



RESILIÊNCIA URBANA EM CARUARU-PE: ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES (ST 6).

Wellyda de Macedo Lima

Centro Universitário Maurício de Nassau | Wellydamacedo@gmail.com

Caroline Barreto Calado

Universidade Federal do Espírito Santo | Caroline.barreto.calado@gmail.com

Sessão Temática 6: Natureza, Crise Ambiental e Mudança Climática.

Resumo: O trabalho analisa a resiliência urbana de Caruaru-PE, com ênfase na adaptação às mudanças climáticas e na mitigação de inundações que afetam bairros vulneráveis. A pesquisa utilizou revisão bibliográfica, estudos de caso, levantamento georreferenciado e os softwares QGIS e Hand Model para identificar vulnerabilidades e propor soluções. Constatou-se que a urbanização acelerada, aliada à interferência em corpos hídricos como o rio Ipojuca e o riacho dos Mocós, ampliou áreas de risco, especialmente em locais de habitação irregular, prejudicados por infraestrutura inadequada e legislações insuficientes. Os resultados indicam que as variações climáticas, como aumento da frequência de chuvas intensas, agravam o problema. Sugere-se melhorias na infraestrutura, promoção de áreas verdes e conscientização comunitária. A pesquisa destaca a urgência de um planejamento urbano integrado, que envolva a comunidade e contemple políticas públicas eficazes para enfrentar desafios climáticos, fortalecendo a resiliência urbana e promovendo o desenvolvimento sustentável em Caruaru.

Palavras-chave: Planejamento Urbano; Caruaru; Mudanças Climáticas

URBAN AND ENVIRONMENTAL PLANNING IN CARUARU-PE: FLOOD MITIGATION AND CLIMATE ADAPTATION

Abstract: *The study analyzes the urban resilience of Caruaru-PE, with an emphasis on adaptation to climate change and mitigation of floods that affect vulnerable neighborhoods. The research used a literature review, case studies, georeferenced surveys, and QGIS and Hand Model software to identify vulnerabilities and propose solutions. It was found that accelerated urbanization, combined with interference in water bodies such as the Ipojuca River and the Mocós Stream, expanded risk areas, especially in areas with irregular housing, hampered by inadequate infrastructure and insufficient legislation. The results indicate that climate variations, such as increased frequency of heavy rains, aggravate the problem. Improvements in infrastructure, promotion of green areas, and community awareness are suggested. The research highlights the urgency of integrated urban planning that involves the community and includes effective public policies to face climate challenges, strengthening urban resilience, and promoting sustainable development in Caruaru.*

Keywords: *Urban Planning; Caruaru; Climate Change*

PLANIFICACIÓN URBANA Y AMBIENTAL EN CARUARU-PE: MITIGACIÓN DE INUNDACIONES Y ADAPTACIÓN AL CLIMA

Resumen: *El trabajo analiza la resiliencia urbana de Caruaru-PE, con énfasis en la adaptación al cambio climático y la mitigación de inundaciones que afectan barrios vulnerables. La investigación utilizó revisión de literatura, estudios de casos, encuestas georreferenciadas y software QGIS y Hand Model para identificar vulnerabilidades y proponer soluciones. Se encontró que la urbanización acelerada, combinada con la interferencia en cuerpos de agua como el río Ipojuca y el arroyo Mocós, amplió las áreas de riesgo, especialmente en lugares de vivienda irregular, perjudicados por una infraestructura inadecuada y una legislación insuficiente. Los resultados indican que las variaciones climáticas, como un aumento en la frecuencia de lluvias intensas, agravan el problema. Se sugieren mejoras en infraestructura, promoción de áreas verdes y concientización comunitaria. La investigación destaca la urgencia de una planificación urbana integrada, que involucre a la comunidad e incluya políticas públicas efectivas para enfrentar los desafíos climáticos, fortaleciendo la resiliencia urbana y promoviendo el desarrollo sostenible en Caruaru.*

Palabras clave: *Planificación Urbana; Caruaru; Cambio Climático*

INTRODUÇÃO

A crescente relevância da resiliência urbana tornou-se um tema central na contemporaneidade, principalmente em função das mudanças climáticas e da expansão das cidades, nesse contexto, aplicado ao cenário de Caruaru-PE, cidade de destaque no Agreste pernambucano, essa necessidade se manifesta de maneira igualmente significativa, de modo que a ampliação da resiliência urbana no município evidencia-se, sobretudo, em áreas específicas, principalmente no setor de Sustentabilidade Ambiental (SSA), tornando-se essencial para assegurar a qualidade de vida da população e promover a sustentabilidade ambiental.

Além disso, conforme destacado por Sathler, Paiva e Brant (2014), a realização de pesquisas colaborativas em diversos aspectos foi fundamental para a obtenção de resultados mais eficientes, visto que a compreensão dos fatores relacionados às variações climáticas e seu comportamento em áreas urbanas tornou-se essencial para os estudos em escala global, especialmente em virtude das instabilidades climáticas.

A falta de uma cultura de prevenção e de ações que promoveria a sustentabilidade ambiental emergiu como uma dificuldade para promover mudanças positivas e incentivar comportamentos fortes diante das mudanças climáticas, além disso, a falta de educação ambiental e de comunicação sobre os desafios do clima fez com que a população estivesse despreparada e desinformada, o que aumentou a vulnerabilidade das comunidades localizadas em Caruaru aos eventos climáticos extremos, conseqüentemente, limitando a eficiência das táticas de adaptação urbana.

Nesse sentido, o objetivo da pesquisa em Caruaru-PE foi examinar os padrões climáticos, o crescimento urbano e as fraquezas em relação às inundações, a fim de identificar dificuldades e propor soluções eficazes para fortalecer a capacidade de adaptação da cidade, portanto, a integração de políticas de planejamento urbano sustentável, a gestão integrada de riscos e a promoção de infraestruturas resilientes apareceram como bases principais para aumentar a resistência das cidades e assegurar o bem-estar das pessoas diante dos problemas climáticos.

A metodologia da pesquisa combinou estudos documentais e bibliográficos, análises climáticas, levantamentos topográficos e entrevistas com a população, com o objetivo de desenvolver diretrizes práticas e soluções viáveis para fortalecer a capacidade de adaptação da cidade às mudanças climáticas e obter percepções valiosas sobre os desafios enfrentados, nesse sentido, essa abordagem multidisciplinar e integrada foi fundamental para a pesquisa, como destacado por Mendonça, Di Gregorio e Alfradique (2023).

METODOLOGIA

A pesquisa integrou um levantamento climático detalhado, utilizando dados georreferenciados das plataformas Climate-Data e Meteoblue para analisar séries históricas de temperatura, precipitação e umidade, permitindo a identificação de períodos mais suscetíveis a inundações. Paralelamente, os levantamentos topográficos e hidrográficos, baseados em dados georreferenciados do SRTM, processados no QGIS, possibilitaram a criação de um Modelo Digital de Elevação (MDE) e uma análise aprofundada das interações entre relevo e hidrografia. Além disso, a revisão de diretrizes considerou planos municipais e legislações nacionais, assegurando o alinhamento do estudo às regulamentações

urbanísticas e ambientais. Por fim, a revisão de casos complementou a pesquisa com informações de estudos prévios, conferindo maior consistência e robustez metodológica à análise.

VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E IMPACTO URBANO

A variação climática é um fenômeno complexo e dinâmico que envolve mudanças nas condições atmosféricas e climáticas ao longo do tempo, conforme apontam Espíndola e Ribeiro (2020), essa variação pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo processos naturais, como variações na atividade solar e eventos vulcânicos, assim como atividades antropogênicas, como a emissão de gases de efeito estufa.

A interação complexa entre os fatores naturais e de origem humana, conforme explicitado, pode acarretar em consequências climáticas adversas, tais como eventos extremos, elevação da temperatura média e alterações nos regimes de precipitação. Como enfatizado por Marques (2014), essa interação entre os elementos pode desencadear impactos significativos nas áreas urbanas, afetando tanto a qualidade de vida da população quanto o equilíbrio ambiental.

Nesse contexto, torna-se imprescindível contemplar a interdependência entre os diferentes níveis de governança, visando à implementação de estratégias integradas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Conforme salientado por Sathler, Paiva e Brant (2014), a cooperação em múltiplas escalas é essencial para enfrentar efetivamente os desafios climáticos e fomentar a sustentabilidade ambiental. Assim, a coordenação e colaboração entre os diversos entes governamentais e demais atores sociais se tornam fundamentais para promover respostas eficazes diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, assegurando, desse modo, a preservação do meio ambiente e o bem-estar das comunidades.

Klug, Marengo e Luedemann (2016) enfatizam a importância do planejamento urbano integrado e do desenvolvimento de infraestruturas resilientes para enfrentar os desafios decorrentes da variação climática. A interação entre os diferentes componentes do sistema climático, como oceanos, atmosfera e biosfera, desempenha um papel essencial na geração de padrões climáticos variados em escalas regional e global. Os autores salientam que o planejamento urbano não pode se limitar às questões convencionais de desenvolvimento, como infraestrutura e ordenamento do espaço urbano. É de suma importância também considerar as projeções climáticas e os impactos previstos nas áreas urbanas. Isso implica na inclusão de medidas de adaptação, como sistemas de drenagem urbana, áreas verdes e estratégias de gestão de riscos, para lidar com eventos extremos, como inundações e deslizamentos de terra.

Adicionalmente, Marengo, Valverde e Obregon (2013) ressaltam a importância da integração entre o planejamento urbano e as políticas ambientais e climáticas, com o objetivo de construir cidades mais resilientes e sustentáveis, eles destacam que o planejamento urbano

não deve apenas atender às demandas do presente, mas também prever as necessidades futuras, levando em conta os desafios impostos pelas mudanças climáticas e a necessidade de adaptação a essas transformações.

Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, a implementação de políticas de mitigação e adaptação se torna essencial para garantir a sustentabilidade ambiental e social. Sathler, Paiva e Baptista (2019) destacam a importância de iniciativas locais e regionais na promoção de práticas sustentáveis e na construção de sociedades mais resilientes às mudanças climáticas. A integração de conhecimentos científicos, políticas públicas e ações práticas é fundamental para enfrentar os desafios climáticos e promover um desenvolvimento sustentável a longo prazo, como deixa evidente:

No campo do planejamento urbano e das políticas públicas, a disseminação de iniciativas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil depende, em boa medida, do engajamento de cidades, ou de administrações municipais, que estão no topo da hierarquia urbana em suas regiões de influência. (Sathler, Paiva e Baptista, 2019, p. 275).

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios que enfrentamos atualmente, afetando diretamente o meio ambiente, a sociedade e a economia global, além disso, o aumento de eventos climáticos extremos, como secas, inundações e ondas de calor, é amplamente reconhecido e traz consequências sérias, conforme apontam Marengo, Valverde e Obregon (2013), esses eventos, portanto, provocam prejuízos materiais, perdas humanas e desestruturação de comunidades, evidenciando, assim, a urgência de medidas para enfrentá-los.

As oscilações climáticas impõem um desafio adicional ao contexto da infraestrutura urbana, uma vez que sobrecarregam os sistemas de drenagem e desencadeiam uma série de consequências adversas, como inundações e deslizamentos de terra, que afetam a integridade das edificações e interrompem serviços essenciais, como o fornecimento de água e energia elétrica (Mendonça, Di Gregorio e Alfradique, 2023), esses eventos, portanto, enfatizam a necessidade premente de políticas e estratégias de planejamento urbano sustentável, voltadas para aprimorar a resiliência das cidades diante das mudanças climáticas

É de suma importância considerar as condições climáticas e ambientais no planejamento urbano sustentável. Abordagens bioclimáticas visam maximizar o conforto térmico, a eficiência energética e a integração harmoniosa das construções com o ambiente natural. Segundo Boulding (apud, Rogers, Gumuchdjian 1997 p. 28), a visão de considerar o planeta como uma "nave espacial" com recursos finitos destaca a importância de adotar práticas sustentáveis nas cidades para garantir a sobrevivência das futuras gerações. Rogers e Gumuchdjian (1997) ressaltam a influência da arquitetura e do planejamento urbano nas vidas cotidianas e no meio ambiente, defendendo o planejamento sustentável como a oportunidade real de criar cidades dinâmicas e respeitosas com os cidadãos e o meio ambiente.

A abordagem de maximizar a eficiência no uso da água, como proposto no capítulo 02 do livro “Cidades para um pequeno planeta”, destaca a importância desse recurso como o principal, ressaltando a necessidade de desenvolver sistemas que otimizem seu uso (Rogers e Gumuchdjian, 1997). A inter-relação entre cidadãos, serviços, transporte, geração de energia e impacto ambiental local é essencial para o planejamento urbano sustentável, conforme destacado por Rogers e Gumuchdjian (1997). A utilização de recursos renováveis, como energia solar, eólica e vegetação, para impulsionar a economia local e fechar o ciclo de carbono, demonstra a importância de integrar soluções bioclimáticas nas práticas urbanas.

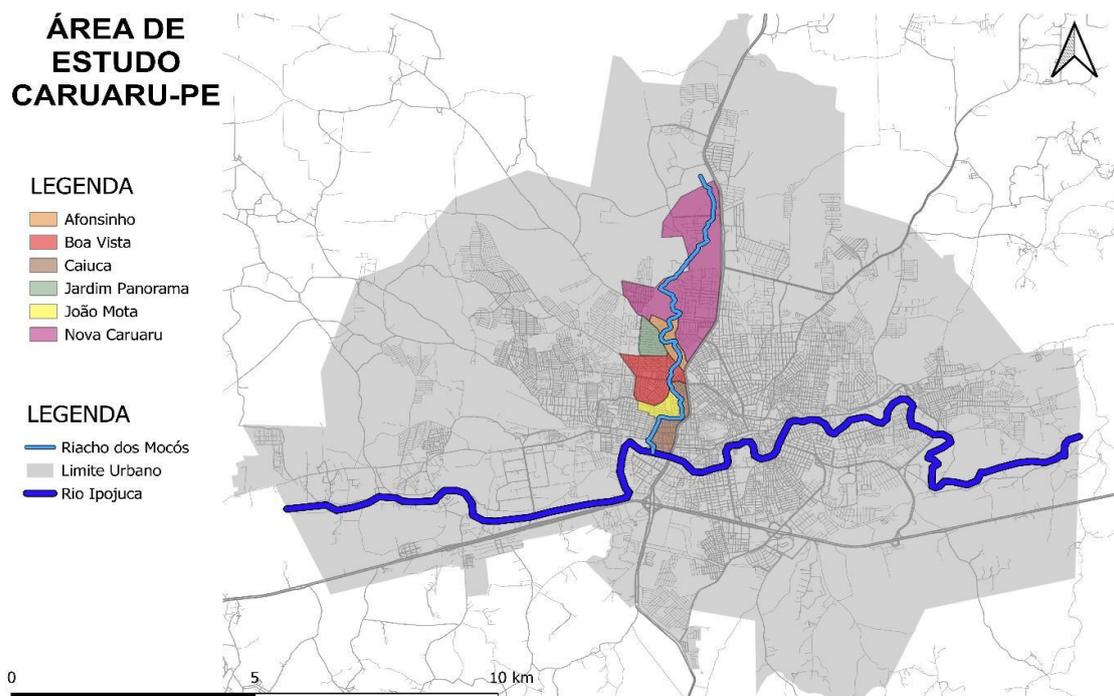
Considerando a importância da cooperação em diferentes níveis de governança e da implementação de estratégias integradas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas nas áreas urbanas, explorar as legislações destinadas a enfrentar esses desafios é essencial. A análise das leis e políticas existentes, juntamente com a avaliação de sua eficácia na promoção da resiliência urbana e na proteção do meio ambiente, é fundamental para identificar lacunas e oportunidades de aprimoramento no contexto das variações climáticas e do impacto urbano.

RESULTADOS

A cidade de Caruaru, a principal cidade do agreste pernambucano e denominada capital da região, é composta por 81 bairros, entre distritos e localidades (G1 Caruaru), no entanto, a presente pesquisa concentra-se em seis bairros: Caiucá, João Mota, Jardim Panorama, Afonsinho (Severino Afonso) e Nova Caruaru (Figura 01), pois esses bairros estão inseridos na Zona de Sustentabilidade Socioambiental (SSA) devido à sua proximidade com o Riacho dos Mocós, que, por sua vez, faz limite com o emblemático Rio Ipojuca. Entretanto, o mesmo tem causado significativos problemas para os moradores dessas áreas em função da expansão urbana desordenada e do aterramento do seu leito, sendo que tais fatores são resultado de uma gestão ambiental deficiente e de inadequações no manejo dos recursos hídricos locais.

O Bairro Afonsinho, também conhecido como Severino Afonso, está inserido na Zona de Consolidação da Ocupação 1 (ZCO-1) e é classificado como uma Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), apresentando carências relacionadas à regulamentação fundiária (Caruaru, 2022).

Figura 01-Área de Estudo

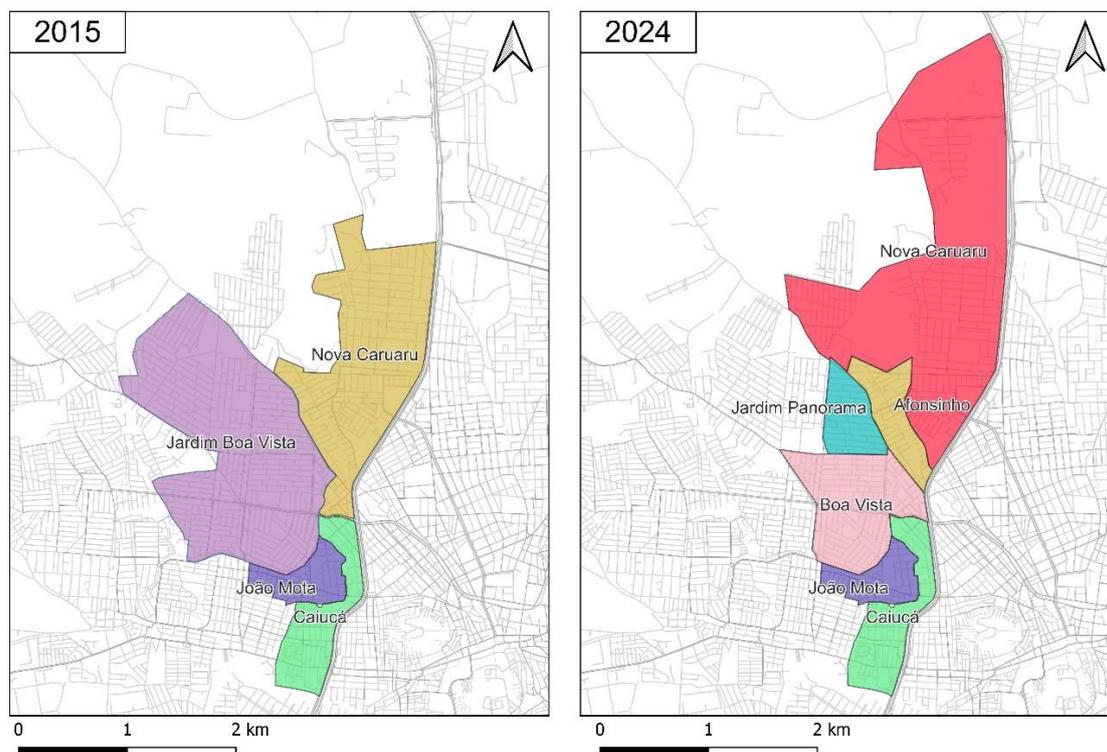


Fonte: Elaborado pela autora, com dados da Prefeitura de Caruaru, 2024.

Os bairros de Caruaru passaram por um extenso processo de transformação ao longo dos anos, refletindo mudanças significativas na estrutura urbana e nas dinâmicas sociais da cidade. Entre os bairros que mantiveram sua configuração original, destacam-se o Caiucá e o João Mota, que já eram reconhecidos como bairros desde o plano diretor de 1977, conforme aponta Calado (2023). No entanto, ao longo do tempo, muitos outros bairros passaram por reconfigurações (Figura 02). Em 2015, os principais bairros da área em questão eram Caiucá, João Mota, Jardim Boa Vista e Nova Caruaru. O Jardim Boa Vista foi subdividido em Boa Vista, Jardim Panorama e Jardim Boa Vista, enquanto Nova Caruaru foi ampliada, com distinção do bairro Afonsinho. Essas mudanças foram formalizadas por leis sancionadas em 13 de janeiro de 2016, pelo então prefeito José Queiroz de Lima.

Figura 02 - Mapa Divisão dos Bairros de Caruaru-PE

Mapa Divisão dos Bairros de Caruaru-PE



Fonte: Produzido no QGIS pela autora (2024)

Uma das mudanças mais significativas foi a reconfiguração do bairro Severino Afonso, que deixou de integrar Nova Caruaru e passou a ser considerado um bairro independente pela Lei Municipal 5.604/16. O Afonsinho, anteriormente classificado como loteamento Severino Afonso pertencente a Nova Caruaru, foi reconhecido oficialmente como bairro. Esse processo de reconfiguração teve impacto no plano diretor da cidade, que, em sua versão de 2004, designava apenas o Morro Bom Jesus como Zona Especial de Interesse Social (ZEIS). Porém, com a atualização do plano em 2019, o Afonsinho foi incluído entre as nove ZEIS da cidade, refletindo as transformações no uso e ocupação do solo.

ANÁLISE CLIMÁTICA E HIDROLÓGICA NA EXPANSÃO URBANA.

A cidade Caruaru, que fica localizada no estado de Pernambuco, Brasil, possui um clima que é considerado como semiárido. Segundo a classificação de *Köppen-geiger* com o código BSh, esse tipo também é chamado de clima de estepe e se caracteriza por pouca umidade e grandes mudanças na chuva e temperatura durante o ano. A classe BSh mostra uma área onde a chuva anual não é suficiente para ter plantas típicas do clima tropical, resultando em um lugar bem seco com verões quentes e invernos suaves (CLIMATE DATA, s.d.). Todavia as mudanças climáticas recentes têm piorado estas condições, ameaçando a estabilidade ecológica da área e com aumento de eventos climáticos intensos como secas longas e

mudanças nos padrões da chuva, influenciando significativamente nos problemas enfrentados pela cidade, afetando os recursos hídricos e a vida dos moradores.

Em um levantamento feito pela *Climate Data* realizado em um período de 30 anos (Figura 03), é possível identificar que a média de temperatura anual em Caruaru é cerca de 22,5 °C. A alteração sazonal da temperatura é clara, normalmente com o mês de março sendo considerado mais quente, mostrando uma média de 23,8 °C. Em contraste; o mês de julho tem a média mais baixa do ano que é 20,4 °C. Esta mudança reflete as trocas sazonais normais da área semiárida onde as temperaturas podem mudar muito entre as estações (CLIMATE DATA, s.d.).

Figura 03-Dados climatológicos de Caruaru-PE de 1991 a 2021

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23.7	23.8	23.8	23.4	22.5	21.2	20.4	20.4	21.3	22.5	23.5	23.8
Temperatura mínima (°C)	20.2	20.4	20.6	20.4	19.9	19	18.1	17.7	18.2	19	19.5	20
Temperatura máxima (°C)	28.8	28.8	28.7	27.9	26.5	24.8	24	24.5	26	27.8	29.1	29.2
Chuva (mm)	53	53	64	63	62	61	52	36	28	23	19	26
Umidade(%)	72%	73%	74%	76%	80%	82%	82%	79%	75%	71%	68%	69%
Dias chuvosos (d)	11	10	11	11	11	11	12	10	8	5	4	7
Horas de sol (h)	6.5	6.4	6.1	5.5	4.6	3.8	3.6	3.8	4.5	5.3	6.3	6.7

Data: 1991 - 2021 Temperatura mínima (°C), Temperatura máxima (°C), Chuva (mm), Umidade, Dias chuvosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

Fontes: Climate Data, s.d.

Caruaru, uma das principais cidades inseridas na bacia hidrográfica do Ipojuca, exerce influência significativa sobre a dinâmica fluvial da região, pois o rio recebe, ao longo de seu trajeto, importantes afluentes que desempenham um papel fundamental na regulação da vazão e no equilíbrio hidrológico da bacia (APAC, s.d). Entre os afluentes mais relevantes pela margem esquerda, está o objeto de estudo; o Riacho dos Mocós, fazendo fronteira com os bairros Caiucá, João Mota, Afonsinho, Jardim Panorama e Nova Caruaru.

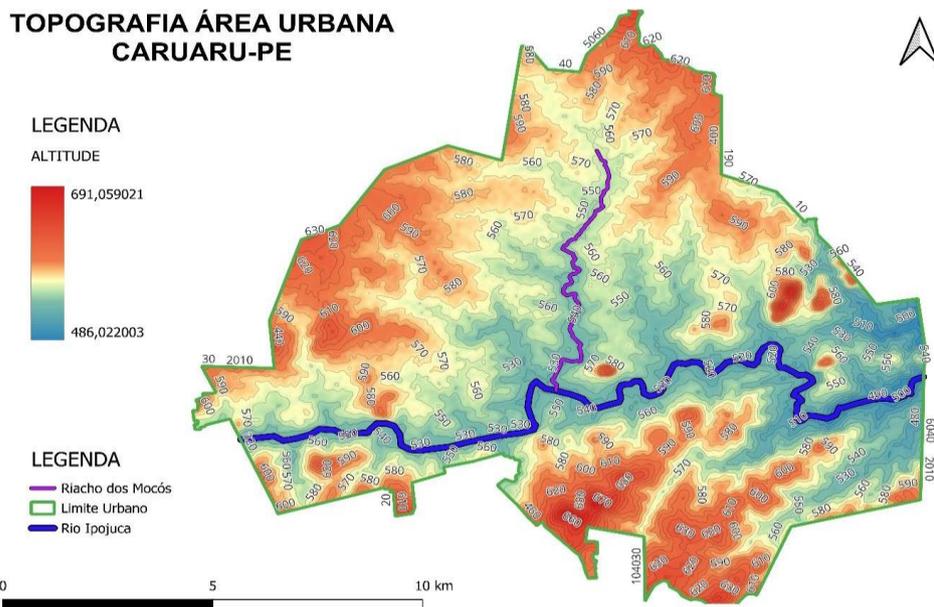
Um fator problemático que afeta os cursos d'água na cidade de Caruaru, particularmente o Riacho dos Mocós, é o processo de aterramento dos leitos e a expansão urbana desordenada, que frequentemente desrespeita as normas do Setor de Sustentabilidade Ambiental. Assim, torna-se necessário a implementação de uma gestão eficiente dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, com ênfase na área urbana de Caruaru, adotando medidas de planejamento urbano nos bairros que fazem fronteira com esses corpos hídricos, com o objetivo de mitigar desastres ambientais resultantes das mudanças climáticas e aumentar a resiliência dessas áreas.

Foi realizada uma análise topográfica da área urbana de Caruaru-PE com o objetivo de compreender o comportamento das águas das chuvas, bem como a influência do relevo local no aumento dos índices pluviométricos, além de investigar como o planejamento urbano pode interferir diretamente nessas dinâmicas. A cidade, localizada a uma altitude média de 545 metros, apresenta variações altimétricas entre 486 e 691 metros. Com base nesses dados, a

proposta é analisar de que forma a topografia afeta diretamente os desastres naturais, especialmente nos bairros Caiuca, João Mota, Afonso e Jardim Panorama, em Nova Caruaru.

Utilizando-se de dados do Topodata, a partir do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foi possível gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) (Figura 04).

Figura 04-Topografia de Caruaru-PE



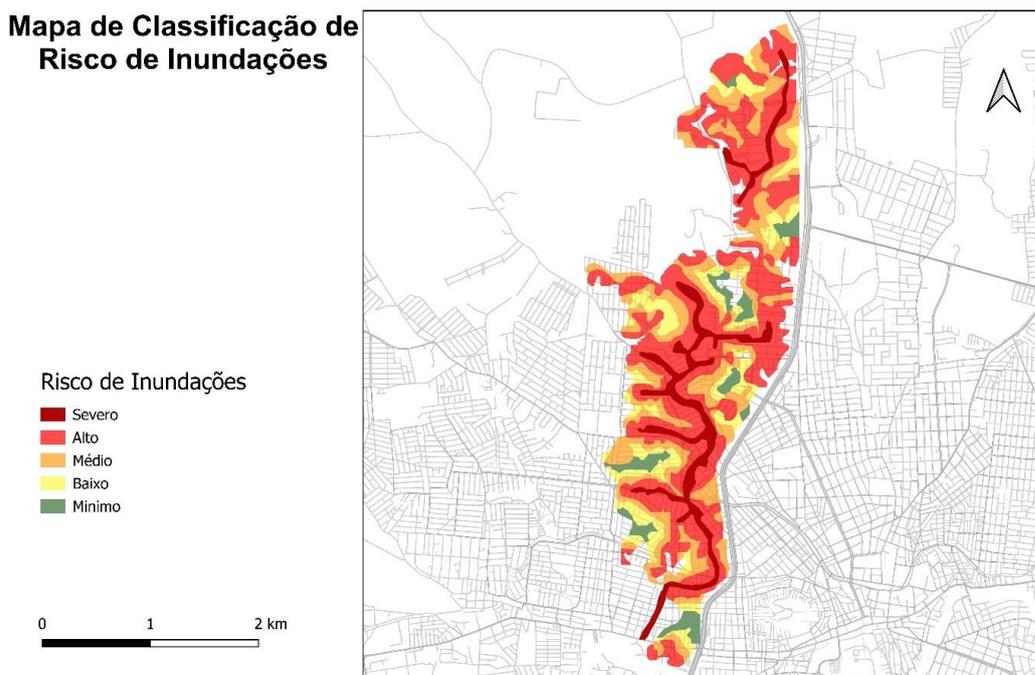
Fonte: Elaborado pela Autora, com dados SRTM/Topodata, 2024.

Na análise topográfica, observou-se que a área urbana de Caruaru está situada em uma região de maior latitude em comparação à altitude oficial do município, que é de 554 metros. Esse contraste revelou que a área pesquisada se encontra em uma das menores altitudes da cidade, especialmente devido à influência da bacia do rio Ipojuca, que é responsável por essas baixas altitudes. Esse fator contribui para um efeito "funil", no qual a topografia da região amplifica os impactos das chuvas e das inundações, evidenciando a relação entre a configuração geográfica e os problemas hídricos enfrentados pela cidade.

ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA E DOS DESAFIOS DE DRENAGEM

Analisando sob a perspectiva geográfica e topográfica, é evidente que a área de pesquisa em questão apresenta uma grande suscetibilidade a inundações (Figura 05), em virtude de sua localização próxima ao curso do Riacho dos Mocós, o qual integra a bacia hidrográfica do Rio Ipojuca. Adicionalmente, a área se caracteriza por uma altitude significativamente inferior àquela das regiões adjacentes ao perímetro urbano da cidade, o que agrava ainda mais o risco de alagamentos.

Figura 05- Mapa de Classificação de Risco de Inundações

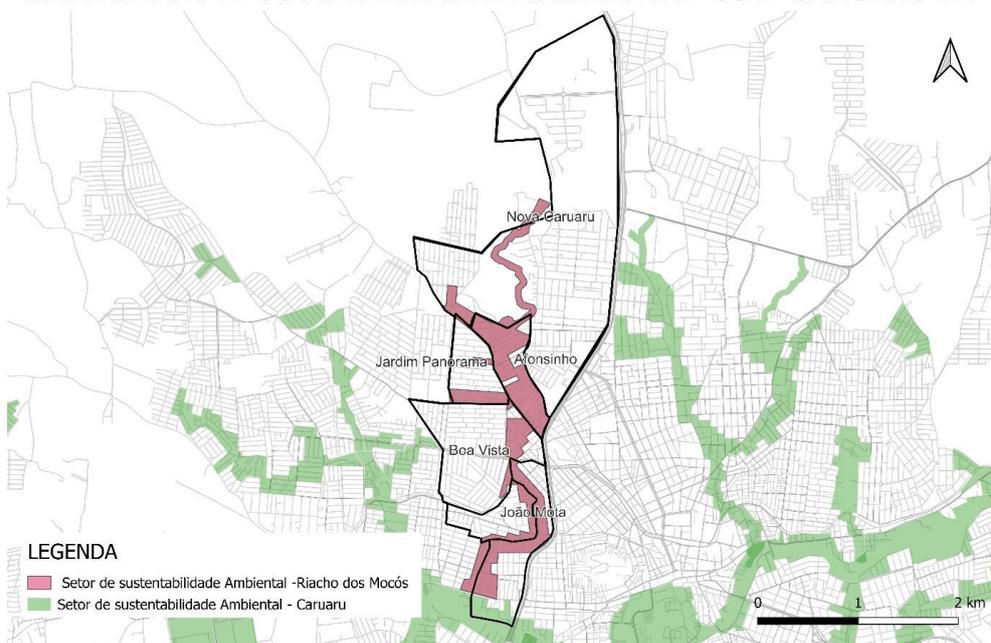


Fonte: Dados processados pelo Hand Model e Produzido no QGIS pela autora, 2024.

A área em questão pertence à SSA (Sistema de Sustentabilidade Ambiental) do Riacho dos Mocós (Figura 06), contudo, essa classificação apresenta eficácia apenas em teoria. Apesar do governo municipal reconhecer formalmente a existência dessa zona, fica evidente a ausência de parâmetros específicos elaborados para adequação à realidade local.

Figura 06 - Mapa Setor de Sustentabilidade Ambiental -SSA

MAPA SETOR DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL -SSA - CARUARU-PE



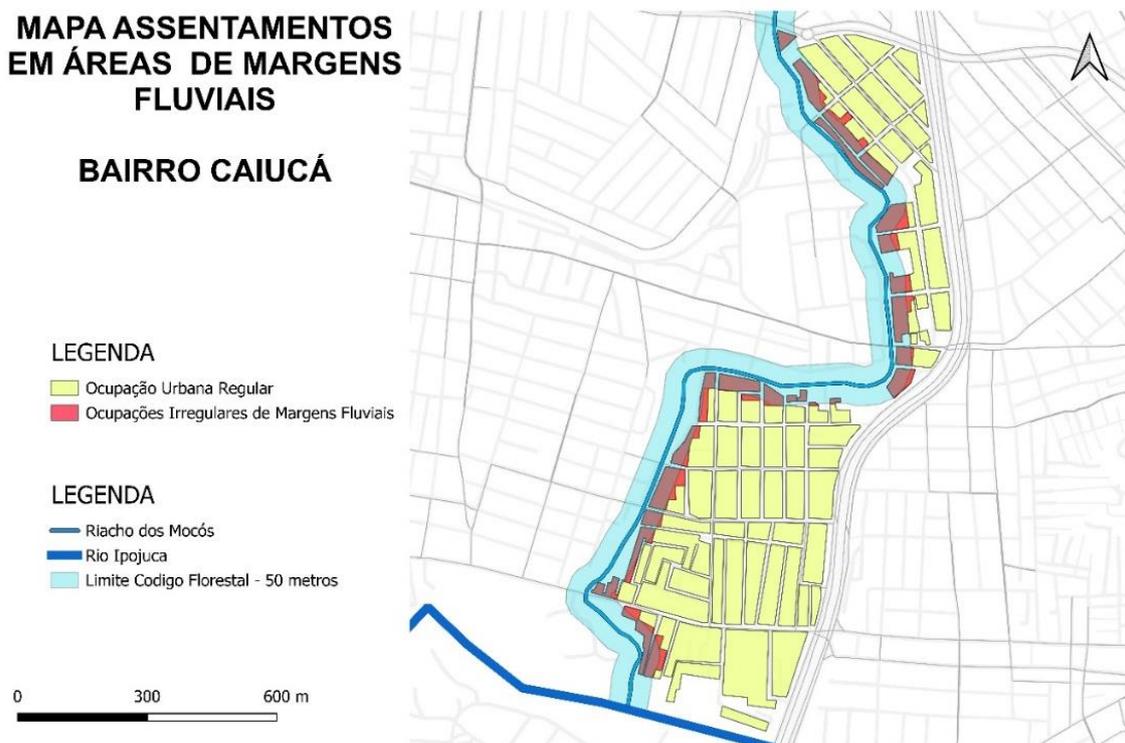
Fonte: Produzido no QGIS pela autora (2024) com dados da Prefeitura de Caruaru, 2023.

Nesse sentido, qualquer construção ou intervenção planejada para a área é orientada exclusivamente pelo Código Florestal, os bairros compreendidos pela pesquisa, apresentam ocupações habitacionais irregulares quando comparadas às normas urbanísticas vigentes. O Código Florestal Brasileiro, em sua versão atual (2012), e o Plano Diretor de Caruaru, preveem que, para cursos d'água com largura de 10 a 50 metros, a distância mínima para construção deve ser de 50 metros. uma vez que o Riacho dos Mocós pertencente à bacia hidrográfica do Rio Ipojuca e apresenta trechos estreitos, mas em outras partes pode atingir até 15 metros de largura.

O bairro Caiucá é uma das áreas que frequentemente enfrenta problemas de inundações, especialmente nas zonas residenciais situadas às margens do Riacho dos Mocós (Figura 07). Essa dinâmica hídrica contribui para a vulnerabilidade da região, uma vez que a capacidade de drenagem natural costuma ser insuficiente para lidar com volumes elevados de água. Como resultado, ocorrem alagamentos frequentes em períodos de chuva, que impactam a qualidade de vida dos moradores.

Segundo Calado (2023) após o estabelecimento do Plano Diretor Municipal de 1977 (Lei Nº 2.592), mais necessariamente em 1980, o Caiucá e o João Mota foram reconhecidos como bairros. Portanto, durante sua urbanização, o afastamento em relação ao rio não seguiu os padrões atualmente estabelecidos, visto que o Código Florestal de 15 de setembro de 1965 (Lei Nº 4.771) possuía uma *non aedificandi* de 5 metros de distância, que atualmente com a atualização de 25 De Maio De 2012 (Lei Nº 12.651) considerando a largura do riacho, o afastamento necessário para o riacho dos mocós é de 50 metros.

Figura 07 - Mapa de Assentamentos Bairro Caiucá



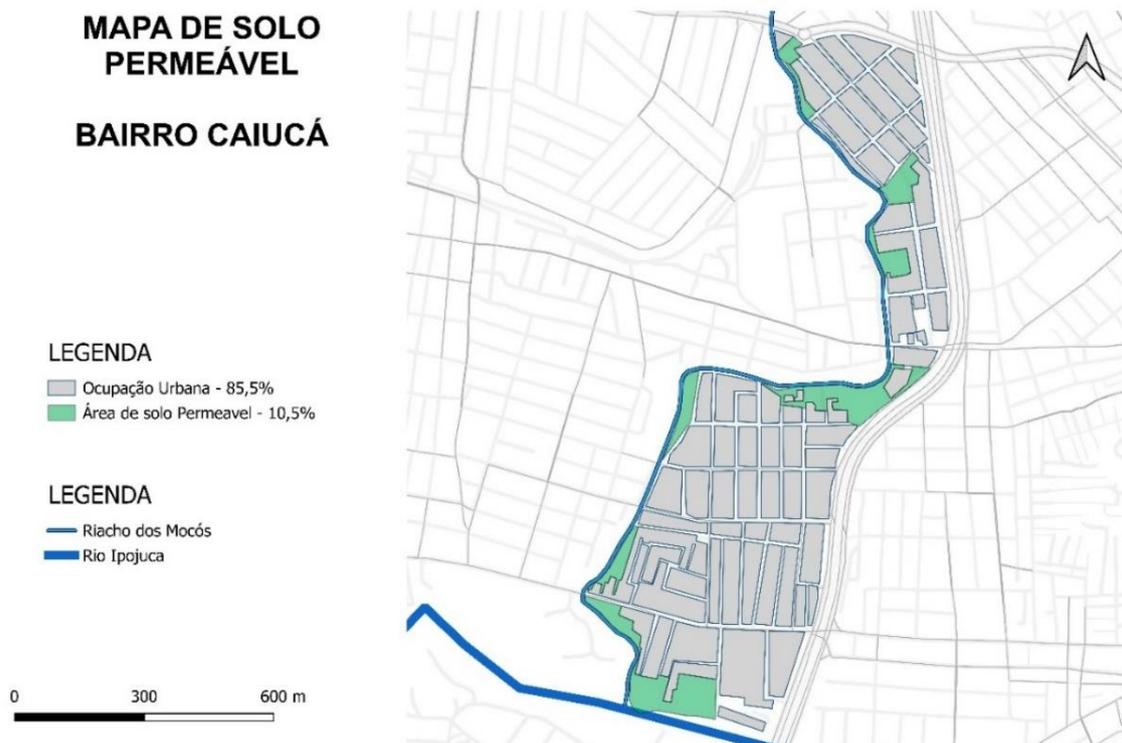
Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Essa mudança normativa evidencia que as áreas propensas a inundações no bairro Caiucá, em grande parte, são aquelas que foram construídas com padrões de diretrizes antigas. Portanto, os problemas enfrentados no bairro estão diretamente relacionados à expansão urbana desordenada, e não regulamentada, refletindo a inadequação das construções à margem do rio.

O bairro Caiucá abrange uma área total aproximada de 57 hectares, dos quais cerca de 6 hectares somente, é composto por solo permeável, concentrado principalmente nas margens do rio que corta a região. Assim, a área de solo permeável representa aproximadamente 10,5% da extensão territorial do bairro (Figura 08), o que evidencia uma limitação significativa na capacidade de infiltração e absorção das águas pluviais, especialmente em períodos de chuva intensa.

Essa baixa proporção de solo permeável reflete as condições de uma urbanização densa e intensiva, destacando, portanto, a importância de implementar estratégias de planejamento urbano externas para o aumento da permeabilidade do solo e a melhoria da drenagem local, de modo a reduzir os riscos de alagamento e promover a resiliência.

Figura 08 - Mapa de Solo Permeável Caiucá



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Em teoria, o bairro não deveria sofrer inundações severas, mesmo em face das variações climáticas, uma vez que o riacho dos Mocós deveria funcionar como um sistema de drenagem eficiente. No entanto, as inundações que ocorrem são um reflexo da expansão urbana desordenada e da falta de preparação para eventos climáticos extremos.

A complexidade do problema é acentuada pelo fato de que muitas famílias já residem na região, tendo construído suas casas em conformidade com as normas da época ou sem seguir nenhuma norma. Portanto, encontrar soluções viáveis é desafiador, pois não é possível simplesmente realocar todos os moradores. A busca por alternativas para mitigar as inundações, como a melhoria do sistema de drenagem, é essencial.

Os principais pontos críticos de inundação no bairro Caiucá incluem as pontes, que não foram projetadas para suportar eventos extremos, e as curvas acentuadas do riacho, onde a velocidade da água contribui para o transbordamento, resultando em alagamentos nas áreas adjacentes. A análise dessas condições evidencia a necessidade urgente de um planejamento urbano mais rigoroso e adaptado às realidades climáticas atuais, visando à segurança e à qualidade de vida dos moradores.

O bairro Caiucá ao longo do percurso do Riacho dos Mocós apresenta a intervenção realizada em seu curso d'água (Figura 09), no entanto, há controvérsias quanto à funcionalidade que o riacho adquiriu após essa intervenção. Essa situação é especialmente relevante para o bairro Caiucá, visto que, em todas as ocasiões em que ocorrem fenômenos climáticos extremos, as

consequências tendem a ser desastrosas. Ademais, é importante ressaltar que, apesar da transposição implementada na região, o riacho continua a ser palco de diversos desastres naturais, o que levanta questionamentos sobre a eficácia da intervenção realizada.

Figura 09 - Estrutura Construída no Riacho dos Mocós



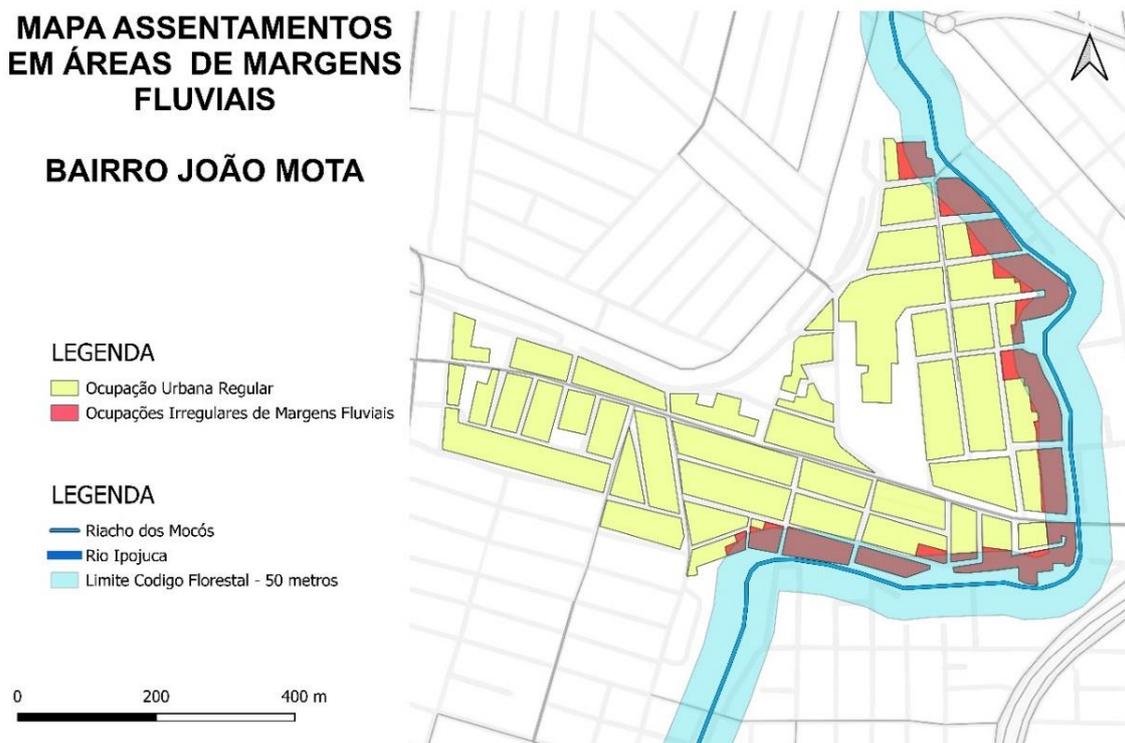
Fonte: Google Street View, 2022.

O bairro João Mota apresenta padrões semelhantes ao bairro Caiucá no que se refere às inundações, contudo, possui uma área potencial de drenagem que poderia minimizar esses impactos, sendo essa área de drenagem localizada no centro do bairro. Ainda assim, as inundações ocorrem principalmente na parte leste, diretamente relacionadas às residências situadas nas margens do Riacho dos Mocós.

Embora o bairro João Mota tenha uma extensão territorial menor que o Caiucá, mantém uma considerável fronteira com o riacho, onde se encontra uma faixa extensa de construções irregulares ao longo da extremidade leste e grande parte da extremidade sul.

A urbanização do bairro João Mota ocorreu de maneira desordenada e similar ao Caiucá, seguindo o Código Florestal de 1965, o qual estabelecia apenas cinco metros de área de preservação ao longo das margens dos rios. Atualmente, essa exigência foi ampliada para 50 metros para o padrão do curso, de modo que as construções situadas a essa distância do Riacho dos Mocós são consideradas irregulares (Figura 10).

Figura 10 - Mapa de Assentamentos do Bairro João Mota



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Esse mesmo riacho delimita as fronteiras dos bairros João Mota e Caiucá, e ambos sofrem com o acúmulo de entulhos nas pontes que atravessam o curso d'água. Um exemplo muito frequente de má gestão hídrica é a ponte na Rua Teresa Cordeiro Valença, a qual liga o João Mota ao Caiucá, que fica obstruída por destroços, como vegetação e lixo, bloqueando o fluxo de água (Figura 11), forçando-a a extravasar e, assim, invadir as residências próximas.

Figura 11 - Ponte do João Mota Obstruída

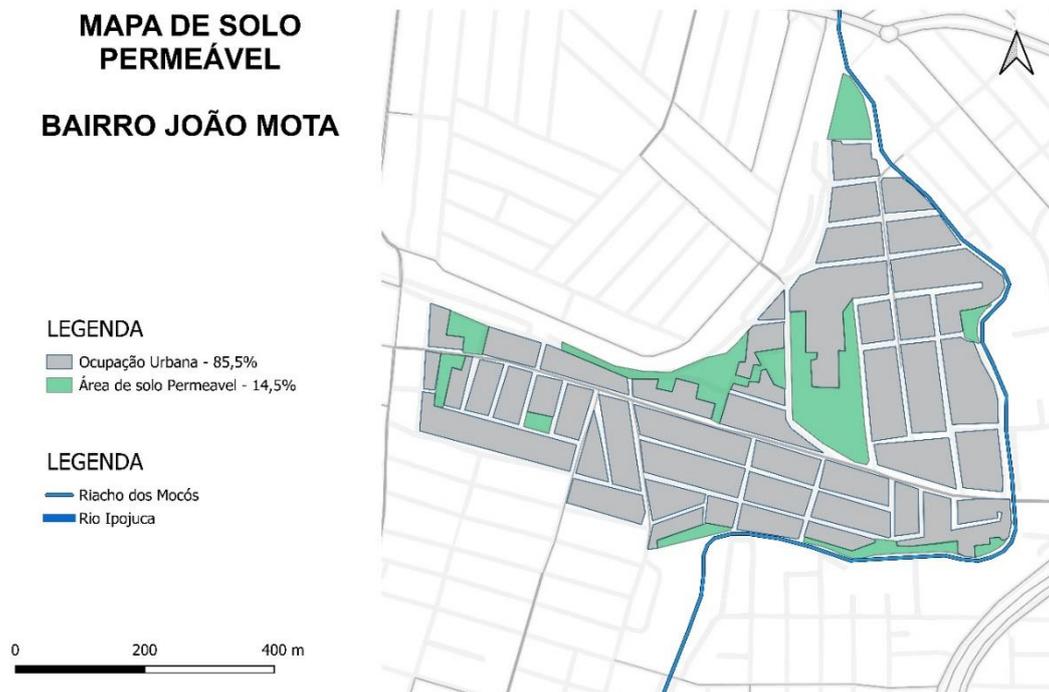


Fonte: Manha Cidade (2023) editado pela autora, 2024.

As inundações no bairro João Mota estão diretamente ligadas ao curso do riacho, uma vez que a infraestrutura de drenagem existente é insuficiente para a área e não consegue suportar o volume de água necessário, portanto, a despeito de existir um sistema de drenagem, ele não é adequado para toda a extensão do riacho, o qual deveria idealmente servir como uma medida natural de escoamento das águas, mas frequentemente falha em sua função devido à falta de manutenção e ao acúmulo de resíduos.

O bairro João Mota possui uma área total equivalente a aproximadamente 31 hectares, com uma taxa de solo permeável específica principalmente na região central. No total, o bairro conta com cerca de 4,5 hectares de solo permeável, o que representa aproximadamente 14,5% de sua extensão territorial (Figura 12). Esse índice de permeabilidade reflete uma maior capacidade de infiltração em comparação a áreas totalmente urbanizadas, porém ainda é limitado para atender a drenagem das águas pluviais, especialmente próximo ao riacho.

Figura 12 - Mapa de solo permeável João Mota



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

A questão da obra do Riacho dos Mocós no bairro João Mota representa um fator adicional que agrava as condições de vulnerabilidade às inundações, pois embora essa intervenção tenha sido planejada para melhorar o fluxo de água e minimizar alagamentos, na prática, sua execução não trouxe os resultados esperados. Esse processo se torna ainda mais prejudicial, pois interfere diretamente na capacidade de drenagem e intensifica o risco de enchentes em áreas adjacentes. Assim, a intervenção, que deveria ser uma medida de adaptação e resiliência urbana, acaba por evidenciar a ausência de um plano de gestão e conservação adequado, tornando-se uma barreira que dificulta a funcionalidade hídrica e agrava o impacto das mudanças climáticas na região.

Concluindo, a semelhança entre os bairros João Mota e Caiucá, ambos divididos pelo mesmo curso d'água e submetidos a processos de urbanização desordenada, contribui diretamente para os problemas de inundações que afetam essas áreas. A ausência de uma manutenção adequada no riacho, associada à ocupação desordenada das margens, intensifica a vulnerabilidade dos bairros a eventos de alagamento, evidenciando a necessidade de intervenções urbanísticas e ambientais para mitigar esse problema.

Os bairros Boa Vista, João Mota e Caiucá apresentam características urbanas bastante distintas, refletindo diferentes dinâmicas de ocupação e planejamento.

No caso do bairro Boa Vista, a presença do Riacho dos Mocós, que percorre apenas um trecho reduzido da área, exerce uma influência significativa na disposição das habitações ao seu redor.

Embora as edificações nas proximidades do riacho no trecho da Boa Vista tenham sido desenvolvidas de forma desordenada, formando um aglomerado compacto, o restante do bairro se destaca por uma configuração mais organizada (Figura 13). Essa área é caracterizada por um padrão de loteamento que apresenta divisões mais claras e uma disposição regular.

Figura 13 - Mapa de Assentamentos do Bairro Boa Vista



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Em contraste, ao analisar as áreas próximas ao Rio, observa-se que as habitações no Boa Vista são mais esparsas em comparação com os bairros João Mota e Caiucá, onde as construções são mais concentradas. Contudo, ainda existem residências que se

desenvolveram de forma orgânica nas adjacências do riacho, embora sua quantidade seja inferior e a distância entre elas maior. Essa configuração espacial contribui para a redução dos riscos de inundação, uma vez que as habitações estão localizadas em áreas mais afastadas das margens do rio, mesmo aquelas consideradas irregulares.

Entretanto, eventos climáticos extremos, evidenciam a vulnerabilidade que ainda persiste. O loteamento Três Bandeiras, situado no Boa Vista, foi particularmente impactado recentemente, resultando na demolição de várias casas, conforme relatado pela Defesa Civil e pelo portal G1 (2023) (Figura 14). Essa situação ressalta a necessidade de um planejamento urbano mais rigoroso, que considere os riscos associados às condições climáticas.

Figura 14 - Casa demolida no Boa Vista



Fonte: G1 Caruaru, 2023.

Do ponto de vista da infraestrutura e da gestão ambiental, o bairro Boa Vista se destaca por possuir uma área de solo permeável relativamente boas em comparação com outros bairros da região (Figura 15).

Figura 15 - Margem Riacho dos mocós no Boa Vista



Fonte: Google Street View, 2022.

Com uma extensão total de aproximadamente 90 hectares, dos quais 6,3 hectares são de solo permeável, o bairro apresenta uma taxa de 7,2% de área permeável (Figura 16). Embora esse percentual seja considerado baixo para uma área urbana, a localização desse solo próximo ao Riacho dos Mocó confere a ele uma maior resiliência em comparação ao bairro João Mota. Este último, apesar de possuir uma maior taxa de solo natural, está situado a uma distância significativa do curso d'água, o que pode comprometer sua capacidade de absorção e manejo das águas pluviais.

Figura 16 - Mapa de Solo Permeável Boa vista



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Além disso, é importante ressaltar que a Prefeitura tem implementado medidas de preservação ambiental ao longo do Riacho dos Mocó, reforçando a necessidade de cuidados com essa área. No entanto, a conformidade com a legislação vigente ainda não é plena, indicando que há espaço para melhorias. Portanto, a gestão adequada desses espaços, juntamente com um planejamento urbano eficaz, é fundamental para mitigar riscos de inundações e promover um desenvolvimento sustentável nos bairros da região. Dessa forma, a integração de políticas públicas e a conscientização da comunidade se tornam essenciais para garantir a preservação ambiental e a qualidade de vida dos moradores.

O bairro Jardim Panorama não é diretamente atravessado pelo Riacho dos Mocós; no entanto, apresenta uma fronteira a leste, onde há uma ponte que conecta o bairro ao Afonsinho. Essa conexão é relevante, pois, embora o riacho não cruze internamente o Jardim Panorama, existe uma porcentagem significativa de habitações irregulares que fazem limite com o curso d'água e que enfrentam problemas de inundação (Figura 17). Esses problemas ocorrem

especialmente em períodos de chuva intensa, nos quais a ponte não suporta o volume de água e transborda, afetando tanto o Afonsinho quanto partes do Jardim Panorama.

Figura 17 - Mapa de Assentamentos do Bairro Jardim Panorama



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

A organização urbanística do Jardim Panorama se caracteriza por quadras planejadas e lineares, refletindo o traçado típico de uma gleba convertida em loteamento. Essa disposição evidencia uma estrutura mais ordenada em comparação com áreas de urbanização desordenada. Quando inundações afetam o Afonsinho, resulta em impactos indiretos significativos para o Jardim Panorama, especialmente devido à proximidade com a ponte (Figura 18), que canalizou os efeitos climáticos adversos.

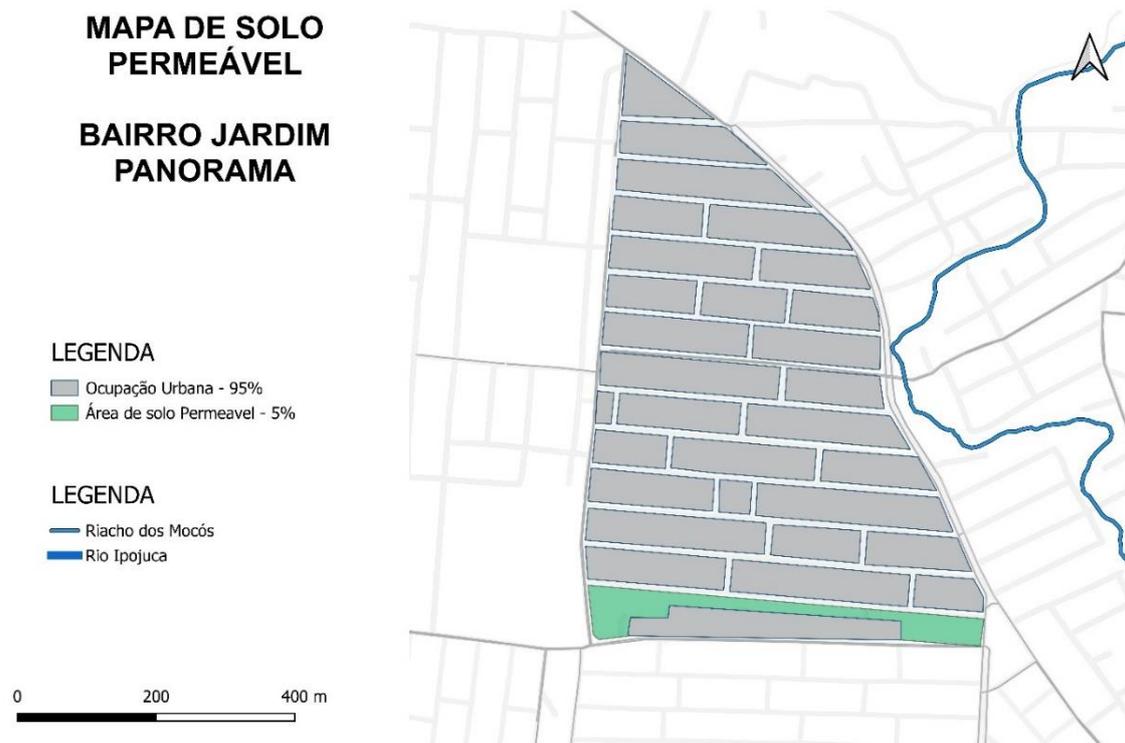
Figura 18 - Ponte entre Jardim Panorama e Afonsinho



Fonte : Sérgio Salles, 2023.

A topografia do Jardim Panorama contribui para a mitigação de inundações, uma vez que a parte oeste do bairro possui maior altitude. Essa conformação favorece o escoamento da água em direção ao leste, onde se encontra o Riacho dos Mocós. Com uma área total de 34 hectares, o bairro conta com 1,7 hectares de solo permeável e 32,3 hectares de infraestrutura urbana, o que resulta em uma ocupação urbana de 95% e apenas 5% de solo permeável (Figura 19). Embora essa porcentagem de solo permeável seja relativamente baixa, o bairro não enfrenta inundações frequentes, pois a área verde na extremidade sul, que possui características semelhantes a um córrego, apresenta uma vegetação eficiente em drenagem, atuando como importante elemento mitigador das águas pluviais.

Figura 19- Mapa Solo Permeável Jardim Panorama



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

A pesquisa sobre os problemas de inundação na região do Jardim Panorama revelou que grande parte dessas ocorrências está relacionada aos alagamentos frequentes no bairro do Afonsinho.

O Afonsinho é uma Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) e enfrenta sérias dificuldades de infraestrutura, o que agrava a situação dos moradores. A área é predominantemente composta por residências arquitetonicamente irregulares, muitas das quais estão localizadas muito próximas ao Riacho dos Mocós (Figura 20), um fator que, combinado com a carência de serviços básicos, contribui significativamente para a vulnerabilidade da comunidade.

Figura 20 - Mapa de Assentamentos do Bairro Afonsinho



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

O processo de urbanização no Afonsinho começou com a tentativa de implementação de quadras lineares, mas acabou sendo marcado por uma expansão desordenada. A construção de residências sem planejamento adequado gerou um alto adensamento urbano, com muitas casas construídas de forma muito próxima umas das outras, e essa falta de planejamento comprometeu a drenagem das águas pluviais. Com o aumento da população e a escassez de infraestrutura, o bairro passou a ser negligenciado nas políticas públicas municipais, o que acentuou ainda mais os problemas de infraestrutura urbana (Figura 20).

Figura 20 - Rua deteriorada pós inundação no Afonsinho



Fonte: Frame vídeo titoplay, 2023.

A área total do Afonsinho é de aproximadamente 39 hectares, sendo 28 hectares ocupados por habitação urbana e 10 hectares por solo permeável. Isso significa que cerca de 25% da área é permeável e 75% é ocupada por construções (Figura 21). No entanto, o solo permeável está localizado nas margens do Riacho dos Mocós, o que limita a capacidade de drenagem. A infraestrutura de drenagem precisa lidar simultaneamente com as águas pluviais e a hidrografia do rio, o que nem sempre ocorre de maneira eficiente, resultando em alagamentos nas vias do bairro, especialmente durante chuvas fortes.

Figura 21 - Mapa de solo Permeável Afonsinho



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

O bairro do Afonsinho, localizado em uma região de vulnerabilidade socioeconômica, representa um exemplo claro das dificuldades enfrentadas por áreas urbanas carentes que vão além da simples falta de infraestrutura.

A questão da dignidade humana, especialmente no que tange à habitação, é um dos maiores desafios dessa localidade, que já se encontra em uma situação precária de moradia. A ausência de um suporte adequado em termos de infraestrutura básica agrava ainda mais o quadro de vulnerabilidade, expondo a comunidade a situações extremas.

Quando o bairro é acometido por inundações severas, muitas pessoas acabam ficando desabrigadas, o que reflete a fragilidade estrutural e socioeconômica da área (Figura 22). Essa situação evidencia a necessidade urgente de implementação de políticas públicas eficazes, voltadas para a mitigação dos impactos das inundações e a melhoria das condições de vida da população residente.

Figura 22 - Cenário pós inundação no Afonsinho



Fonte: Frame de Vídeo do Manhã Cidade (2023) com edição da Autora (2024)

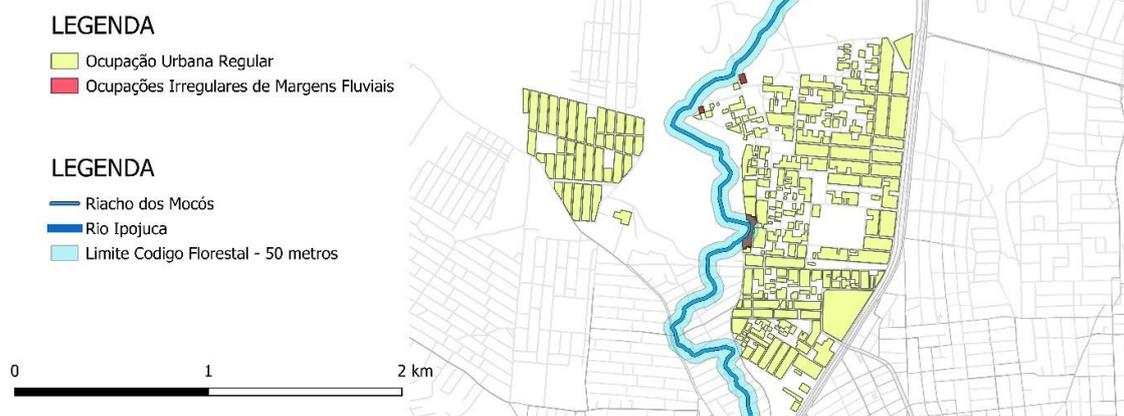
O Afonsinho é um dos bairros mais afetados por alagamentos em Caruaru. Em 2004, um grande alagamento destruiu diversas casas e causou grandes danos à infraestrutura local. Em 2020, outro evento similar ocorreu, afetando ainda mais a estrutura do bairro e em 2023, o bairro enfrentou uma nova inundação, que deixou várias famílias desabrigadas, evidenciando a continuidade e a gravidade do problema. Esses episódios destacam a urgência de medidas eficazes para melhorar a drenagem e o planejamento urbano, visando mitigar os impactos das inundações e melhorar as condições de vida dos moradores.

Ao lado do Afonsinho está o bairro Nova Caruaru, que configura-se como uma área destinada à expansão urbana, sendo um dos principais focos de desenvolvimento da cidade, o que resulta em um padrão de ocupação que, em grande parte, segue as diretrizes urbanísticas e ambientais estabelecidas, com exceção de alguns casos pontuais (Figura 23).

Figura 23 - Mapa de Assentamentos no Bairro Nova Caruaru

MAPA ASSENTAMENTOS EM ÁREAS DE MARGENS FLUVIAIS

BAIRRO NOVA CARUARU



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Esse processo de reestruturação é contínuo e se reflete na própria dinâmica do bairro, a ponto de áreas como o Afonsinho, que anteriormente faziam parte da região de Nova Caruaru, não estarem mais integradas à configuração atual. Assim, Nova Caruaru é composta, atualmente, por diversos condomínios e áreas residenciais em processo de crescimento, mas um dos principais problemas enfrentados por essa região está relacionado às inundações, especialmente nas áreas mais novas e urbanizadas, como os condomínios.

Nesse sentido, os problemas hídricos de Nova Caruaru se diferenciam das situações observadas em outros bairros da cidade. Enquanto nas áreas mencionadas as inundações geralmente estão associadas a falhas no planejamento urbano ou na infraestrutura de drenagem, em Nova Caruaru a questão está mais intimamente ligada aos fatores topográficos da região. O bairro é caracterizado por uma quantidade significativa de áreas verdes e solos permeáveis, mas, paradoxalmente, essas áreas não têm se mostrado eficazes para mitigar os impactos das inundações, já que as condições topográficas da área contribuem para o acúmulo de água nas regiões urbanizadas.

A área onde os condomínios estão localizados é atravessada por cursos d'água que, ao seguir seu curso em direção ao riacho dos Mocós, acabam sendo barrados pela infraestrutura urbana, resultando no acúmulo de água dentro dos próprios condomínios (Figura 24), especialmente durante períodos de chuvas intensas. Nessas condições, a água que deveria

ser escoada para o riacho dos Mocós acaba se concentrando nas áreas de ocupação urbana, o que agrava a situação das inundações.

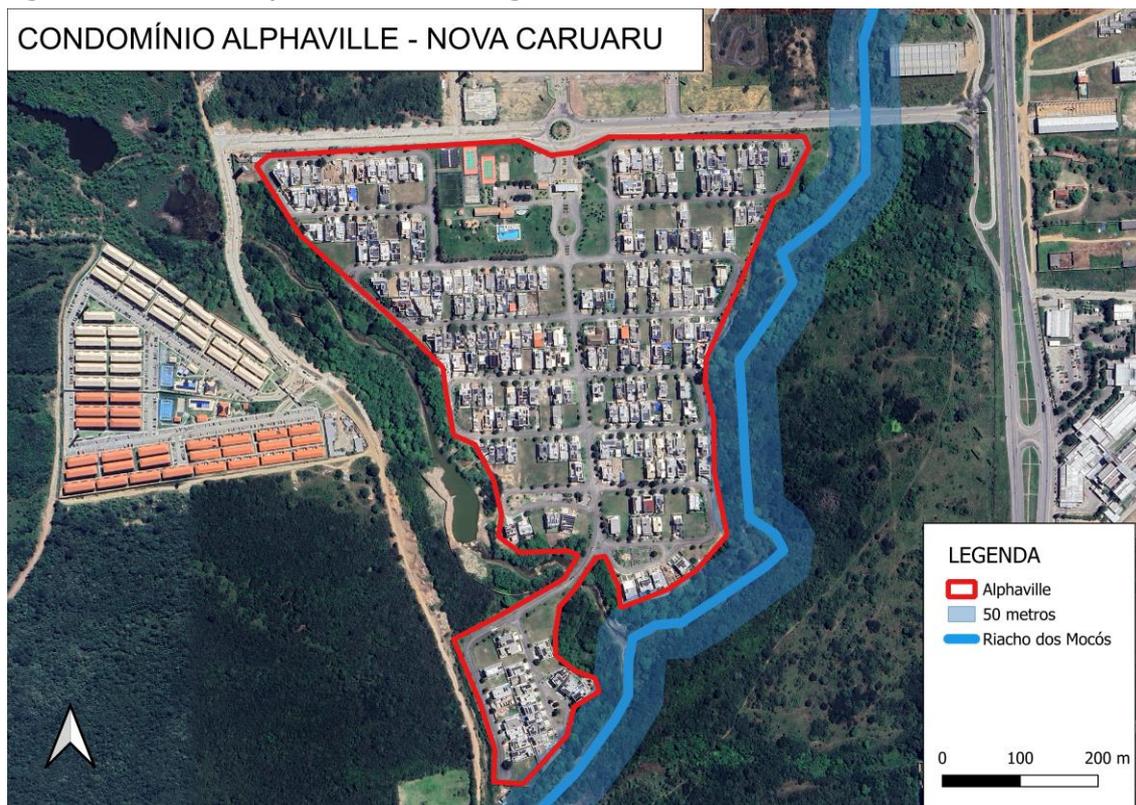
Figura 24 - Inundação no Condomínio Alphaville na Nova Caruaru



Fonte: Frame de vídeo do G1 Caruaru (2023)

Embora os condomínios de Nova Caruaru sigam as diretrizes do Código Florestal, respeitando, por exemplo, a faixa mínima de 50 metros de área de preservação permanente (APP) (Figura 25), essa conformidade legal não é garantia de eficácia no controle dos problemas ambientais, como as inundações. A aplicação do Código, que estabelece uma média, nem sempre se traduz em uma solução eficiente, uma vez que as condições ambientais variam e eventos climáticos extremos, como chuvas fortes, são difíceis de prever.

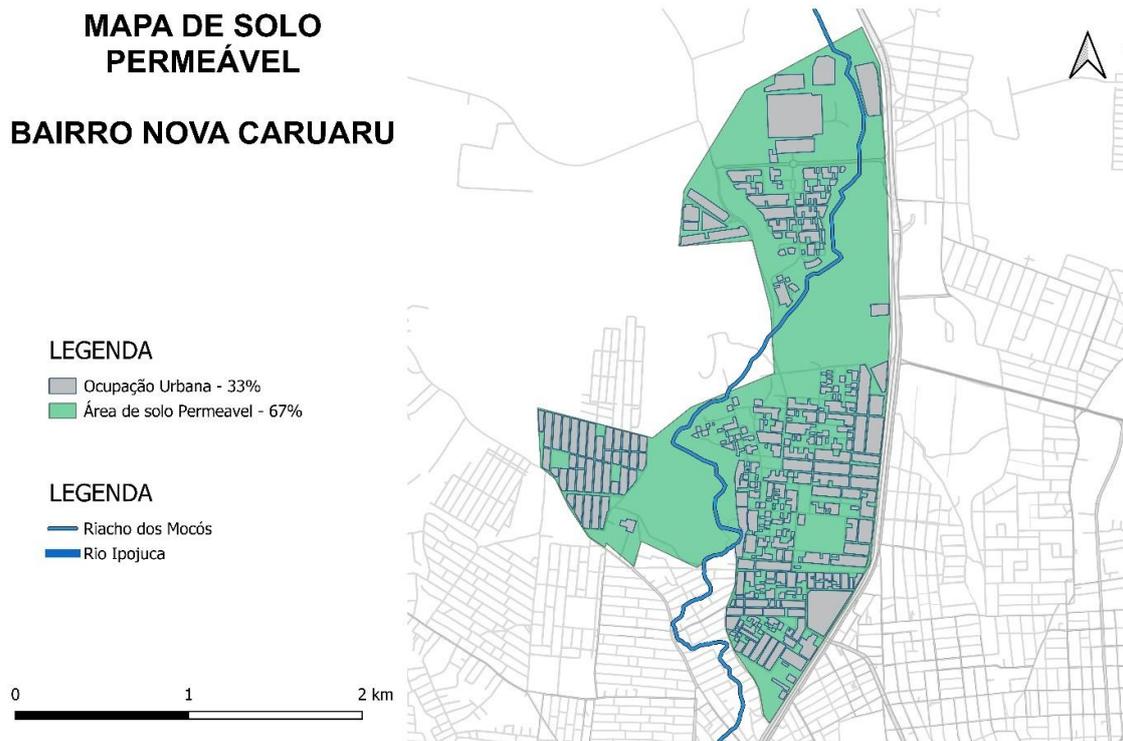
Figura 25 - Condomínio Alphaville Caruaru as Margens do Riacho dos Mocós



Fonte: Produzido no QGIS pela autora, 2024.

Em termos de extensão, Nova Caruaru ocupa uma área de aproximadamente 377 hectares, dos quais 124 hectares são ocupados por áreas urbanas construídas e 253 hectares correspondem a solo permeável. Essa configuração resulta em cerca de 67% da área do bairro composta por solo permeável e 33% por assentamentos urbanos (Figura 26). No entanto, apesar da grande quantidade de solo permeável, essa proporção não se mostra suficiente para atender de forma eficaz às demandas de drenagem urbana, o que, por sua vez, contribui para a ocorrência de inundações.

Figura 26 - Mapa de Solo Permeável Nova Caruaru



Fonte: Produzido no QGIS pela autora (2024)

Em suma, a situação de Nova Caruaru ilustra a complexidade dos problemas urbanos relacionados às inundações e aos efeitos das variações climáticas. Embora a drenagem na região seja, à primeira vista, suficiente, ela não se apresenta eficiente em situações de chuvas intensas, como é o caso do Polo Caruaru (Figura 27), que enfrenta alagamentos tanto em áreas comerciais quanto em condomínios de luxo nas proximidades.

Figura 27 - Inundação entrada do Polo Caruaru



Fonte: Frame de vídeo do G1 Caruaru (2023)

Esse cenário evidencia a necessidade de uma análise mais aprofundada das questões hídricas no bairro, levando em consideração tanto os fatores naturais quanto os impactos do crescimento urbano desordenado.

O planejamento urbano deve ser visto de forma integrada, reconhecendo que não há uma solução única que funcione para todas as situações, pois cada contexto urbano tem suas particularidades e desafios específicos. Como vimos, existem cenários com problemas semelhantes, mas também com diferenças importantes, o que torna essencial analisar cuidadosamente os dados e identificar as características de cada caso. Só assim será possível propor diretrizes eficazes, e não apenas respostas superficiais a questões como as variações climáticas.

Compreender a situação atual e seus problemas é fundamental, mas é ainda mais importante pensar no porvir. O planejamento urbano precisa antecipar cenários futuros, levando em conta os impactos das mudanças climáticas e as transformações que podem ocorrer. Por isso, é necessário que cidades como Caruaru desenvolvam uma resiliência que seja capaz de lidar tanto com os desafios do presente quanto com os que surgirão ao longo do tempo.

Essa resiliência precisa ser aplicada de maneira específica para cada bairro e comunidade, pois cada uma tem suas características próprias, que exigem soluções adaptadas. Dessa forma, o planejamento urbano deve respeitar as particularidades locais e garantir que as medidas adotadas sejam eficazes e sustentáveis a longo prazo.

A gestão de recursos hídricos urbanos é uma tarefa complexa que vai além da capacidade humana de controlar esses recursos, especialmente quando se trata de rios e riachos. Esses corpos d'água existiram muito antes da urbanização das cidades, e tentar controlá-los sem considerar suas características naturais pode gerar consequências indesejadas.

A água continuará a seguir seu curso, independentemente das intervenções humanas, como aterros ou construções ao longo de suas margens. Ignorar essa realidade é um erro, pois as inundações, frequentemente, são agravadas pela ocupação inadequada de áreas ribeirinhas. No caso de Caruaru, as inundações nos bairros próximos ao Riacho dos Mocós têm como uma das principais causas a urbanização desordenada dessas áreas. Inicialmente, o riacho não representava um problema, mas com o tempo, as chuvas mais intensas e as mudanças climáticas aumentaram os riscos, tornando evidente a necessidade urgente de medidas adequadas.

Em resumo, a solução para as inundações em Caruaru deve ser uma estratégia integrada, que não se restrinja a medidas pontuais, mas que envolva a participação ativa da população e a revisão das políticas públicas. O planejamento urbano precisa ser dinâmico e resiliente, levando em consideração as mudanças climáticas e seus impactos. Nesse contexto, soluções estruturais como a dragagem e a criação de parques esponja devem ser combinadas com ações sociais, como a realocação das famílias para áreas seguras, garantindo que a cidade se torne mais segura e sustentável. Além disso, é fundamental que as normas ambientais sejam

revistas para atender às novas demandas climáticas e urbanas. O sucesso dessa abordagem depende de uma atuação coordenada entre o poder público, a sociedade e as comunidades afetadas, com o objetivo de construir uma cidade mais segura, justa e resiliente para o futuro.

CONCLUSÃO

A pesquisa revelou, ao longo de sua análise histórica, que a cidade de Caruaru-PE enfrentou inúmeros desafios no que se refere à promoção de uma resiliência urbana eficaz contra inundações e eventos climáticos extremos, problemas que impactaram especialmente os bairros João Mota, Caiucá, Afonsinho, Boa Vista, Jardim Panorama e Nova Caruaru. Observou-se que o crescimento urbano desordenado, associado ao aterramento do Riacho dos Mocós, contribuiu de maneira significativa para a vulnerabilidade das áreas estudadas, acentuando os impactos das enchentes.

Essa análise evidenciou a ausência de implementações estruturais, como parques esponja, que poderiam ter oferecido uma resposta mais efetiva às ondas de calor e ao controle das inundações, apresentando-se como uma alternativa viável para a mitigação desses problemas. A análise concentrou-se em compreender o impacto dos padrões de expansão urbana, tanto ordenada quanto desordenada, e suas implicações nas inundações frequentes que assolam a região.

Assim, a pesquisa forneceu contribuições importantes para a área de estudos sobre resiliência urbana, ao ampliar o entendimento sobre como práticas urbanísticas inadequadas podem agravar problemas de inundações e ao propor soluções baseadas em infraestrutura verde, como os mencionados parques esponja. Essas estruturas representam uma estratégia para diminuir os riscos climáticos e, assim, fornece uma base para gestores públicos desenvolverem políticas de urbanização mais integradas e sensíveis ao curso natural dos rios, incentivando o uso de solos permeáveis como medida preventiva. Tais diretrizes emergem como necessárias para o planejamento urbano sustentável, uma vez que permitem que a cidade adote medidas que contemplem tanto as demandas ambientais quanto as necessidades da população.

Quanto às implicações práticas e teóricas, os resultados da pesquisa salientaram a importância de um planejamento urbano que vá além da simples infraestrutura física e inclua, de forma integrada, a colaboração entre diferentes setores, como a defesa civil, a legislação local e a comunidade, promovendo uma resposta mais abrangente e eficaz aos desafios climáticos. No âmbito teórico, o estudo aprofundou a compreensão dos impactos das mudanças climáticas sobre áreas urbanizadas e reforçou a necessidade de uma adaptação constante frente a essas variações, proporcionando uma base sólida para futuras pesquisas voltadas à urbanização adaptativa.

No entanto, a pesquisa encontrou algumas limitações, sendo a principal delas a baixa participação da população local, que, devido a experiências anteriores frustrantes com

projetos governamentais, mostrou-se resistente ao engajamento, o que acabou restringindo a coleta de dados qualitativos essenciais para uma compreensão mais aprofundada dos impactos sociais das inundações. Ademais, a crescente imprevisibilidade das variações climáticas também impôs desafios à análise dos padrões futuros, dificultando a formulação de projeções confiáveis acerca dos eventos extremos que poderiam afetar a área de estudo, o que limitou a capacidade de antecipação e planejamento adequado desses fenômenos.

Diante dessas limitações, sugere-se que futuras pesquisas adotem uma abordagem participativa mais engajada, envolvendo a comunidade desde as etapas iniciais do planejamento, com o intuito de fomentar o engajamento e reduzir o ceticismo da população. Além disso, seria valioso que essas pesquisas se aprofundassem em soluções baseadas na natureza, como o uso de sistemas de drenagem natural e áreas verdes que aumentem a permeabilidade do solo. O investimento em novas tecnologias de monitoramento climático também surge como uma recomendação importante, pois permitiria uma maior precisão nas previsões de eventos extremos.

Refletindo sobre os achados, percebe-se que entender as variações climáticas e reconhecer que elas impactaram e continuarão impactando a vida urbana demonstra a importância de intervenções urbanísticas, como os parques esponja, que oferecem um planejamento urbano mais eficiente e integrado. Essa compreensão evidencia que lidar com a imprevisibilidade climática demanda que as cidades considerem tanto as necessidades atuais quanto às incertezas futuras, num esforço constante para adaptação.

A pesquisa evidenciou, ainda, um paradoxo subjacente: a eficácia das estratégias urbanas somente se comprova sob condições extremas, que, idealmente, não deveriam ocorrer. Esse ciclo vicioso reflete um desafio constante para as políticas urbanas, indicando que, para que Caruaru e outras cidades brasileiras possam atingir a verdadeira resiliência, é necessário adotar uma abordagem ampla e integrada, que inclua fatores sociais, legislativos e ambientais no planejamento urbano, priorizando a adaptação colaborativa e constante diante das mudanças climáticas iminentes.

Dessa forma, o estudo se insere num contexto maior de busca por um futuro urbano mais seguro e sustentável, onde a cooperação entre poder público, comunidade e especialistas em urbanismo e climatologia é fundamental para enfrentar os desafios de um ambiente urbano em constante transformação.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC e dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 11 abr. 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e estabelece normas gerais sobre as áreas de preservação permanente, reserva legal e o uso sustentável dos recursos florestais.** Planalto.gov.br. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 08 nov. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e estabelece normas gerais sobre as áreas de preservação permanente, reserva legal e o uso sustentável dos recursos florestais.** Planalto.gov.br. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 08 nov. 2024.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Dispõe sobre o Código Florestal.** Planalto.gov.br. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771impresao.htm. Acesso em: 18 nov. 2024.

CALADO, C. B. **Análise da legislação urbanística face à implantação de produtos imobiliários de habitação vertical em cidades médias – o caso de Caruaru-PE.** Universidade Federal do Espírito Santo, p. 154, 2023.

CARUARU. **Lei nº 5.604, de 13 de janeiro de 2016.** Denomina bairro no município de Caruaru e dá outras providências - Bairro Severino Afonso. *Portal da Transparência - Câmara Municipal de Caruaru*, Caruaru, 13 jan. 2016.

CARUARU. Prefeitura Municipal de Caruaru. **Plano diretor de Caruaru.** Caruaru: Prefeitura de Caruaru, 2019.

CARUARU. Prefeitura Municipal de Caruaru. **Plano diretor de Caruaru.** Caruaru: Prefeitura de Caruaru, 2022.

CARUARU. Prefeitura Municipal de Caruaru. **Plano diretor de Caruaru.** Caruaru: Prefeitura de Caruaru, 2004

CARUARU. Prefeitura Municipal de Caruaru. **Plano diretor de Caruaru.** Caruaru: Prefeitura de Caruaru, 2022.

CLIMATE DATA. Clima caruaru: temperatura, tempo e dados climatológicos caruaru. **Climate-data.org.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/pernambuco/caruaru-34674/>. Acesso em: 16 set. 2024.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C.. **Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros.** Cadernos Metrôpole, v. 22, n. 48, p. 365–396, maio 2020.

ETEOLBLUE. **Dados históricos simulados de clima e tempo para caruaru** - meteoblue. meteoblue. Disponível em:

https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/caruaru_brasil_3402655. Acesso em: 20 set. 2024.

G. Defesa Civil realiza demolição de imóveis atingidos pelas chuvas no Loteamento Três Bandeiras. **G1**. Publicado em 24 mar. 2023. Acesso em: 4 nov. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2023/03/24/defesa-civil-realiza-demolicao-de-imoveis-atingidos-pelas-chuvas-no-loteamento-tres-bandeiras.ghtml>.

G1. Chuva provoca alagamento em condomínio de luxo em caruaru. **G1**. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2023/03/19/video-chuva-provoca-alagamento-em-condominio-de-luxo-em-caruaru.ghtml>. Acesso em: 8 nov. 2024.

G1. Condomínio fica alagado em caruaru. **G1**. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/video/condominio-fica-alagado-em-caruaru-11461584.ghtml>. Acesso em: 8 nov. 2024.

G1. **Média de isolamento social em Caruaru foi 16,5% menor que a recomendada na segunda-feira (25), apontam dados**. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2020/05/27/media-de-isolamento-social-em-caruaru-foi-165percent-menor-que-a-recomendada-na-segunda-feira-25-apontam-dados.ghtml>>. Acesso em: 8 nov. 2024

GOOGLE. **Google Street View**. Caruaru, Pernambuco. 2022. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 18 nov. 2024.

GOOGLE. **LC 101 – PLANO DIRETOR – ZONEAMENTO**. *Google Maps*. Disponível em: <https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=pt-BR&mid=1hEVywmv9qozoSI9SPDww81-1Zy3EEaE&ll=-8.204042203622318%2C-35.60009375712265&z=10>. Acesso em: 18 out. 2024.

KLUG, Letícia Becalli; MARENGO, Jose A.; LUEDEMANN, Gustavo. **Mudanças climáticas e os desafios brasileiros para implementação da nova agenda urbana**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9184.lued>

MANHÃ CIDADE – **Moradores do Severino Afonso destacam dificuldades após chuvas em Caruaru**. YouTube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5j3vnfRC3Gs>>. Acesso em: 8 nov. 2024

MANHÃ CIDADE – **Moradores do João Mota destacam dificuldades após fortes chuvas em Caruaru**. YouTube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wbF-5Fs_o3M>. Acesso em: 8 nov. 2024.

MARENGO, José; RAMÍREZ, Valverde; OBREGÓN, Guillermo. **Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo**. *Climate Research*, v. 57, p. 61-72, 2013. DOI: 10.3354/cr01160.

MARQUES, C.. **As permanências dos desafios ambientais nos espaços urbanos.** Revista Brasileira de Estudos de População, v. 31, n. 2, p. 483–489, jul. 2014.

MELO, Ericka. **APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima - Início.** APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas-rio-ipojuca/165-bacias-hidrograficas-rio-ipojuca/196-bacia-do-rio-ipojuca>>. Acesso em: 20 set. 2024.

MENDONÇA, M. B. DE .; GREGORIO, L. T. D.; ALFRADIQUE, C. DE O. S.. **Diagnóstico e discussão sobre Planos Municipais de Redução de Riscos no Brasil.** Ambiente & Sociedade, v. 26, p. e02072, 2023.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um pequeno planeta.** Barcelona: Gustavo Gili. 1997.

SATHLER, D.; PAIVA, J. C.; BAPTISTA, S. **Mudanças Climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e integradas de desenvolvimento do Brasil.** Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 29, n. 56, p. 262-286, 2019. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17875>.

SATHLER, D; PAIVA, J.C.; BRANT, T. **Cidades e mudanças climáticas: Iniciativas de planejamento urbano e de governança local nas regiões metropolitanas brasileiras.** In: XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais: População, Governança e Bem-estar, 2014, São Pedro. Anais do XIX ABEP: São Pedro, SP:ABEP, 2014.

SÉRGIO SALLES25 (SERGIOSALLES25). **Riacho dos Mocós transborda e a ponte de acesso ao bairro Afonsinho fica submersa. Noite de sábado (18) de muito transtornos para os moradores de Caruaru após fortes chuvas.** Vídeo: Reprodução/WhatsApp. Kwai. Disponível em: <<https://www.kwai.com/@sergiosalles25/video/5205748320283312702>>. Acesso em: 8 nov. 2024.

TITOPPLAY (TITOPPLAY202122). **Áudio original criado por titoplay. bairro do afonsinho caruaru pe vamos divulgar pra ajuda as pessoa meu povo.** Kwai. Disponível em: <<https://www.kwai.com/@titoplay202122/video/5190267196238747857>>. Acesso em: 8 nov. 2024.

TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Inpe.br. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso em: 20 set. 2024.