

INUNDAÇÕES NO TRECHO URBANO DO RIO IPOJUCA EM CARUARU-PE: RELAÇÕES ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO BAIRRO DO VASSOURAL

Thais Lopes Silva¹ ; Micaella Raíssa Falcão de Moura²

RESUMO – Este estudo analisa as inundações no trecho urbano do rio Ipojuca, com foco na Travessa Antônio Martins, bairro do Vassoural, em Caruaru-PE. A pesquisa adota uma abordagem quali-quantitativa para investigar a relação entre eventos extremos de precipitação e a vulnerabilidade socioambiental. Foram identificados 8 eventos críticos entre 1980 e 2023, com intensificação recente. Através de entrevistas com moradores e análise técnica, constatou-se que a disposição inadequada de resíduos e a ocupação desordenada são fatores determinantes para o agravamento dos impactos. O estudo propõe a implementação de Soluções baseadas na Natureza (SbN), especificamente a "grade viva", com viabilidade econômica estimada via tabelas SINAPI-PE

Palavras-Chave – Inundações Urbanas; Soluções baseadas na Natureza; Mudanças climáticas.

ABSTRACT– This study analyzes flooding in the urban stretch of the Ipojuca River, focusing on Travessa Antônio Martins, in the Vassoural neighborhood, Caruaru-PE, Brazil. A quali-quantitative approach was adopted to investigate the relationship between extreme precipitation events and socio-environmental vulnerability. Eight critical flood events were identified between 1980 and 2023, with a notable intensification in recent years. Through resident interviews and technical analysis, inadequate waste disposal and disordered riverbank occupation were identified as key determinants aggravating flood impacts. The study proposes Nature-based Solutions (NbS) implementation, specifically the "live crib wall", with economic feasibility estimated via SINAPI-PE cost tables.

Key-words – Urban Flooding; Nature-based Solutions; Climate change.

1. INTRODUÇÃO

As inundações representam um dos desastres naturais mais recorrentes e impactantes globalmente, intensificados pelas mudanças climáticas e pela crescente urbanização (TUCCI, 2008). Nas cidades, a impermeabilização do solo, a ocupação desordenada de áreas de risco e a deficiência na infraestrutura de drenagem são os principais agentes que transformam eventos pluviométricos extremos em catástrofes. A vulnerabilidade socioambiental, que engloba aspectos sociais, econômicos e ambientais, é um fator determinante na capacidade de uma comunidade em resistir e se recuperar de tais eventos (AZEVEDO *et al.*, 2026).

No contexto brasileiro, diversas cidades enfrentam desafios significativos relacionados a inundações. Segundo Moreira *et al.* (2019), na cidade de Belém do Pará, por exemplo, fatores como urbanização acelerada, a ocupação de áreas de várzea e margens de rios, aliadas à falta de planejamento e manutenção da infraestrutura, aumentam o risco de inundações. Na região Nordeste, especificamente no Agreste pernambucano, a cidade de Caruaru não é exceção. O trecho urbano do

1) Graduanda em Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE), (81)3184-7500, tls4@poli.br

2) Professora Doutora, Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE), (81)3184-7500, micaella.raissa@upe.br

rio Ipojuca, especialmente na área do bairro do Vassoural tem sido palco de recorrentes eventos de cheias que causam prejuízos materiais e sociais à população. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), a média de pluviosidade na cidade é de 600 mm ao ano, com cerca de 74% dessas chuvas concentradas na estação chuvosa, sobrecarregando o sistema de drenagem. Com isso, ao apresentar características similares, o bairro do Vassoural torna-se propício à ocorrência de desastres naturais.

A dinâmica de Caruaru, impulsionada pela Feira da Sulanca, reflete um modelo de desenvolvimento que gera crescimento, mas também desafios urbanos. Santos (2009) *apud* Araújo *et al.* (2014) observa que cidades com economia industrial ou de comércio de grande escala acumulam consequências do crescimento acelerado e da explosão demográfica, onde o crescimento populacional supera o planejamento urbano, resultando em déficit estrutural e degradação ambiental. Tal fenômeno, em que o crescimento populacional supera o planejamento urbano, resulta na falta de estrutura do espaço físico e na degradação ambiental. No Vassoural, isso se manifesta na ocupação desenfreada das margens do rio Ipojuca e no acúmulo de resíduos, intensificando a vulnerabilidade local às inundações.

A compreensão das relações entre eventos extremos de precipitação, vulnerabilidade socioambiental e crescimento populacional sem planejamento urbano é crucial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de resolução a esses problemas. A análise de uma linha temporal de eventos de inundação permite identificar padrões, causas e consequências, fornecendo subsídios para o planejamento urbano e a gestão de riscos. Além disso, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis, como as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), torna-se fundamental para promover a resiliência das comunidades e a sustentabilidade.

Diante deste cenário, o artigo tem como objetivo analisar a linha temporal de inundações no trecho urbano do rio Ipojuca, no bairro do Vassoural em Caruaru-PE, investigando as relações entre precipitação extrema, vulnerabilidade socioambiental e os impactos nas edificações e na população local. Adicionalmente, propõe soluções baseadas na natureza com estimativa de custos pelo SINAPI, visando alternativas viáveis para a gestão de riscos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo das enchentes e inundações em áreas urbanas tem se tornado cada vez mais necessário, dado o aumento da frequência de eventos climáticos extremos e o crescimento desordenado das cidades. A investigação realizada no Riacho Salgado, em Caruaru, por Silva *et al.* (2013), exemplifica como geotecnologias avançadas, como o LiDAR e o HEC-RAS, já foram

aplicadas para mapear áreas de risco com alta precisão. Esse estudo demonstra que a ocupação irregular das margens e a impermeabilização do solo são fatores determinantes que já foram estudados anteriormente para mostrar que a dinâmica hidrológica local está sendo severamente alterada pela atividade humana, resultando em transbordamentos que afetam infraestruturas críticas e residências.

Conforme discutido no estudo de atribuição sobre as chuvas extremas no Leste do Nordeste (Vasconcelos Junior *et al.*, 2024), embora as mudanças climáticas tenham aumentado a intensidade das precipitações em cerca de 20%, o impacto catastrófico é potencializado por fatores socioeconômicos. Esse cenário é agravado pela gestão de resíduos sólidos; em cidades com atividades comerciais intensas, como a Feira da Sulanca, o descarte inadequado de lixo torna-se um agravante direto. O acúmulo de resíduos provenientes da feira obstrui os canais de escoamento e polui os leitos dos rios, reduzindo a capacidade de vazão do sistema e transformando chuvas fortes em inundações severas.

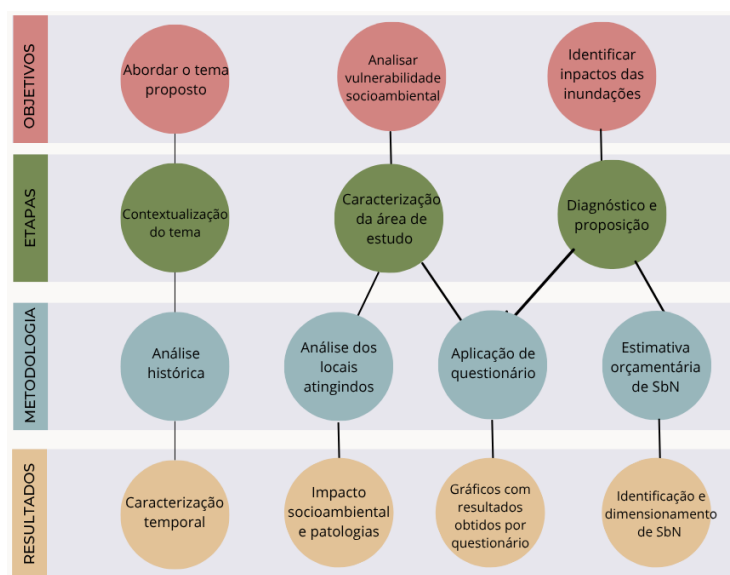
Abordar este assunto é de extrema importância para a construção de cidades mais resilientes e para a proteção da vida humana. A análise geoespacial realizada no Rio Chili (Vilca-Campana *et al.*, 2025) reforça que a perda da capacidade de retenção natural de água exige uma mudança de paradigma na gestão urbana. A integração entre a preservação de infraestruturas azuis-verdes e o controle rigoroso do impacto ambiental causado por grandes polos comerciais e pelo lixo urbano é a única via para mitigar os danos. Entender essa relação entre o descarte de resíduos da feira e a intensificação climática permite que o planejamento urbano deixe de ser reativo e passe a adotar medidas preventivas eficazes.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza exploratório-descritiva, adotando uma abordagem quali-quantitativa para investigar a dinâmica das inundações no Rio Ipojuca e seus impactos na malha urbana de Caruaru-PE. O foco geográfico concentra-se na Travessa Antônio Martins, situada no bairro do Vassoural, área historicamente vulnerável a eventos hidrológicos extremos e pressões antrópicas decorrentes da urbanização acelerada.

Para o alcance dos objetivos propostos, o trabalho divide-se em quatro eixos interdependentes: (I) análise da infraestrutura histórica; (II) espacialização das áreas atingidas e correlação pluviométrica; (III) diagnóstico social via aplicação de questionários; e (IV) proposição de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) com estimativa orçamentária. Os procedimentos detalhados de cada etapa são apresentados a seguir e resumido na Figura 1, que apresenta o fluxograma do presente artigo.

Figura 1 - Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: As Autoras (2026)

3.1 Análise Histórica do Rio Ipojuca

Este eixo tem como objetivo realizar uma análise histórica do leito do Rio Ipojuca, delimitando-se geograficamente à Travessa Antônio Martins e seu entorno imediato. A investigação busca compreender a influência da Feira da Sulanca na dinâmica de descarte de resíduos e seus impactos morfológicos, utilizando como base metodológica o levantamento de registros fotográficos provenientes de noticiários, acervos pessoais e jornais da época, além da realização de entrevistas com moradores antigos e visitas técnicas. O foco central da análise reside na identificação de processos de obstrução do leito, acúmulo de sedimentos e a consequente redução da seção de vazão do corpo hídrico ao longo das duas décadas estudadas.

3.2 Análise dos Locais Atingidos pelos Impactos de Água

O segundo eixo dedica-se à espacialização dos eventos de inundação, buscando estabelecer o nexo causal entre eventos de precipitação extrema e os danos físicos observados na Travessa Antônio Martins. A investigação fundamenta-se em relatos comunitários, registros fotográficos de moradores e relatos orais, ferramentas essenciais para validar as cotas de inundação e realizar uma análise patológica detalhada, identificando as patologias incidentes nas edificações por meio da percepção visual e documental. Essa abordagem visa compreender o impacto socioambiental na vida da população, identificando os agentes causadores dos problemas e como essas patologias estruturais e estéticas afetam diretamente a segurança e o bem-estar dos residentes, integrando o diagnóstico técnico à realidade social do território.

3.3. Aplicação de Questionário

A etapa de diagnóstico da vulnerabilidade socioambiental foi fundamentada em um levantamento primário junto à população local, visando quantificar os prejuízos e qualificar a percepção de risco dos residentes. Como instrumento de coleta, foi aplicado um questionário impresso em maio de 2026, composto por 9 perguntas mistas, que tem como objetivo:

- Identificar as principais causas das inundações
- Observar em quanto tempo ao longo dos anos a região é afetada por esses eventos
- Analisar o impacto socioambiental na vida dos moradores da região

3.4. Levantamento e Estimativa Orçamentária de Soluções Baseadas na Natureza (SbN)

A etapa final da metodologia compreende a transição do diagnóstico para a proposição de soluções, com foco central na infraestrutura verde-azul como alternativa resiliente para a mitigação de cheias urbanas. As propostas serão desenvolvidas em nível conceitual, contemplando a descrição técnica das tipologias SbN mais adequadas ao contexto da Travessa Antônio Martins, considerando as baronesas (Plantas aquáticas densas que prejudicam rios ao bloquear luz, consumir oxigênio na decomposição, entupir o fluxo de água e criar ambientes estagnados) identificadas no diagnóstico como um dos principais fatores de obstrução do canal. Para fundamentar a viabilidade das intervenções, será realizado um levantamento orçamentário balizado pela tabela SINAPI-PE (*Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil*), assegurando que os valores estimados reflitam com precisão a realidade do mercado de Pernambuco.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização Temporal dos Eventos de Inundação no Rio Ipojuca

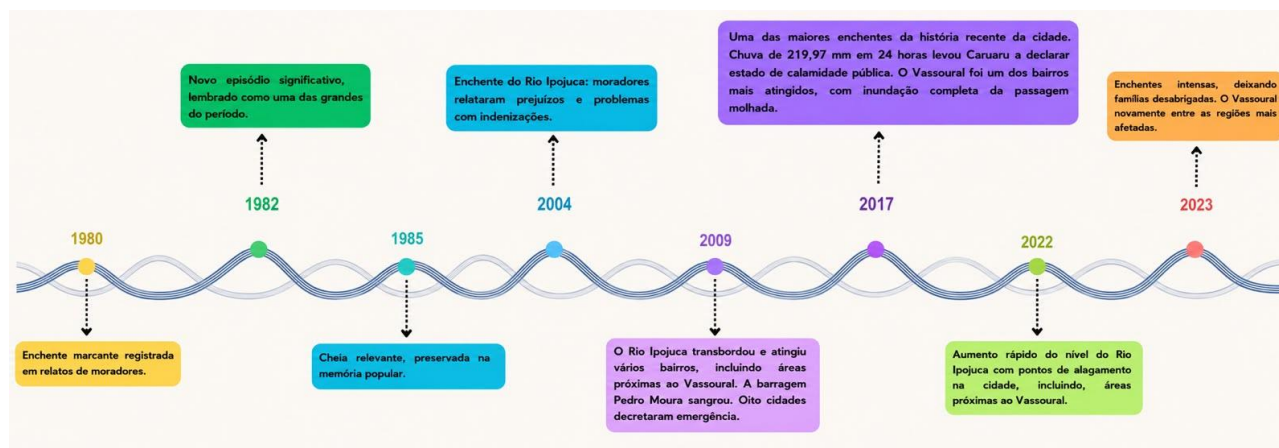
A Figura 2 a seguir apresenta o local de estudo. A análise temporal dos eventos de inundação do Rio Ipojuca em Caruaru (Figura 3) foi construída combinando registros documentais e relatos de moradores para reconstituir a série histórica entre 1980 e 2023, com ênfase no bairro do Vassoural.

Figura 2: Recorte espacial do local de estudo



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 3: Linha temporal dos eventos de cheias



Fonte: Autoria própria (2026).

Ao analisar a linha temporal das cheias, a Figura 3 sintetiza os oito eventos críticos identificados entre 1980 e 2023. O período inicial (1980-1985) registra três ocorrências cujo conhecimento se mantém na memória coletiva dos moradores, devido à ausência de registros. O evento de 2004 marcou um ponto de inflexão como a enchente mais impactante da cidade até então. Em 2009, o transbordamento atingiu oito bairros, a barragem Pedro Moura sangrou e oito municípios decretaram emergência.

O período mais crítico concentra-se entre 2017 e 2023. Em 2017, a precipitação levou Caruaru a decretar calamidade pública, com o Vassoural entre os bairros mais atingidos. Eventos subsequentes em 2022 e 2023 confirmaram a vulnerabilidade estrutural da região, com famílias desabrigadas. A sucessão de três eventos de grande porte em apenas seis anos (2017-2023) contrasta com o intervalo

de dezenove anos entre 1985 e 2004, sugerindo alteração no padrão de recorrência das inundações e intensificação dos impactos sobre o Vassoural

4.2 Impactos das Águas Pluviais nas Edificações do Vassoural

A inspeção visual realizada em uma residência do bairro, recorrentemente atingida por alagamentos, identificou sete manifestações patológicas diretamente associadas à exposição crônica à umidade e às inundações do Rio Ipojuca. O Quadro 1 sintetiza as patologias encontradas, suas causas imediatas e os impactos diretos na vida dos moradores.

Quadro 1: Análise patológica das residências afetadas por enchentes

PATOLOGIA	IMPACTO NA VIDA DOS MORADORES
UMIDADE ASCENDENTE	Paredes permanentemente úmidas, impossibilidade de acabamento duradouro, sensação constante de desconforto térmico
DESPLACAMENTO DE PINTURA	Perda estética generalizada, necessidade de reformas constantes com custo recorrente
EFLORESCÊNCIA SALINA	Degradação lenta do reboco, desvalorização progressiva do imóvel
BOLOR/MOFO	Risco à saúde respiratória (alergias, asma, bronquite), odor constante, desconforto
PERDA DE SUBSTRATO	Exposição da alvenaria, risco de desabamento parcial em áreas críticas
MARCAS DO NÍVEL DE ENCHENTE	Registro visível da recorrência dos alagamentos, comprovação empírica do risco

Fonte: Autoria própria (2026)

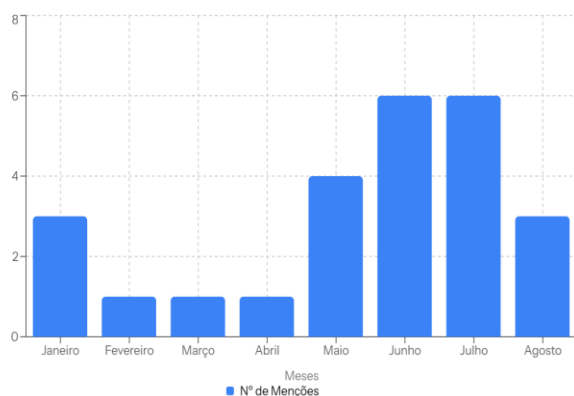
As patologias de maior criticidade concentram-se na base das paredes e estão diretamente ligadas à umidade ascendente e aos alagamentos diretos. A combinação desses dois mecanismos impede que a edificação seque completamente entre os eventos, criando um ciclo contínuo de deterioração que onera financeiramente os moradores com reformas periódicas e compromete a salubridade do ambiente doméstico.

4.3 Resultados e Discussões - Aplicação do Questionário

Foi realizada uma pesquisa de caráter social com 80 moradores que residem na Travessa Antônio Martins, no bairro do Vassoural, Caruaru-PE, o critério principal para aplicação de questionário foi o tempo em que residiam na região. O tempo médio de residência dos entrevistados na localidade é de aproximadamente 43 anos, indicando um conhecimento consolidado sobre a dinâmica histórica das cheias na região. O objetivo foi diagnosticar os impactos socioambientais das inundações na vida da população local, correlacionando a percepção dos residentes com os eventos

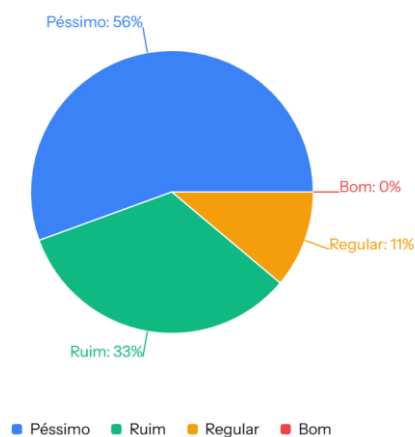
hidrológicos registrados. Os relatos indicaram que o período crítico de cheias se concentra entre maio e agosto, com destaque para junho e julho, conforme Figuras 4 e 5.

Figura 4: Meses com maior índice pluviométrico.



Fonte: Adapta One IA

Figura 5: Classificação quanto ao sistema de drenagem.



Fonte: Adapta One IA

Quanto ao sistema de drenagem, a maioria absoluta classificou a infraestrutura como péssima ou ruim, sem qualquer registro de avaliação positiva, conforme Figura 5. As principais causas apontadas pelos moradores revelam um cenário de múltiplos fatores agravantes. O acúmulo de lixo no leito do rio foi o fator predominante, mencionado por 70% dos entrevistados, seguido pela falta de saneamento básico (30%) e por obstruções naturais como assoreamento e baronesas (20% cada). A origem antropogênica do problema revela um ciclo de degradação urbana que intensifica a vulnerabilidade hidrológica da área

Como propostas de mitigação, os moradores priorizaram a limpeza sistemática do rio, investimentos em saneamento básico e o alargamento da calha fluvial. A análise socioambiental evidencia que as enchentes no Vassoural não decorrem exclusivamente de fatores climáticos, mas resultam de um processo cumulativo de ocupação desordenada, déficit de infraestrutura urbana e gestão ineficiente de resíduos

4.4 Levantamento e Estimativa Orçamentária de Soluções Baseadas na Natureza (SbN)

O diagnóstico do trecho urbano do Rio Ipojuca no bairro do Vassoural revelou três gargalos hidráulicos: (i) obstrução do leito por baronesas e resíduos sólidos; (ii) assoreamento progressivo; e (iii) represamento causado pela passagem molhada em eventos de cheia. Após estudo de viabilidade das soluções baseadas na natureza, a grade viva destacou-se como a tipologia mais adequada às condições do local. Trata-se de uma estrutura de contenção composta por toras de eucalipto tratado empilhadas em camadas, fixadas com arame galvanizado e preenchidas com solo e vegetação, com custo de referência de R\$ 1.106,30/m² CGEE (2026). Sua função principal é estabilizar taludes

marginais e controlar processos erosivos, que são agravados pelo fluxo obstruído e pelo represamento causado pela passagem molhada. O comparativo traz a Figura 6A e 6B, o antes e depois do rio após simulação da grade viva.

Figura 6A: Situação atual



Fonte: As Autoras (2026)

Figura 6B: Simulação de SbN no local com IA.



Fonte: Adapta One IA

Ressalta-se que, para que a grade viva seja efetiva na mitigação das inundações, outras intervenções complementares são necessárias, como a desobstrução do leito (remoção total de baroneras, lixo e resíduos sólidos), a dragagem (leito mais profundo, água correndo livremente) e a correção do estrangulamento hidráulico na passagem molhada (sem represamento, fluxo contínuo). A grade viva atua protegendo as margens após a restauração da vazão do canal, consolidando-se como parte de uma abordagem integrada de soluções de engenharia hidráulica e SbN estruturais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos dados históricos e sociais revelou 8 eventos críticos de inundação entre 1980 e 2023, com intensificação notável nos últimos anos — 70% dos entrevistados identificam o acúmulo de resíduos sólidos como o principal catalisador dos transbordamentos. Diante disso, a grade viva surge como alternativa sustentável e economicamente viável, com custo estimado de R\$ 1.106,30/m² e compatibilidade com os parâmetros orçamentários oficiais.

Conclui-se que a problemática decorre predominantemente de causas antrópicas, como a disposição inadequada de resíduos, a carência de saneamento e a ocupação desordenada das margens, sobrepondo-se aos fatores climáticos. Os resultados fundamentam a necessidade urgente de políticas públicas voltadas à gestão de resíduos e ao fomento de infraestruturas verde-azul, sendo essencial a expansão de pesquisas futuras para outros trechos críticos da bacia a fim de consolidar estratégias de resiliência urbana

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI-UPE) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa. Agradecem ainda à comunidade do bairro do Vassoural em Caruaru, Pernambuco-Brasil pelas valiosas contribuições.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Dados de pluviosidade e recursos hídricos: município de Caruaru-PE**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 29 abr. 2026.

ARAÚJO, L. M.; SILVA, J. C.; SANTOS, P. R. **Crescimento urbano e degradação ambiental em cidades médias do Nordeste**. *Cadernos de Estudos Urbanos*, v. 8, n. 2, p. 45-62, 2014.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, T. L.; SANTOS, E. P.; COELHO, C. A. S. **Vulnerabilidade socioambiental e eventos extremos de precipitação no Nordeste brasileiro**. 2026.

CGEE-CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Orçamentação de Soluções Baseadas na Natureza no Sinapi: custos e referências**. Brasília: CGEE, 2026. 33 p

MOREIRA, M. C.; SILVA, J. P.; SANTOS, R. F. **Urbanização e inundações em cidades amazônicas: o caso de Belém do Pará**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 3, p. 1-15, 2019.

SANTOS, M. A urbanização brasileira. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009. (Citado por ARAÚJO et al., 2014)

SILVA, J. P. N.; FARIAS, M. O.; SOUSA JUNIOR, E. Q.; COUTINHO, A. P.; CIRILO, J. A. **Análise de área de inundação às margens do Riacho Salgado no município de Caruaru utilizando geotecnologias**. In: XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2013, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves: ABRH, 2013.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; ZACHARIAH, M.; SILVA, T. L. V.; SANTOS, E. P.; COELHO, C. A. S.; ALVES, L. M.; MARTINS, E. S. P. R.; KÖBERLE, A. C.; SINGH, R.; VAHLBERG, M.; MARCHEZINI, V.; HEINRICH, D.; THALHEIMER, L.; RAJU, E.; KOREN, G.; PHILIP, S. Y.; KEW, S. F.; BONNET, R.; LI, S.; YANG, W.; SUN, J.; VECCHI, G. A.; OTTO, F. E. L. **An attribution study of very intense rainfall events in Eastern Northeast Brazil**. *Weather and Climate Extremes*, v. 45, p. 100699, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100699>

VILCA-CAMPANA, K.; CARRASCO-VALENCIA, L.; IRURI-RAMOS, C.; CÁRDENAS-PILLCO, B.; ESCUDERO, A.; CHANOVE-MANRIQUE, A. **Improving urban flood resilience: urban flood risk mitigation assessment using a geospatial model in the urban section of a river corridor**. *Water*, v. 17, n. 7, p. 1047, 2025. <https://doi.org/10.3390/w17071047>