REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

AVALIAÇÃO ESPACIAL E PERICIAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS NO ESTADO DO PARÁ (2025)

SPATIAL AND FORENSIC ASSESSMENT OF SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS RESULTING FROM EXTREME RAINFALL EVENTS IN THE STATE OF PARÁ (2025)

EVALUACIÓN ESPACIAL Y PERICIAL DE LOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES DERIVADOS DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS EN EL ESTADO DE PARÁ (2025)

Breno Martins Batista
Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará-UFPA, Brasil
E-mail: breno.batista@itec.ufpa.br

Edgar Silva do Rosário Junior
Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará-UFPA, Brasil
E-mail: edgar.junior@itec.ufpa.br

Aderian dos Santos Rodrigues
Mestranda em Engenharia de Infraestruturas e Desenvolvimento Energético, Universidade Federal do Pará- UFPA, Brasil
E-mail: aderian94@live.com

Fábio Masato Yamanaka
Mestrando em Engenharia de Infraestruturas e Desenvolvimento Energético, Universidade Federal do Pará-UFPA, Brasil
E-mail: fabioyamanaka08@gmail.com

Carlos David Veiga França
Doutorando em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: veigappgeouema@gmail.com

Marcelo Rassy Teixeira
Doutor em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo-USP, Brasil
E-mail: mrt@ufpa.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Resumo

Este estudo analisou a distribuição espacial dos desastres decorrentes de eventos pluviométricos extremos e seus impactos socioambientais no estado do Pará durante o ano de 2025, propondo uma abordagem integrada entre análise espacial e avaliação técnico-pericial. A pesquisa, de caráter exploratório e descritivo com abordagem mista, utilizou dados oficiais do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), processados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Microsoft Excel e Power BI. Os resultados revelaram que o Pará concentrou 46,43% dos registros de desastres da Região Norte em 2025, com nítido predomínio das ocorrências hidrológicas (193 registros) e climatológicas (81 registros). A análise espacial evidenciou uma distribuição territorial heterogênea das ocorrências, com concentrações críticas em municípios como Santarém, Altamira, Vitória do Xingu e Maracanã. A avaliação integrada demonstrou que os impactos observados não decorreram exclusivamente da severidade das precipitações, mas sim da interação dinâmica entre os extremos climáticos e vulnerabilidades socioambientais preexistentes, caracterizadas por ocupação inadequada do solo (como áreas de várzea), deficiência nos sistemas de drenagem urbana e falhas no planejamento territorial. Sob a perspectiva técnico-pericial e da engenharia diagnóstica, estabeleceu-se que os eventos climáticos atuam como gatilhos físicos, enquanto os danos estruturais e socioambientais são condicionados e agravados pelas deficiências de infraestrutura urbana. Conclui-se que a integração pioneira entre geotecnologias e perícia de engenharia fornece um diagnóstico robusto para subsidiar o nexo causal, a gestão de riscos de desastres, o ordenamento territorial preventivo e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas na Amazônia Legal
Palavras-chave: Desastres Socioambientais; Eventos Pluviométricos; Análise Espacial, Vulnerabilidade Socioambiental; Gestão de Risco.

Abstract

This study analyzed the spatial distribution of disasters resulting from extreme rainfall events and their socio-environmental impacts in the state of Pará during 2025, proposing an integrated approach combining spatial analysis and technical-forensic assessment. This exploratory and descriptive mixed-methods research utilized official data from the Integrated Disaster Information System (S2iD), processed using Geographic Information Systems (GIS), Microsoft Excel, and Power BI. The results revealed that Pará accounted for 46.43% of all disaster records in Northern Brazil in 2025, with a clear predominance of hydrological (193 records) and climatological (81 records) events. Spatial analysis showed a heterogeneous territorial distribution of occurrences, with critical concentrations in municipalities such as Santarém, Altamira, Vitória do Xingu, and Maracanã. The integrated evaluation demonstrated that the observed impacts did not stem exclusively from rainfall severity, but rather from the dynamic interaction between climate extremes and preexisting socio-environmental vulnerabilities, characterized by inadequate land occupation (such as floodplain areas), deficiencies in urban drainage systems, and weaknesses in territorial planning. From a technical-forensic and diagnostic engineering perspective, climatic events were established to act as physical triggers, while structural and socio-environmental damages are conditioned and exacerbated by urban infrastructure deficiencies. We conclude that the pioneering integration of geotechnologies and engineering forensics provides a robust diagnostic tool to substantiate causal links, disaster risk management, preventive territorial planning, and climate change adaptation strategies in the Brazilian Amazon.
Keywords: Socio-environmental disasters; Rainfall events; Spatial Analysis; Socio-environmental vulnerability; Risk management.

Resumen

Este estudio analizó la distribución espacial de los desastres derivados de eventos pluviométricos extremos y sus impactos socioambientales en el estado de Pará durante el año 2025, proponiendo un enfoque integrado entre el análisis espacial y la evaluación técnico-pericial. La investigación, de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

carácter exploratorio y descriptivo con enfoque mixto, utilizó datos oficiales del Sistema Integrado de Información sobre Desastres (S2iD), procesados en Sistemas de Información Geográfica (SIG), Microsoft Excel y Power BI. Los resultados revelaron que Pará concentró el 46,43% de los registros de desastres de la Región Norte en 2025, con un claro predominio de las ocurrencias hidrológicas (193 registros) y climatológicas (81 registros). El análisis espacial evidenció una distribución territorial heterogénea de los eventos, con concentraciones críticas en municipios como Santarém, Altamira, Vitória do Xingu y Maracanã. La evaluación integrada demostró que los impactos observados no se debieron exclusivamente a la severidad de las precipitaciones, sino a la interacción dinámica entre los extremos climáticos y las vulnerabilidades socioambientales preexistentes, caracterizadas por la ocupación inadecuada del suelo (como áreas de llanura aluvial), deficiencias en los sistemas de drenaje urbano y debilidades en la planificación territorial. Bajo la perspectiva técnico-pericial y de la ingeniería diagnóstica, se estableció que los eventos climáticos actúan como detonantes físicos, mientras que los daños estructurales y socioambientales son condicionados y agravados por las deficiencias de la infraestructura urbana. Se concluye que la integración pionera entre geotecnologías y peritaje de ingeniería proporciona un diagnóstico robusto para respaldar el nexo causal, la gestión de riesgos de desastres, el ordenamiento territorial preventivo y las estrategias de adaptación al cambio climático en la Amazonia Lega.
Palabras clave: Desastres socioambientales; Eventos pluviométricos; Análisis espacial; Vulnerabilidad socioambiental; Gestión del riesgo.

1. Introdução

Os eventos pluviométricos extremos constituem um dos principais fatores desencadeadores de impactos socioambientais em diferentes regiões do mundo, especialmente em áreas urbanas caracterizadas por elevada vulnerabilidade territorial. Mais do que fenômenos isolados, esses eventos configuram processos complexos cuja magnitude de impacto está diretamente relacionada à interação entre fatores naturais e condicionantes antrópicos, aspecto amplamente discutido na literatura recente sobre riscos hidroclimáticos.

Do ponto de vista hidrometeorológico, um evento pluviométrico extremo corresponde à ocorrência de precipitações cujos volumes, intensidades ou acumulados ultrapassam significativamente o comportamento climatológico esperado para determinada região e período de referência. Esses eventos podem ser caracterizados por limiares estatísticos, como percentis elevados (por exemplo, P95 ou P99), valores máximos diários ou acumulados em intervalos específicos, ou ainda por critérios operacionais adotados por órgãos oficiais de monitoramento meteorológico e de defesa civil. Em razão de seu elevado potencial de desencadear inundações, enxurradas, alagamentos e outros processos hidrológicos adversos, os eventos pluviométricos extremos constituem importantes fatores de risco para a ocorrência de desastres socioambientais, sobretudo em áreas urbanas vulneráveis.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Embora a literatura utilize percentis elevados (P95 e P99), acumulados diários ou critérios hidrológicos específicos para caracterizar extremos pluviométricos, tais limiares não foram empregados nesta pesquisa, uma vez que o estudo teve como unidade de análise os desastres oficialmente registrados no S2iD e não séries históricas de precipitação.

É importante distinguir os conceitos de evento pluviométrico, desastre registrado e impacto socioambiental. O evento pluviométrico corresponde ao fenômeno meteorológico caracterizado pela ocorrência de precipitação (Tucci, 2009); o desastre registrado refere-se ao evento oficialmente reconhecido e registrado pelos órgãos de proteção e defesa civil, conforme os critérios da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012); e o impacto socioambiental corresponde aos danos e alterações provocados nos meios físico, biótico e socioeconômico em decorrência desse desastre (Kobiyama *et al.*, 2006). Assim, nem todo evento pluviométrico resulta em um desastre registrado, e a magnitude dos impactos socioambientais depende das condições de vulnerabilidade e exposição do território.

Os impactos socioambientais decorrentes denotam alterações nos meios físico, biótico e antrópico, com repercussões diretas na sustentabilidade, adaptação climática e gestão de riscos (Ferreira *et al.*, 2024). No contexto urbano, a manifestação desses extremos acelera processos de inundação e erosão, fenômenos agravados pela impermeabilização do solo, pelo subdimensionamento dos sistemas de drenagem e por deficiências no ordenamento territorial (Tominaga; Santoro; Amaral, 2009). Essa convergência expande a vulnerabilidade socioambiental e potencializa cenários de desastres naturais, convergindo para o panorama nacional de agravamento de eventos hidrometeorológicos apontado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021).

Nesse contexto, observa-se que a intensificação dos eventos hidrometeorológicos no Brasil não se traduz apenas em maior frequência de ocorrências, mas evidencia limitações estruturais nos modelos de ocupação urbana e planejamento territorial, indicando que a gênese dos impactos está menos associada à excepcionalidade dos fenômenos climáticos e mais à vulnerabilidade

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

previamente existente no território.

Essa problemática assume relevância ainda maior na Amazônia brasileira, particularmente no Estado do Pará, região caracterizada por elevados índices pluviométricos ao longo do ano. A dinâmica climática regional é fortemente influenciada pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e por sistemas atmosféricos associados ao clima equatorial úmido, favorecendo a ocorrência de precipitações intensas e concentradas em determinados períodos (Marengo *et al*., 2018). Como consequência, diversos municípios paraenses enfrentam recorrentes episódios de alagamentos, inundações e outros eventos hidrometeorológicos capazes de produzir impactos expressivos sobre o ambiente e a sociedade.

Além disso, estudos recentes evidenciam que a compreensão desses impactos demanda abordagens técnicas integradas, que articulem investigação pericial, caracterização geotécnica dos materiais e uso de ferramentas geofísicas e espaciais, capazes de identificar zonas de instabilidade, avaliar vulnerabilidades do subsolo e subsidiar a determinação do nexo causal em contextos de risco ambiental e estrutural. Nesse sentido, destaca-se a importância da multidisciplinaridade no âmbito da perícia ambiental, uma vez que a integração entre diferentes áreas do conhecimento, como geotecnia, geologia, hidrodinâmica e análise espacial, contribui para a construção de diagnósticos mais consistentes e tecnicamente fundamentados (Rodrigues et al., 2025; Yamanaka *et al*., 2025; Oliveira *et al*., 2025).

No ano de 2025, múltiplos municípios do Estado do Pará registraram ocorrências críticas associadas a eventos pluviométricos intensos, resultando em colapso da infraestrutura urbana, prejuízos materiais, interrupção de serviços essenciais e severos impactos sobre populações vulneráveis (CEMADEN, 2026). Esse cenário reitera a necessidade de investigações sistemáticas voltadas a compreender a dinâmica física desses fenômenos, sua distribuição espacial e a real extensão dos danos produzidos sobre o território urbano.

Nesse contexto, a avaliação espacial constitui importante ferramenta para a compreensão da dinâmica territorial dos impactos decorrentes de eventos pluviométricos extremos. A utilização de técnicas de geoprocessamento e análise

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

espacial possibilita integrar informações referentes à precipitação, relevo, uso e ocupação do solo, densidade populacional e infraestrutura urbana, permitindo identificar padrões de distribuição e áreas mais suscetíveis aos danos associados aos eventos hidrometeorológicos (Câmara *et al.,* 2001). Conforme destaca Fitz (2008), a análise espacial favorece a compreensão das relações entre os fatores físicos e antrópicos que condicionam a ocorrência e a intensidade dos impactos, contribuindo para o planejamento territorial e para a gestão preventiva de riscos.

Entretanto, embora a análise espacial permita identificar a distribuição geográfica dos eventos e das áreas potencialmente afetadas, a compreensão integral dos impactos exige também procedimentos técnicos voltados à caracterização, mensuração e comprovação dos danos observados. Nesse sentido, a avaliação pericial representa um instrumento fundamental para a investigação dos prejuízos decorrentes de eventos pluviométricos extremos, possibilitando estabelecer o nexo causal entre o fenômeno hidrometeorológico e os danos verificados em edificações, sistemas de drenagem, obras de infraestrutura e demais elementos do ambiente construído.

A perícia técnica fundamenta-se em critérios científicos, metodológicos e normativos destinados à identificação e quantificação de danos, subsidiando processos de gestão de riscos e tomada de decisão (IBAPE, 2019). No escopo dos desastres hidroambientais, essa prática é ampliada pela abordagem multidisciplinar da perícia ambiental, a qual integra saberes da engenharia, ecologia, direito e ciências sociais (Sousa *et al.,* 2025). Essa convergência interdisciplinar viabiliza não apenas a mensuração dos impactos materiais e ecológicos, mas também a definição de responsabilidades técnicas e jurídicas, direcionando ações fundamentadas de recuperação e mitigação regulatória.

Observa-se uma lacuna significativa na literatura no que se refere à integração entre análises espaciais e abordagens técnico-periciais voltadas à compreensão dos impactos socioambientais de eventos pluviométricos extremos em escala regional. Embora existam avanços isolados na modelagem espacial e na avaliação de danos, poucos estudos articulam essas dimensões de forma sistemática, limitando a produção de diagnósticos capazes de estabelecer relações causais robustas entre o

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

fenômeno climático e os danos observados no território.

Dessa forma, parte-se da hipótese de que os impactos socioambientais decorrentes de eventos pluviométricos extremos apresentam distribuição espacial heterogênea no território paraense e estão diretamente associados à interação entre intensidade pluviométrica, vulnerabilidade socioambiental, ocupação inadequada do solo e limitações da infraestrutura urbana.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição espacial e os impactos socioambientais decorrentes de eventos pluviométricos extremos no Estado do Pará no ano de 2025, a partir de uma abordagem integrada entre análise espacial e avaliação técnico-pericial. Busca-se compreender as dinâmicas socioambientais associadas aos desastres registrados, identificar padrões de ocorrência e discutir os principais fatores condicionantes relacionados aos danos observados.

A pesquisa visa fornecer subsídios técnicos e científicos para o aprimoramento do planejamento territorial e da gestão de riscos, bem como para a formulação de estratégias voltadas à redução de impactos socioambientais decorrentes de eventos hidrometeorológicos extremos, contribuindo para o fortalecimento da resiliência e do desenvolvimento sustentável na Amazônia. Diferentemente de estudos que tratam isoladamente a análise espacial ou a avaliação dos danos, este trabalho propõe uma abordagem integrada, correlacionando padrões territoriais às interpretações periciais, de modo a produzir diagnósticos mais robustos para a gestão de riscos socioambientais.

2. Revisão da Literatura

Os eventos hidrológicos extremos podem provocar impactos ambientais significativos em razão do aumento do escoamento superficial, responsável pelo transporte de sedimentos, resíduos sólidos e poluentes para os corpos hídricos (Tucci, 2007). Esse processo contribui para a degradação da qualidade da água, intensifica o assoreamento de rios e igarapés e favorece a deterioração das condições ambientais em áreas suscetíveis a inundações e enxurradas. Além disso,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

a recorrência desses eventos pode comprometer a estabilidade do solo e gerar prejuízos aos ecossistemas e às populações diretamente afetadas.

A gestão de riscos e o ordenamento territorial no Brasil são orientados por instrumentos legais que buscam reduzir a vulnerabilidade das populações expostas a desastres naturais. Nesse contexto, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012) estabelece a necessidade de mapeamento das áreas de risco e da incorporação dessas informações ao planejamento municipal, reforçando a integração entre gestão territorial e prevenção de desastres.

As mudanças climáticas globais têm contribuído para o aumento da frequência e da intensidade dos eventos meteorológicos extremos, ampliando seus efeitos sobre os sistemas naturais e as atividades humanas (Marengo, 2025). Na Amazônia, episódios de chuvas intensas frequentemente desencadeiam enchentes, inundações e enxurradas que comprometem a infraestrutura urbana, a mobilidade e o acesso a serviços essenciais, afetando tanto populações urbanas quanto comunidades ribeirinhas (Santos; Lucio; Silva, 2015). Nesse contexto, os danos observados não decorrem apenas da magnitude do fenômeno climático, mas também das condições socioambientais que aumentam a exposição das populações aos riscos (Kobiyama *et al*., 2006; Nunes, 2015).

No estado do Pará, essa problemática é agravada pela ocupação desordenada do território e pelas mudanças no uso e cobertura da terra, fatores que potencializam os efeitos dos extremos climáticos sobre os recursos hídricos, a biodiversidade e as populações mais vulneráveis (Fernandes, 2026). Em complemento, Batista *et al.* (2025) destacam que os impactos socioambientais decorrentes dos eventos pluviométricos extremos são potencializados pela ocupação desordenada do território, pela deficiência dos sistemas de drenagem e pela elevada vulnerabilidade de diversas áreas urbanas e rurais.

Dessa forma, os municípios do estado registram recorrentes ocorrências de inundações e enxurradas, resultando em danos à infraestrutura, degradação dos recursos hídricos e do solo, além de prejuízos sociais e econômicos às populações expostas. Esse cenário evidencia a necessidade de ações integradas de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

monitoramento, planejamento territorial e gestão de riscos voltadas à redução dos impactos associados às chuvas intensas.

Corroborando essa perspectiva, Campos, Mota e Santos (2015) destacam que os eventos extremos de precipitação registrados em Belém do Pará têm sido historicamente responsáveis por alagamentos, interrupções no sistema viário e diversos prejuízos à população urbana. Além disso, a elevada intensidade das chuvas, associada às limitações da infraestrutura de drenagem e à ocupação inadequada do espaço urbano, contribui para a ampliação dos impactos socioambientais, evidenciando a necessidade de planejamento territorial e adoção de medidas preventivas capazes de aumentar a resiliência das cidades paraenses frente aos eventos pluviométricos extremos.

A avaliação espacial da vulnerabilidade socioambiental na região paraense evidencia a relação entre a expansão urbana desordenada e a exposição das populações aos impactos decorrentes de eventos pluviométricos extremos. Segundo Pinheiro (2015), o crescimento urbano sem planejamento favorece a ocupação de áreas inadequadas à habitação, frequentemente desprovidas de infraestrutura básica e sistemas eficientes de drenagem. Como observado por Pinto *et al*. (2022) na Ocupação Vista Alegre do Juá, em Santarém (PA), a combinação entre ocupação irregular e deficiência de infraestrutura contribui para a intensificação de processos erosivos, assoreamento de igarapés e acúmulo de resíduos sólidos. Além disso, a impermeabilização progressiva do solo reduz a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, favorecendo a ocorrência de alagamentos, enxurradas e outros danos socioambientais em áreas vulneráveis.

Por outro lado, a análise espacial do regime pluviométrico constitui uma ferramenta essencial para compreender a distribuição dos riscos socioambientais no território paraense. Fernandes (2026), por meio de análises realizadas com dados CHIRPS e Sistemas de Informação Geográficas (SIG), identificou uma crescente irregularidade na distribuição temporal das chuvas, marcada pela alternância entre períodos de precipitação elevada e secas severas. Os resultados demonstraram que os déficits pluviométricos registrados nos anos de 2023 e 2024 afetaram significativamente as regiões oeste e sudeste do estado, reduzindo os níveis

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

hidrológicos de importantes rios amazônicos e ampliando a vulnerabilidade de populações dependentes desses recursos.

A utilização de ferramentas de avaliação espacial e geotecnologias tem se consolidado como um pilar fundamental para a identificação, monitoramento e mapeamento de áreas suscetíveis a desastres hidro-meteorológicos no estado do Pará. Conforme apontam Silva *et al.* (2025), a análise espacial realizada por meio da integração de dados secundários de plataformas oficiais — como o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e o Atlas Digital — permite mapear a distribuição geográfica, os padrões de ocorrência e a severidade dos impactos decorrentes de eventos de alta pluviosidade.

Essa abordagem cartográfica possibilita contrastar as realidades municipais da Amazônia Legal, evidenciando que o território paraense apresenta padrões de vulnerabilidade distintos e uma acentuada exposição a riscos ecológicos e sociais. Sob a perspectiva técnico-científica, o mapeamento espacial atua como um subsídio indispensável para os instrumentos de ordenamento territorial, identificando aglomerados urbanos e zonas rurais com maior suscetibilidade a inundações, enxurradas e deslizamentos de massa, mitigando a insuficiência histórica de diretrizes preventivas nos planos diretores municipais.

A análise pericial dos impactos decorrentes de eventos extremos tem ganhado destaque internacional por meio da abordagem conhecida como *Disaster Forensic Investigation*, consolidada pelo framework FORIN (*Forensic Investigations of Disasters*). Segundo Mendoza (2019) e Wisner *et al*. (2025), essa metodologia busca identificar os fatores estruturais, sociais e institucionais que contribuem para a ocorrência dos desastres, indo além da simples análise do fenômeno climático. Nesse contexto, a utilização de ferramentas geoespaciais possibilita reconstruir os eventos e identificar falhas relacionadas ao planejamento urbano, à infraestrutura e à gestão territorial.

No contexto paraense, Pinto *et al*. (2022) demonstram que os danos observados em áreas vulneráveis não decorrem exclusivamente das precipitações intensas, mas da interação entre os eventos climáticos e as fragilidades da infraestrutura urbana. A investigação pericial permitiu identificar que a ausência de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

pavimentação, drenagem adequada e manejo eficiente das águas pluviais favorece a ocorrência de processos erosivos, assoreamento e inundações recorrentes. Dessa forma, a perícia ambiental constitui uma ferramenta fundamental para a identificação do nexo causal dos danos e para a proposição de medidas corretivas e preventivas.

Entretanto, estudos desenvolvidos por Espírito-Santo e Szlafsztein (2016) e Silva *et al.* (2025) apontam que a fragilidade institucional e a ocupação desordenada do território ainda representam desafios significativos em diversos municípios paraenses. Como observado por Pinto *et al*. (2022), a expansão urbana em áreas carentes de infraestrutura de drenagem contribui para a intensificação dos impactos associados às chuvas extremas. Sob a perspectiva da engenharia legal e pericial, a identificação dessas vulnerabilidades torna-se fundamental para a caracterização do nexo causal, a mensuração dos danos socioambientais e o suporte técnico às ações de gestão, prevenção e responsabilização previstas na legislação ambiental brasileira.

Com o intuito de subsidiar essa discussão, a Tabela 1 sintetiza estudos fundamentais sobre os impactos socioambientais decorrentes de extremos pluviométricos na Amazônia Legal, servindo de base comparativa para a compreensão dos riscos identificados no Estado do Pará.

Tabela 1: Síntese de Estudos sobre Impactos Socioambientais de Eventos Pluviométricos Extremos na Amazônia e no Pará.

N°	Bibliografia	Síntese dos riscos identificados
1	Souza *et al.* (2014) – Rondônia/Amazônia Ocidental	Chuvas extremas elevam o risco de inundações, enxurradas, erosão, danos à infraestrutura e impactos ambientais, influenciadas por El Niño e La Niña.
2	Brito e Veiga (2015) – Amazônia	Eventos extremos de chuva apresentam alta intensidade e frequência variável, aumentando o risco de inundações, desequilíbrios hidrológicos e impactos ambientais na Amazônia.
3	Pontes *et al*. (2017) – Belém	Chuvas intensas aumentam o risco de inundações, alagamentos e danos urbanos, sobretudo em áreas com infraestrutura precária.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

4	Cunha *et al.* (2014) – Amapá	Eventos extremos intensificam vazões e aumentam o risco de cheias, desequilíbrios hidrológicos e impactos em bacias hidrográficas.
5	Morato *et al*. (2016) – (PA -MA)	A vulnerabilidade a inundações está associada a fatores sociais e ambientais, ampliando riscos em áreas urbanas com baixa infraestrutura.
6	Ferreira, *et al.* (2020) – Pará	Eventos extremos no Pará apresentam maior ocorrência de chuvas do que secas, influenciados por El Niño e La Niña.

Fonte: Autores (2026).

A síntese dos estudos evidencia que, embora haja consenso quanto à relação entre eventos extremos e impactos socioambientais, a maior parte das pesquisas concentra-se na análise isolada dos fatores climáticos ou das vulnerabilidades sociais. Essa fragmentação analítica limita a compreensão sistêmica dos desastres, uma vez que ignora a dinâmica integrada entre processos físicos e estruturas socioespaciais. Ademais, verifica-se que poucos estudos operacionalizam metodologias capazes de estabelecer nexo causal entre evento e dano, aspecto fundamental sob a perspectiva da perícia ambiental e da gestão de riscos.

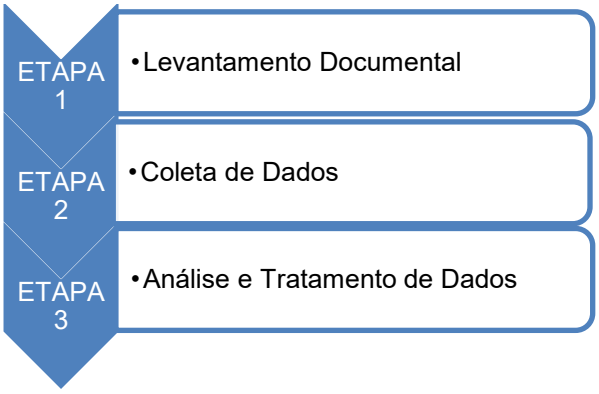
3. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, com abordagem metodológica mista, integrando procedimentos quantitativos e qualitativos para analisar a distribuição espacial e os impactos socioambientais decorrentes de eventos pluviométricos extremos no estado do Pará durante o ano de 2025. Os procedimentos metodológicos foram estruturados em três etapas complementares: (i) levantamento documental e fundamentação teórica; (ii) coleta e organização dos dados oficiais; e (iii) análise espacial e avaliação pericial dos impactos, conforme apresentado na Figura 1.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Figura 1: Etapas do procedimento metodológico.



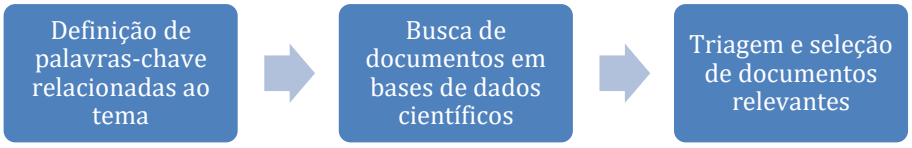
Fonte: Autores (2026).

Etapa 1: Nesta etapa inicial, realizou-se um levantamento documental sistematizado com o objetivo de fundamentar teoricamente a pesquisa. Para isso, foram consultados artigos científicos, dissertações, teses, relatórios técnicos e documentos institucionais relacionados aos temas mudanças climáticas, desastres naturais, vulnerabilidade socioambiental, análise espacial, geoprocessamento e perícia ambiental.

As buscas foram realizadas em bases acadêmicas, com destaque para Google Acadêmico, sendo os documentos selecionados submetidos a critérios de relevância científica, atualidade, aderência temática e confiabilidade das fontes. As informações obtidas foram analisadas e organizadas de forma sistemática, contribuindo para a construção do referencial teórico da pesquisa, conforme orientações metodológicas apresentadas por Dziak (2024).

A Figura 2 apresenta o fluxograma adotado para seleção, análise e organização dos documentos utilizados no estudo.

Figura 2: Etapas do levantamento documental.



REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Fonte: Autores (2026).

Etapa 2: A coleta de dados foi realizada por meio de fontes secundárias oficiais, utilizando informações disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), mantido pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, vinculada ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Foram extraídas as seguintes variáveis: município de ocorrência, Unidade da Federação, data do registro, tipologia do desastre, código COBRADE, grupo, subgrupo e categoria do desastre, data do reconhecimento federal quando existente e demais informações descritivas constantes na plataforma. Os dados estudados foram extraídos da plataforma S2iD em 19/03/2026. Os desastres foram classificados conforme a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), adotada pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, permitindo a padronização das tipologias analisadas.

O recorte temporal referente ao ano de 2025 foi definido por corresponder ao período mais recente com registros consolidados e disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) no momento da coleta dos dados. A adoção desse intervalo possibilitou analisar um conjunto completo de ocorrências registradas ao longo de um ano civil, assegurando uniformidade na comparação espacial dos desastres e evitando distorções decorrentes de séries temporais incompletas.

Dessa forma, o presente estudo possui caráter de diagnóstico anual, uma vez que analisa exclusivamente os registros de desastres ocorridos no período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2025. Não se pretende estabelecer tendências temporais de longo prazo ou inferências sobre a evolução histórica dos eventos, mas caracterizar a distribuição espacial e os impactos socioambientais registrados nesse intervalo, fornecendo um panorama da situação observada no estado do Pará durante o ano analisado.

Embora dados pluviométricos provenientes de estações meteorológicas ou de produtos de sensoriamento remoto possam contribuir para a caracterização quantitativa dos eventos de chuva, eles não foram incorporados à presente pesquisa, uma vez que o objetivo do estudo consistiu em analisar a distribuição espacial e os impactos dos desastres hidrometeorológicos oficialmente registrados no Sistema

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD). Dessa forma, a unidade de análise adotada correspondeu aos registros administrativos de desastres reconhecidos pelos órgãos competentes, permitindo avaliar sua distribuição territorial e seus impactos socioambientais, sem a realização de análises climatológicas ou hidrológicas baseadas em séries de precipitação (Brasil, 2012; Tucci, 2009).

Ressalta-se que não foram incorporados dados pluviométricos provenientes de estações meteorológicas (INMET), produtos de sensoriamento remoto (CHIRPS) ou bases hidrológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Dessa forma, a análise restringiu-se aos registros administrativos disponibilizados pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), em consonância com o objetivo da pesquisa.

Consideraram-se os registros de eventos pluviométricos extremos ocorridos no estado do Pará durante o ano de 2025, incluindo informações referentes aos municípios afetados, tipologia dos desastres, número de ocorrências e impactos registrados. Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas, permitindo sua padronização e posterior tratamento analítico.

Etapa 3: Posteriormente, os dados foram sistematizados em ambiente computacional utilizando os softwares Microsoft Excel, Microsoft Power BI e o Sistema de Informações Geográficas utilizando o software QGIS versão 3.40.10. O Microsoft Excel foi empregado na organização e tratamento das bases de dados, enquanto o Power BI foi utilizado para a elaboração de gráficos, indicadores e painéis analíticos. O SIG possibilitou a espacialização das ocorrências registradas, permitindo identificar padrões de distribuição territorial, municípios mais afetados e áreas com maior concentração de eventos pluviométricos extremos. As representações espaciais possuem caráter ilustrativo e analítico, sendo utilizadas para visualizar a distribuição geográfica dos registros de desastres por município. Os limites municipais foram obtidos da base territorial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e vinculados aos registros do S2iD para a elaboração dos mapas temáticos.

A abordagem técnico-pericial adotada neste estudo fundamentou-se em um protocolo analítico de caráter documental e espacial, desenvolvido para interpretar

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

os registros oficiais de desastres sob a perspectiva da perícia de engenharia. Esse protocolo compreendeu quatro etapas: (i) identificação e classificação dos eventos registrados no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD); (ii) análise da distribuição espacial das ocorrências por meio de técnicas de geoprocessamento; (iii) interpretação dos fatores territoriais, ambientais e de infraestrutura potencialmente associados aos impactos registrados; e (iv) avaliação integrada das informações espaciais e documentais para subsidiar a compreensão técnica dos danos observados. Ressalta-se que essa abordagem não substitui a realização de perícias de campo, mas constitui um procedimento sistemático de apoio à interpretação espacial dos registros administrativos de desastres, em consonância com os princípios estabelecidos pela ABNT NBR 13752 (ABNT, 2017) e pelo Manual de Perícias de Engenharia do IBAPE (2019).

A integração entre análise espacial e avaliação pericial permitiu compreender não apenas a distribuição geográfica dos eventos, mas também os fatores condicionantes dos impactos observados, contribuindo para a identificação de áreas críticas e para o fortalecimento de estratégias voltadas à gestão de riscos e à redução das vulnerabilidades socioambientais no estado do Pará.

Ressalta-se que a análise espacial desenvolvida neste estudo foi empregada para identificar padrões de distribuição territorial, concentração de ocorrências e possíveis associações entre os registros de desastres e fatores de vulnerabilidade socioambiental. Entretanto, tais associações não constituem, por si só, comprovação de nexo causal pericial, uma vez que a caracterização da causalidade demanda procedimentos técnicos específicos, como inspeções de campo, levantamentos periciais e produção de evidências diretas. Assim, a abordagem adotada permitiu identificar indícios espacialmente consistentes dos fatores associados aos impactos registrados, sem substituir a investigação pericial necessária para a comprovação individual da relação de causa e efeito (IBAPE, 2019; ABNT, 2017).

Deve-se considerar que os registros do S2iD dependem da capacidade técnica e administrativa dos municípios para notificar oficialmente os desastres. Assim, municípios com menor estrutura institucional pode apresentar subnotificação das ocorrências, constituindo importante limitação da base utilizada.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

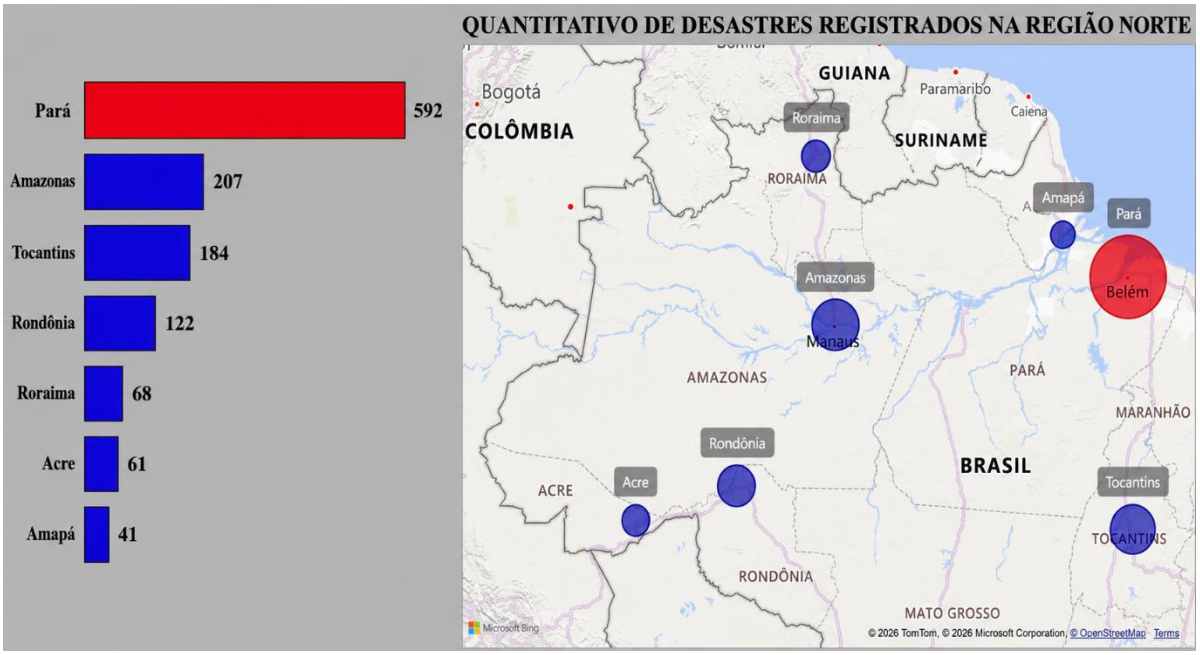
Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

A ocorrência física corresponde ao fenômeno hidrometeorológico efetivamente ocorrido, enquanto o registro administrativo representa apenas os eventos oficialmente cadastrados pelos órgãos de Defesa Civil. Dessa forma, nem todos os eventos físicos necessariamente integram a base S2iD.

4. Resultados e Discussão

Com base nos dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) de 2025, analisou-se a distribuição espacial dos desastres na Região Norte do Brasil. Foram registradas 1.275 ocorrências, com destaque para o Pará, que concentrou o maior número de registros (592), seguido por Amazonas (207), Tocantins (184), Rondônia (122), Roraima (68), Acre (61) e Amapá (41). A Figura 3 ilustra essa distribuição, evidenciando a predominância do Pará e permitindo identificar padrões de ocorrência e seus impactos socioambientais.

Figura 3: Distribuição dos desastres na Região Norte em 2025.



Fonte: Autores (2026).

Os padrões espaciais observados indicam que a distribuição dos desastres não segue apenas a lógica da variabilidade pluviométrica, mas reflete a configuração

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

socioespacial dos municípios analisados. Observa-se que áreas com maior concentração de ocorrências coincidem com municípios que apresentam histórico de expansão urbana desordenada e limitações na infraestrutura de drenagem, o que reforça a hipótese de que os impactos são resultantes da interação entre fatores naturais e antrópicos. Esse comportamento corrobora a literatura recente, que aponta a vulnerabilidade territorial como elemento central na materialização dos desastres hidrológicos.

Percebe-se que o Pará concentrou 46,43% do total de ocorrências registradas, posicionando-se como o estado com maior participação relativa, seguido pelo Amazonas (16,24%) e Tocantins (14,43%). Os demais estados apresentaram percentuais inferiores, variando entre 3,22% e 9,57%.

O predomínio do Pará evidencia não apenas uma maior frequência de registros, mas também uma elevada suscetibilidade territorial associada à combinação entre fatores climáticos, ambientais e socioespaciais. A extensa rede hidrográfica, os elevados índices pluviométricos e a ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a inundações contribuem para a ampliação da exposição das populações aos riscos hidrometeorológicos (Santos, 2024).

Além dos condicionantes naturais, fatores antrópicos desempenham papel fundamental na intensificação dos impactos observados. A urbanização desordenada, a expansão de assentamentos em áreas de risco e a insuficiência da infraestrutura urbana favorecem a ocorrência de desastres e ampliam as vulnerabilidades socioambientais (Guerra, 2020; Lima *et al.,* 2025). Nesse sentido, Castro e Alvim (2022) destacam que a desconsideração das características naturais do território durante os processos de ocupação urbana tende a potencializar os efeitos dos eventos extremos, especialmente em regiões amazônicas.

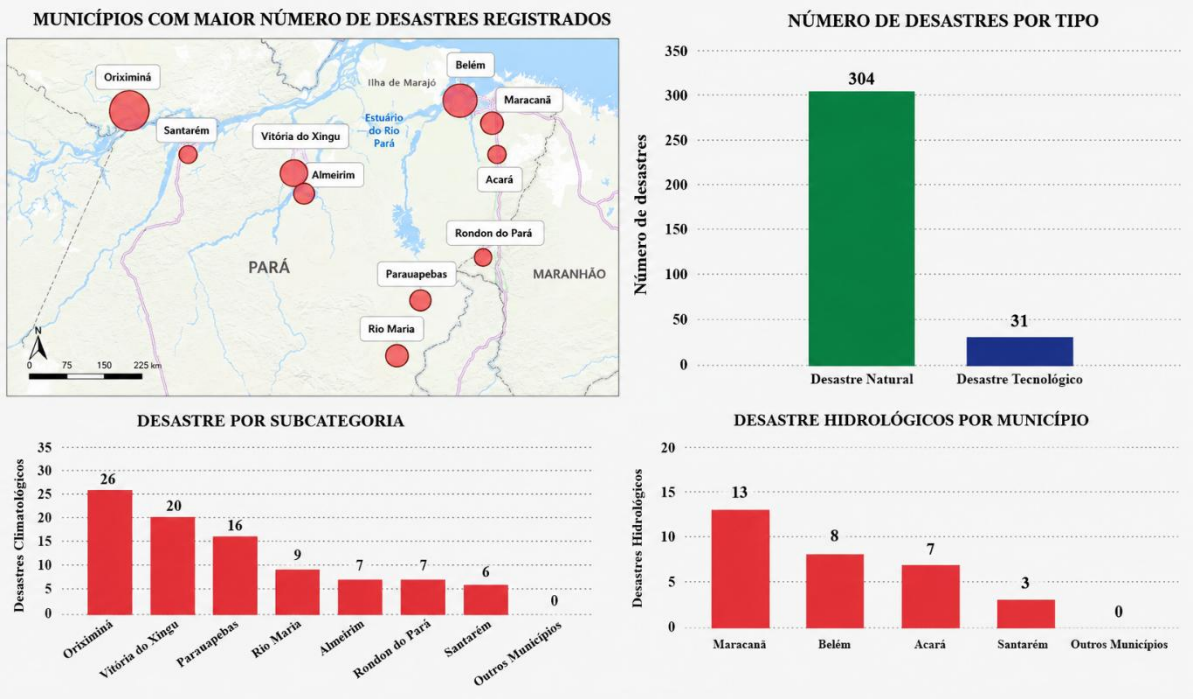
A comparação com os dados de 2024 evidencia um crescimento expressivo da participação do Pará nos registros de desastres, passando de 25,51% para 46,43%. Esse aumento sugere uma intensificação dos eventos registrados no estado e reforça as discussões sobre os efeitos das mudanças climáticas e da crescente vulnerabilidade socioambiental observada na Amazônia (Silva *et al.,* 2025; Marengo *et al.*, 2018).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Após a identificação da predominância do Pará no contexto regional, procedeu-se à análise espacial dos desastres registrados no território estadual. A Figura 4 apresenta a distribuição espacial das ocorrências e suas respectivas classificações.

Figura 4: Distribuição espacial das ocorrências de desastres registradas no estado do Pará em 2025.



Fonte: Autores (2026).

Os resultados revelam uma distribuição espacial heterogênea dos desastres, com destaque para municípios como Santarém, Vitória do Xingu e Maracanã. Esse padrão sugere forte influência das características hidrográficas regionais, das formas de ocupação do território e dos diferentes níveis de vulnerabilidade socioambiental existentes no estado.

Observa-se o predomínio dos desastres naturais em relação aos desastres tecnológicos, evidenciando a forte influência dos processos hidroclimáticos na dinâmica dos eventos registrados. Entre as categorias observadas, destacam-se os desastres hidrológicos e climatológicos, cuja ocorrência está diretamente relacionada ao regime pluviométrico amazônico e às características ambientais dos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

municípios afetados. Esses resultados corroboram Marengo *et al.* (2018), que apontam a Amazônia como uma das regiões brasileiras mais suscetíveis aos impactos dos eventos climáticos extremos.

No contexto espacial, observa-se que municípios localizados próximos a grandes sistemas fluviais e áreas sujeitas a processos de inundação apresentam maior concentração de registros hidrológicos. Por outro lado, a ocorrência de desastres climatológicos em municípios como Oriximiná, Vitória do Xingu e Parauapebas evidencia a influência de fenômenos climáticos que afetam diferentes porções do território paraense. A espacialização das ocorrências permitiu identificar áreas prioritárias para ações de monitoramento e gestão de riscos, demonstrando a relevância das geotecnologias na compreensão dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos.

Os resultados observados corroboram Costa *et al.* (2025), que identificaram a interação entre fatores climáticos, vulnerabilidades socioeconômicas e ocupação territorial como elementos determinantes para a ocorrência de desastres ambientais no Pará. Dessa forma, os registros analisados demonstram que os impactos observados não decorrem exclusivamente dos fenômenos naturais, mas também das condições estruturais e socioespaciais existentes nos municípios afetados.

Além disso, a baixa representatividade dos desastres tecnológicos pode estar associada tanto à menor ocorrência desses eventos quanto a limitações nos sistemas de registro e notificação. Conforme destacado pelo CEMADEN (2020), a subnotificação ainda representa um desafio para a consolidação de bancos de dados mais completos sobre desastres tecnológicos em diferentes regiões do Brasil.

De maneira geral, os resultados evidenciam a necessidade de estratégias específicas de gestão de riscos que considerem as particularidades territoriais e ambientais do estado do Pará. Medidas relacionadas ao planejamento urbano, ao fortalecimento da infraestrutura de drenagem e à ampliação dos sistemas de monitoramento climático tornam-se fundamentais diante da crescente intensificação dos eventos extremos observada nos últimos anos (UNDRR, 2015).

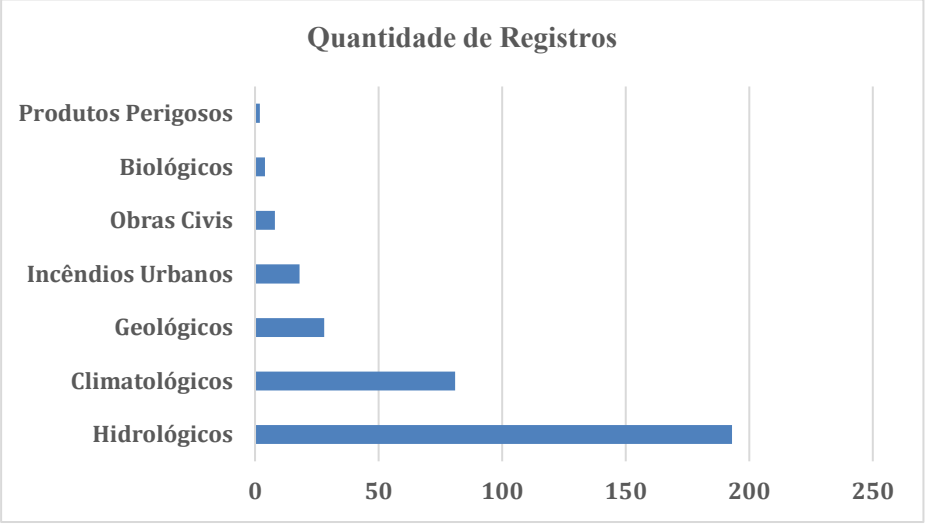
Além da distribuição espacial dos eventos, buscou-se compreender os impactos socioambientais associados aos desastres registrados. A Figura 5

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

apresenta a distribuição dos registros de desastres por subcategoria no estado do Pará durante o ano de 2025, evidenciando a predominância dos desastres hidrológicos em relação às demais categorias registradas.

Figura 5: Relação de desastres por subcategorias no estado do Pará em 2025.



Fonte: Autores (2026).

Os resultados evidenciam o predomínio dos desastres hidrológicos em relação às demais categorias registradas no estado, indicando que os impactos observados estão fortemente associados aos processos relacionados ao excesso hídrico. Em menor proporção, destacam-se os desastres climatológicos e geológicos, enquanto as demais categorias apresentaram participação reduzida.

Sob a perspectiva técnico-pericial, esse padrão indica uma associação consistente entre os eventos pluviométricos extremos e os danos registrados, sem, contudo, constituir comprovação de nexo causal pericial. A predominância dos desastres hidrológicos sugere que os prejuízos observados estão relacionados à interação entre chuvas intensas e vulnerabilidades estruturais previamente existentes, cuja confirmação causal depende de procedimentos periciais específicos, como inspeções de campo e produção de evidências técnicas.

Para compreender a dinâmica pericial desses dados e o nexo causal sob a ótica da engenharia diagnóstica, a Tabela 2 sistematiza a Matriz de Danos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Socioambientais, correlacionando os fatores condicionantes, os impactos gerados e os respectivos indicadores técnico-periciais observados no território paraense.

Tabela 2: Matriz de Danos Socioambientais decorrentes de extremos pluviométricos no Pará (2025).

Tipologia de Desastre	**Fatores Condicionantes e Vulnerabilidades Prévias**	**Danos Identificados (Impactos Socioambientais)**	**Evidências e Indicadores Técnico-Periciais**
Desastres Hidrológicos (193 registros)	-Ocupação desordenada em áreas de várzea e margens de igarapés. - Subdimensionamento ou ausência de micro/macrodrenagem urbana. -Elevada impermeabilização do solo urbano.	-*Físico/Biótico:* Assoreamento de corpos d'água, transporte de resíduos e poluição difusa. - *Socioeconômico:* Danos estruturais em edificações, colapso viário e desalojamentos.	- Marcas de nível d'água em fachadas (franjas de inundação). -Deformações estruturais por empuxo hidrostático. -Concentração em municípios polo (Maracanã, Belém, Santarém).
Desastres Climatológicos (81 registros)	- Irregularidade na distribuição temporal das chuvas (ZCIT). - Severa dependência de águas superficiais pelas comunidades. - Intensas mudanças no uso da terra (desmatamento).	- *Físico/Biótico:* Redução extrema dos níveis de grandes rios e piora na qualidade da água. - *Socioeconômico:* Crise no abastecimento potável e comprometimento da navegação ribeirinha.	- Registros oficiais consolidados no S2iD. - Predomínio nítido nas regiões oeste e sudeste (Oriximiná e Vitória do Xingu).
Desastres Geológicos (28 registros)	Ocupação de encostas e taludes sem contenção geotécnica. - Remoção da vegetação nativa protetora do solo. - Escoamento superficial concentrado por falha de sarjetas.	- *Físico:* Processos de voçorocamento e deslizamentos de terra. - *Socioeconômico:* Perda material de habitações, isolamento de vias e risco à vida.	- Surgimento de fissuras e trincas estruturais (indícios de recalque por saturação). - Ensaios geotécnicos em zonas críticas (ex: Parauapebas).

Fonte: Autores (2026).

Sob a perspectiva técnico-pericial, a estruturação dessa matriz indica uma associação consistente entre os eventos pluviométricos extremos e os danos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

registrados, sem, contudo, constituir comprovação de nexo causal individualizado, cuja confirmação depende de procedimentos específicos, como inspeções de campo (IBAPE, 2019; ABNT, 2017). Como sintetizado na tabela, a intensificação dos processos não decorre exclusivamente da magnitude climática, mas sim da interação entre chuvas intensas e vulnerabilidades estruturais preexistentes — tais como a deficiência crônica dos sistemas de drenagem, a ocupação inadequada do solo e a elevada impermeabilização das áreas urbanas, fatores que elevam o escoamento superficial (Tucci, 2009).

Do ponto de vista socioambiental, esses impactos ultrapassam os danos materiais imediatos, comprometendo a mobilidade, a saúde pública e a dinâmica dos ecossistemas locais. Assim, os achados reforçam o potencial analítico da abordagem espacial-pericial: enquanto as geotecnologias e a análise de densidade delimitam os padrões territoriais e as áreas críticas, a interpretação pericial conecta o fenômeno físico às vulnerabilidades socioespaciais construídas no território. Além disso, os resultados indicam que os eventos pluviométricos extremos estão associados ao desencadeamento dos desastres registrados, enquanto os danos observados são condicionados por vulnerabilidades estruturais previamente estabelecidas. Tal evidência reforça a necessidade de abordagens integradas que permitam não apenas identificar padrões espaciais, mas também compreender os mecanismos que conectam o fenômeno climático aos impactos registrados, aproximando a análise territorial dos princípios empregados na investigação pericial, sem substituir os procedimentos técnicos necessários à comprovação individual do nexo causal.

Essa integração consolida um relevante instrumento de apoio ao planejamento territorial e à gestão de riscos, aproximando a macroanálise geográfica dos princípios práticos da investigação pericial de engenharia. Sob essa ótica diagnóstica, a caracterização do nexo de causalidade exige a segregação entre o evento natural impulsionador e as deficiências antrópicas preexistentes. A Tabela 3 apresenta a Matriz de Nexo Causal Preliminar, estabelecendo a correlação técnica entre o fato gerador, as concausas territoriais e os efeitos periciais prováveis.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

Tabela 3: Matriz de Nexo Causal Preliminar dos Desastres no Estado do Pará (2025).

Elemento Pericial	**Desastres Hidrológicos (Inundações/Enxurradas)**	**Desastres Climatológicos (Secas/Estresse Hídrico)**	**Desastres Geológicos (Erosão/Movimentos de Massa)**
Fato Gerador (Evento Físico)	Precipitações concentradas e elevados volumes acumulados em curto período	Redução anômala dos índices pluviométricos e irregularidade temporal da ZCIT	Eventos de chuva intensa atuando sobre o solo com alto grau de saturação.
Concausas Preexistentes (Falhas de Engenharia/Urbanas)	Subdimensionamento de redes de micro/macrodrenagem; obstrução de canais; alta impermeabilização do solo urbano.	Ausência de sistemas de reserva estratégica; degradação e desmatamento de bacias hidrográficas.	Ocupação de encostas e taludes sem obras de contenção geotécnica; ausência de dissipadores de energia no escoamento de sarjetas.
Efeito Técnico Provável (Dano Materializado)	Sobrecarga do sistema de escoamento superficial; refluxo de galerias; colapso estrutural por empuxo hidrostático e solapamento de fundações.	Rebaixamento crítico de lençóis freáticos e calhas de rios; colapso no abastecimento e perda de navegabilidade.	Ruptura do equilíbrio geotécnico do solo (cisalhamento); voçorocamento progressivo; perda estrutural de habitações.
Evidência Pericial de Campo (Indicador)	Franjas e marcas de nível d'água em fachadas; recalques diferenciais por perda de sustentação do solo.	Séries históricas de vazão; restrições oficiais de captação outorgada.	Surgimento de trincas, fissuras e inclinações em pilares e elementos estruturais de contenção

Fonte: Autores (2026).

A Matriz de Nexo Causal Preliminar consolida a premissa de que o evento pluviométrico extremo atua como um concursor ou gatilho físico, mas a magnitude e a severidade do dano final são governadas pelas concausas urbanas preexistentes. Para a Engenharia Legal, essa distinção é fundamental, pois demonstra que a gestão de riscos e a redução de desastres na Amazônia paraense dependem

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

prioritariamente de intervenções técnicas mitigadoras nas infraestruturas locais, e não apenas do monitoramento estatístico do clima.

5. Conclusão

O presente estudo analisou os impactos socioambientais decorrentes de eventos pluviométricos extremos no estado do Pará durante o ano de 2025, por meio da integração entre análise espacial e avaliação técnico-pericial. Os achados demonstraram que os desastres registrados não decorreram exclusivamente da intensidade dos eventos hidrometeorológicos, mas da interação entre esses fenômenos e vulnerabilidades territoriais previamente estabelecidas, relacionadas ao processo de ocupação do solo, às limitações da infraestrutura urbana, às deficiências dos sistemas de drenagem e às condições socioambientais dos municípios afetados.

A análise espacial permitiu identificar padrões de distribuição dos registros de desastres e reconhecer áreas de maior concentração de ocorrências, evidenciando que a exposição aos riscos ocorre de forma heterogênea no território paraense. Essa distribuição reflete diferenças nas características hidrográficas, ambientais, socioeconômicas e na capacidade institucional de prevenção e resposta aos eventos extremos, reforçando a necessidade de estratégias territorializadas de gestão de riscos.

A integração entre geotecnologias e avaliação técnico-pericial mostrou-se uma abordagem complementar para a compreensão dos impactos socioambientais, possibilitando a identificação de áreas críticas e a interpretação dos fatores associados à intensificação dos danos registrados. Dessa forma, a metodologia adotada amplia o potencial analítico dos registros oficiais ao incorporar uma perspectiva espacial e técnico-pericial capaz de subsidiar diagnósticos mais consistentes para o planejamento territorial.

Os resultados também evidenciaram que o estado do Pará concentrou a maior parcela dos registros de desastres da Região Norte em 2025, ressaltando a necessidade de fortalecimento das políticas públicas voltadas à prevenção,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

mitigação, adaptação e monitoramento dos eventos hidrometeorológicos extremos. Nesse contexto, as informações produzidas podem subsidiar órgãos públicos e instituições responsáveis pela gestão de riscos na definição de áreas prioritárias para intervenção, contribuindo para o ordenamento territorial e para a redução das vulnerabilidades socioambientais.

Como limitações da pesquisa, destaca-se a utilização exclusiva dos registros administrativos do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), sujeitos à subnotificação e às diferenças nos procedimentos de registro entre os municípios. Além disso, o recorte temporal restringiu-se ao ano de 2025, caracterizando o estudo como um diagnóstico anual, sem a pretensão de identificar tendências históricas. Também não foram incorporados dados pluviométricos observados, modelagens hidrológicas ou variáveis socioeconômicas detalhadas, uma vez que o objetivo consistiu na análise espacial dos registros oficiais de desastres. Tais limitações, entretanto, não comprometem os objetivos propostos, mas apontam oportunidades para o aprimoramento de investigações futuras.

Diante desse cenário, recomenda-se que pesquisas posteriores ampliem a escala temporal das análises mediante a incorporação de séries históricas, dados meteorológicos observados, modelagens hidrológicas, indicadores socioeconômicos e técnicas de geoprocessamento de maior resolução, possibilitando avaliar a evolução espaço-temporal dos desastres e aperfeiçoar modelos preditivos voltados à gestão de riscos.

Sob a perspectiva científica, este estudo contribui ao demonstrar a aplicabilidade da integração entre análise espacial e avaliação técnico-pericial na interpretação dos impactos socioambientais de desastres hidrometeorológicos em escala estadual, oferecendo um procedimento metodológico passível de reprodução em outras unidades da federação e em diferentes contextos territoriais.

Por fim, conclui-se que a integração entre análise espacial e avaliação técnico-pericial constitui uma estratégia metodológica consistente para o diagnóstico dos impactos socioambientais decorrentes de eventos pluviométricos extremos. Além de contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre a dinâmica dos desastres hidrometeorológicos na Amazônia, essa abordagem fornece subsídios

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

técnicos para o planejamento territorial, a formulação de políticas públicas e o fortalecimento das ações de prevenção, mitigação e adaptação, favorecendo o aumento da resiliência das populações e dos territórios mais suscetíveis aos eventos extremos.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**. Brasília: ANA, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13752**: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BATISTA, Breno Martins et al. Análise espaço-temporal dos impactos pluviométricos e socioambientais no oeste do Pará (2022-2024). **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 19, n. 12, p. 1-25, e22000, 2025. DOI: https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n12-01.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 10 jun. 2026.

BRITO, Adriane Lima; VEIGA, José Augusto P. Um estudo observacional sobre a frequência, intensidade e climatologia de eventos extremos de chuva na Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. especial, p. 163–169, 2015.

CAMPOS, M. A. S.; MOTA, G. S.; SANTOS, R. C. Eventos extremos de precipitação e seus impactos socioambientais na área urbana de Belém do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 112-128, 2015.

CASTRO, Camila; ALVIM, Angélica Tanus Benatti. Urbanização e riscos hidrológicos: vulnerabilidade socioambientais em áreas urbanas. **Revista Metrópole**, São Paulo, v. 24, n. 53, p. 1–20, 2022.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (Brasil). **Relatório de Impactos de Eventos Extremos e Alertas no Brasil: Ano-Base 2025**. São José dos Campos: CEMADEN, 2026. Disponível em: http://www.cemaden.gov.br/relatorio2025. Acesso em: 9 jun. 2026.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (Brasil). **Relatório anual de desastres naturais no Brasil**. São José dos Campos: CEMADEN, 2020.

COSTA, Thomaz Capistana et al. Avaliação dos tipos de desastres que mais geram impactos no Pará. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 18, n. 11, e22000, 2025. DOI: https://doi.org/10.55905/revconv.18n.11-053.

CUNHA, Alan Cavalcanti da et al. Evento extremo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. especial, p. 95–110, 2014.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DZIAK, Mark. **Documentary research**. [S. l.]: EBSCO Research Starters, 2024. Disponível em: https://www.ebsco.com/research-starters/library-and-information-science/documentary-research. Acesso em: 10 mar. 2026.

ESPÍRITO-SANTO, M. J.; SZLAFSZTEIN, C. F. Fragilidade institucional e planejamento urbano na Amazônia: a gestão de riscos em municípios do estado do Pará. **Redes: Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 21, n. 3, p. 45-63, 2016.

FERNANDES, Adriany Flor. **Mudanças climáticas na Amazônia**: análise espaço-temporal da precipitação e dos impactos nos rios paraenses. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Faculdade de Geografia, Campus Universitário de Altamira, Universidade Federal do Pará, Altamira, PA, 2026.

FERREIRA, Douglas Batista da Silva; SOUZA, Everaldo Barreiros; OLIVEIRA, Juarez Ventura de. Identificação de extremos de precipitação em municípios do estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 197–222, 2020.

FERREIRA, H. S. et al. Socioenvironmental impacts of hydroelectric construction: a literature review. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 9, 2024.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **Processos erosivos e riscos ambientais urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE). **Manual de perícias de engenharia**. São Paulo: IBAPE, 2019.

KOBIYAMA, Masato et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

LIMA, Lucas Domingos de Barros; SILVA, Carlos Eduardo Menezes da; OLIVEIRA, Caio Maurício Eurico de; RODRIGUES JUNIOR, Jocimar Coutinho; GOMES, Devson Paulo Palma. Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações na cidade do Recife-PE/Brasil. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 27, n. 1, p. 21–44, 2025. DOI: https://doi.org/10.70261/er.v27i1.74841.

MARENGO, José A. Extremos de precipitação e desastres hidro-geo-meteorológicos no Brasil. In: **DO LOCAL AO GLOBAL**: mudanças climáticas e gestão de risco de desastres. 1. ed. Bauru: Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Local Bauru, 2025. p. 487–505. Disponível em: https://agbbauru.org.br/publicacoes/DLAG2025/DLAG_1ed-2025-38.pdf.

MARENGO, José 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, art. 228, 2018. DOI: 10.3389/feart.2018.00228.

MENDOZA, J. A. **Forensic Investigation of Post-Flood Damage Data to Support Spatial Planning**. 2019. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Engenharia de Riscos) – Politecnico di Milano, Milão, Itália, 2019.

MORATO, Rafael Gomes et al. Avaliação da vulnerabilidade socioambiental a inundações no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 153–172, 2016.

NUNES, Lucí Hidalgo. Urbanização e produção de risco aos desastres naturais. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 17, n. 2, p. 181–194, 2015.

OLIVEIRA, Sara Souza de Jesus de et al. Evaluation of the susceptibility to liquefaction of the foundation material of a tailings dam. **Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)**, Miami, v. 19, n. 8, p. 1–18, 2025. DOI: https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n8-067.

PINHEIRO, A. C. **Aglomerados subnormais em Belém**: risco e vulnerabilidade social. 2015. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

PINTO, Alessandra Monteiro et al. Impactos socioambientais como facilitadores de eventos hidrológicos em uma área de expansão urbana, Santarém, Pará, Amazônia. In: **Anais do III Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (COBICET)**. Santarém: Universidade Federal do Oeste do Pará, 2022.

PONTES, M. L. C.; LIMA, A. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. A.; SADECK, C. C. A. Dinâmica das áreas de várzea do município de Belém/PA e a influência da precipitação pluviométrica na formação de pontos de alagamentos. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 49, p. 285–303, 2017. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2017v27n49p285.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 12/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/gyvfyw83
Pages: 1-30

RODRIGUES, Aderian dos Santos et al. Análise multidisciplinar aplicada à perícia ambiental na Foz do Rio Amazonas. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 12, e20899, 2025. DOI: https://doi.org/10.54033/cadpedv22n12-231.

SANTOS, Eliane Barbosa; LUCIO, Paulo Sergio; SILVA, Cláudio Moisés Santos e. Análise de tendência da precipitação diária na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 4, p. 1041–1052, 2015.

SANTOS, João Pedro dos. **Eventos extremos e desastres naturais no Brasil**. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

SILVA, Gabriela Freire Pereira da et al. Estudo espacial e análise pericial dos impactos socioambientais causados por eventos de alta pluviosidade no estado do Pará em 2024. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 19, n. 11, e013792, 2025. DOI: https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n11-037.

SOUSA, José Luís Caldas de et al. O papel da perícia ambiental em grandes desastres: uma análise multidisciplinar dos impactos, responsabilidades e estratégias de mitigação. **Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 22, n. 13, e21289, 2025. DOI: https://doi.org/10.54033/cadpedv22n13-018.

SOUZA, Vinicius Alexandre Sikora de; NUNES, Marcos Leandro Alves; FRANCENER, Sandra Ferronatto; ROSA, Ana Lúcia Denardin da. Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental: Rondônia – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 295–315, 2014. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36816.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do (org.). **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030**. Geneva: UNDRR, 2015.

WISNER, Ben et al. Forensic-Geographic Mapping and its application to risk timeline reconstruction. **Integrated Research on Disaster Risk (IRDR) Working Papers**, Beijing, v. 5, n. 1, p. 74-91, 2025.

YAMANAKA, Fabio Masato et al. Application of Electrical Resistivity Tomography with Pole-Dipole Arrangement in Environmental Expertise at the Mouth of the Amazon River. **Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)**, Miami, v. 19, n. 11, p. 1–16, 2025. DOI: https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n11-019.