplinar. Esta pode incluir: restauração e conservação de floresta; manejo de sistema agroflorestal; processamento industrial de produtos nativos; extração sustentável de recursos minerais; manejo de pesca; ecoturismo e desenvolvimento de biotecnologia (Brandão et al., 2024).

A Segurança Nacional, então, sob o viés de entendimento do trinômio Segurança, Desenvolvimento, Defesa já apresentado, traduzir-se-ia na garantia relativa que o Estado proporciona à Nação, utilizando-se dos recursos desta, a fim de conquistar e preservar seus Objetivos Fundamentais: a soberania, a democracia, a paz social, a integração nacional, o progresso e a integridade do patrimônio nacional (Escola Superior de Guerra, 2024).

Logo, a partir do entendimento de Segurança Nacional e através da conjunção das influências da agenda climática para a Amazônia, podem-se determinar, de modo objetivo, as implicações do tema em estudo para os assuntos de Segurança e Defesa, a saber:

- a. Instabilidade regional e deslocamentos populacionais: as migrações climáticas na Amazônia podem gerar tensões sociais e conflitos por recursos, tanto de natureza local, quanto transnacional, exigindo uma resposta do Estado para garantir a segurança e a estabilidade de áreas afetadas.
- b. Ameaça a infraestruturas estratégicas: a partir da ocorrência de eventos extremos, a percepção de risco para a infraestrutura regional aumenta. Isso inclui o funcionamento de estradas, portos e outras instalações logísticas ou de prestação de serviços essenciais localizadas na Amazônia.
- c. Intensificação de atividades ilegais de caráter local e transfronteiriço: a degradação ambiental e a perda de biodiversidade, exacerbadas pelas mudanças climáticas, podem aumentar a pressão sobre os recursos naturais da Amazônia, incentivando atividades ilegais como biopirataria e exploração ilegal de minérios. Tais atividades são facilitadas pelos anecúmenos fronteiriços e locais.
- d. Necessidade de adaptação, capacitação e aparelhamento do aparato de defesa, segurança e fiscalização do Estado para os desafios futuros (e presentes): as forças de segurança e as Forças Armadas necessitam estar aptas para trabalharem no ambiente peculiar da floresta Amazônia, tal como está e como pode vir a ser. Isso inclui o treinamento de pessoal para operar em condições climáticas extremas e o uso de tecnologias avançadas.
- e. Necessidade de cooperação regional e internacional: a proteção da Amazônia deve ser uma responsabilidade compartilhada, uma vez que o bioma amazônico ultrapassa as fronteiras nacionais e seu valor científico-ambiental é reconhecido pela comunidade internacional.

4 RECOMENDAÇÕES

A agenda climática impõe desafios de ordem interna e externa à Amazônia. Tais desafios são multifacetados e complexos, exigindo a mobilização de todas as expressões do Poder Nacional (Política, Econômica, Psicossocial, Militar e Científico-Tecnológica).

Nesse sentido, torna-se imperativo o debate nacional a respeito dos direcionamentos estratégicos mais amplos que poderiam salvaguardar os ativos nacionais presentes naquela região. Há um evidente ciclo vicioso, no qual fatores internos, como os vazios demográficos e a insuficiência do aparato de controle estatal, se conjugam numa entropia de forças que limitam o desenvolvimento sustentável da Amazônia brasileira, dando corpo e suposta legitimidade a intromissões externas, que não raramente vêm acompanhadas de intenções balcanizantes¹ e teses de soberania limitada sobre uma área de relevância global.

Logo, faz-se necessário, e com urgência, o desenvolvimento de uma abordagem político-estratégica multidisciplinar que leve em consideração as seguintes recomendações:

. O Estado precisa estar preparado para lidar com o aumento de fluxos migratórios e a proteção de populações vulneráveis, coordenando ações de assistência humanitária e manutenção da ordem, com flexibilidade e adaptabilidade, a fim de mitigar a formação de zonas de instabilidade regional.

. O Estado deve investir em infraestrutura resiliente e planos de contingência que garantam a operacionalidade dos serviços essenciais à população local, a manutenção das linhas de comunicação viária e a capacidade de resposta em emergências, preservando, assim, suas estruturas estratégicas.

. As Forças Armadas e as agências de segurança, fiscalização e controle precisam intensificar o monitoramento e a vigilância nas fronteiras e em áreas críticas da Amazônia, de modo a prevenir e combater a ocorrência de ilícitos que fragilizam a Segurança Nacional.

. O Estado deve investir em treinamento especializado e novas tecnologias, englobando sistemas de defesa vocacionados para o antiacesso e negação de área (A2/AD), sistemas de telecomunicações, sensoriamento remoto e modelagem climática, a fim de dissuadir ameaças e robustecer a sua capacidade de resposta.

. O Estado deve promover a cooperação com outros países, de modo a facilitar o compartilhamento de informações, coordenar ações preventivas e repressivas de natureza combinada e buscar recursos ou parcerias que oportunizem o desenvolvimento sustentável da região.

¹O termo refere-se a um processo de fragmentação territorial e política a que uma área geográfica pode ser submetida. Nesse contexto, a área divide-se em entidades menores, muitas vezes hostis entre si ou suscetíveis a influências externas, resultando em instabilidade e perda de controle central, como ocorreu com a antiga Iugoslávia, na região dos Bálcãs. No caso da Amazônia, sugere-se que o mesmo fenômeno pode acontecer, caso a política indigenista brasileira, particularmente ao tratar da demarcação de terras indígenas, prescindia de análises geopolíticas e estratégicas caras à Segurança e Defesa do país.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, A. Doutrina da ESG: principais alterações ocorridas nas últimas quatro décadas. **Revista da Escola Superior de Guerra**, ano V, n. 12, p. 13-22, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.47240/revistadaesg.v0i12.124>. Acesso em 14 abr. 2025.
- BARLOW, J.; PERES, C. A. Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, n. 1498, p. 1787-94, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0013>. Acesso em 3 abr. 2025.
- BOEHM, C. Na Amazônia, 77% do garimpo fica a menos de 500m de cursos d'água. **Agência Brasil**, 19 abr. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-04/na-amazonia-77-do-garimpo-esta-menos-de-500-m-de-cursos-dagua>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- BRANDÃO, D.O.; ARIEIRA, J.; NOBRE, C. A. Impactos das mudanças climáticas na sociobioeconomia da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 38, n. 112, p. 249-70, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/cmRbzPY8RD7yGSFFpGkBQwF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 13 abr. 2025.
- BUZAN, B.; WÆVER, O.; DE WILDE, J. **Security: A New Framework for Analysis**. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, 1998.
- ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). **Fundamentos do Poder Nacional**. Rio de Janeiro: Ed. ESG, 2024.
- FLORES, B. M.; MONTOYA, E.; SAKSCHEWSKI, B. et al. Critical transitions in the Amazon forest system. **Nature**, v. 626, p. 555-64, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>. Acesso em 10 abr. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **INPE**, 2025. Queimadas. Disponível em: https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_estados/>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- LIMA, L. “Não há segurança climática sem Amazônia protegida”, diz Lula na COP27. **Amazônia Real**, 16 nov. 2022. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/lula-na-cop27/>. Acesso em: 2 abr. 2025.
- MAFRA, R. M. de O. **Geopolítica: Introdução ao Estudo**. 1a edição. São Paulo: Sicurezza, 2006.
- MANSAN, J. V. O binômio “Segurança e Desenvolvimento”: propaganda, controle social e educação superior durante a ditadura militar no Brasil (1964-1988). **Cadernos de História da Educação**, v. 21, n. 144, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/che-v21-2022-144>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- MAPBIOMAS BRASIL. **MapBiomas**, 2025. Infográficos. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/infograficos/>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- MARENGO, J. A.; SOUZA Jr, C. M.; THONICKE, K. et al. Changes in Climate and Land Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6:228, p. 1-21, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- MENDES, J. S. R.; SPÉCIE, P. Migrações climáticas na Amazônia brasileira: a emergência em curso e os desafios das organizações internacionais na região. **Cadernos do CEAS: Revista Crítica de Humanidades**. Salvador/Recife, v. 49, n. 261, p. 109-131, jan./abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25247/2447-861X.2024.n261.p109-131>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- MENDES, C.; DOS SANTOS, L.; DE SOUZA, M. Climate change, vulnerability and securitization. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 63, n. 1, p. 1-22, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7329202000114>. Acesso em: 10 abr. 2025.

Impactos das mudanças climáticas na segurança e defesa da Amazônia

MODELLI, L. COP26: Quase 70% dos territórios indígenas e áreas protegidas no bioma Amazônia estão ameaçados, diz relatório. **Portal G1**, 12 nov. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-26/noticia/2021/11/12/cop26-quase-70percent-dos-territorios-indigenas-e-das-areas-protegidas-no-bioma-amazonia-estao-ameacadas-diz-relatorio.ghtml>. Acesso em: 30 mar. 2025.

NOBRE, C.; ARIEIRA, J.; BRANDÃO, D. O. The Amazon is near a tipping point: We need urgent nature-based solutions. **World Economic Forum**, 20 dez. 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2023/12/the-amazon-is-near-a-tipping-point-the-urgent-need-for-nature-based-solutions-wef24/#:~:text=This%20article%20is%20part%20of,in%20the%20dry%20season%20month>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA MIGRAÇÕES. **OIM**, 2025. Disponível em: <https://environmentalmigration.iom.int/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY. **PNNL**, 2025. Climate Security (Anticipating climate change impacts on national security). Disponível em: <https://www.pnnl.gov/climate-security#:~:text=Climate%20security%20represents%20the%20physical,security%2C%20or%20national%20security%20infrastructure>. Acesso em: 14 abr. 2025.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (**IPCC**). Relatório Síntese do Sexto Relatório de Avaliação, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>. Acesso em: 16 abr. 2025.

PEIXOTO JÚNIOR, H. L. C. **A Geopolítica da Amazônia: os recursos naturais estratégicos e a presença do Exército Brasileiro**. 2020. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) –Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2020.

PEREIRA, E. J. A. L.; RIBEIRO, L. C. S.; FREITAS, L. F. S. et al. Brazilian policy and agrobusiness damage the Amazon rainforest. **Land Use Policy**, v. 92, Mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104491>. Acesso em: 10 abr. 2025.

PINTO, I.; VIEIRA, A. Exploração sexual juvenil nas águas amazônicas e suas interfaces com a escola. **Revista Amazônica**, v.3, n. 2, p. 117-138, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.29280/rappge.v3i2.4508>. Acesso em: 20 jul. 2025.

VIANA, V. Abordagem sistêmica para o desenvolvimento sustentável da Amazônia profunda. **Revista Tempo do Mundo (RTM)**, n. 27, p. 71-99, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/rtm27>. Acesso em: 11 abr. 2025.

VIRGA, T.; MIRANDA, H.; DE MARCHI, B. Integração física na Amazônia Sul-Americana: a inclusão das órbitas de circulação intrarregionais na agenda pública. **Revista Tempo do Mundo (RTM)**, n. 27, p. 215-246, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/rtm27>. Acesso em: 11 abr. 2025.

Exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e seus impactos na Defesa Nacional

Data da submissão: 2 de julho de 2025 Data da aprovação: 3 de setembro de 2025

*Normando Perazzo Barbosa Souto¹
Jorge Gabriel Merladett Madruga²
Thiago Zaccarini Paschoal³*

Resumo Executivo

A Margem Equatorial do Brasil, que se estende do litoral do Rio Grande do Norte ao Amapá, apresenta elevado potencial de exploração petrolífera, estimado em bilhões de barris de óleo. No entanto, sua exploração levanta pontos críticos relacionados à defesa nacional, envolvendo discussões sobre a proteção da soberania, a segurança energética e a preservação ambiental. A região está inserida em dois domínios estratégicos fundamentais: a Amazônia Legal e a Amazônia Azul, ambos alvos de ameaças externas e vulnerabilidades internas que exigem políticas públicas de defesa integradas e eficazes. A exploração petrolífera na Margem Equatorial exige maior monitoramento da infraestrutura offshore, ou seja, ambientes marinhos, prevenção de ameaças ambientais e fortalecimento da soberania sobre a plataforma continental. A crescente presença de embarcações estrangeiras e atividades ilegais na região também aumentam a necessidade de vigilância e cooperação entre agências de defesa e segurança. No contexto da Amazônia Legal, a exploração petrolífera pode gerar impactos ambientais em biomas sensíveis, afetando populações tradicionais e recursos hídricos essenciais. Além disso, há preocupações quanto às pressões internacionais e possíveis sanções caso haja falhas na gestão ambiental da atividade, o que exige um posicionamento diplomático sólido por parte do Brasil. Já na Amazônia Azul, a segurança energética ganha centralidade, dado que a exploração na Margem Equatorial pode reduzir a dependência de importações e fortalecer a autonomia energética do país. No entanto, a proteção das plataformas offshore contra ataques cibernéticos, acidentes ambientais e atos de sabotagem torna-se um desafio essencial para o Ministério da Defesa. Este policy paper examina as implicações da exploração petrolífera na Margem Equatorial para a defesa nacional, abordando aspectos geopolíticos, ambientais e energéticos. A análise considera o papel das Forças Armadas na segurança da região e apresenta recomendações para mitigar riscos e maximizar oportunidades de desenvolvimento soberano e sustentável. Propõe-se, entre outras medidas, o reforço da presença militar na região, o desenvolvimento e aprimoramento de infraestrutura para respostas a emergências ambientais, o fortalecimento da governança, principalmente da política de segurança energética e o aprimoramento da estratégia diplomática brasileira no setor.

Palavras-chave: margem equatorial; óleo e gás; segurança energética; gestão ambiental; Amazônia.

1 ÓLEO E GÁS NA MARGEM EQUATORIAL

A Margem Equatorial Brasileira (MEq) é uma faixa litorânea situada no norte e nordeste do país, compreendendo a área costeira entre os estados do Amapá e do Rio Grande do Norte. Como pode ser visualizado na Figura 1, essa região inclui cinco bacias sedimentares de grande relevância: Foz do Amazo-

¹Mestre em Engenharia Nuclear (IME) e bacharel em Engenharia de Energia (UnB). Analista em Ciência e Tecnologia no Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia, órgão da administração central do Ministério da Defesa.

²Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (UnB). Bacharel em Administração (UNIASSSELVI). Analista em Ciência e Tecnologia no Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia, órgão da administração central do Ministério da Defesa.

³Especialista em Gestão, Governança e Setor Público, em Contabilidade, Auditoria e Perícia. Bacharel em Ciências Contábeis (UniProcessus). Coordenador de Gestão no Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia, órgão da administração central do Ministério da Defesa.

Exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e seus impactos na Defesa Nacional

nas, Pará-Maranhão, Barreirinhas, Ceará e Potiguar, todas reconhecidas por seu expressivo potencial para a exploração de petróleo e gás natural (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, 2025).

Do ponto de vista geopolítico e ambiental, a Margem Equatorial ocupa uma posição singular, por estar localizada na confluência de dois espaços estratégicos para o Brasil: a Amazônia Legal, no território continental, e a Amazônia Azul, que compreende o mar territorial, a zona econômica exclusiva (ZEE) e a plataforma continental estendida no Atlântico. Nesse contexto, eventuais atividades de exploração e produção de petróleo e gás na MEq suscitam debates sobre possíveis impactos tanto no bioma amazônico, reconhecido por sua biodiversidade e relevância climática global, quanto nos ecossistemas marinhos. Tais discussões permanecem em aberto, dependendo de estudos técnicos aprofundados para avaliar a extensão e a natureza desses efeitos. Embora não haja consenso sobre a magnitude desses possíveis impactos, o tema adquire relevância por envolver não apenas a preservação ambiental, mas também a soberania nacional sobre recursos naturais sensíveis.

Nos últimos anos, a região tem atraído crescente interesse por parte de empresas do setor energético e do governo brasileiro, motivadas pelas características geológicas semelhantes às observadas nas bacias da Guiana e do Suriname, países que, juntos, já identificaram reservas superiores a 13 bilhões de barris de petróleo recuperável (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2024), que se trata do volume de petróleo que pode ser extraído de um reservatório subterrâneo de forma economicamente viável e com a tecnologia disponível. Estudos preliminares da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicam que a Foz do Amazonas possui condições análogas, com cerca de 6,2 bilhões de barris recuperáveis, o que reforça as expectativas quanto ao seu potencial produtivo (EPE, 2024).

A figura 1 situa essa região, apresentando as bacias da Margem Equatorial Brasileira (MEq).

Figura 1 – Bacias da Margem Equatorial do Brasil



Fonte: Antunes (2023).

Além da possibilidade de ampliar significativamente a produção nacional de óleo e gás, a exploração na MEq representa uma oportunidade para fortalecer a segurança energética do país, reduzir a dependência de importações e gerar desenvolvimento econômico nas regiões Norte e Nordeste. Entretanto esse avanço também traz desafios relevantes, tanto do ponto de vista ambiental – dada a sensibilidade dos ecossistemas envolvidos – quanto no que se refere à governança, fiscalização, defesa e proteção das infraestruturas críticas associadas à cadeia produtiva de energia.

Segundo algumas entidades e organizações, a exploração de petróleo na Margem Equatorial en-

volve riscos ambientais significativos, especialmente devido à proximidade de áreas de alta biodiversidade, como os recifes amazônicos, estuários e manguezais, que desempenham papel crucial na regulação climática e na manutenção dos serviços ecossistêmicos. Notícias têm sido veiculadas a respeito de possíveis acidentes, como derramamentos de óleo, que poderiam causar impactos irreversíveis à fauna marinha, às comunidades costeiras e aos próprios biomas da Amazônia Azul e da Amazônia Legal (Associação[...], 2025; WWF BRASIL, 2023).

O trabalho de Cordeiro (2023), que analisou uma série de estudos ambientais elaborados no âmbito de processos de licenciamento ambiental de atividade petrolífera exploratória nas bacias da MEq, indica que, embora os empreendimentos analisados estejam localizados em áreas distantes da linha costeira, as zonas de influência associadas às atividades de perfuração podem abranger dezenas de quilômetros e atingir diversos municípios costeiros. A análise de impactos potenciais em cenários acidentais revelou a possibilidade de efeitos que extrapolam os limites da jurisdição nacional, com potencial de alcance em territórios de países vizinhos.

No plano geopolítico, a intensificação da exploração de recursos na MEq acarreta riscos à soberania nacional, especialmente diante de fatores como o aumento do tráfego marítimo, o interesse ampliado de atores estrangeiros em recursos estratégicos e a vulnerabilidade de infraestruturas críticas offshore, que podem ser alvo de ciberataques, sabotagens ou crimes transnacionais.

Embora seja impossível hoje determinar com precisão a ocorrência desses riscos, existem precedentes e literatura técnica e acadêmica que demonstram como cenários similares já foram considerados em outros contextos: por exemplo, o relatório do U.S. Government Accountability Office (United States, 2022) sobre riscos cibernéticos a infraestruturas petrolíferas offshore, além do estudo de Kashubsky (2011), que mostra como plataformas de petróleo são alvos considerados atrativos para ataques pelo potencial de dano em diferentes campos. Esses casos reforçam que, mesmo em caráter especulativo, tais riscos são legítimos e exigem que o Estado brasileiro considere, preventivamente, o fortalecimento da sua presença e a articulação entre os setores de defesa, fiscalização ambiental e diplomacia ativa.

Dessa forma, a robustez estratégica do país depende de políticas e capacidades que antecipem ameaças e preservem a soberania sobre a Amazônia Azul e as águas jurisdicionais brasileiras.

As discussões sobre a exploração petrolífera na Margem Equatorial exigem uma abordagem integrada, que combine critérios ambientais rigorosos e mecanismos eficazes de governança, a fim de mitigar riscos e maximizar benefícios econômicos e sociais. Nesse contexto, torna-se necessário avaliar suas implicações para a defesa nacional, sobretudo no que se refere às capacidades de defesa e à proteção da soberania do Brasil.

2 IMPLICAÇÕES PARA A DEFESA

A exploração petrolífera na Margem Equatorial impõe desafios substanciais à segurança e defesa do território brasileiro, especialmente no que tange à proteção da infraestrutura offshore, do tráfego marítimo e das cadeias logísticas envolvidas na produção e distribuição de petróleo. A crescente presença de embarcações estrangeiras na região, seja por interesses comerciais, pesca ilegal e demais possíveis explorações não autorizadas de recursos naturais, exige um fortalecimento da vigilância e do monitoramento constante por parte das Forças Armadas.

A defesa da plataforma continental e da zona econômica exclusiva brasileira torna-se um imperativo estratégico, exigindo investimentos na modernização da frota naval da Marinha do Brasil, na ampliação da rede de radares, sonares, na integração de sistemas de vigilância por satélite e no fortalecimento das capacidades de patrulhamento e resposta rápida das Forças Armadas. Além disso, a necessidade de proteção contra ameaças cibernéticas cresce exponencialmente, dado que ataques a sistemas de controle de plataformas offshore poderiam comprometer a produção e gerar impactos ambientais severos. A localização remota em águas profundas, associada à necessidade de monitoramento e controle em tempo real, faz com que os ativos offshore de petróleo e gás (O&G) apresentem, potencialmente, uma superfície de ataque mais ampla em relação a outros subsectores da indústria. Esse fator é particularmente relevante considerando que a produção offshore responde por aproximadamente 30% da produção global de petróleo e gás (Mohammed et al., 2022).

Outro aspecto relevante para a defesa nacional é a interseção entre segurança energética e segurança territorial. O aumento da exploração na Margem Equatorial pode ajudar a garantir a manutenção da independência de importação de petróleo, tornando o Brasil pouco vulnerável a oscilações do mercado internacional. Além disso, o Ministério de Minas e Energia aponta que a exploração na região é essencial para que o Brasil não volte a depender de importações de petróleo, garantindo segurança energética e impulsionamento do desenvolvimento econômico (Brasil, 2025). No entanto, a localização geográfica dessa

Exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e seus impactos na Defesa Nacional

atividade em uma região de fronteira marítima reforça a importância de uma política de defesa robusta, com foco na proteção de instalações críticas e na garantia da continuidade das operações.

Paralelamente, a exploração petrolífera nessa região demanda maior cooperação entre diferentes órgãos governamentais, incluindo a Marinha, a Força Aérea, o Exército, o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam), a Polícia Federal e a Agência Nacional do Petróleo (ANP). A criação de protocolos conjuntos de atuação e a realização de simulações de resposta a incidentes, como derramamentos de óleo ou tentativas de sabotagem, são medidas necessárias para garantir a prontidão operacional.

A atividade econômica na Margem Equatorial também impacta a segurança marítima e exige maior presença do Estado para garantir a soberania e o controle sobre as águas jurisdicionais brasileiras. O aumento do tráfego de embarcações comerciais e logísticas cria vulnerabilidades a crimes transnacionais, como contrabando, narcotráfico e pesca ilegal, tornando essencial o fortalecimento da capacidade de fiscalização e repressão a ilícitos.

Adicionalmente, a dimensão ambiental deve ser considerada no escopo da defesa nacional, uma vez que desastres ecológicos podem comprometer a estabilidade social e econômica da região. Vazamentos de óleo ou acidentes envolvendo plataformas offshore poderiam prejudicar gravemente ecossistemas marinhos e comunidades costeiras, exigindo respostas rápidas e eficazes por parte do Estado brasileiro. O estudo de Greenberg et al. (2016) analisou achados em exercícios de resposta em casos de derramamento de óleo. Segundo os autores, capacidades necessárias para a resposta a emergências podem ser organizadas em três categorias complementares. A primeira corresponde às capacidades funcionais, de natureza técnica e operacional, diretamente associadas à execução de tarefas específicas durante a resposta, como contenção de derramamentos, limpeza de áreas afetadas e emissão de alertas públicos. A segunda refere-se às capacidades gerenciais, que englobam competências organizacionais e interpessoais, incluindo liderança, tomada de decisão, coordenação e comunicação – elementos essenciais para articular equipes e recursos em diferentes tipos e escalas de desastres. Por fim, destaca-se uma terceira categoria, frequentemente negligenciada nas diretrizes práticas, composta pelas capacidades adaptativas, que permitem lidar com cenários imprevistos e dinâmicos. Esse conjunto inclui habilidades como improvisação, flexibilidade e transferência de conhecimentos adquiridos em experiências anteriores, sendo fundamental diante da inerente incerteza que caracteriza situações de desastre. Assim, evidencia-se que a integração de planos de contingência entre as Forças Armadas, órgãos ambientais e empresas do setor petrolífero deve ser aprimorada para mitigar eventuais impactos.

A geopolítica da Margem Equatorial também deve ser analisada considerando os interesses de potências estrangeiras em recursos estratégicos da região, a exemplo do que se observa pela dinâmica dos países que já estão mais avançados que o Brasil na exploração da região: Guiana e Suriname (Redação, 2025). Há um potencial impacto nos temas relativos à defesa nacional por conta de tensões entre Venezuela e Guiana, que se intensificaram a partir do anúncio da petroleira estadunidense ExxonMobil de que a costa da região de Essequibo possui grande potencial de exploração de óleo e gás (Silva, 2025). O debate entre o foco em combustíveis fósseis e ou energias renováveis no cenário global pode gerar pressões externas sobre o Brasil quanto à sua política de exploração e comercialização do petróleo. Nesse sentido, a relação entre o assunto apresentado e a área de defesa demonstram uma necessidade de atuação do Ministério das Relações Exteriores na temática, o que se soma à análise de Nina (2020) quanto à importância de envolvimento em negociações da chamada “diplomacia energética”, essencial para preservar a soberania e os interesses nacionais.

Por fim, a defesa nacional no contexto da Margem Equatorial deve abranger não apenas a proteção territorial e energética, mas também o desenvolvimento e aprimoramento de infraestrutura, a cooperação interagências e a garantia de sustentabilidade ambiental. A presença do Estado deve ser reforçada por meio de investimentos contínuos na capacitação de pessoal, modernização de equipamentos e ampliação de parcerias estratégicas, assegurando que, caso avance, a exploração petrolífera da região ocorra de forma segura e alinhada aos interesses do Brasil.

3 RECOMENDAÇÕES

- Fortalecimento da Capacidade de Vigilância e Monitoramento por Satélite

Justificativa: A integração de sistemas avançados de vigilância via satélite e drones permitirá o acompanhamento em tempo real das atividades marítimas e ambientais na Margem Equatorial. Isso possibilita resposta rápida a incidentes, como derramamentos de óleo, além de melhorar a fiscalização contra ameaças externas.

- Criação de uma Força-Tarefa Interinstitucional para Segurança Energética e Ambiental

Justificativa: A coordenação entre Marinha, Exército, Força Aérea, Censipam, Polícia Federal, Ibama e Agência Nacional do Petróleo (ANP) possibilitará uma resposta integrada a desafios de segurança e proteção ambiental, garantindo que a exploração ocorra de forma sustentável e sob rígida fiscalização.

- Desenvolvimento de Planos de Contingência para Emergências Ambientais

Justificativa: A criação de protocolos de resposta rápida para derramamentos de óleo, falhas estruturais em plataformas e desastres naturais reduz os impactos ambientais e protege comunidades costeiras, reforçando a resiliência da operação na Margem Equatorial.

- Desenvolvimento de Programas de Defesa Cibernética focados na Proteção das Infraestruturas Offshore

Justificativa: Com o aumento das ameaças digitais, a proteção contra-ataques cibernéticos às plataformas petrolíferas e sistemas de controle é essencial para evitar interrupções na produção e vazamentos de dados sensíveis.

- Aprimoramento da Diplomacia Energética

Justificativa: A atuação diplomática do Brasil deve ser reforçada para garantir que a exploração da Margem Equatorial ocorra sob regras claras, preservando os interesses nacionais diante de pressões externas e posicionando o país como protagonista na governança dos recursos energéticos.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Claudia. **Quando a maré dobrar, a mancha vai entrar: petróleo na foz do Amazonas**. Sumaúma, 03 fev. 2023. Disponível em: <https://sumauma.com/quando-mare-dobrar-mancha-vai-entrar-petroleo-foz-amazonas>. Acesso em: 26 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO de funcionários do Ibama critica autorização do órgão para simulação da Petrobras na Margem Equatorial. **O Globo**, Brasília, 20 maio 2025. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/negocios/noticia/2025/05/20/associacao-de-funcionarios-do-ibama-critica-autorizacao-do-orgao-para-simulacao-da-petrobras-na-margem-equatorial.ghtml>. Acesso em: 26 maio 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **MME defende importância da Margem Equatorial para impedir que Brasil volte a ser importador de petróleo**. Brasília, 24 abr. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-defende-importancia-da-margem-equatorial-para-impedir-que-brasil-volte-a-ser-importador-de-petroleo>. Acesso em: 26 maio 2025.

CORDEIRO, Ana Alice Rodrigues. **Análise dos impactos ambientais ocasionados pela perfuração de poços exploratórios de petróleo offshore na Margem Equatorial Brasileira com foco na bacia de Foz do Amazonas**. 2023. 100 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/projpoli10041598.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Caderno de estimativas volumétricas da Bacia da Foz do Amazonas – Play Limoeiro**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-estimativas-volumentricas-da-bacia-da-foz-do-amazonas-play-limoeiro>. Acesso em: 26 maio 2025.

GREENBERG, Brandon; VOEVODSKY, Paule; GRALLA, Erica. A capabilities-based framework for disaster response exercise design and evaluation: findings from oil spill response exercises. **Journal of Homeland Security and Emergency Management**, v. 13, n. 4, p. 20160034, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1515/jhsem-2016-0034>. Disponível em: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/jhsem-2016-0034/html>. Acesso em: 26 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO (IBP). **Margem Equatorial: oportunidades e desafios para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBP, 2025. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2025/04/21a-margem-equatorial.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

KASHUBSKY, Mikhail. **Offshore petroleum security: Analysis of offshore security threats, target attractiveness, and the international legal framework for the protection and security of offshore petroleum installations**. 2011. Tese (Doutorado em Direito) – University of Wollongong, Wollongong, Austrália, 2011. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10779/uow.27777531.v1>.

Exploração petrolífera na Margem Equatorial Brasileira e seus impactos na Defesa Nacional

Acesso em: 19 ago. 2025.

MOHAMMED, Abubakar Sadiq; REINECKE, Philipp; BURNAP, Pete; RANA, Omer; ANTHI, Eirini. Cybersecurity challenges in the offshore oil and gas industry: an Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS) perspective. **ACM Transactions on Cyber-Physical Systems**, v. 6, n. 3, art. 28, p. 1-27, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3548691>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3548691>. Acesso em: 26 maio 2025.

NINA, Alexandre Mendes. **A diplomacia brasileira e a segurança energética nacional**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2020. (Curso de Altos Estudos). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-y5ezwEACAAJ>. Acesso em: 26 maio 2025.

REDAÇÃO REVISTA AMAZÔNIA. Enquanto o Brasil posterga, Guiana avança para segunda fase na exploração de petróleo na Margem Equatorial. **Revista Amazônia**, 27 jan. 2025. Disponível em: <https://revistaamazonia.com.br/guiana-avanca-petroleo-margem-equatorial/>. Acesso em: 26 maio 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). **Margem equatorial do Brasil terá mapeamento de alta resolução e novas pesquisas realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil**. SGB, 10 maio 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/w/margem-equatorial-do-brasil-tera-mapeamento-de-alta-resolucao-e-novas-pesquisas-realizadas-pelo-servico-geologico-do-brasil>. Acesso em: 26 maio 2025.

SILVA, Marcus Vinicius Gonçalves da. A disputa por Essequibo: perspectivas e impactos de um potencial conflito na América do Sul. **Revista de Segurança, Desenvolvimento e Defesa**, v. 1, n. 1, p. 8-31, 2024. Disponível em: <https://rsdd.esd.gov.br/index.php/rsdd/article/view/13/5>. Acesso em: 26 maio 2025.

UNITED STATES. Government Accountability Office (GAO). **Offshore Oil and Gas: Strategy Urgently Needed to Address Cybersecurity Risks to Infrastructure**. Washington, D.C., 26 out. 2022. (GAO-23-105789). Disponível em: <https://www.gao.gov/products/gao-23-105789>. Acesso em: 19 maio 2025.

WWF BRASIL. **No Maranhão, novo pré-sal ameaça a maior formação de recife de corais da América do Sul**. Brasília, 29 jun. 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?86360/no-maranhao-novo-pre-sal-ameaca-a-maior-formacao-de-recife-de-corais-da-america-do-sul>. Acesso em: 26 maio 2025.

Programa de Coleta Seletiva Cidadã: análise da implementação no Exército Brasileiro

Data da submissão: 30 de maio de 2025 Data da aprovação: 12 de agosto de 2025

*Antônio Carlos de Lima Rocha¹
Taciana Rodrigues Livera²
Antônio Gonçalves Júnior³
Jorge Luiz O' de Almeida Filho⁴*

Resumo Executivo

O Programa de Coleta Seletiva Cidadã é uma política pública para a gestão de resíduos sólidos, que estabelece que os resíduos recicláveis gerados por entidades da administração pública deverão ser destinados, prioritariamente, às associações e às cooperativas de catadores de materiais recicláveis (Brasil, 2022a). No Brasil, esse programa funciona desde 2006, como Programa de Coleta Seletiva Solidária, tendo seu nome alterado com a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2022. O Exército Brasileiro (EB), assim como outros órgãos públicos federais, participa do programa, implementando ações para ampliar a contribuição de suas Organizações Militares (OM) no processo de destinação adequada dos resíduos sólidos (Brasil, 2006; Brasil, 2022a). A destinação de resíduos à reciclagem, via termos de compromisso com cooperativas e prefeituras, gera benefícios ambientais e sociais, fomentando a economia circular e valorizando os catadores. No entanto, a articulação frágil com entes locais e a baixa capilaridade da reciclagem nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste limitam a expansão. Este trabalho analisa o programa no Exército Brasileiro, com foco nos avanços e limitações estruturais. O estudo de caso abrange 67 Organizações Militares (OM) de 10 Regiões Militares (RM), entre março de 2024 e abril de 2025, com abordagem qualitativa e análise documental (Cervo; Bervian; Silva, 2007; Gil, 2008). O resultado alcançado evidenciou a importância do programa para a melhoria da gestão ambiental das OM e ressaltou a necessidade de ampliar as parcerias, fortalecer institucionalmente as cooperativas e associações e superar os entraves logísticos que dificultam a efetivação plena da Coleta Seletiva Cidadã no âmbito das atividades de Defesa.

Palavras-chave: reciclagem; economia circular; coleta seletiva; sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos sólidos (RS) é um desafio crescente, impulsionado pelo crescimento populacional, consumo descartável e destinação inadequada, com riscos ambientais e à saúde (Gouveia, 2012).

Em 2020, o mundo gerou 2,1 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), com 805 milhões descartadas inadequadamente e 404 milhões recicladas. Em 2050, projeta-se 3,8 bilhões de tone-

¹Mestre em Saúde Pública pela ENSP/FIOCRUZ. Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRJ. Graduado em Ciências Biológicas pela UNIGRANRIO. Atualmente é Analista Ambiental na DPIMA.

²Mestre em Engenharia pela UFRGS. Especialista em Gestão Ambiental pela UTFPR. Graduada em Engenharia Ambiental pela UTFPR. Atuou como Analista Ambiental na DPIMA. Atualmente é Especialista em Infraestrutura de Engenharia Ambiental na Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul.

³Major de Engenharia do Exército Brasileiro. Mestre em Ciências Militares pela EsAO e Mestre em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT/NOVA). Atualmente é Adjunto da Seção de Meio Ambiente da DPIMA.

⁴General-de-Divisão do Exército Brasileiro. Mestre em Ciências Militares pela ECEME e em Segurança Hemisférica pelo Colégio Interamericano de Defesa. Atuou como Diretor da DPIMA. Atualmente é Comandante da 2ª Região Militar.



ladas, sendo 1,6 bilhão com descarte incorreto, o que agravará os impactos ambientais e à saúde (UNEP, 2024).

Em 2023, o Brasil gerou 81 milhões de toneladas de RSU (382 kg/habitante). Destes, 85,6% foram para aterros ou lixões, e apenas 8,3% reciclados (ABREMA, 2024). Os dados reforçam a urgência de políticas públicas para mudar comportamentos e fortalecer a gestão.

Dada a extensão territorial e a diversidade socioeconômica do Brasil, os municípios adotam diversas metodologias para a gestão dos RSU. Essas estratégias variam desde a contratação de empresas privadas até a celebração de contratos com concessionárias de limpeza urbana, responsáveis pela coleta, transporte e destinação final dos resíduos (ABREMA, 2024).

O EB, sujeito à PNRS, possui cerca de 600 OM e 215 mil militares em todo o país, gerando resíduos conforme padrão nacional. O cenário revela alto potencial para ações sustentáveis voltadas à gestão adequada de resíduos.

A gestão de RSU melhora a saúde ambiental e contribui para mitigar as mudanças climáticas. A reciclagem evita a extração de recursos naturais e reduz emissões de gases de efeito estufa (GEE), ao substituir matérias-primas virgens e diminuir o envio de resíduos a aterros (Borges et al., 2024).

As mudanças climáticas em curso impactam o planeta de forma global, com reflexos diretos sobre a segurança dos países. Causadas majoritariamente por ações humanas ligadas à emissão de GEE, essas alterações têm sido reconhecidas como fatores de risco à estabilidade interna e externa dos países. Segundo Gomes Filho (2024), essa nova realidade vem sendo incorporada aos planejamentos estratégicos e operacionais das Forças Armadas, com reflexos nos documentos de defesa de alto nível em diversas nações.

Nesse contexto, o presente trabalho analisa os resultados da implementação do Programa de Coleta Seletiva Cidadã no EB, seus avanços e limitações estruturais e operacionais. A pesquisa classifica-se como aplicada, por visar à resolução de um problema prático, de natureza exploratória e abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de estudo de caso (Gil, 2008), analisando a implementação da Coleta Seletiva Cidadã adotada por OM de 10 RM, entre os anos de 2024 e 2025.

Como procedimento técnico, utilizou-se o levantamento documental, que, segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), compreende a coleta, seleção, análise e interpretação de documentos institucionais, como fontes primárias de dados, permitindo compreender as ações do contexto analisado.

2 COLETA SELETIVA POR ASSOCIAÇÕES E COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

O descarte de RSU em lixões, além de representar um risco significativo ao meio ambiente, oferece riscos aos catadores, que buscam resíduos recicláveis para gerar renda. Diante da necessidade de encerramento dos lixões e da urgência em promover a inclusão social e a valorização econômica desses trabalhadores, em 2006 foi publicado um Decreto Federal que instituiu o Programa de Coleta Seletiva Solidária, marcando o início das políticas públicas voltadas ao incentivo à destinação de resíduos recicláveis aos catadores (Brasil, 2006).

Essa agenda de avanços foi fortalecida em 2010, com a promulgação da PNRS, que estabeleceu a obrigatoriedade da eliminação dos lixões e a valorização dos catadores como agentes fundamentais na cadeia da reciclagem (Brasil, 2010a).

Em 2022, o Programa de Coleta Seletiva Solidária passou a ser denominado Coleta Seletiva Cidadã, reforçando o caráter participativo da iniciativa e o papel central dos catadores e da sociedade civil, em alinhamento com os princípios da economia circular (Brasil, 2022a). No mesmo ano foi publicado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), o qual reforça os princípios da coleta seletiva, destacando a necessidade de ampliar as ações e promover a inclusão produtiva dos catadores (Brasil, 2022b).

Como destacado por Cruz, Ferreira e Garcia (2024), a reciclagem desempenha um papel fundamental na geração de empregos e na promoção da inclusão social, sobretudo em comunidades de baixa renda que dependem da coleta de recicláveis como meio de subsistência. Apesar dos avanços normativos e dos mecanismos de incentivo implementados, o Brasil ainda enfrenta desafios estruturais no gerenciamento de RSU, os quais impactam diretamente a atividade de defesa presente em todo o território nacional.

A precariedade estrutural das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde prevalecem lixões e ausência de cooperativas, evidencia falhas na implementação da política e compromete a inclusão dos catadores (Brasil, 2023).

No que diz respeito à cadeia de reciclagem, o diagnóstico revelou que, das 1.921 cooperativas e associações de catadores informadas pelos municípios participantes, 36% estão localizadas na região Sudeste, 31,5% no Sul, 19,8% no Nordeste, 7,7% no Centro-Oeste e apenas 4,1% na região Norte do país. Esses

dados indicam maior estruturação da coleta seletiva nas regiões Sul e Sudeste e evidenciam a necessidade de melhorias nas demais regiões (Brasil, 2023).

Tabela 1 - Distribuição de associações e cooperativa de catadores por região do Brasil

Macrorregião	Quantidade de cooperativas/associações de catadores	Quantidade de associados	Número médio de associados por cooperativa/associação
Norte	79	1.783	22,6
Centro-Oeste	147	3.247	22,1
Nordeste	381	10.088	26,5
Sul	605	10.802	17,9
Sudeste	709	13.079	18,4

Fonte: adaptado de Brasil, 2023.

A desigualdade regional na destinação de resíduos e na infraestrutura de reciclagem evidencia falhas na implementação das políticas públicas e aponta para a necessidade de estratégias específicas e investimentos direcionados. Nesse contexto, destaca-se a dificuldade enfrentada por muitos municípios em financiar a gestão de RSU exclusivamente por meio da Taxa de Limpeza Pública.

A PNRS, estabeleceu como um dos conteúdos mínimos do PLANARES a definição de metas para a eliminação e recuperação de lixões, determinando que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deveria ter sido implantada até 31 de dezembro de 2020 (Brasil, 2010a).

No entanto, com a atualização do marco legal do saneamento básico, em 2020, foram redefinidos os prazos para os municípios que, até aquela data, tivessem elaborado o Plano de Gestão Integrada de RSU e dispusessem de mecanismos de cobrança capazes de assegurar a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços (Brasil, 2020). Atualmente, tramita no Congresso Nacional um projeto de lei que propõe a prorrogação do prazo para os municípios com até 50 mil habitantes, até 2 de agosto de 2029 (Brasil, 2024a).

Em que pese o significativo avanço do marco normativo e institucional voltado à gestão de RSU no Brasil, com destaque para a valorização dos catadores e a criação de instrumentos econômicos e de logística reversa, ainda persistem desafios estruturais que comprometem a efetividade dessas políticas.

3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO EXÉRCITO BRASILEIRO

3.1 DIRETRIZES DO EXÉRCITO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA), subordinada ao Departamento de Engenharia e Construção, é o órgão responsável por normatizar, orientar e coordenar as ações de gestão patrimonial e ambiental no âmbito do EB. Entre suas atribuições, destaca-se a elaboração de diretrizes voltadas à gestão de RS.

Com o enquadramento de diversas OM como grandes geradoras de resíduos, algumas delas passaram a ser excluídas dos serviços públicos de coleta municipal em suas localidades. Diante desse cenário, e com o objetivo de orientar a gestão ambientalmente adequada dos resíduos e otimizar o uso dos recursos públicos, a DPIMA publicou a Instrução Geral 20-10 (IG 20-10), estabelecendo as diretrizes do Sistema de Gestão Ambiental no âmbito do EB (SIGAEB). Esse sistema incentiva a implementação da coleta seletiva e a destinação dos resíduos à reciclagem (Brasil, 2008).

Complementando essa normativa, foi publicada a Instrução Reguladora 50-20 (IR 50-20), que estabelece procedimentos para a correta implementação do SIGAEB. A IR 50-20 enfatiza a obrigatoriedade da coleta seletiva e da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), reforçando a importância da correta destinação dos resíduos recicláveis (Brasil, 2011).

Em consonância com a evolução da legislação ambiental nacional, o EB publicou, em 2010, normativo que estabeleceu diretrizes para a adequação institucional à PNRS. Esse documento define atribuições específicas às OM, como a inclusão de ações de gerenciamento de resíduos, coleta seletiva e recicla-



gem nos Planos Básicos de Gestão Ambiental (PBGA), além da obrigatoriedade de elaboração dos PGRS em conformidade com a legislação vigente (Brasil, 2010b).

Com o objetivo de disseminar essas práticas e facilitar sua implementação nas unidades, foi elaborada a Cartilha Ambiental do Exército (CAmbEx 1), que orienta a elaboração e execução dos PGA e PGRS, além de incentivar a formalização de parcerias voltadas à coleta seletiva, logística reversa e reciclagem de RS (Brasil, 2019).

Considerando que a execução dos PGRS exige planejamento financeiro e adequada alocação de recursos, o Caderno de Orientações aos Agentes da Administração atribuiu à DPIMA a responsabilidade pela descentralização dos recursos destinados à execução dos serviços de coleta, tratamento e destinação dos resíduos comuns e perigosos. Excluem-se dessa responsabilidade os resíduos oriundos de serviços de saúde e os provenientes da limpeza de sistemas de tratamento de efluentes (Brasil, 2024b).

Contudo, observou-se um aumento expressivo na celebração de contratos diretos para a coleta, transporte e destinação adequada desses resíduos, o que elevou os custos operacionais. Em 2024, esses custos já alcançavam cerca de R\$ 12 milhões, considerando os serviços prestados em 90 OM.

Para garantir a adequada execução contratual e a eficiência no uso dos recursos públicos, a DPIMA publicou uma Nota Técnica, que orienta a análise de pedidos de autorização para novos contratos e prorrogações relacionadas à gestão de resíduos. O documento busca assegurar a conformidade técnica e financeira, controlar a descentralização orçamentária, fomentar a economia circular e reforçar a necessidade de implementação da Coleta Seletiva Cidadã (Brasil, 2024c).

De acordo com Gomes Filho (2024), as emergências climáticas tendem a acirrar a disputa por recursos públicos, reduzindo o espaço orçamentário para investimentos militares tradicionais. Nesse cenário, ações sustentáveis como as conduzidas pela DPIMA demonstram que a sustentabilidade pode ser aliada da eficiência administrativa e fortalecer o engajamento do EB com a agenda climática contemporânea.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO DA COLETA SELETIVA CIDADÃ NO EXÉRCITO BRASILEIRO

Para a sensibilização dos militares quanto à correta segregação de resíduos sólidos, a DPIMA lançou mão de ações de educação ambiental. Por meio do levantamento documental nos Boletins Internos da DPIMA, foram identificados os registros da realização de capacitações em eventos.

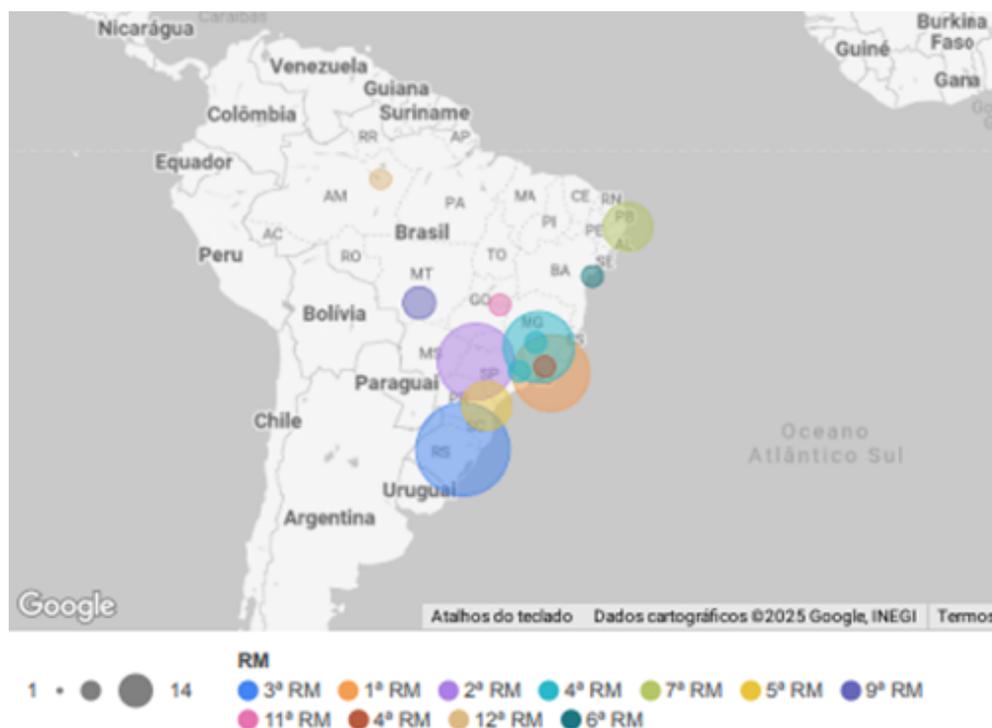
Tabela 2 - Atividades instrucionais

Evento	Data	Instrução
Reunião de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (REUPIMA)	27 a 29 de fevereiro de 2024	Coleta Seletiva Cidadã
Seminário Virtual - Gestão de Contratos de RS	04 e 05 de junho de 2024	Metodologia de Análise para Autorização de Contratos de Gestão de Resíduos
Estágio Geral de Meio Ambiente para Oficiais	16 e 25 de outubro de 2024	Gestão de RS

Fonte: elaborado pelos autores (2025)

A análise documental do monitoramento da execução da Coleta Seletiva Cidadã evidenciou que, em paralelo às ações de educação ambiental, foi realizado o acompanhamento da elaboração dos chamamentos públicos, bem como da celebração dos termos de compromisso com associações e cooperativas de catadores. Como resultado dessas iniciativas, registrou-se a participação de 67 OM, distribuídas em 10 RM.

Figura 1 – Coleta Seletiva Cidadã: distribuição das OM por Região Militar

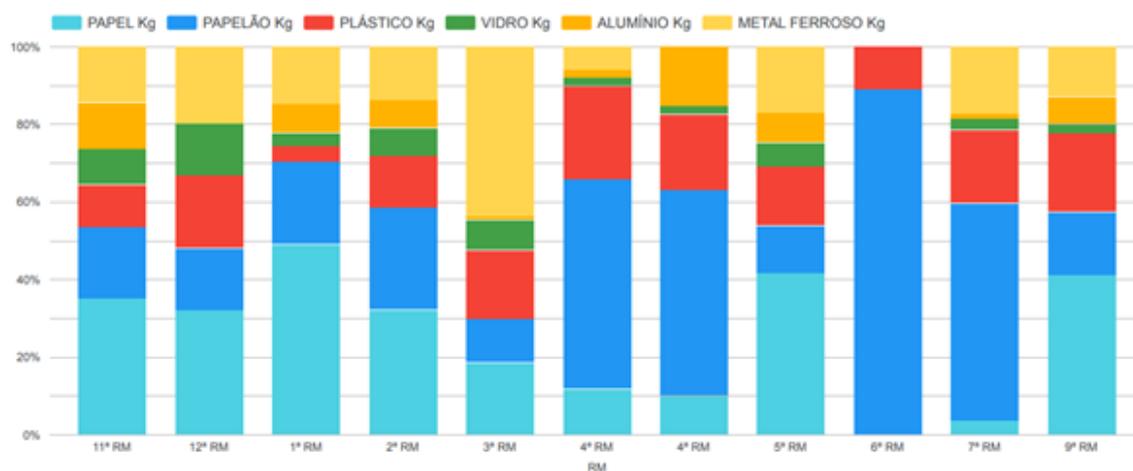


Fonte: elaborado pelos autores (2025)

A análise da distribuição das OM participantes revela que, em municípios onde não há coleta seletiva estruturada ou cooperativas capacitadas, a efetividade da gestão de recicláveis permanece limitada. Esse cenário reflete a realidade nacional, marcada pela ausência de soluções locais e tecnologias adequadas, bem como pelas dificuldades logísticas e econômicas, especialmente em regiões distantes dos centros de triagem ou de reciclagem.

Os dados do acompanhamento realizado pela DPIMA permitiram, ainda, a identificação dos resíduos recicláveis gerados por RM, possibilitando a comparação dos perfis de geração de resíduos por tipo em diferentes regiões, o que é útil para orientar as ações de implementação da Coleta Seletiva Cidadã.

Figura 2 – Geração de resíduos recicláveis por tipo.



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

Apesar dos desafios, destaca-se como uma importante conquista institucional o desempenho das OM que, entre março de 2024 e abril de 2025, destinaram 485.147,6 kg de resíduos recicláveis a associações e cooperativas de catadores. Essa iniciativa gerou uma economia direta superior a R\$ 300.791,51 aos cofres públicos, ao evitar custos adicionais nos contratos de destinação de resíduos.



Estima-se que a implementação da iniciativa nas cerca de 600 OM ativas no país possa gerar uma economia anual de aproximadamente R\$ 2.693.213,13. Essa ação evidencia o potencial da Coleta Seletiva Cidadã como instrumento eficaz de gestão ambiental e de promoção da inclusão socioeconômica dos integrantes das cooperativas de catadores.

Destaca-se que esses resultados acompanham os achados de Trigo et al. (2021), que analisaram a implementação da então Coleta Seletiva Solidária no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), no que se refere à economicidade na administração pública.

Nascimento et al. (2013), ao apresentarem a metodologia utilizada para a implantação do programa no Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), concluem que a implementação da coleta seletiva vai além do cumprimento das diretrizes do Decreto Federal, sendo fundamental para fomentar uma cultura institucional comprometida com a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis.

Diante dos impactos crescentes das mudanças climáticas, as Forças Armadas são desafiadas a adaptar suas estruturas e missões. Conforme Gomes Filho (2024), esses impactos se manifestam em seis frentes principais: (1) o debate sobre o papel das Forças Armadas como emissoras de gases de efeito estufa; (2) a disputa por recursos públicos, diante da demanda por investimentos em mitigação e adaptação; (3) os efeitos diretos sobre áreas, instalações e equipamentos militares; (4) o aumento da atuação em missões de defesa civil; (5) o envolvimento em operações humanitárias em áreas afetadas por desastres naturais; e (6) a possibilidade de conflitos de alta intensidade com motivações ambientais.

Nesse contexto, a atuação da DPIMA, por meio da Coleta Seletiva Cidadã e da educação ambiental, configura uma resposta efetiva a essas demandas. Ao promover a gestão adequada de resíduos e incentivar práticas de logística reversa, contribui para a redução da pegada ambiental das OM. Além disso, a economia direta de mais de R\$ 300 mil, com potencial de ampliação para R\$ 2 milhões, evidencia a compatibilidade entre sustentabilidade e eficiência orçamentária. Por fim, ao integrar a sustentabilidade à formação e à doutrina militar reforça o compromisso do EB com a preservação ambiental.

4 RECOMENDAÇÕES

- Ampliar o debate sobre a Coleta Seletiva Cidadã entre as instituições públicas, fomentando a atuação em rede e a interação direta com os catadores, com incentivo à formação de associações e cooperativas, especialmente na região Norte.

- Implementar ações que visem à destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos, à redução do volume total gerado e à otimização do transporte dos resíduos recicláveis até unidades com maior proximidade de associações e cooperativas de catadores, bem como à inclusão da metodologia de compostagem para resíduos orgânicos, especialmente em OM mais isoladas, como os Pelotões Especiais de Fronteira.

- Aprimorar a capacitação continuada de militares e servidores civis do EB, com foco em práticas de gerenciamento de RS, logística reversa e implementação da Coleta Seletiva Cidadã, em parceria com instituições públicas presentes nas regiões mais deficitárias.

- Fomentar a celebração de acordos entre o EB e os órgãos ambientais locais para a integração das OM aos sistemas locais de gestão de resíduos, possibilitando o compartilhamento da infraestrutura de triagem, armazenamento e transporte de resíduos recicláveis.

- Inserir a variável climática no planejamento ambiental das OM, promovendo a adoção de estratégias de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas, com ênfase em soluções baseadas na natureza, eficiência energética e economia de recursos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: ABREMA, 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

BORGES, J. F.; FIGUEIREDO, J. C.; MIGUEL, F. L. F.; SILVA, A. F. da. Tratamento de resíduos urbanos: impactos na mitigação das mudanças climáticas e efeitos no mercado de créditos de carbono. **Revista Gestão Socioambiental**, Miami, v. 18, n. 10, p. 1–18, 2024. Disponível em: <https://rgsa.openaccess-publications.org/rgsa/article/view/8694/4523>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados no âmbito dos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, n. 206, p. 4, 26 out. 2006. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&data=26/10/2006&pagina=4>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Instrução Geral nº 20-10.** Instruções Gerais para o Sistema de Gestão Ambiental no Âmbito do Exército (IG 20-10). Brasília, **Boletim do Exército**, jun. 2008. Disponível em: [http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/01_gerais/port_n_386_cmdo_eb_09jun2008\(republicacao\).html](http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/01_gerais/port_n_386_cmdo_eb_09jun2008(republicacao).html). Acesso em: 10 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Instruções Reguladoras nº 50-20.** Instruções Reguladoras para o Sistema de Gestão Ambiental no Âmbito do Exército (IR 50 - 20). Brasília, DF: Boletim do Exército, set. 2011. Disponível em: https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/02_reguladoras/06_departamento_de_engenharia_de_construcao/port_n_001_dec_26set2011.html. Acesso em 10 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, n. 147, p. 3. 3 ago. 2010a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 1 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **Portaria nº 1.275-Cmt Ex, de 28 de dezembro de 2010.** Diretriz para adequação do Exército Brasileiro à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Brasília, DF: Boletim do Exército, dez. 2010b. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/01_comando_do_exercito/port_n_1275_cmdo_eb_28dez2010.html. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Cartilha Ambiental do Exército – CambEx 1: orientações práticas para adequação ambiental em Organizações Militares.** Brasília, DF: Departamento de Engenharia e Construção, jan. 2019. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/004_documentos_instrucao/01_cadernos_de_instrucao%28ci%29/port_n_005_dec_23jan2019.html. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, n. 135, p. 1, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=1&data=16/07/2020&totalArquivos=91>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, n. 8-A, 12 jan. 2022a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 19 maio 2025.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, n. 72, p. 191, 14 abr. 2022b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico Temático de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília: Ministério das Cidades, dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produ-to-do-snis/diagnosticos-snis>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1.323.** Prorroga o prazo estabelecido pela Lei nº 14.026/2020 para disposição final de resíduos sólidos. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, abr. 2024^a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2428094>. Acesso em: 10 maio 2025.



BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Diretoria de Gestão Orçamentária. **Caderno de Orientações aos Agentes da Administração. Apoio Administrativo e Fundo do Exército.** Brasília, DF: Diretoria de Gestão Orçamentária, 1º ed. fev. 2024b. Disponível em: <https://www.sef.eb.mil.br/caderno-de-orientacoes/463-caderno-de-orientacoes>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente. **Nota Técnica nº 01-2024-SSSust/SMA/DPIMA: metodologia de análise dos pedidos de autorização para celebração de novos contratos e prorrogações contratuais relativos à coleta, transporte, tratamento, disposição ou destinação final de resíduos sólidos.** Documento de circulação interna. Brasília, DF: Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente, mar. 2024c.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CRUZ, U. R. X.; FERREIRA, E. R.; GARCIA, R. A. Breve panorama socioeconômico da reciclagem no Brasil atual (2024). **Revista de Estudos Interdisciplinares**, v. 6, n. 2, p. 1–14, jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.56579/rei.v6i2.1326>. Acesso em: 9 abr. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES FILHO, R. T. Impactos das Mudanças do Climáticas sobre o preparo e emprego das Forças Armadas. **Diálogos sobre Soberania e Clima**, v. 3, n. 1, p. 24–33, jan. 2024. Disponível em: https://soberaniaeclima.org.br/wp-content/uploads/2025/04/Dialogos-Soberania-e-Clima-Especial-No_01-Janeiro-2024-Portugues-03-24-33.pdf. Acesso em: 18 maio 2025.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n.6, p. 1503–1510, abr. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/y5kTpqkqyY9Dq8VhGs7NWwG/?format=html&lang=pt#>. Acesso em: 9 abr. 2025.

NASCIMENTO, R. O.; D'AQUINO, G. I. R.; MENDES, A. C.; RUIVO, M. de L. P.; TASHIRO, L. H. Coleta Seletiva Solidária: Uma Experiência Desenvolvida no Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Belém-PA. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria-RS, v. 10, n. 10, p. 2233–2250, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/7889>. Acesso em: 31 jul. 2025.

TRIGO, A. G. M.; CUNHA, M. da; MARUYAMA, U. G. R.; FRAGOSO, L. C. P. L.; CORDEIRO, N. M.; LEMOS, W. F.; BERNARDES, B. de O. Coleta seletiva solidária: uma experiência exitosa e sustentável no Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais-PR v. 7, n. 5, p. 49215–49227, jun. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29903>. Acesso em: 31 jul. 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Global Waste Management Outlook 2024** – Beyond an age of waste: turning rubbish into a resource. Nairobi: UNEP, 2024. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>. Acesso em: 9 abr. 2025.

A jaguar is the central focus of the image, walking towards the viewer through a dense, sun-dappled forest. The jaguar's golden fur is covered in dark, irregular spots. The background is filled with green leaves and brown branches, creating a sense of a wild, natural habitat. The lighting is soft and natural, highlighting the texture of the jaguar's fur and the surrounding foliage.

Autores Convidados

A terceira seção da nossa revista é destinada a autores convidados. Nesta edição, temos a honra de publicar dois ensaios de grande relevância.

No primeiro, intitulado “A gestão soberana e sustentável da Amazônia: desafios e perspectivas”, o Embaixador Carlos Alfredo Lazary Teixeira, ex-Diretor Executivo da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), discute como é possível conduzir uma gestão soberana e sustentável da Amazônia, explorando seus desafios, a cooperação regional e as perspectivas para o futuro. O autor conclui que, na COP-30, os países amazônicos poderão mostrar ao mundo que é possível aliar desenvolvimento, justiça social e preservação ambiental.

Em “CENSIPAM na COP30: avanços na soberania tecnológica e liderança sustentável na Amazônia”, o Doutor Cristiano Torres do Amaral, analista sênior de Ciência e Tecnologia e engenheiro responsável pela gestão técnica das Estações Terrenas Multissatelitais do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), aborda o significado da COP30 ser realizada em Belém, primeira cidade amazônica a sediar o maior fórum internacional sobre mudanças climáticas. Para o autor, trata-se de uma oportunidade geopolítica e ambiental sem precedentes para o Brasil, na medida em que permite ao país apresentar ao mundo um novo modelo de desenvolvimento amazônico, baseado em sustentabilidade, inovação e responsabilidade social. Nesse sentido, o CENSIPAM e suas ferramentas de gestão ambiental constituem um exemplo de que é possível conciliar proteção ambiental com progresso econômico, e soberania com cooperação internacional.



A gestão soberana e sustentável da Amazônia: Desafios e Perspectivas

Carlos Alfredo Lazary Teixeira¹

INTRODUÇÃO

A Amazônia constitui uma das regiões mais emblemáticas do planeta. Localizada em nove países sul-americanos, dos quais o Brasil concentra a maior parte, abriga a maior floresta tropical contínua do mundo, responsável por enorme diversidade biológica e por processos climáticos que transcendem fronteiras nacionais. É considerada, por isso, um patrimônio natural de importância global.

Entretanto, a Amazônia não é apenas uma questão ambiental. Ela também representa um espaço estratégico para a soberania dos países que a compõem, um reservatório de riquezas minerais, hídricas e genéticas, além de ser lar de milhões de pessoas, incluindo povos indígenas e comunidades tradicionais. A gestão da região, portanto, exige conciliar múltiplas dimensões: preservar sua biodiversidade, garantir qualidade de vida para a população, promover desenvolvimento econômico sustentável e, ao mesmo tempo, afirmar a soberania nacional.

Este artigo discute como é possível conduzir uma gestão soberana e sustentável da Amazônia, explorando seus desafios, a cooperação regional e as perspectivas para o futuro.

A AMAZÔNIA COMO PATRIMÔNIO ESTRATÉGICO

A bacia amazônica cobre cerca de 7 milhões de km², dos quais aproximadamente 5 milhões estão em território brasileiro. Essa imensidão abriga cerca de 20% da água doce superficial do planeta, além de desempenhar papel crucial na regulação climática global, por meio do ciclo hidrológico que influencia chuvas em diversas partes da América do Sul.

O patrimônio amazônico vai além da biodiversidade: nele estão localizadas reservas minerais estratégicas, potenciais energéticos, grandes estoques de madeira e um vasto acervo genético que pode servir de base para a biotecnologia e a medicina. Esse conjunto de riquezas transforma a região em alvo de interesse internacional.

Narrativas recorrentes, que defendem a “internacionalização da Amazônia” ou que a tratam como um bem comum da humanidade, costumam desconsiderar a soberania dos países que nela se encontram. Embora seja inegável que a preservação da floresta tenha impacto global, cabe em primeiro lugar aos Estados amazônicos a responsabilidade de decidir sobre seu território, sua exploração e sua conservação. Essa tensão entre a dimensão nacional/regional e a dimensão global da Amazônia é um dos pontos centrais da gestão soberana.

Nesse sentido, é importante recuperar a celebração do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), em 1978, por iniciativa do Brasil, motivada sobretudo pela imperiosa necessidade de afirmar a soberania dos oito países sobre a área, contrarrestando repetidas acusações de inidoneidade para lidar com o desafio de promover a sua gestão “responsável”. Para tanto, o governo brasileiro valeu-se junto aos seus pares da solidez de sua defesa da vinculação entre desenvolvimento e meio ambiente, durante a Conferência da ONU realizada em Estocolmo, em 1972. Valeu-se, igualmente, da exitosa negociação e assinatura, pouco antes, em 1969, do Tratado da Bacia do Prata (TBP). Com o TCA, portanto, deu-se cobertura diplomática formal às duas principais bacias hidrográficas da América do Sul.

No âmbito nacional, é útil relembrar a criação do Programa Calha Norte, instituído em 1985, no contexto de redemocratização do Brasil. Originalmente concebido como iniciativa de defesa nacional, voltada à presença militar na faixa de fronteira amazônica, o programa buscava assegurar a integridade territorial diante de pressões externas como, por exemplo, as ameaças de intervenção externa no Suriname, em face do golpe levado a cabo pelo sargento Dési Bouterse, em 1980. A região amazônica, pouco ocupada

¹MPC. Embaixador do Brasil no Peru (2011) e no Equador (2015). Diretor Executivo da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (2019). Membro do Conselho Consultivo da Associação de Universidades Amazônicas (UNAMAZ) (2025). Senior Fellow da Plataforma Cipó (2025).

e com baixa densidade populacional, era percebida como vulnerável a interesses estrangeiros. Por isso, a lógica do Calha Norte estava centrada na segurança e no controle territorial. Essa mesma lógica motivou, em relação ao controle do espaço aéreo, a implantação do Sistema de Vigilância da Amazônia – SIVAM.

Com o passar do tempo, entretanto, o Calha Norte e o SIVAM incorporaram dimensões civis e sociais. Rebatizado como Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSI-PAM), o programa passou a financiar projetos de infraestrutura básica, saúde, educação e desenvolvimento sustentável em municípios da região Norte. Assim, transformou-se em instrumento não apenas de defesa nacional, mas também de presença do Estado e de apoio ao desenvolvimento regional, reafirmando a soberania por meio de políticas públicas.

Esse movimento em direção à parte setentrional no Brasil não pode ser cabalmente entendido sem que se pondere o efeito holístico da mudança da capital federal para Brasília, incluindo também a dimensão geopolítica e diplomática. O TCA é parte dessa construção.

DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE AMAZÔNICA

A floresta amazônica enfrenta pressões constantes que comprometem sua sustentabilidade. O desmatamento é o mais visível deles. A abertura de novas áreas para a agropecuária, aliada à grilagem de terras e às queimadas ilegais, provoca perda de biodiversidade e ameaça de colapso dos serviços ecossistêmicos da região. Estima-se que, se o desmatamento ultrapassar determinado limiar, a floresta poderá entrar em processo de “savanização”, perdendo sua capacidade de manter ciclos de chuvas e de armazenar carbono.

Outro desafio crítico é a mineração. Enquanto a mineração legal pode ser regulada e fiscalizada, a mineração ilegal cresce de forma descontrolada, especialmente em terras indígenas e áreas de proteção ambiental. Essa atividade causa poluição por mercúrio, degradação de rios e violência contra comunidades locais.

As mudanças do clima agravam os problemas existentes. O aumento da temperatura média e a redução da umidade em algumas áreas já têm provocado secas prolongadas e queimadas mais intensas. Isso compromete tanto a biodiversidade quanto a agricultura regional, além de aumentar o risco de eventos extremos em escala continental.

No aspecto social, a sustentabilidade amazônica também envolve a proteção dos povos indígenas e comunidades tradicionais. Eles são guardiões de vastos territórios e acumulam saberes ancestrais sobre a floresta. Entretanto, sofrem com invasões, violência, discriminação e falta de acesso a serviços básicos. A inclusão dessas populações nos processos de gestão é condição essencial para qualquer projeto de sustentabilidade.

MODELOS DE GESTÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS

A gestão da Amazônia exige políticas integradas que articulem proteção ambiental, desenvolvimento econômico e inclusão social. Entre os instrumentos existentes, destaca-se o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), que orienta a ocupação do território de acordo com suas características ambientais e sociais. Embora seja uma ferramenta fundamental, assim reconhecida pelos governos da região, sua implementação em todo o bioma ainda é parcial e desigual.

O fortalecimento da fiscalização ambiental também é essencial. No Brasil, órgãos como o IBAMA e o ICMBio desempenham papel crucial no combate a crimes ambientais e, por isso, têm sido fortalecidos para vencer as sempre presentes dificuldades orçamentárias, pressões políticas e, por vezes, limitações de pessoal. São atores indispensáveis na liderança do Brasil na implementação do TCA, por intermédio da ferramenta da cooperação Sul-Sul, ao lado de centros de excelência e boas práticas como a FIOCRUZ e o INPE, entre outros, sempre com o apoio eficaz e reconhecido da Agência Brasileira de Cooperação (ABC). As políticas públicas para a Amazônia, prescreve o TCA, devem ser fortalecidas a ponto de se tornarem políticas de Estado, permanentes e convergentes, voltadas para diminuir a dupla assimetria que caracteriza a região: entre os países condôminos, em termos de presença e capacidade institucional, e em cada país, em relação ao restante do território nacional. Daí a importância da cooperação Sul-Sul; sem descartar o aporte científico e financeiro de atores de fora da região.

Por outro lado, e além disso, a eficácia das políticas públicas depende da capacidade de monitoramento. Aqui aparece novamente o papel de entidades brasileiras de excelência como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, com o domínio da captação e análise de imagens por satélites, seja da cobertura florestal, seja dos corpos de água. Nesse contexto de monitoramento e cooperação Sul-Sul, vale mencionar a conformação pelo Brasil do Fundo Amazônia, com o apoio e significativos aportes financeiros da Noruega e da Alemanha, no qual se reservou até 20% dos recursos para projetos de monitoramento na



totalidade do bioma e da bacia, incluindo atividades nos países vizinhos.

Outro aspecto central do TCA é a gestão integral e integrada dos recursos hídricos. A Bacia Amazônica abriga rios internacionais de enorme importância e um enorme potencial de águas subterrâneas, como o aquífero de Alter do Chão, no Brasil. Há em curso um projeto de mapeamento desses recursos nos subsolos da Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela, financiado com recursos do Global Environmental Facility (GEF), que certamente confirmará a existência de extensos reservatórios. A abundância de água doce, entretanto, não elimina riscos de escassez local, de diminuição da qualidade da água ou de conflitos de uso. Produção de energia, navegação, abastecimento urbano, pesca, irrigação agrícola e manutenção dos ecossistemas dependem de políticas coordenadas entre todos os países. A gestão integrada de recursos hídricos implica considerar impactos cumulativos, promover participação social, conciliar diferentes usos e articular a cooperação entre países amazônicos. Essa visão sistêmica reforça que a água deve ser tratada como elemento estratégico da soberania e como fator de integração regional.

Do ponto de vista do desenvolvimento, ganha força o conceito de bioeconomia, que busca gerar riqueza a partir de produtos da floresta em pé. Cadeias produtivas baseadas em açaí, castanha-do-pará, óleos vegetais, madeira de manejo sustentável e biotecnologia são exemplos de alternativas que combinam preservação e geração de renda. Para prosperar, entretanto, a bioeconomia requer infraestrutura, pesquisa científica, inovação e acesso a mercados. Muito próximo da bioeconomia, talvez até cabendo no conceito ampliado, inclui-se o turismo comunitário sustentável, pelos efeitos benéficos acima descritos e ainda pela capacidade de diminuir o êxodo das novas gerações para os grandes centros urbanos.

INTEGRAÇÃO REGIONAL E COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

A Amazônia ultrapassa fronteiras nacionais. O bioma estende-se por oito países além do Brasil: Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname, Venezuela e o Departamento da Guiana Francesa. Essa diversidade torna indispensável a cooperação regional para a gestão da Floresta, com vistas a avanços na integração.

Nesse contexto, a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) é o principal mecanismo institucional. Criada em 1998, quando o TCA completou 20 anos, e estabelecida em 2002, reúne os países amazônicos para promover a cooperação em áreas como recursos hídricos, ciência, tecnologia, saúde, educação, povos indígenas, ilícitos transfronteiriços e proteção da biodiversidade. Embora tenha enfrentado limitações de recursos e de protagonismo político, a OTCA fortaleceu-se notavelmente nos últimos seis anos, tornando-se um ator indispensável na promoção do desenvolvimento sustentável da Amazônia nas suas três dimensões: a bacia, o bioma e a região, assim entendida como o espaço geográfico resultante da soma dos territórios declarados pelos países como abrangidos pelo TCA.

A organização opera mediante projetos de cooperação técnica, financiados principalmente por agências, bancos e fundos internacionais, como por exemplo a GIZ alemã, BID, PNUMA e o GEF, este por intermédio de agências implementadoras. Os projetos são construídos com a concordância unânime e participação dos governos dos países membros, sem condicionamentos externos. Sua agenda é positiva: visa principalmente a capacitação das instituições responsáveis em cada país pela política pública a ser beneficiada. Este é o caso da rede de monitoramento hidrometeorológico da bacia, com centenas de estações físicas espalhadas nas margens dos rios internacionais, bem como da capacitação dos países para permitir a implementação em seus territórios da Convenção CITES, de proteção das espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção.

O fortalecimento da OTCA está na razão direta da afirmação da soberania dos seus membros na região, na medida em que vier a representar uma plataforma para articular posições comuns perante a comunidade internacional, nos foros de negociação da agenda do desenvolvimento sustentável, visando a proteção da biodiversidade e a promoção do bem-estar dos amazônidas. A gestão do conhecimento, por meio do Observatório Regional Amazônico – ORA, é parte essencial desse fortalecimento, desde que sua construção e operação resultem em efetiva contribuição para as políticas públicas e na real apropriação pelos habitantes da Amazônia. Para ele contribuirão substantivamente o Painel Científico, recém-criado na OTCA, e a Associação de Universidades Amazônicas – UNAMAZ, esta em acelerado processo de revitalização.

Um exemplo recente da atuação da OTCA ocorreu na disputa pelo domínio de primeiro nível (Top level Domain) “.amazon” (dot ou ponto amazon) junto à ICANN (Corporação da Internet para Atribuição de Nomes e Números). A empresa Amazon Inc. pleiteava o uso exclusivo do domínio, o que lhe daria direito de utilizá-lo globalmente como identidade digital corporativa. Os países amazônicos, articulados pela OTCA, argumentaram que o termo “Amazon” não se refere apenas a uma empresa, mas sobretudo a uma região geográfica e cultural, essencial para milhões de pessoas e para o equilíbrio ambiental do planeta.

Apesar da pressão, a decisão da ICANN acabou favorecendo a corporação, que obteve a concessão

do domínio, mas indicando a necessidade de ser constituído um comitê gestor (steering committee) do domínio, o que não ocorreu até o momento, em face da resistência dos países amazônicos à imposição da empresa de controlar totalmente o comitê. A atuação da OTCA, liderada pela então Secretária-Geral Alexandra Moreira (2019-2024), representou uma afirmação importante: a defesa da soberania digital dos Estados amazônicos e da identidade da região frente à apropriação privada. Esse episódio mostra que a soberania amazônica também precisa ser pensada em novas dimensões, como na esfera virtual.

O Brasil sediou em agosto de 2023, em Belém do Pará, a IV Cúpula dos Presidentes dos Estados-Partes do TCA, denominada Cúpula da Amazônia. Na ocasião foi aprovada a Declaração de Belém, com mais de uma centena de parágrafos operativos, retomando e ampliando da agenda da cooperação amazônica, construída ao longo dos 45 anos decorridos desde a firma do Tratado. Duas mensagens sobressaíram: a necessidade de incorporar a sociedade civil ao processo de construção da agenda de cooperação e o compromisso, ligado à gestão do conhecimento, de basear as políticas públicas para a Amazônia na melhor informação científica existente e disponível, sempre valorizando o conhecimento ancestral dos amazônidas.

Houve consenso, ainda, de que deveria continuar a mobilização em nível presidencial, pelo evidente efeito político junto à comunidade internacional de afirmação serena e consciente da soberania sobre a Amazônia. Assim, na V Cúpula, realizada em Bogotá, Colômbia, em agosto de 2025, os mandatários decidiram avançar na inclusão formal das reuniões presidenciais como instância superior na governança do TCA.

O TCA ganhou dimensão adicional em decorrência da indesejada desativação da UNASUL, cuja agenda ficou à deriva, não só no campo da diplomacia e da integração, mas particularmente em relação aos temas de defesa e de segurança pública/ilícitos transfronteiriços, ambos com evidente vinculação à Amazônia. Na esfera diplomática, o TCA passou a ser o elo institucional e político remanescente entre o Suriname e a Guiana e sua circunstância sul-americana. No que tange à defesa, os temas do Conselho de Defesa Sul-Americano (CDS) ainda não conseguiram um locus, apesar dos tímidos esforços do governo brasileiro. Já em relação aos ilícitos, o Brasil deu um passo importante em setembro de 2025, com a inauguração em Manaus do Centro de Cooperação Policial Internacional da Amazônia (CCCPI Amazônia), uma plataforma inédita de cooperação com os nossos vizinhos amazônicos, para capacitação e intercâmbio em matéria de inteligência e ações conjuntas para o enfrentamento de crimes transnacionais na região (desmatamento, garimpo ilegal, comércio ilegal de espécies em extinção da fauna e da flora, tráfico de drogas, armas e pessoas), com investimentos da ordem de R\$ 36,7 milhões provenientes do Fundo Amazônia. Em seu discurso na cerimônia de inauguração do CCPI, o Presidente Lula da Silva fez expressa conexão com o tema da soberania” ...não precisamos de intervenções estrangeiras, nem de ameaças à nossa soberania. Somos perfeitamente capazes de ser protagonistas nas nossas próprias soluções”.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

O futuro da Amazônia dependerá da capacidade de seus países de promover um novo modelo de desenvolvimento. A expansão ilimitada da fronteira agrícola e da exploração mineral não é sustentável. Pelo contrário, ameaça comprometer irreversivelmente a floresta e os serviços ambientais de que dependem o Brasil, a América do Sul e o mundo.

Entre as alternativas estão o fortalecimento da bioeconomia, a valorização do conhecimento tradicional dos povos indígenas e comunidades locais, o investimento em ciência e tecnologia para a biotecnologia e a medicina, além do manejo sustentável dos recursos florestais. Essas estratégias podem gerar emprego, renda e inovação, ao mesmo tempo em que preservam a floresta.

É igualmente necessário ampliar a presença do Estado na região. Isso significa não apenas reforçar a fiscalização ambiental, mas também garantir infraestrutura, saúde, educação e segurança para os habitantes locais. A soberania se afirma pela capacidade de o Estado oferecer condições dignas de vida à sua população e exercer autoridade efetiva sobre o território.

A cooperação regional e internacional continuará sendo um pilar importante. No entanto, deve ser conduzida em bases que respeitem a soberania nacional e que fortaleçam as capacidades internas dos países amazônicos.

Nesse cenário, ganha especial destaque a realização da COP 30 em Belém do Pará, em 2025. Pela primeira vez uma Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima será sediada na Amazônia. O evento representa não apenas reconhecimento da centralidade da região para o equilíbrio climático mundial, mas também uma oportunidade estratégica para que o Brasil e seus vizinhos amazônicos apresentem compromissos concretos em relação ao desmatamento, à transição energética e à preservação da biodiversidade. A conferência constituirá oportunidade estratégica para que o Brasil e os demais países amazônicos mostrem seu comprometimento com o desenvolvimento sustentável da região e, especificamente, para enfrentar de forma conjunta os desafios das mudanças do clima e do



aquecimento global. Além disso, o evento permitirá que os países amazônicos reafirmem não apenas seu compromisso com o desenvolvimento sustentável, mas também sua soberania sobre a região, mostrando ao mundo que a preservação da Amazônia deve ser conduzida a partir das decisões e prioridades dos próprios Estados amazônicos.

CONCLUSÃO

A Amazônia é, simultaneamente, um desafio nacional e global. Sua preservação interessa à humanidade, mas sua gestão pertence, em primeiro lugar, aos países que a compõem. O equilíbrio entre soberania e sustentabilidade é a chave para garantir o futuro da floresta.

Uma gestão soberana e sustentável deve articular proteção ambiental, desenvolvimento econômico inclusivo, valorização das comunidades locais e cooperação internacional equilibrada. O Brasil, como país que detém a maior parte da floresta, tem papel central nesse processo, mas o esforço precisa ser coletivo, envolvendo todos os países amazônicos e a sociedade como um todo.

Além disso, a soberania amazônica não se limita ao território físico. Inclui a proteção de seus recursos hídricos, a defesa de sua identidade simbólica em espaços digitais — como o caso do domínio “.amazon” — e a presença estratégica do Estado por meio de programas e projetos nacionais e regionais, como o Calha Norte e a agenda da OTCA. Esses elementos ampliam a compreensão da soberania, mostrando que ela deve ser integral, abrangendo dimensões ambientais, sociais, tecnológicas e culturais.

A realização da COP 30 em Belém reforça esse entendimento: a Amazônia é o centro das atenções globais e, ao mesmo tempo, espaço de afirmação da soberania regional. Trata-se de momento histórico em que os países amazônicos poderão mostrar ao mundo que é possível aliar desenvolvimento, justiça social e preservação ambiental. Se bem conduzida, a gestão soberana e sustentável da Amazônia pode transformar a região em exemplo global de como proteger a natureza sem abrir mão da autonomia e da prosperidade dos povos que dela dependem.

CENSIPAM na COP30: Avanços na Soberania Tecnológica e Liderança Sustentável na Amazônia

Cristiano Torres do Amaral¹

A 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (Conferência das Partes – COP30) representa um ponto de inflexão nas negociações climáticas globais, especialmente por ocorrer em Belém, Pará, no coração do maior e mais importante ecossistema da Amazônia. Pela primeira vez, uma cidade localizada na região amazônica sediará o maior fórum internacional sobre mudanças climáticas, reunindo líderes, cientistas, representantes da sociedade civil e do setor privado. O simbolismo dessa escolha é imenso: a Amazônia, considerada o maior bioma tropical do planeta, ocupa o centro das atenções em um momento crítico para o futuro ambiental da humanidade. Com biodiversidade única e papel central na regulação do clima global, a floresta amazônica enfrenta constantes ameaças como desmatamento, queimadas, exploração ilegal de recursos naturais e degradação ambiental. Em meio a esses desafios, o Brasil assume uma responsabilidade geopolítica e ambiental sem precedentes (UNFCCC, 2025).

A realização da COP30 em solo amazônico enfatiza a necessidade de respostas assertivas às questões ambientais que afetam a floresta. O desmatamento, impulsionado por atividades como expansão agropecuária e extração ilegal de madeira, permanece como uma das maiores ameaças à integridade do bioma. Além disso, as queimadas, muitas vezes provocadas intencionalmente, agravam ainda mais a situação, contribuindo para a liberação de grandes quantidades de gases de efeito estufa e para a destruição de habitats essenciais. A pressão internacional para que o Brasil atue de forma mais rigorosa no combate a esses crimes ambientais está aumentando. Ao mesmo tempo, o país enfrenta o desafio de promover o desenvolvimento econômico da região amazônica, marcada por profundas desigualdades sociais e falta de infraestrutura, sem comprometer sua biodiversidade (IMAZON, 2023).

Nesse contexto, torna-se essencial apresentar ao mundo iniciativas concretas que articulem preservação ambiental, desenvolvimento sustentável e soberania nacional. O Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) surge como ator estratégico no cenário ambiental. Vinculado ao Ministério da Defesa, o CENSIPAM tem como missão integrar informações e tecnologias voltadas à proteção e ao monitoramento da Amazônia Legal. Entre seus produtos tecnológicos destacam-se o SIPAM Hidro, o Painel do Fogo, o Amazon SAR e o pioneiro mapeamento da Amazônia com aeronaves remotamente pilotadas. Todos esses produtos oferecem ferramentas eficazes e inovadoras, em diferentes escalas, para enfrentar os desafios ambientais da região, permitindo que o Estado brasileiro exerça controle soberano sobre seu território, ao mesmo tempo em que promove ações sustentáveis e responsáveis (CENSIPAM, 2025).

O uso de drones para o mapeamento da Amazônia é uma inovação incorporada pelo CENSIPAM em pesquisas recentes para o monitoramento e a preservação do ecossistema. Pequenas aeronaves não tripuladas equipadas com câmeras de alta resolução são utilizadas para registrar imagens detalhadas de áreas críticas, como regiões de fronteira, unidades de conservação e territórios indígenas. Essa tecnologia tem se mostrado extremamente útil para operações de campo, ações de fiscalização e coleta de dados em locais de difícil acesso. O mapeamento com drones permite uma vigilância mais precisa e ágil, favorecendo a atuação integrada de diferentes instituições e o engajamento das comunidades locais na proteção ambiental. Durante a COP30, a demonstração dessas capacidades tecnológicas pode reforçar a importância da soberania informacional sobre a floresta e destacar a liderança do Brasil na gestão do território amazônico (Custódio; Abeledo, 2023).

Outro produto importante é o SIPAM Hidro, uma plataforma de monitoramento climático na Amazônia desenvolvida pelo CENSIPAM. Esse sistema representa um avanço estratégico para a vigilância ambiental e o enfrentamento das crises climáticas. Populações ribeirinhas e urbanas podem monitorar áreas de alagamento durante o período de chuvas, bem como os níveis dos rios durante períodos de escas-

¹Doutor em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UNIR), Mestre em Engenharia Elétrica e Mestre em Geografia (UFMG) e graduado em Engenharia de Telecomunicações (UNIBH) e em Geografia (UFMG). Atualmente é Analista Sênior de Ciência e Tecnologia e engenheiro responsável pela gestão técnica das Estações Terrenas Multissatelitais do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM.



sez hídrica. Essa plataforma digital desempenha um papel central na coleta, análise e disseminação de dados meteorológicos em tempo real em uma das regiões mais sensíveis e essenciais para o equilíbrio climático global: a floresta amazônica (Nogueira, 2023).

Associado ao SIPAM Hidro, o Pannel do Fogo monitora em “quase tempo real” os fenômenos associados às queimadas na floresta tropical. Em ambientes digitais, as plataformas desenvolvidas pelo CENSIPAM assumem importância estratégica, pois permitem um monitoramento climático mais preciso da Amazônia, alimentando bases de dados que auxiliam tanto no planejamento de políticas públicas quanto em ações emergenciais de proteção ambiental e de defesa civil na região.

As plataformas digitais do CENSIPAM, disponíveis no sistema Panorama, integram diferentes sensores distribuídos em pontos remotos da floresta, radares meteorológicos, imagens de satélite e algoritmos de modelagem climática. Essa infraestrutura robusta permite identificar padrões de temperatura, umidade, precipitação e vento, gerando previsões que contribuem para a prevenção de desastres naturais e para a gestão de recursos hídricos e agrícolas. Além disso, esses dados são compartilhados com centros internacionais, como a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA), promovendo uma colaboração científica essencial para a compreensão do clima global (Amaral, 2025).

As plataformas de monitoramento climatológico do CENSIPAM não representam apenas um avanço tecnológico, mas também um instrumento geopolítico e ambiental essencial para as autoridades que participarão da COP30, reforçando o protagonismo do Brasil na luta contra as mudanças climáticas e na proteção da Amazônia. As plataformas do CENSIPAM promovem uma transformação digital da geoinformação, pois oferecem dados climáticos e ambientais valiosos para relatórios técnicos, painéis científicos e negociações internacionais, fortalecendo a posição do Brasil como liderança ambiental global. Além disso, elas podem sustentar compromissos mais ambiciosos de redução de emissões e de preservação da biodiversidade na COP30.

Em outra escala, o produto Amazon SAR utiliza tecnologia de radar de abertura sintética (SAR) para monitoramento florestal e representa um marco significativo na proteção ambiental da Amazônia. Esse produto apresenta uma metodologia diferenciada que permite a detecção de desmatamento mesmo sob condições adversas, como a presença de nuvens, comuns na região. Essa capacidade é crucial para a fiscalização contínua e eficaz de áreas da floresta tropical. Implementado com recursos do Fundo Amazônia, o projeto visa complementar sistemas já existentes, como o DETER, que dependem de sensores ópticos e são limitados pela presença de nuvens. A metodologia do Projeto SAR analisa imagens de alta resolução durante o dia ou à noite, independentemente das condições meteorológicas, possibilitando a geração de alertas de desmatamento mais precisos e em tempo quase real (Fundo Amazônia, 2025).

Na infraestrutura de monitoramento por satélite do Amazon SAR, destacam-se as estações terrenas do CENSIPAM, instaladas em locais estratégicos: Formosa (GO) e Manaus (AM). Atualmente, essas estações recebem imagens em tempo real dos satélites de observação da Terra da NASA/NOAA: Suomi-NPP, JPSS-1, JPSS-2, Aqua e Terra. A constelação de satélites do Projeto Lessônia, da Força Aérea Brasileira, e os satélites Amazon I, CBERS 4, CBERS 4A, SCD-1 e SCD-2, operados pelo INPE, também estão em operação nas estações do CENSIPAM, que prestam serviços relevantes à segurança e à defesa da Amazônia.

Por fim, o maior e mais importante recurso do CENSIPAM é seu corpo técnico, que merece reconhecimento especial pelo alto nível de qualificação e compromisso com o monitoramento da Amazônia. A equipe é formada por engenheiros, geógrafos, biólogos, analistas de sensoriamento remoto e outros profissionais das carreiras de Ciência e Tecnologia. É um time de alto nível, um grupo multidisciplinar fundamental para o sucesso de projetos estratégicos como o Amazon SAR. A atuação integrada e interinstitucional permite análises precisas de dados geoespaciais, geração de alertas confiáveis de desmatamento e produção de informações essenciais para a tomada de decisão governamental. A competência técnica desses profissionais reflete o potencial da ciência aplicada à proteção ambiental, reafirmando o papel do CENSIPAM como instituição de excelência na gestão amazônica.

A realização da COP30 oferece uma oportunidade única para o Brasil apresentar ao mundo um novo modelo de desenvolvimento amazônico, baseado na sustentabilidade, inovação e responsabilidade social. A integração das ferramentas do CENSIPAM e sua contribuição para a agenda do evento demonstram que é possível conciliar proteção ambiental com progresso econômico, e soberania com cooperação internacional. O Brasil se destaca ao mostrar como a inteligência tecnológica aplicada à gestão ambiental fortalece as políticas públicas, aumenta a resiliência às mudanças climáticas e amplia as oportunidades de investimento sustentável. Além disso, a presença ativa do CENSIPAM durante a conferência cria oportunidades, parcerias, intercâmbios científicos e, principalmente, consolida o país como referência global em monitoramento de florestas tropicais.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Cristiano T. **User Report – Censipam – Ministry of Defense (Brazil)**. [S.l.]: NOAA, 2025. Disponível em: [https://www.noaasis.noaa.gov/pdf/docs/TWG2025/1600%20User%20Report-Censipam-Ministry%20of%20Defense%20\(Brazil\)%20Amaral.pdf](https://www.noaasis.noaa.gov/pdf/docs/TWG2025/1600%20User%20Report-Censipam-Ministry%20of%20Defense%20(Brazil)%20Amaral.pdf). Acesso em: 12 maio 2025.

CUSTÓDIO, Janiele; ABELEDO, Hernan. Drone-Based Environmental Emergency Response in the Brazilian Amazon. **Drones**, [S.l.], v. 7, n. 9, art. 554, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones7090554>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/373479415_Drone-Based_Environmental_Emergency_Response_in_the_Brazilian_Amazon. Acesso em: 12 maio 2025.

FUNDO AMAZÔNIA. **Projeto Amazônia SAR** [recurso eletrônico]. Brasília: BNDES, [2023?]. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/projeto/Amazonia-SAR/>. Acesso em: 12 maio 2025.

IMAZON – INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **Amazônia 2030: bases para o desenvolvimento sustentável** [livro eletrônico]. Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2023.

NOGUEIRA, Edileuza de Melo. Atuação do Censipam na proteção, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal e Amazônia Azul. **Diálogos Soberania e Clima**, v. 2, n. 8, p. 64–72, 2023. Disponível em: <https://soberaniaclima.org.br/wp-content/uploads/2023/08/06-Atuacao-do-Censipam-na-protecao-conservacao-e-desenvolvimento-sustentavel-%E2%80%94-Edileuza-de-Melo-Nogueira.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.

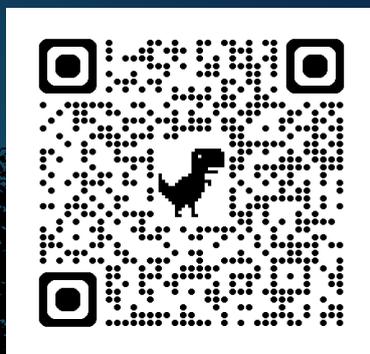
UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **UN Climate Change Conference – Belém, novembro de 2025**. Bonn: UNFCCC, 2025. Disponível em: <https://unfccc.int/cop30>. Acesso em: 12 maio 2025.

CONHEÇA O CENSIPAM:





LINK PARA O DOSSIÊ ONLINE:



Escola Superior de Defesa - ESD
DF 001, KM 27, 4, SHIS
Jardim Botânico, Brasília - DF
CEP: 71686-900
(61) 2023-5026

Centro Gestor e Operacional do
Sistema de Proteção da Amazônia
CENSIPAM
Setor Policial (SPO) - Área 5
Quadra 3 Bloco K - Brasília - DF

