

Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas

BELEM DO PARÁ

RESUMO EXECUTIVO





ABRIL DE 2025

ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade

Rodrigo Perpétuo - Secretário Executivo
Rodrigo Corradi - Sec. Executivo Adjunto
Keila Ferreira - Coordenadora Técnica Brasil
Marília Israel - Coordenadora Técnica Regional
Isabela Barbosa - Coordenadora de Relação Institucionais e Advocacy
Isadora Buchala - Analista de Resiliência
Luisa Acauan Lorentz - Analista de Biodiversidade
Fernanda Gouveia - Analista de Comunicação
Fernanda Amorim - Assistente Regional de Relações Institucionais e Advocacy
Tiago Mello - Analista Técnico Regional
Jhonathan Freitas - Assistente de Comunicação
Gustavo Barbosa - Assistente de Comunicação

Colaboração

Bráulio Diaz
Gil Scatena
Rodrigo Nehara

Prefeitura Municipal de Belém - PA

Igor Wander Centeno Normando - Prefeito Municipal de Belém (PMB)
Cassio Coelho Andrade - Vice- Prefeito
Juliana Nobre Pinheiro - Secretária Municipal de Meio Ambiente
Humberto Bozi Spindola - Secretário Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão

Equipe de Revisão e Finalização do Documento

Ramyle Pontes Soares - Superintendente SEMMA
Larissa Rabêlo da Silva - Assessora Técnica SEMMA
Jorge dos Santos Pinho - Diretor de Projetos e Paisagismo, SEMMA
Naiane Machado dos Santos - Diretora de Controle Ambiental, SEMMA
Antonio Carlos de Jesus dos Santos - Assessor de Comunicação, SEMMA /Secom
Ingrid Tatiany Ribeiro de Souza Mendes - Diretora de Desenvolvimento Municipal, SEGEP
Alice da Silva Rodrigues Rosas - SEGEP
Davina Bernardete Oliveira Lima - SEGEP

Equipe de Elaboração do documento

Edmilson Brito Rodrigues
João Cláudio Tupinambá Arroyo
Christiane Ferreira da Silva
Alana Canosa do Nascimento
Alexandre de Souza Mesquita
Alice da Silva Rodrigues Rosa
Ana Luiza de Araújo e Silva
Davina Bernardete Oliveira Lima
David Figueiredo Ferreira Filho
Eliana Bogéa
Ellen Karen Borges Bezerra
Ewerton Moraes Aood
José Akel Fares Filho
Mauro Gilberto Ribeiro da Costa
Nathália Obando Maia Mendes
Rubens Fagundes de Vilhena

Contribuições

Sérgio Brazão e Silva - Fórum Municipal de Mudanças Climáticas (FMMCB)
Homero Reis de Melo Junior - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)
Nathália Obando Maia Mendes - Engenheira Ambiental

Design e ilustração

Jambo Estúdio

APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta uma síntese dos resultados obtidos no desenvolvimento da Análise de Risco e Vulnerabilidade de Belém, como parte do Projeto Nature-Based-Cities: Biodiversidade e Resiliência Climática para o Desenvolvimento Urbano (NBCities), implementado pelo ICLEI América do Sul e financiado pelo Global Ecosystem based Adaptation (EbA) Fund. O projeto NBCities busca promover a integração das agendas de conservação da biodiversidade e ação climática nas políticas locais da cidade de Belém do Pará.

Localizada na Região Amazônica e uma das capitais mais importantes do Brasil, a cidade foi escolhida para sediar a Conferência Mundial do Clima, a COP 30, em 2025. Por meio de uma abordagem de Adaptação baseada em Ecossistemas, o projeto NBCities, que teve início em Junho de 2023, buscou apoiar o fortalecimento do planejamento baseado em evidências para a integração das agendas de clima e biodiversidade na cidade.

ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade

Rede global de mais de 2.500 governos locais e regionais comprometida com o desenvolvimento urbano sustentável. Ativa em mais de 125 países, na América do Sul, a rede do ICLEI conecta membros em oito países da região a este movimento global. Influenciamos as políticas de sustentabilidade e impulsionamos a ação local para o desenvolvimento de baixo carbono, baseado na natureza, equitativo, resiliente e circular.

Prefeitura Municipal de Belém

O projeto contou com a colaboração do corpo técnico da Prefeitura Municipal de Belém, com destaque para o apoio direto da Secretaria de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Fórum Municipal de Mudanças Climáticas e Defesa Civil. Ainda, contou com a colaboração de parceiros da municipalidade como o Herbário HF Prof^a. Normélia Vasconcelos da Universidade Federal do Pará (UFPA), a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Agência da ONU para Refugiados (ACNUR).

Global EbA Fund

Mecanismo de financiamento catalítico para apoiar abordagens inovadoras para Adaptação baseada em Ecossistemas, a fim de criar ambientes favoráveis para sua integração e expansão. O fundo é financiado pela Iniciativa Internacional do Clima (IKI) do Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente, Conservação da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção ao Consumidor (BMUV) e co-administrado pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) e parceiros. Saiba mais sobre o Fundo pelo site: globalebafund.org



PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM

Belém, a capital do estado do Pará, carrega em sua essência tradição e modernidade. Preserva a rica herança cultural e histórica. Conhecida hoje como a “Capital da Amazônia”, a cidade se destaca pela arquitetura colonial, com ícones como o Mercado Ver-o-Peso e o Theatro da Paz, símbolos do auge do ciclo da borracha que se somam ao cenário cosmopolita. A cultura local é vibrante, embalada primordialmente pelo Círio de Nazaré, a maior manifestação religiosa do mundo celebrada no segundo domingo do mês de outubro. A gastronomia da cidade é referência mundial com o selo “Belém Cidade Criativa da Gastronomia”, da Unesco (apenas quatro cidades possuem esse título), que faz jus à culinária única, evidenciada pelo açaí, o tacacá e o pato no tucupi. Belém preserva seus encantos naturais, como o Parque Estadual do Utinga, a orla da Baía do Guajará e o Jardim Zoológico da Amazônia Bosque Rodrigues Alves, que oferecem refúgio para a fauna, a flora e seus cidadãos em meio à agitação da cidade.

Belém é a cidade do Brasil que mais recebeu investimentos públicos nos últimos anos e, em novembro de 2025, vai receber a 30ª edição da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (COP-30), um dos principais eventos do mundo que trata do tema. A cidade vive um momento de transformação e combina sua rica herança cultural e natural com o polo de desenvolvimento, o crescimento econômico e as políticas de inovação e sustentabilidade, como o projeto Cidade Verde que vai plantar 10 mil mudas por ano nos próximos quatro anos com o objetivo de expandir a área verde urbana da cidade. A realização da COP-30 em 2025 reforça o papel global da cidade no debate sobre mudanças climáticas e o futuro sustentável da Amazônia.

Igor Wander Centeno Normando

Prefeito de Belém

ICLEI AMÉRICA DO SUL

Belém, a capital do Estado do Pará, associou-se ao ICLEI em 2022 com o objetivo de promover um desenvolvimento urbano de baixo carbono, adaptado às mudanças climáticas e alinhado com a sustentabilidade, a biodiversidade urbana e a inclusão de populações vulneráveis. A cidade se destaca ainda mais na agenda internacional, após ser nomeada como sede da COP30, o que reforça a relevância de uma agenda de desenvolvimento sustentável.

Este documento apresenta uma síntese dos resultados obtidos na Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) de Belém, realizada como parte do Projeto Nature-Based-Cities: Biodiversidade e Resiliência Climática para o Desenvolvimento Urbano (NBCities). O projeto, implementado pelo ICLEI América do Sul e financiado pelo Global Ecosystem-based Adaptation (EbA) Fund, buscou fortalecer o planejamento baseado em evidências para a integração das questões climáticas e de biodiversidade no desenvolvimento urbano de Belém.

Construída em conjunto com a Prefeitura e parceiros, a ARVC de Belém focou em três riscos climáticos prioritários para a cidade - inundações, erosão costeira e fenômenos de ilhas de calor -, levando em consideração a exposição da população e da infraestrutura, bem como as ameaças futuras decorrentes das mudanças climáticas. Os resultados dessa análise ajudarão a embasar a formulação de políticas públicas que aumentem a resiliência e promovam um futuro sustentável para Belém. Este processo também reforça o compromisso da cidade com a ação climática, principalmente com a perspectiva da COP30, em 2025.

Boa leitura!

Rodrigo Perpétuo

Secretário Executivo ICLEI América do Sul

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Belém: uma visão geral do território	5
2.1 Caracterização ambiental	5
2.2 Caracterização da ocupação e uso do solo	6
2.3 Caracterização socioeconômica	7
2.4 Caracterização sobre a ocorrência de desastres	7
3. A Metodologia da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC)	8
3.1 Composição dos modelos	8
3.2 Tratamento de dados	9
3.3 A construção da ARVC de Belém	10
3.4 Aplicação da ferramenta Scorecard	11
4. Principais Resultados	12
4.1 Inundação	12
4.2 Erosão costeira	15
4.3 Ilhas de calor	18
4.4 Risco crítico	21
5. Ferramenta Scorecard: condições da governança local para a resiliência frente a desastres	22
6. Mapa síntese ilustrado	25
7. Conclusão: cenários e janelas de oportunidade	27
8. Referências	30
9. Conceitos-chave	31
10. Siglas	32

1 Introdução

A mudança do clima é um dos desafios mais complexos deste século. O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6 - IPCC, 2021) aponta que a ação humana tem grande contribuição ao aquecimento global, por meio de atividades emissoras de Gases Efeito Estufa (GEE). O modelo atual de desenvolvimento urbano tem gerado diversas pressões sobre os ecossistemas da Terra, acelerando a crise de perda de biodiversidade, que se entrelaça ao contexto atual de emergência climática.

O cenário de desequilíbrio climático provoca o aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos considerados extremos como inundações pluviais e fluviais, deslizamentos, longos períodos de secas, ondas de calor, além do aquecimento e elevação do nível médio do mar. Esses e outros eventos impactam os territórios de diferentes maneiras em cada região do planeta.

Em países do sul global como o Brasil, os altos índices de desigualdade social e pobreza ampliam a vulnerabilidade às mudanças do clima, diante da menor capacidade de adaptação da população aos eventos climáticos extremos. O Pará, um estado vasto e ricamente biodiverso no norte do Brasil, enfrenta desafios significativos relacionados às mudanças climáticas associados à perda de biodiversidade. O desmatamento acelerado e outras mudanças no uso da terra comprometem suas florestas tropicais, que são vitais para a regulação climática global. Diante desse cenário, o estado vem buscando ações para sair da condição de um dos maiores emissores de CO² do Brasil, para se posicionar na vanguarda da ação climática.

Em escala municipal, o impacto dos eventos climáticos varia de acordo não só com fatores ambientais, mas também com a infraestrutura da cidade e uso e ocupação do solo. Há urgência em desenvolver mecanismos institucionais de ação para a **adaptação dos ambientes urbanos** (AR5 - IPCC, 2015), posicionando a temática de adaptação e resiliência dos territórios urbanos como prioridade. Nesse sentido, a cidade de Belém também vem adotando medidas próprias para alavancar a agenda climática em nível local.

A cidade associou-se ao ICLEI em 2022, a fim de avançar na promoção de políticas públicas e ações para um desenvolvimento sustentável, socialmente inclusivo, em harmonia com a natureza e resiliente à mudança do clima. Belém tem buscado o fortalecimento de uma

estratégia coletiva para a sustentabilidade e apoio à conformidade climática, tendo realizado seu primeiro Inventário de Emissões de Gases Efeito Estufa com o ICLEI em 2023.

No mesmo ano, foi iniciado o projeto NBCities - Nature-based Cities, sendo um de seus pilares o fortalecimento de capacidades e planejamento baseado em dados. Desenvolvida no âmbito do NBCities, a Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas (ARVC) identifica as principais ameaças climáticas, o nível de exposição da população e das infraestruturas, além da vulnerabilidade do território, indicando assim o risco climático atual e futuro. Além disso, a ARVC também conta com a análise da governança climática local por meio da ferramenta Scorecard da Iniciativa Construindo Cidades Resilientes 2030 - MCR2030.

Muitos são os riscos relacionados à mudança climática. Cada território, a depender de seus diferentes condicionantes, é impactado de maneira específica. Para atender às questões observadas e mais discutidas na cidade de Belém, em conjunto com a Prefeitura, foram definidos um conjunto de três riscos climáticos para análise:



INUNDAÇÕES



EROSÃO COSTEIRA



ILHAS DE CALOR

Com isso, ao final, são obtidos resultados sobre os riscos climáticos na cidade de Belém que, em conjunto com as recomendações apresentadas, estruturam um documento robusto de apoio à formulação de políticas públicas para a adaptação urbana e o aumento da capacidade de resiliência municipal. Nessa ótica, esta ARVC foi utilizada por Belém para realizar seu Plano de Ação Climática de forma que, de imediato, se constituiu como um instrumento de diagnóstico que já está sendo utilizado para planejar ações de redução de risco. Isto posto, adicionamos que, nas Ações elencadas no PLAC, somou-se aos riscos aqui mapeados a importância de se planejar a cidade para o risco de Arbovirose, que futuramente, quando mapeado, deve ser objeto de reconhecimento junto aos riscos já reconhecidos, bem como sua sobreposição na observação do que chamamos aqui como “Risco Crítico”.

2

Belém: uma visão geral do território

Belém está localizada na Amazônia ocidental brasileira e ao nordeste do estado do Pará (Figura 1). Capital do estado, é uma das mais importantes cidades amazônicas e, junto de outros sete municípios, compõem a Região Metropolitana de Belém (RMB). A cidade possui 1.059,458 km² de extensão territorial (o que corresponde a cerca de 0.08% do território paraense)

A cidade contém 72 bairros divididos em oito distritos administrativos:

Belém (DABEL)

Benguí (DABEN)

Entroncamento (DAENT)

Guamá (DAGUA)

Icoaraci (DAICO)

Mosqueiro (DAMOS)

Outeiro (DAOUT)

Sacramenta (DASAC)

O município divide-se entre uma porção continental, correspondente a 34,36% (17.378,63 ha) da área total, e uma porção insular, composta por 39 ilhas, que correspondem a 65,64% (33.203,67 ha) de sua área total. A maioria destas ilhas são densamente florestadas e têm baixa densidade populacional, com exceção de Mosqueiro, Caratateua (Outeiro) e Cotijuba, que possuem áreas urbanizadas e maior contingente populacional. De maneira geral, as ilhas desempenham um papel fundamental na paisagem da cidade, refletindo sua realidade ribeirinha atravessada por rios, furos, igarapés e canais de maré.

2.1 Caracterização ambiental

Situada em uma configuração de planície, suas terras baixas estão a apenas 4 metros acima do nível do mar, enquanto as porções mais elevadas alcançam 16 metros (Cardoso et al., 2023). De clima tropical chuvoso, a precipitação média anual é 3.308 mm, com um verão chuvoso em que, de janeiro a março, a média mensal ultrapassa 390mm, enquanto que agosto e setembro são os meses com menores níveis de precipitação, com média mensal inferior a 130mm (INMET, 2022).

FIGURA 1 - Localização de Belém e sua Região Metropolitana, Pará

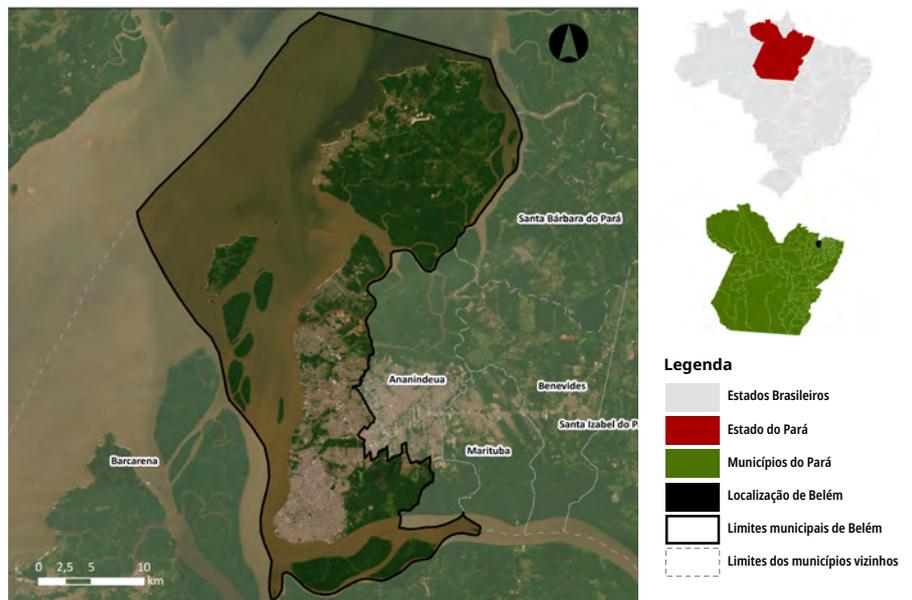
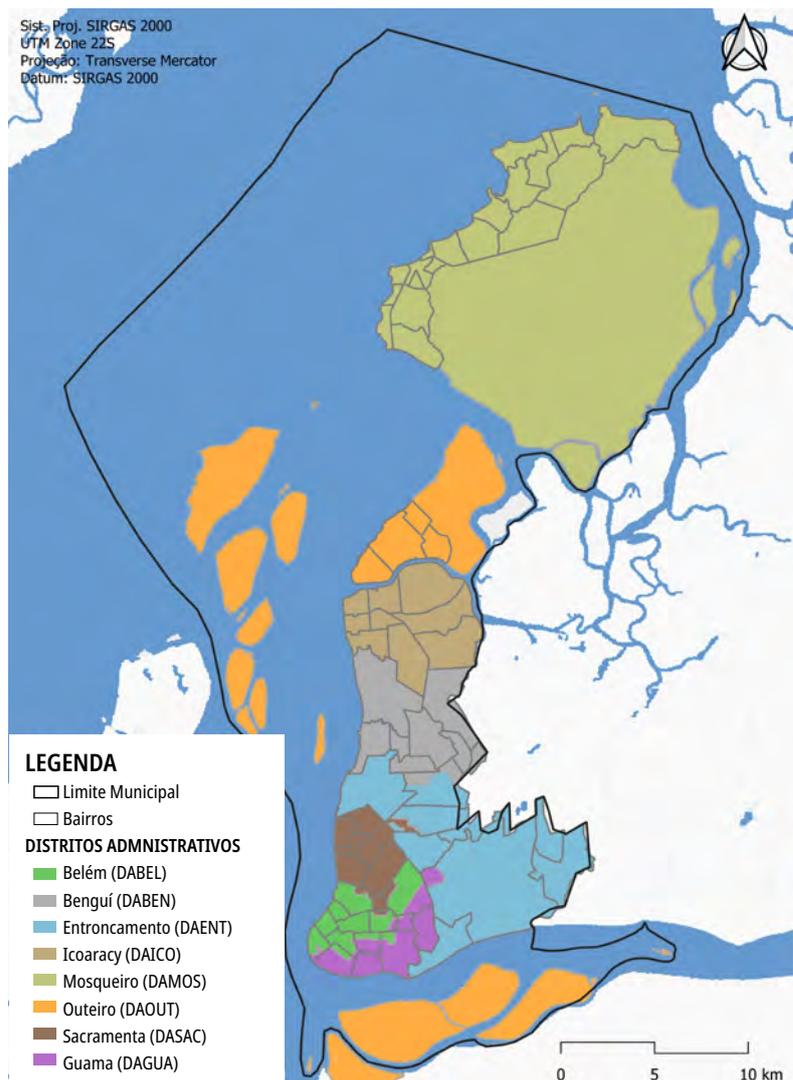


FIGURA 2 - Divisão administrativa de Belém, PA



Localizada no encontro do Rio Guamá e da Baía do Guajará, que integra o Golfão Marajoara, a cidade está sujeita ao regime de marés diárias oceânicas e é entrecortada por inúmeros cursos d'água e suas respectivas várzeas (Gonçalves, 2016). Na região, alguns dos rios mais relevantes são o Maguari, Aurá, Guamá, Murubira e Pratiquera, além de vários igarapés que se encontram com os cursos d'água principais. Também são significativas as baías do Marajó, Santo Antônio e Sol.

FIGURA 3 - Alguns dos principais corpos hídricos em Belém, PA



Os fragmentos de vegetação natural de Belém são caracterizados como florestas de Terra Firme e de Várzea, ambas incorporadas aos tipos densos de vegetação Ombrófila (Tavares, 2019). A capital paraense está dentro do Centro de Endemismo Belém (CEB), uma das regiões mais ricas da Amazônia em termos de biodiversidade. Ao mesmo tempo, é também uma das regiões com mais desafios em termos de proteção e recuperação dos ecossistemas, visto que se trata da área onde começou a ocupação humana na Amazônia e hoje é mais densamente povoada.

2.2 Caracterização da ocupação e uso do solo

Atualmente, a proporção de uso e cobertura do solo em Belém se distribui em: 31% de formação florestal, 28% de floresta alagável, 27% de áreas urbanizadas, 9% de mosaico de pastagem, 3% de mangue, 2% de campo alagado e áreas pantanosas (Figura 4). Não há traços significativos de agricultura (MapBiomias, 2020), o que condiz com a dimensão relativamente pequena da área rural do município, da ordem de 6 mil hectares (Instituto Escolhas, 2022).

Figura 4 - Uso e Ocupação do Solo em Belém, PA (2020)

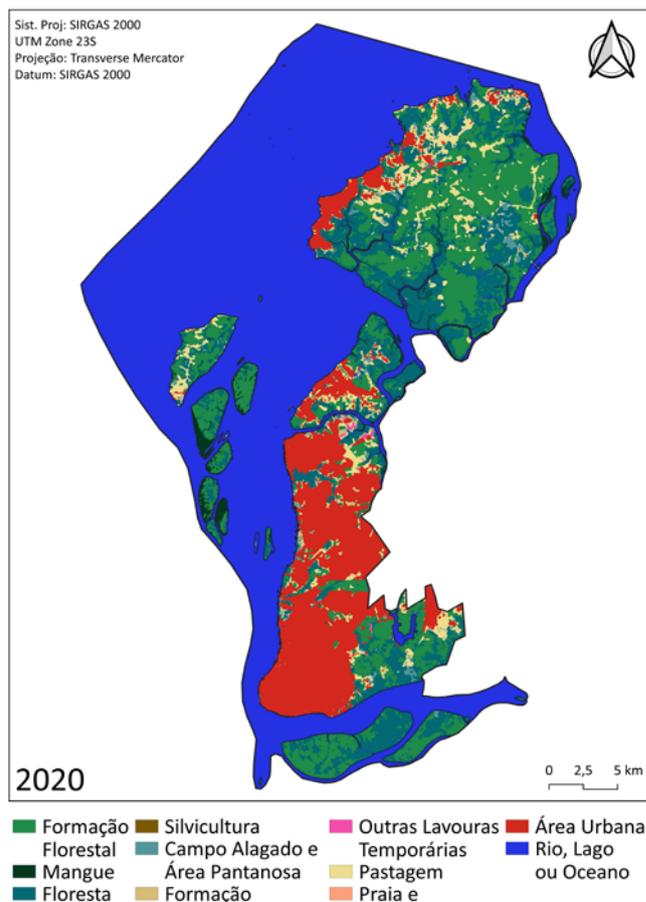
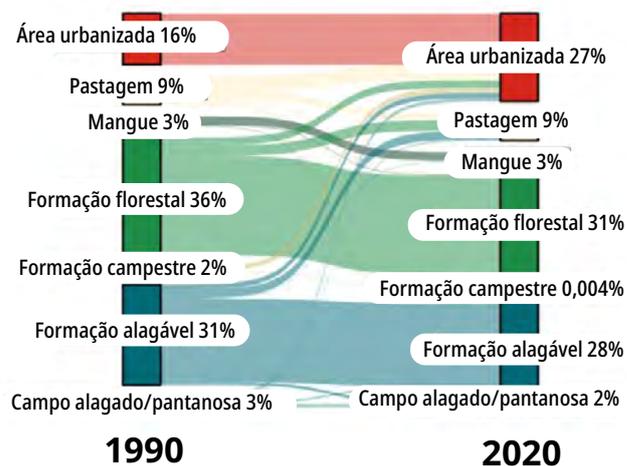


FIGURA 5 - Gráfico de Sankey - Conversão do uso do solo. Fonte: Adaptado de MapBiomias (2020)



Nota-se a expansão urbana ao longo do tempo, fenômeno comum à maioria das grandes cidades brasileiras, bem como a retração das classes naturais de uso e cobertura do solo (Figura 5). Atributos naturais tiveram um papel essencial na própria formação e configuração da cidade, pois foi em diálogo e conflito com as matas e, principalmente rios e corpos d'água que a cidade se expandiu, ora em prejuízo desses atributos, ora se adaptando a eles, resultando nas atuais características territoriais, culturais e socioeconômicas de Belém.

2.3 Caracterização socioeconômica

A população total de Belém foi estimada em 1.303.403 habitantes (IBGE, 2022). Segundo o Anuário Estatístico do Município de Belém 2020, embora a maior parte da área total do município seja classificada como zona rural (258,11 Km²), a quase totalidade dessa população (99% de acordo com o Censo de 2010) reside na zona urbana (250,20 Km²), que está majoritariamente na porção continental do município. Isso reforça a importância de considerar a perspectiva urbana da Amazônia no debate sobre desenvolvimento sustentável e planejamento urbano integrado à natureza.

Em 2021, a cidade alcançou o PIB de R\$33,4 bilhões, representando 12,7% do PIB estadual. Por outro lado, o índice de Gini, que mede o grau de concentração de renda em determinado grupo, vem indicando uma ampliação da desigualdade em Belém. Enquanto 0 corresponde à completa igualdade e 1, à completa desigualdade, na cidade, o valor desse indicador foi de 0,44 em 2003 para 0,61 em 2010. O setor de serviços teve contribuição de 53% para a economia municipal, sendo o turismo uma atividade especialmente importante (FAPESPA, 2024). Além do turismo religioso, com destaque para a procissão do Círio de Nazaré, o ecoturismo tem se desenvolvido, impulsionado pelas riquezas naturais, incluindo o turismo fluvial.

2.4 Caracterização sobre a ocorrência de desastres

Há dois fatores principais que contribuem para uma maior suscetibilidade de Belém a desastres hidrológicos: O perfil climático de chuvas intensas com a alta umidade ao longo do ano; e o perfil geográfico, com grandes áreas de baixa altitude e a proximidade de rios e canais. De acordo com o Atlas Digital de Desastres no Brasil, entre os anos de 2018 a 2023, foram registrados 34 ocorrências de desastres no município de Belém, dos quais 8 são do tipo alagamentos. No período, foram contabilizados 23 óbitos e um total de 100,82 mil pessoas afetadas, com cerca de 456 desabrigados e desalojados, causando um prejuízo público de 21,82 milhões de reais (MIDR, 2024). Ainda, o mapeamento de áreas de risco geológico, parceria da Comissão de Defesa Civil de Belém com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, identificou 125 áreas de risco, sendo que 76 correspondem a áreas com risco à inundação e alagamentos e outras 49 áreas de risco à erosão costeira (CPRM, 2021).

As mudanças climáticas têm o potencial de alterar e tornar mais crítico o cenário de desastres em Belém, impactando a frequência, intensidade e abrangência dos eventos adversos que já afetam a cidade. Frente a esse cenário, é crucial compreender os riscos climáticos atuais e futuros para que seja investido em soluções de adaptação climática. O cenário da mudança do clima é preocupante particularmente do ponto de vista da exacerbação das desigualdades sociais, visto que as populações mais pobres, que geralmente vivem em áreas de maior risco (próximas a rios ou em terrenos vulneráveis), são as mais expostas a desastres. Com a intensificação dos eventos climáticos extremos, essas comunidades podem ser deslocadas ou sofrer perdas econômicas e de saúde mais severas, o que reforça a importância de integrar uma lente de justiça climática às análises sobre riscos.

JUSTIÇA CLIMÁTICA EM ANÁLISES CLIMÁTICAS

O tema da **justiça climática** é um conceito central para o entendimento das desigualdades e vulnerabilidades exacerbadas pela mudança climática. Apesar de afetar a toda a sociedade, a distribuição dos impactos da crise climática é desigual, incidindo de forma desproporcional sobre determinados grupos sociais vulnerabilizados. Os efeitos da crise climática se somam a questões ligadas à pobreza, acesso à educação e a infraestrutura e a recursos que não dependem apenas da condição econômica, mas também de fatores como gênero, raça e etnia, idade, mobilidade, e outros. Quando sobrepostos, geram situações de profunda desigualdade em termos de capacidades de adaptação aos efeitos da mudança climática (GÊNERO E CLIMA e OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2022).

Portanto, desde uma lente de justiça climática, toda ação de mitigação ou adaptação climática deve levar em consideração as desigualdades de condições que países e pessoas encontram para se defender dos impactos da mudança climática. Isso implica que, como insumos relevantes para o desenho de políticas públicas, os diagnósticos climáticos devem incorporar análises que abarquem a consideração dos diferentes marcadores sociais que estão relacionados às vulnerabilidades diferenciadas.

É por isso que integrar as dimensões de **exposição** e **sensibilidade** é tão relevante. Esse processo permite considerar os contextos e capacidades específicas diante dos eventos climáticos desde o início da análise de risco, proporcionando assim uma compreensão dos riscos climáticos que oferece maior potencial para o avanço da justiça climática, priorizando áreas de maior vulnerabilidade.



A metodologia da Análise de risco e Vulnerabilidades Climáticas (ARVC)

O processo metodológico da Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas (ARVC) baseia-se em orientações e normativas de nível internacional e nacional, como os últimos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2015; IPCC, 2023), os manuais de vulnerabilidade da rede alemã GIZ (2014; 2017) e o indicador de resiliência a desastres para cidades da Iniciativa Construindo Cidades Resilientes (ou, em inglês, Making Cities Resilient - MCR 2030), liderada pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos (ou, em inglês, United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR), além de pesquisas científicas recentes (MELLO, 2021; BUCHALA, 2022) e estudos do Governo Federal Brasileiro (MMA, 2018).

Assim, o processo metodológico da ARVC é dividido em um momento de capacitação e sensibilização de atores, um segundo momento de levantamento de informações e análise de dados georreferenciados, seguidos pela etapa final de elaboração do relatório que sumariza todos os resultados obtidos.

3.1 Composição dos modelos

A ARVC é um estudo estratégico do território focado em analisar os fenômenos de possíveis desastres a partir de seus componentes integrantes. Com isso, é observado o conjunto de ameaças relacionadas aos eventos climáticos; os elementos de exposição relacionados aos sistemas ambientais e socioeconômicos, além da infraestrutura local; e, por fim, a vulnerabilidade territorial de cidades ou regiões, que é o conjunto da sensibilidade ou suscetibilidade local com a capacidade adaptativa frente às ameaças climáticas.

A **ameaça** é compreendida como a probabilidade de ocorrência de um evento natural ou fisicamente induzido pelo ser humano, impacto físico ou tendência a este que pode causar perdas e danos, como inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor, secas, aumento do nível do mar, entre outros.

A **exposição** diz respeito à presença de infraestruturas e operações que podem ser adversamente afetadas. Incluem-se aqui fatores como a concentração de pessoas, existência de áreas agrícolas e ecossistemas que possam ser afetadas negativamente pela mudança climática.

Já a **vulnerabilidade** engloba uma variedade de elementos, sendo um balanço entre a **sensibilidade** ou suscetibilidade da região a danos e sua **capacidade adaptativa** para lidar, responder e se preparar frente à mudança climática.



FIGURA 6 - Composição do risco climático conforme metodologia do IPCC



3.2 Tratamento de dados

Para a elaboração dos mapas de risco, um conjunto de dados foi levantado com vistas à obtenção de informações climáticas, físico-morfológicas, sociais, ambientais e de infraestrutura local. Parte considerável dessas informações pode ser obtida a partir de portais estaduais, nacionais e internacionais abertos (por exemplo, litologia, hidrografia, dados censitários, uso e cobertura da terra); enquanto as informações de caráter estritamente local (por exemplo, infraestruturas de contenção, localização de equipamentos públicos) foram solicitadas ao governo municipal de Belém.

Os dados levantados são necessariamente de estruturas e naturezas diversas - tabelas, índices, imagens, vetores, etc. Todos são espacializados no território e adequados a um mesmo sistema de projeção geográfica. Para que informações como precipitação, densidade demográfica e presença de infraestruturas urbanas possam ser cruzadas e traduzidas em um índice, todos os dados são normalizados segundo um mesmo critério, a fim de que se tornem indicadores. Esses indicadores são então alocados à lógica dos componentes de risco:

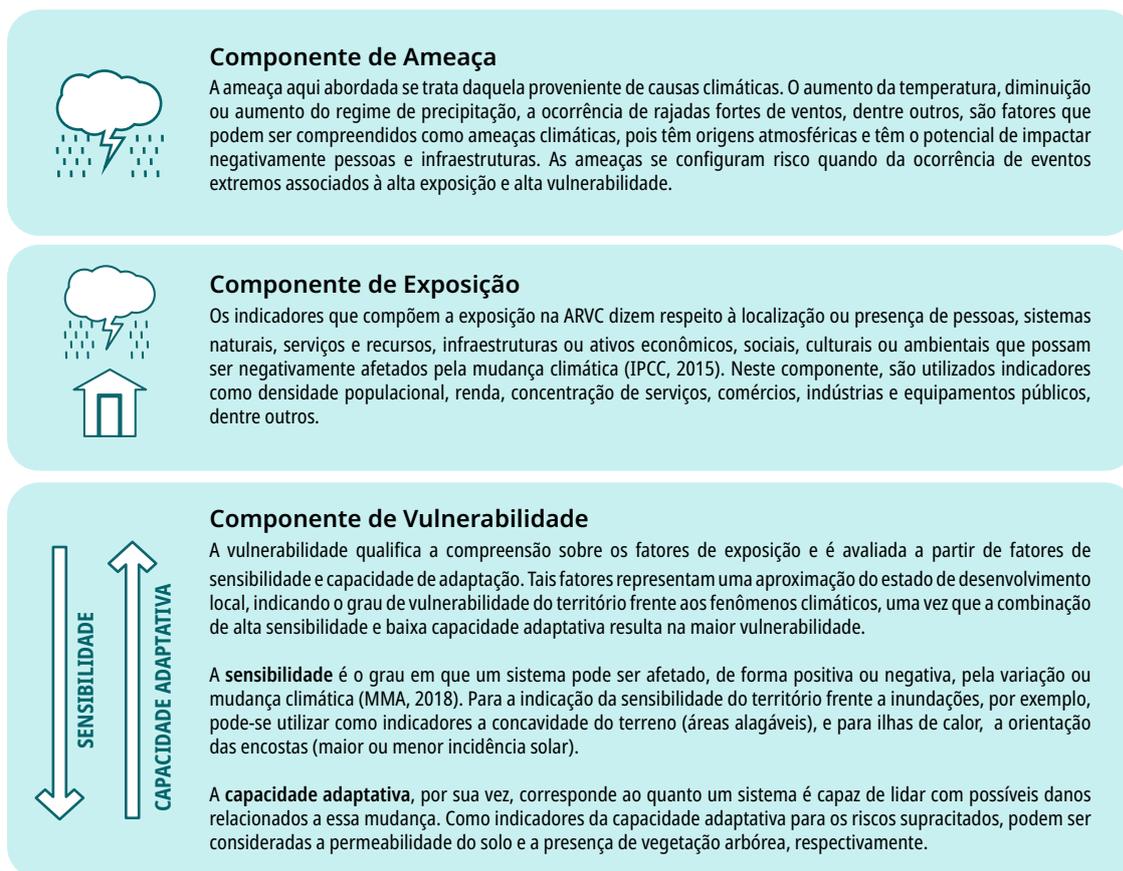


FIGURA 7 - Ilustração do risco climático e interação entre seus componentes.



Fonte: Adaptado do IPCC. 2015

Risco Climático Crítico

Após a finalização da modelagem dos riscos individuais, é realizada a etapa de análise integrada do território. Neste momento, os mapas são cruzados e é feita uma média dos índices em ambiente SIG, de forma a favorecer a compreensão da ocorrência simultânea de riscos. O processo é realizado para os modelos da situação atual dos municípios e de seus possíveis cenários futuros.

A etapa não diminui a importância das análises dos riscos específicos, mas dá maior robustez à ARVC na medida em que permite a ampliação da compreensão das áreas do território atingidas por diferentes riscos climáticos e que, portanto, apresentam alta necessidade de intervenção.

3.3 A construção da ARVC de Belém

O processo de elaboração da ARVC de Belém iniciou-se portanto com o levantamento de dados gerais sobre o território e a contextualização de riscos observados no município. Para a ARVC de Belém foram analisados três riscos climáticos: inundações, erosão costeira e o fenômeno de ilhas de calor, selecionados a partir de alinhamentos realizados com a municipalidade e na oficina de mapeamento participativo.



INUNDAÇÃO

De acordo com as variações do regime hidrológico, as margens dos rios e córregos podem apresentar cenários naturais de enchentes, com a água inundando essas áreas de várzea em diferentes magnitudes (Benatti, 2016). No entanto, há também alagamentos que acontecem na drenagem urbana por causa do efeito da impermeabilização do solo, das obstruções ao escoamento ou da canalização do escoamento (Tucci, 2005). Este estudo considerou ambas as abordagens.



EROSÃO COSTEIRA

É o processo natural de desgaste e retirada de sedimentos (como areia, solo e rochas) das áreas costeiras devido à ação de forças naturais, como marés e ventos (Souza et al., 2005). No entanto, o processo erosivo pode ser influenciado e acelerado pelas ações humanas, dependendo do uso e das formas de ocupação do solo nas áreas costeiras.



ILHAS DE CALOR

Trata-se de um fenômeno antrópico relativo à diferença de temperatura observada entre áreas com diferentes padrões de adensamento e urbanização (Oke et al, 2017). O calor acumulado no período de exposição solar e em função das atividades humanas, fica retido nas superfícies e não consegue se dissipar durante o período noturno. Isso está associado, por exemplo, ao excesso de revestimento asfáltico e à falta de arborização. As ilhas de calor relacionam-se às ondas de calor, fenômeno meteorológico de grande escala, intensificando os impactos relativos às temperaturas extremas. Embora as ondas de calor sejam fenômenos naturais, a frequência, intensidade e duração desses eventos tem aumentado em função da mudança climática.

Conforme apresentado, os riscos climáticos são analisados a partir dos componentes de **ameaça, exposição e vulnerabilidade**, sendo que cada componente conta com indicadores de análise. Nesse sentido, para a compreensão da análise de risco climático, faz-se importante, primeiramente, compreender os elementos envolvidos nessa análise e como eles são calculados e analisados para cada risco. A relação de indicadores, bem como suas definições e respectivas fontes, encontra-se nas seções específicas de cada risco.

A **análise dos resultados** foi realizada a partir das manchas de risco alto e muito alto, identificadas com base na densidade populacional e na exposição climática dos bairros. O critério principal para delimitar essas manchas considera que as áreas de maior densidade populacional concentram mais pessoas expostas aos riscos, sendo, portanto, zonas prioritárias para intervenções e mitigação de impactos. Além disso, avaliam-se os indicadores dessas manchas de risco alto e muito alto, que ajudam a compreender os fatores específicos que tornam essas áreas particularmente vulneráveis. O objetivo principal desse recorte é identificar as regiões de possível maior gravidade, estabelecendo um recorte de áreas prioritárias para a governança local, embora isso não exclua a importância da consideração de cada risco em toda a cobertura municipal.

Para realização da ARVC, realizou-se uma série de atividades técnicas e participativas com o Grupo de Trabalho, instância de governança executiva, composto por representantes de órgãos e secretarias do Município, e com o Fórum Municipal de Mudanças Climáticas de Belém (FMMCB), instância de participação social ampliada, composto por representantes do setor privado e da sociedade civil. Esse arranjo de Governança Climática foi instituído pelo Decreto Municipal n.º 1.163, de 15 de março de 2024.

RESUMO DAS ETAPAS METODOLÓGICAS APLICADAS EM BELÉM:

REUNIÃO VIRTUAL
de sensibilização do
Grupo de Trabalho

LANÇAMENTO E COLETA DE DADOS
juntamente com a Prefeitura
Municipal e em bases de dados
internacionais e nacionais

VISITAS TÉCNICAS em pontos que
identificam maior vulnerabilidade
à ocorrência de riscos e
desastres climáticos

OFICINA PRESENCIAL com a Prefeitura de
Belém e Fórum Municipal de Mudanças
Climáticas (FMMCB), para mapeamento
participativo dos riscos e desastres
climáticos da cidade

APRESENTAÇÃO em oficina presencial
dos resultados preliminares à
Prefeitura e FMMCB
para validação

OFICINA PRESENCIAL, com a Prefeitura
de Belém e FMMCB, para discussão
sobre as ações de adaptação da cidade
e aplicação da ferramenta Scorecard
da iniciativa MCR 2030
com a UNDRR

TRATAMENTO E
GEOPROCESSAMENTO DOS DADOS
coletados com a utilização
de SIG

DESENVOLVIMENTO DA AVALIAÇÃO
DE CENÁRIOS, identificando as
possibilidades futuras, para
o ano de 2040

ANÁLISE FINAL DOS
DADOS GERADOS

ELABORAÇÃO E ENTREGA
do relatório final e resumo executivo

O mapeamento participativo realizado por meio de uma oficina contou com representantes de diversas secretarias e integrantes da sociedade civil que compõem o FMCCB. Nessa oficina foram dispostos mapas para que os participantes indicassem pontos de ocorrência de riscos e desastres climáticos. O objetivo dessa dinâmica foi compreender a percepção da comunidade a respeito dos riscos que impactam o território.

Por fim, foram analisados cenários de possibilidades futuras, para identificar em que medida os riscos de eventos climáticos extremos serão aumentados em cenários futuros, caso não sejam implementadas medidas de adaptação para aumentar a resiliência da cidade.

3.4 Aplicação da ferramenta Scorecard

Além da condução das etapas relacionadas à ARVC, de maneira complementar, foi aplicada o Scorecard, ferramenta que consiste em uma autoavaliação de governança local para a resiliência frente a desastres a nível local, desenvolvida no âmbito da Iniciativa Construindo Cidades Resilientes 2030 (ou, em inglês, Making Cities Resilient - MCR 2030). A Iniciativa é liderada pelo Escritório das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastre (ou, em inglês, United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR) e co-coordenada pelo ICLEI em nível global e na América Latina.

Em Belém, a aplicação do Scorecard foi realizada em uma oficina presencial organizada pela UNDRR e o ICLEI realizada entre os dias 11 e 13 de março de 2024, no Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia - CENSIPAM. O evento também contou com módulos de treinamento por parte do UNDRR, ICLEI e parceiros em Belém (incluindo UNICEF e o CENSIPAM) para sensibilizar e fortalecer as capacidades técnicas de funcionários municipais e representantes da sociedade civil (incluindo membros do FMCCB) para o planejamento integrado e implementação de ações de resiliência, redução de riscos e adaptação climática.



Ao longo dos 3 dias, participaram um total de 74 pessoas, incluindo representantes de oito (8) secretarias e órgãos municipais, representantes do governo estadual paraense e do governo federal através da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, líderes comunitários de áreas de risco em Belém, organizações da sociedade civil, universidades e instituições científicas, e um representante da UNICEF no Brasil.

Dessa forma, a análise dos riscos climáticos em Belém aliada à avaliação da governança oferece uma compreensão sólida e abrangente dos desafios climáticos na cidade, presentes e futuros, apontando caminhos para ampliação da resiliência climática no município.



4 Principais Resultados

Esta seção apresenta os resultados obtidos na ARVC de Belém. Apresenta-se cada risco analisado pelo estudo (inundação, erosão costeira e ilhas de calor), com uma breve conceituação e a apresentação dos respectivos mapas e, na sequência, tem-se o subcapítulo do risco crítico. Por fim, para finalizar os resultados, apresenta-se o cenário de possibilidade futura para o ano de 2040.

Este resumo executivo tem como principal propósito ser, mais do que um instrumento preditivo, um instrumento norteador para o desenvolvimento de políticas públicas, inclusive para a definição de áreas prioritárias para novas coletas de dados primários. Com isso, é importante considerar que, como toda modelagem, existem limitações impostas a estudos dessa natureza, derivadas também das incertezas inerentes aos sistemas climáticos, ampliadas no contexto de crise em curso. Recomenda-se estabelecer cultura de coleta e interpretação de dados climáticos para que o município se mantenha preparado para eventos extremos, com o monitoramento permanente de políticas e ações em escalas detalhadas, tais como aquelas referentes ao Sistema de Proteção e Defesa Civil, envolvendo não somente a secretaria de Defesa Civil como as demais secretarias envolvidas no sistema de gestão de risco e desastre.

4.1 Inundação

O Quadro 1 traz a relação de indicadores utilizados na modelagem do risco de Inundação para o contexto de Belém do Pará e a Figura 8 apresenta o mapa de risco atual, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade apresentados na série histórica. A Figura 9 apresenta o cenário de possibilidade de risco para 2040, que tem como base uma projeção da precipitação.

É possível identificar a presença de grandes áreas em alto ou muito alto risco de inundação ao sul do município, na região dos distritos administrativos DASAC, DABEL e DÁGUA. A presença do risco nos níveis mais altos se relaciona com a sobreposição dos indicadores de ameaça climática, exposição e vulnerabilidade utilizados, como altimetria, permeabilidade do solo, presença de vilas e favelas, concentração de equipamentos de uso público, dentre outros. Embora o modelo indique a presença de manchas de risco em outras zonas, optou-se por restringir a análise neste documento às áreas inicialmente mencionadas, em função de sua alta densidade populacional e, conseqüentemente, maior potencial de risco à vida. As manchas em questão abrangem bairros como Cidade Velha, Jurunas, Guamá, Condor, Terra Firme, Telégrafo, Sacramento e Barreiro.

A síntese dos indicadores de **ameaça** para o risco de inundação nessas áreas aponta para níveis críticos de precipitação e de recorrência de eventos extremos. Verificam-se altos índices de precipitação em toda a região de Belém, o que exacerba o risco de alagamentos frequentes. Nota-se um aumento das manchas de risco entre o mapa do cenário atual e da expectativa para 2040, que se deve em função do aumento esperado dos eventos de precipitação e inerente acúmulo anual em mm, de acordo com o modelo utilizado (EC-Earth3-Veg, cenário RCP 8.5).

Em termos de **exposição**, o risco de inundação para essa região de Belém é particularmente alto em bairros como Cidade Velha, Jurunas, Guamá, Condor e Terra Firme. A densidade populacional elevada aumenta a quantidade de pessoas diretamente expostas aos efeitos das inundações. Além disso, a presença de favelas nestes bairros e a concentração de equipamentos de uso público ampliam a gravidade dos impactos potenciais. A heterogeneidade de renda também indica possíveis desigualdades em relação aos efeitos das inundações.

No aspecto de **sensibilidade**, essas regiões apresentam alta concentração de áreas impermeáveis. Além disso, as áreas alagáveis nesses bairros, combinadas com a presença significativa de mancha de inundação, aumentam a vulnerabilidade local, evidenciando a propensão dessas regiões a sofrerem impactos diretos de eventos extremos de precipitação.

A **capacidade adaptativa** no contexto de risco de inundação em Belém apresenta limitações severas em função da baixa proporção de áreas permeáveis nos bairros mais vulneráveis. Regiões como Cidade Velha, Jurunas, Guamá e Condor apresentam cobertura vegetal reduzida e pouca disponibilidade de solo permeável, fatores que restringem a absorção de água e a capacidade natural de mitigação de alagamentos. Não foram obtidas informações sobre a infraestrutura de drenagem da cidade que pudessem ser agregadas ao modelo georreferenciado.

Em suma, a análise indica a combinação de alta precipitação, eventos extremos de chuva e períodos consecutivos de chuva, que atingem especialmente as áreas densamente urbanizadas. A exposição elevada, impulsionada pela alta densidade populacional, presença de favelas e concentração de equipamentos essenciais agrava os impactos das inundações, especialmente em bairros como Cidade Velha, Jurunas, Guamá, Condor e Terra Firme. A sensibilidade a esse risco é intensificada pela ampla presença de áreas impermeabilizadas e de baixada, associadas à baixa cobertura de infraestruturas de drenagem.



QUADRO 1: ESTRUTURA DA MODELAGEM DO RISCO DE INUNDAÇÃO EM BELÉM/PA

COMPONENTES	INDICADORES	DEFINIÇÃO	FONTE	
AMEAÇA	Precipitação Anual/ Projetada para 2040	Acumulado anual de precipitação - normal climatológica elaborada em escala global/ Modelo climático EC-Earth3-Veg	WordClim	
	R95p	Indicador que sinaliza a ocorrência de eventos extremos de precipitação	INMET	
	CWD	Indicador que sinaliza a recorrência de dias seguidos com chuva	INMET	
EXPOSIÇÃO	Densidade demográfica	Setores censitários com maior quantidade de habitantes por km ²	IBGE	
	Renda	Estratificação da renda por setor censitário	IBGE	
	Favelas e Habitações de Interesse Social	Áreas identificadas como vilas ou favelas, e empreendimentos sociais de habitação	IBGE, Prefeitura de Belém	
	Concentração de equipamentos	Densidade de equipamentos de educação, lazer e saúde	Prefeitura de Belém	
	Comunidades Tradicionais	Localização e densidade de comunidades de indígenas refugiados em contexto urbano	ACNUR	
VULNERABILIDADE	SENSIBILIDADE	Mancha de inundação	Estimativa de áreas suscetíveis a eventos de inundação em função da proximidade da costa, da topografia e do registros de ocorrências	ESA, Prefeitura de Belém, CPRM
		Áreas impermeáveis	Estimativa de áreas impermeáveis a partir do NDBI (Normalized Difference Built-up Index)	LANDSAT-8
		Áreas alagáveis (i≤5%)	Estimativa de áreas susceptíveis a alagamentos em função da inclinação ou concavidade do terreno associada a mapeamento de ocorrência de alagamentos	ESA, CPRM
	CAPACIDADE ADAPTATIVA	Áreas permeáveis	Estimativa de áreas permeáveis a partir do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	LANDSAT-8

Fonte: ICLEI, 2024

RISCO DE INUNDAÇÃO

Estes mapas são resultado da Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas de Belém, PA. Para uma compreensão maior dos mapas, tanto em termos de elaboração quanto de interpretação, sugere-se a leitura do relatório técnico. Foi utilizado como entrada para o mapa de 2040 o modelo climático EC-Earth 3-Veg.

CENÁRIO ATUAL

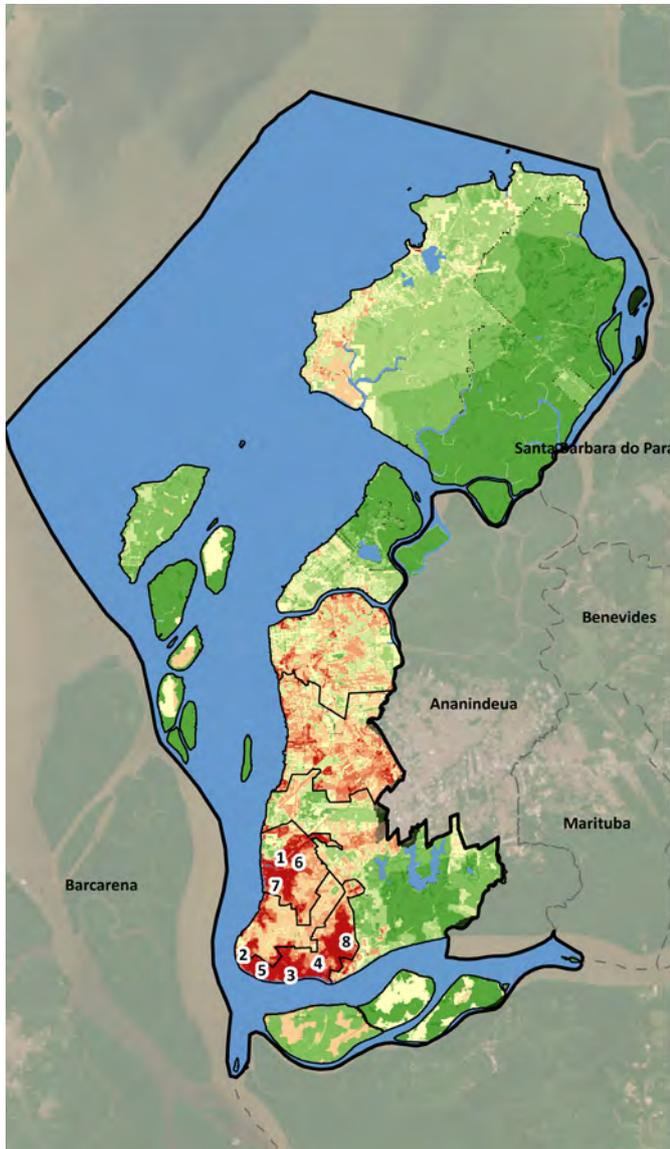


FIGURA 8 - Mapa de risco de inundação atual no município de Belém, PA

CENÁRIO 2040

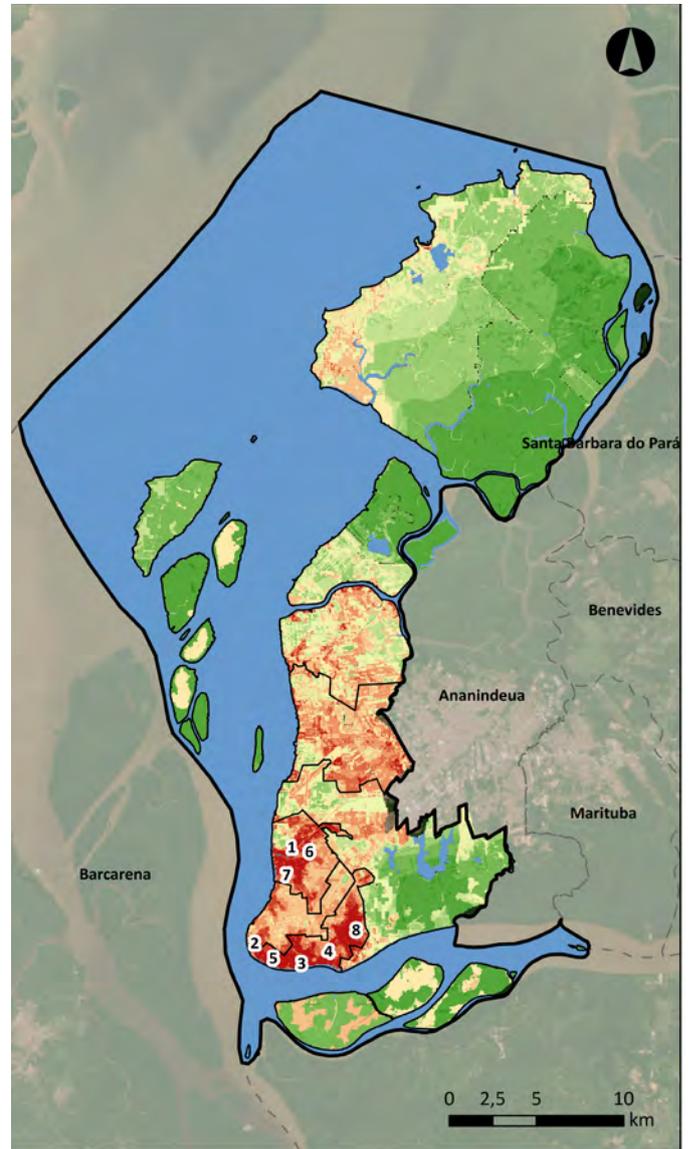


FIGURA 9 - Mapa do cenário do risco de inundação para o ano de 2040 no município de Belém, PA

Bairros citados na análise

1. Barreiro
2. Cidade Velha
3. Condor
4. Guamá
5. Jurunas
6. Sacramento
7. Telégrafo
8. Terra firme

Legenda

- Municípios vizinhos
- Limites municipais
- Distritos
- Hidrografia

Risco de Inundação

- Alto risco
- Baixo risco

1:280:000

Fonte: IBGE, Google Earth
SIRGAS 2000 UTM ZONE 22S
Transverser Mercator

4.2 Erosão costeira

O Quadro 2 traz a relação de indicadores utilizados na modelagem do risco de Erosão Costeira para o contexto de Belém do Pará e a Figura 10 apresenta o mapa de risco atual, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade apresentados na série histórica. A Figura 11 apresenta o cenário de possibilidade de risco para 2040, que tem como base uma projeção da precipitação.

Diferente dos demais fenômenos analisados, as áreas de Belém classificadas em alto ou muito alto risco à erosão costeira mostram-se concentradas nas orlas das ilhas e do continente em função da natureza do risco em questão. Algumas regiões se destacam em decorrência da sobreposição da indicação de risco a partir dos indicadores utilizados, como tipos de uso e cobertura da terra, concentração de equipamentos de uso público, dentre outros. Tais fatores são similares no que diz respeito às diferentes manchas observadas no território belenense, e, por este motivo, a análise neste documento irá se referir a eles de forma geral.

Conforme mencionado anteriormente, no que diz respeito aos indicadores de ameaça em Belém, notam-se níveis elevados de precipitação associados à concentração de eventos extremos de chuva, sobretudo ao sul do município. Embora os extremos naturalmente não se restrinjam à costa, a constante permanência da chuva é um fator de pressão sobre tais zonas que têm uma vulnerabilidade geográfica maior. Considerando o cenário de aumento da chuva até 2040, o risco tende a se ampliar.

Os indicadores utilizados para a análise da **exposição** frente à erosão costeira em Belém foram iguais àqueles selecionados para a análise de risco à inundação. Todavia, neste caso o foco se deu à costa, de forma a favorecer a compreensão de áreas socioeconomicamente expostas dentro desta perspectiva. Em Mosqueiro, o bairro Maracajá se destaca em termos de densidade demográfica na costa, assim como na ilha de Caratateua, São João do Outeiro e Maracacuera. Ao sul, Tapanã e

Telégrafo mostram-se como bairros expostos a partir desta lente. A presença de vilas e favelas é bastante notável em Belém, assim, bairros como Brasília, Jurunas, Condor e Guamá mostram-se como hotspots no que tange à exposição ao risco. Tais áreas coincidem, em muitos casos, com zonas de menor renda média.

A **sensibilidade** de Belém é ampliada em função da mancha de inundação fluvial - que tem alto potencial de impacto à costa -, principalmente ao longo da linha costeira que abrange bairros como Campina, Cidade Velha, Jurunas e Condor. Além disso, a presença de construções, sobretudo à beira do leito do Rio Guamá e da Baía de Guajará, e a prevalência de tipos de uso e cobertura da terra não associados à vegetação capaz de estabilizar a costa, de forma geral, são fatores que aumentam a sensibilidade na parte continental da cidade.

A **capacidade adaptativa** em Belém foi avaliada a partir da existência de vegetação costeira, uma vez que não foram obtidos dados sobre estruturas de contenção, apenas a observação de algumas infraestruturas nas visitas de campo realizadas, de forma muito pontual. Destaca-se a baixa presença de vegetação como um fator crítico em bairros como Campina, Condor e Guamá e a importância do Mangal das Garças no bairro Cidade Velha.

Em suma, a análise do risco de erosão costeira em Belém é marcada pela combinação de alta precipitação e eventos extremos de chuva com a vulnerabilidade física e exposição socioeconômica do litoral. A concentração de favelas e a presença de construções à linha costeira aumentam a vulnerabilidade da cidade. A sensibilidade é intensificada pela extensa presença de manchas de inundação fluvial, enquanto a capacidade adaptativa é limitada pela baixa cobertura vegetal. Esses fatores afetam especialmente bairros como Farol, Praia Grande e Vila em Mosqueiro; Itaiteua, na Ilha de Caratateua; e quase toda a linha costeira da zona sul do território. Não foi observado alto risco nas demais ilhas em função dos dados disponibilizados.



QUADRO 2: ESTRUTURA DA MODELAGEM DO RISCO DE EROÇÃO COSTEIRA EM BELÉM/PA.

COMPONENTES		INDICADORES	DEFINIÇÃO	FONTE
AMEAÇA		Precipitação Anual/ Projetada para 2040	Acumulado anual de precipitação - normal climatológica elaborada em escala global/ Modelo climático EC-Earth3-Veg	WordClim
		R95p	Indicador que sinaliza a ocorrência de eventos extremos de precipitação	INMET
		CWD	Indicador que sinaliza a recorrência de dias seguidos com chuva	INMET
EXPOSIÇÃO		Densidade demográfica	Setores censitários com maior quantidade de habitantes por km ²	IBGE
		Renda	Estratificação da renda por setor censitário	IBGE
		Favelas e Habitações de Interesse Social	Áreas identificadas como vilas ou favelas, e empreendimentos sociais de habitação	IBGE, Prefeitura de Belém
		Concentração de equipamentos	Densidade de equipamentos de educação, lazer e saúde	Prefeitura de Belém
		Comunidades Tradicionais	Localização e densidade de comunidades de indígenas refugiados em contexto urbano	ACNUR
VULNERABILIDADE	SENSIBILIDADE	Mancha de inundação	Estimativa de áreas suscetíveis a eventos de inundação em função da proximidade da costa, da topografia e do registros de ocorrências	ESA, Prefeitura de Belém, CPRM
		Declividades	Áreas suscetíveis à erosão em função de sua inclinação	ESA
		Sensibilidade costeira	Áreas susceptíveis à erosão em função da proximidade da costa e do tipo de uso e cobertura da terra	MapBiomias, Denner <i>et al.</i> (2015)
	CAPACIDADE ADAPTATIVA	Presença de vegetação	Identificação de áreas com vegetação capaz de estabilizar a costa ou indicar o processo de erosão	LANDSAT-8

Fonte: ICLEI, 2024

RISCO DE EROSÃO

Estes mapas são resultado da Análise de Riscos e Vulnerabilidade de Belém, PA. Para uma compreensão maior dos mapas, tanto em termos de elaboração quanto de interpretação, sugere-se a leitura do relatório técnico. Foi utilizado como entrada para o mapa de 2040 o modelo climático EC-Earth 3-Veg.

CENÁRIO ATUAL

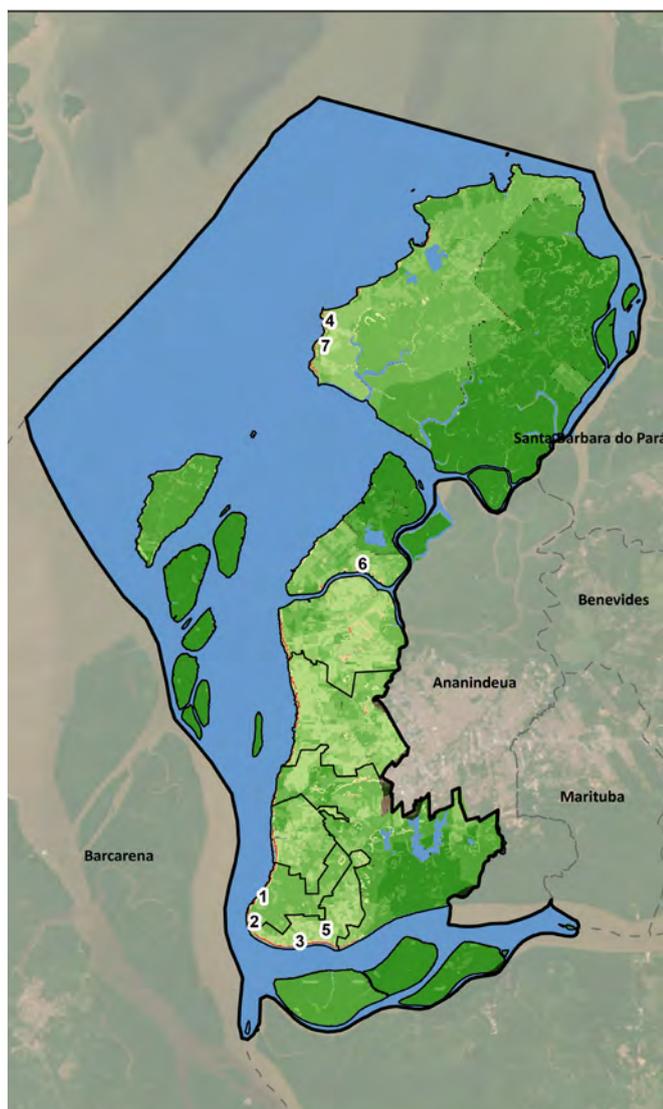


FIGURA 10 - Mapa de risco de erosão costeira atual no município de Belém, PA

CENÁRIO 2040

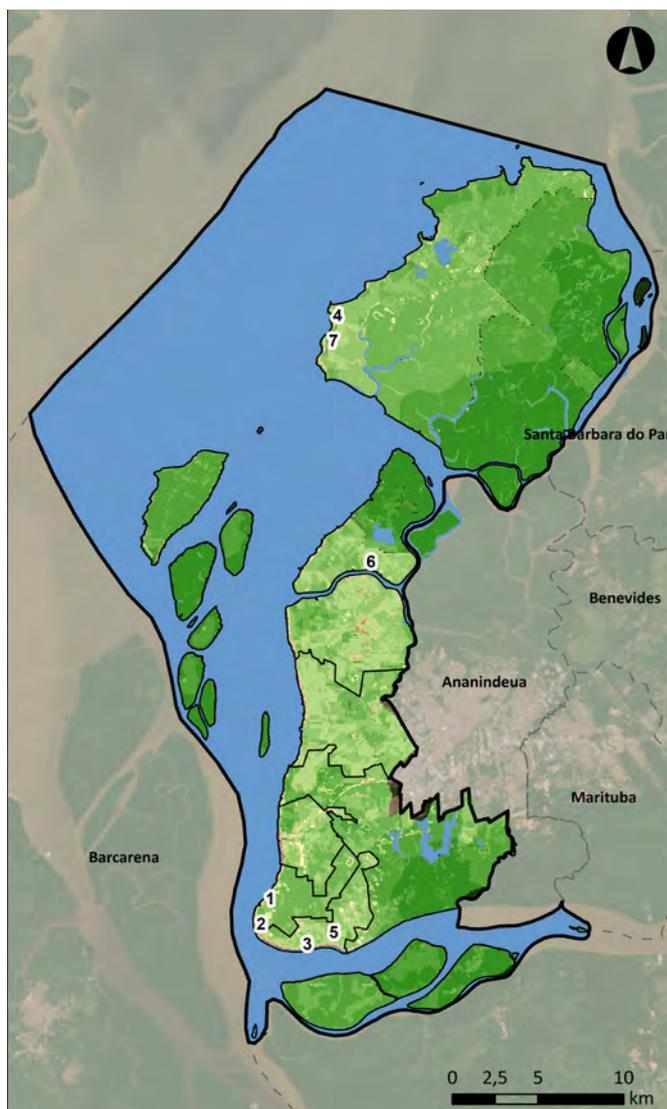


FIGURA 11 - Mapa de risco de erosão costeira para o ano de 2040 no município de Belém, PA

Bairros citados na análise

1. Campina
2. Cidade Velha
3. Condor
4. Farol
5. Guamá
6. Itaiteua
7. Praia Grande

Legenda

- Municípios vizinhos
- Limites municipais
- Distritos
- Hidrografia

Risco de Erosão Costeira

- Alto risco
- Baixo risco

1:280:000
Fonte: IBGE, Google Earth
SIRGAS 2000 UTM ZONE 22S
Transverser Mercator

4.3 Ilhas de calor

O Quadro 3 traz a relação de indicadores utilizados na modelagem do risco ao fenômeno de Ilhas de Calor para o contexto de Belém do Pará e a Figura 12 apresenta o mapa de risco atual, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade apresentados na série histórica. A Figura 13 apresenta o cenário de possibilidade de risco para 2040, que tem como base uma projeção da temperatura do ar.

A síntese dos indicadores de ameaça para o município de Belém revelam a predominância de temperaturas máximas elevadas. O número de dias com temperaturas extremas é expressivamente alto e, embora os períodos prolongados de dias consecutivos sem chuva sejam baixos, a umidade relativa do ar, em decorrência da constante precipitação, é um fator de aumento do desconforto térmico. Embora a temperatura máxima média do ar não tenha apresentado grandes variações entre as normais climatológicas e o modelo de previsão para 2040 - menos de 0,5°C -, o aumento da precipitação e consequente aumento da umidade relativa é um fator de atenção. Isso se deve em função da ampliação do efeito do calor em condições úmidas, e da dificuldade do corpo em se resfriar naturalmente. Cabe ressaltar que não foram utilizados dados de umidade em função da ausência de modelos climáticos abertos para consulta.

Em contraste com os demais riscos, o risco ao fenômeno das ilhas de calor se dá, não de maneira localizada, mas na extensão da mancha urbana. No caso dos indicadores de exposição para o município de Belém, o objetivo principal é a identificação da sobreposição de marcadores sociais que podem fragilizar algumas áreas em particular. Os bairros Condor, Fátima, Telégrafo, Sacramento, Val-de-Cans, Tapanã, Brasília e Mangueiras são alguns dos exemplos de áreas com complexa sobreposição de fatores de indicação de exposição.

A sensibilidade de Belém destaca a predominância de tipologias urbanas que favorecem o acúmulo de calor, amplamente distribuídas por toda a zona sul da cidade - construções adensadas, associadas a altas taxas de impermeabilização do solo e à uniformemente baixa proporção de vegetação. Em relação à temperatura de superfície, observa-se uma variação significativa, com bairros apresentando valores altos, indicando áreas de maior acúmulo de carga térmica. Essa distribuição coincide, em grande parte, com os padrões de tipologias de paisagem marcados por alta densidade construtiva e áreas de menor presença de vegetação.

A capacidade adaptativa revela condições limitadas em toda a cidade, com destaque para bairros como Umarizal e Reduto na região mais densamente urbanizada da cidade, que apresentam os piores índices. De maneira geral, a região carece de vegetação suficiente para auxiliar na dissipação do calor, o que compromete a capacidade adaptativa de forma ampla. São exemplos locais de regulação do microclima o Mangal das Garças, o Parque Zoobotânico Emílio Goeldi e a Mata da Marambaia.

Em suma, a análise de ilhas de calor em Belém aponta que as áreas de maior risco apresentam a combinação de altas temperaturas do ar, baixa cobertura vegetal e limitada capacidade de resfriamento, afetando principalmente as áreas urbanas muito adensadas e com população socioeconomicamente exposta. São destaques os bairros Miramar, Barreiro, Maracangalha, Sacramento, Pedreira, Fátima, Marco, Nazaré, São Brás, Canudos, Umarizal e Reduto. Esses fatores interligados ressaltam a gravidade dos impactos do fenômeno das ilhas de calor nessa região, com condições que dificultam a regulação térmica e aumentam a exposição ao calor extremo.



QUADRO 3: ESTRUTURA DA MODELAGEM DO RISCO DE ILHAS DE CALOR EM BELÉM/PA.

COMPONENTES	INDICADORES	DEFINIÇÃO	FONTE	
AMEAÇA	Temperatura do Ar	Temperatura máxima média - normal climatológica elaborada em escala global/ Modelo climático EC-Earth3-Veg	WordClim	
	TX90p	Indicador que sinaliza a ocorrência de eventos extremos de calor	INMET	
	CDD	Indicador que sinaliza a recorrência de dias seguidos sem chuva	INMET	
EXPOSIÇÃO	Densidade demográfica	Setores censitários com maior quantidade de habitantes por km ²	IBGE	
	Renda	Estratificação da renda por setor censitário	IBGE	
	Idade Sensível	Identificação de setores com maior concentração de crianças (≤ 10 anos de idade) e idosos (≥ 60 anos de idade)	IBGE	
	Favelas e Habitações de Interesse Social	Áreas identificadas como vilas ou favelas, e empreendimentos sociais de habitação	IBGE, Prefeitura de Belém	
	Comunidades Tradicionais	Localização e densidade de comunidades de indígenas refugiados em contexto urbano	ACNUR	
VULNERABILIDADE	SENSIBILIDADE	LCZ	Classificação de tipologias de paisagem urbanas e naturais em função de características que influenciam o microclima	WUDAPT
		Proporção de Vegetação	Presença e vigor de vegetação por pixel (0-1)	LANDSAT-8
		Temperaturas de superfície	Amplitude térmica em situação de atmosfera estável	LANDSAT-8
	CAPACIDADE ADAPTATIVA	Potencial de Resfriamento	Identificação de áreas com vegetação capaz de regular o microclima	LANDSAT-8

ILHAS DE CALOR

Estes mapas são resultado da Análise de Riscos e Vulnerabilidade de Belém, PA. Para uma compreensão maior dos mapas, tanto em termos de elaboração quanto de interpretação, sugere-se a leitura do relatório técnico. Foi utilizado como entrada para o mapa de 2040 o modelo climático EC-Earth 3-Veg.

CENÁRIO ATUAL

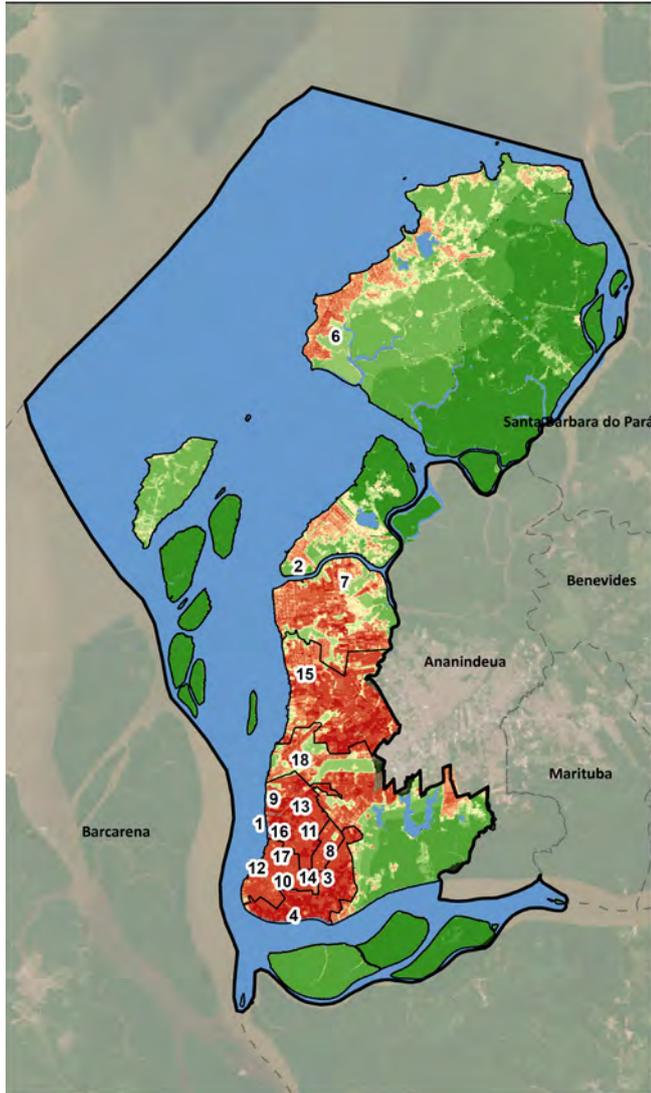


Figura 12 - Mapa do risco de ilhas de calor no município de Belém, PA

CENÁRIO 2040

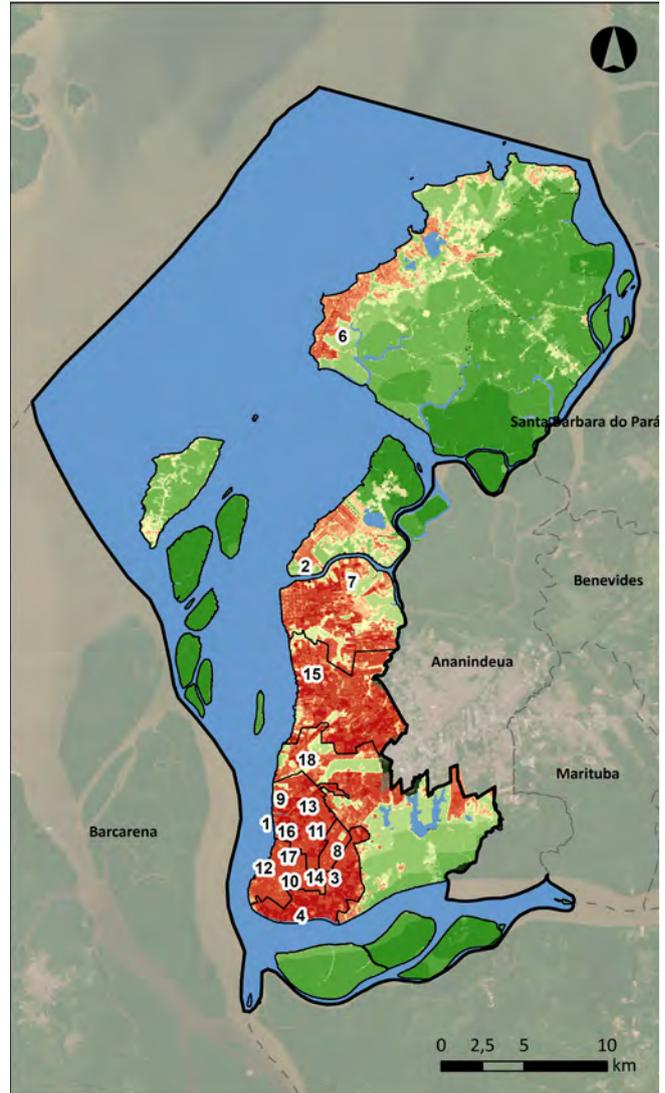


Figura 13 - Mapa do cenário do risco de ilhas de calor para o ano de 2040 no município de Belém, PA

Bairros citados na análise

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. Barreiro | 9. Miramar |
| 2. Brasília | 10. Nazaré |
| 3. Canudos | 11. Pedreira |
| 4. Condor | 12. Reduto |
| 5. Fátima | 13. Sacramento |
| 6. Mangueiras | 14. São Brás |
| 7. Maracacuera | 15. Tapanã |
| 8. Marco | 16. Telégrafo |
| | 17. Umarizal |
| | 18. Val-de-Cans |

Legenda

- Municípios vizinhos
- Limites municipais
- Distritos
- Hidrografia

Risco de Ilhas de Calor

- Alto risco
- Baixo risco

1:280:000
 Fonte: IBGE, Google Earth
 SIRGAS 2000 UTM ZONE 22S
 Transverser Mercator

4.4 Risco crítico

O mapa de risco crítico resulta da sobreposição dos mapas dos riscos analisados (inundação, erosão costeira, ilhas de calor). Sendo assim, a classe "risco muito alto" no mapa de risco crítico resulta da sobreposição de dois ou mais riscos em nível muito alto e aponta as áreas com menor resiliência aos possíveis danos associados à mudança do clima. A diferença entre os modelos consiste na sobreposição dos mapas de risco previamente apresentados, sendo que o cenário atual de risco crítico é resultado da soma dos modelos históricos de risco, e o cenário para 2040 a sobreposição dos modelos de possibilidade futura.

Esta análise permite a identificação das áreas nas quais a intervenção prioritária pode ser uma solução adequada, o que dá suporte a processos de tomada de decisão e de proposição de ações estratégicas. Nessas áreas, onde os impactos dos riscos sobrepõem-se, soluções integradas para as possíveis ações de resposta aos riscos tornam-se um imperativo ainda maior, para evitar que uma operação que responda a um risco amplie as consequências negativas de outro (por ex., infraestruturas cinza visando mitigar inundações, que podem ampliar ilhas de calor).

Para a garantia da assertividade das ações de adaptação a serem promovidas pelo Município, sugere-se que, além de se considerar as áreas aqui indicadas, também sejam rigorosamente observados os modelos de intervenção urbana específicos para cada tipo de risco.

Em relação às possibilidades futuras, nota-se o aumento dos níveis de risco em áreas atualmente não urbanizadas em função das novas dinâmicas climáticas, sobretudo na ilha de Mosqueiro, o que chama a atenção para processos de expansão de ocupação territorial não planejados que por vezes avançam sobre a vegetação nativa. Para além disso, nota-se a intensificação das manchas de risco sobre a atual área urbana, principalmente nas áreas identificadas no modelo de risco de inundação que também sofrem com a incidência de ilhas de calor muito intensas. Nessas áreas, as costas também são caracterizadas pelo risco muito alto aos processos erosivos. Assim, ainda que de forma sutil, nota-se um agravamento do cenário de sobreposição de riscos em Belém entre o atual momento e o horizonte de médio prazo, o que chama a atenção para a necessidade da ampliação das ações de adaptação no contexto do município.

CENÁRIO ATUAL

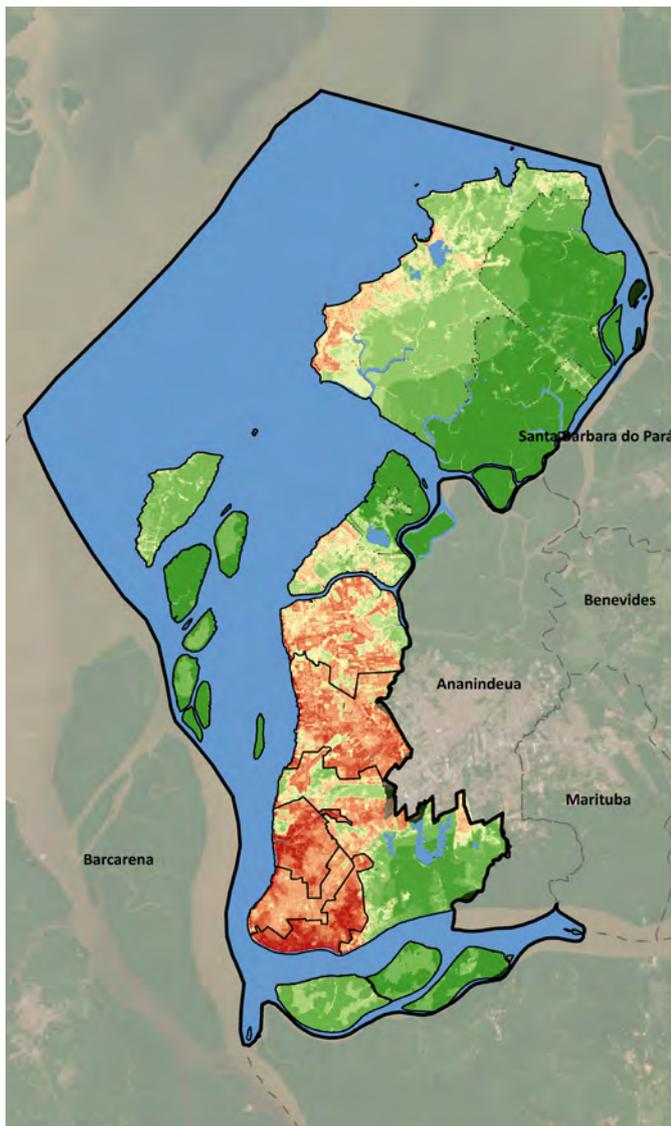


Figura 14 - Mapa de Risco Crítico no município de Belém, PA

CENÁRIO 2040

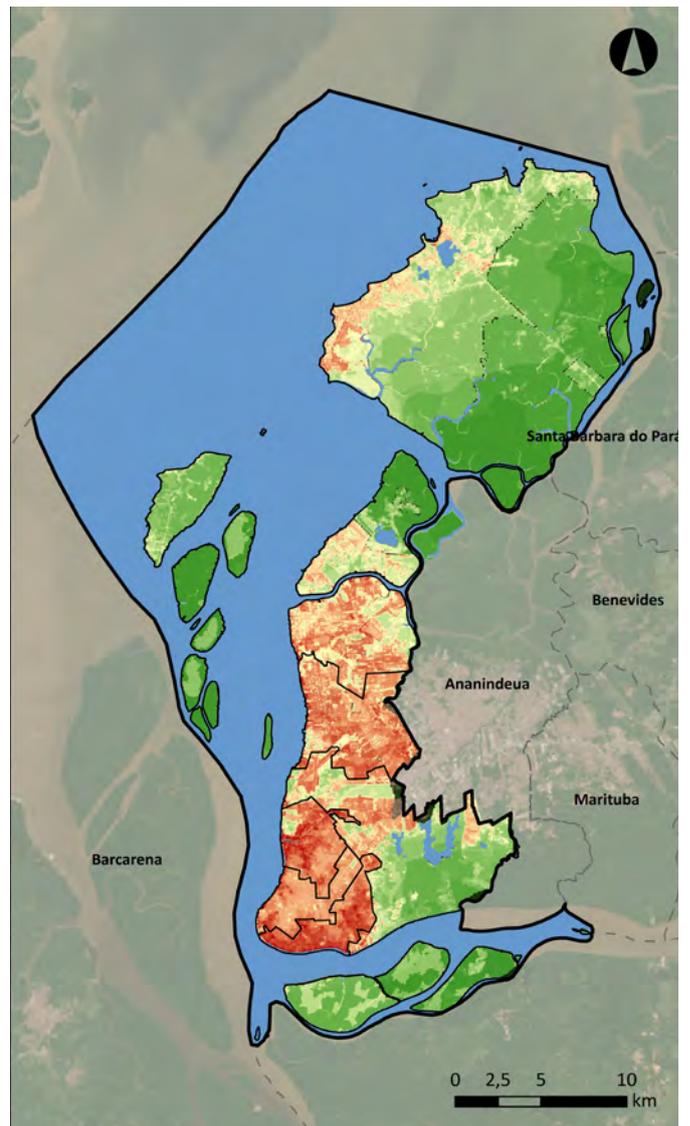


Figura 15 - Mapa do cenário de Risco Crítico para o ano de 2040 no município de Belém, PA

Ferramenta Scorecard: Condições da governança local para a resiliência frente a desastres

A Ferramenta de Autoavaliação sobre Resiliência a Desastres para Cidades (Scorecard) da Iniciativa Construindo Cidades Resilientes 2030 (ou, em inglês, Making Cities Resilient - MCR 2030) apoia os governos locais na elaboração de estratégias de resiliência ao realizar uma avaliação abrangente e participativa das capacidades de gestão e planejamento do município em áreas de redução dos riscos e adaptação climática. O uso repetido da ferramenta permite monitorar e analisar progressos na **implementação do Marco de Sendai**, principal instrumento orientador de redução de risco de desastres (RRD), adotado por países membros da Organização das Nações Unidas - ONU (UNDRR, 2015).

A ferramenta baseia-se em um conjunto de indicadores estruturados em torno dos Dez Princípios do UNDRR para Construir Cidades Resilientes.

Os 10 Princípios do MCR 2030 para construir cidades resilientes podem ser agrupados por temáticas. **Os Princípios 1 a 3** qualificam a **governança da agenda municipal** de redução de risco de desastre: **Constituem** a base de qualquer agenda municipal de resiliência, a qual precisa de uma organização clara, de um marco normativo, de responsabilidades compartilhadas e planos de operação definidos (Princípio 1). A governança dos riscos também precisa ser baseada em evidências e permitir decisões informadas pelos riscos (Princípio 2), além de possuir a capacidade financeira de implementar essas decisões

(Princípio 3). Notas inferiores nestes princípios são consideradas as mais críticas já que ameaçam a própria existência da agenda municipal de resiliência.

Os Princípios 4 a 8 analisam as **ações de mitigação, adaptação e preparação** ante desastres: Este grupo temático aborda a agenda municipal de resiliência de maneira transversal, diagnosticando ações de planejamento urbano (Princípio 4), proteção dos ecossistemas (Princípio 5) e das infraestruturas (Princípio 8), e desenvolvimento de capacidades institucionais (Princípio 6) e sociais (Princípio 7). Notas inferiores nestes princípios são consideradas críticas já que o Marco de Sendai pede aos governos priorizar uma gestão preventiva dos riscos, focada na construção da resiliência a desastres e mudanças climáticas e em não deixar ninguém para trás.

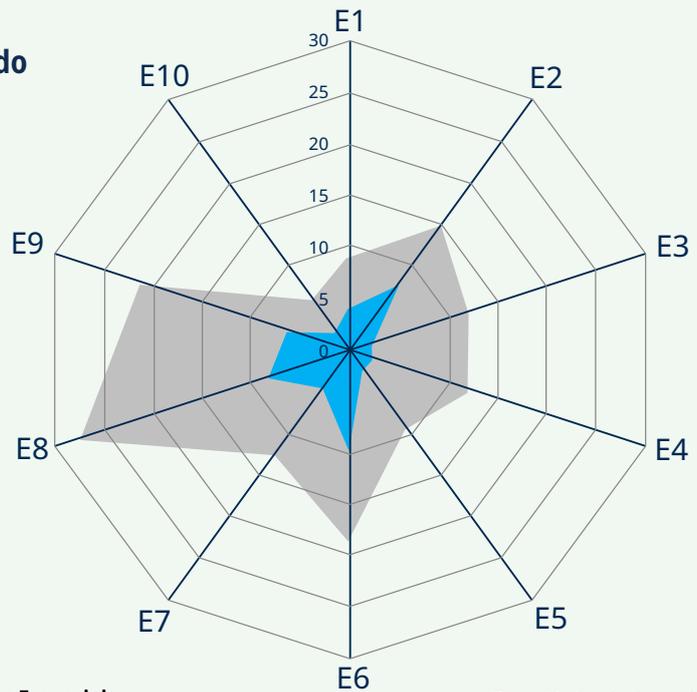
Já nos **Princípios 9 e 10**, é trabalhada a temática de **resposta e recuperação que compõe o sistema de emergências da cidade**: Essa dimensão avalia as capacidades de monitoramento dos riscos, alerta prévio e resposta concertada do município frente a desastres (Princípio 9) e acentua o “reconstruir melhor” como necessidade absoluta da recuperação pós-desastre (Princípio 10).

10 PRINCÍPIOS DA MCR 2030 PARA CONSTRUIR CIDADES RESILIENTES



FERRAMENTA DE AUTOAVALIAÇÃO A NÍVEL LOCAL

**Resultado
47/141**



LEGENDA

**E = Aspectos Essenciais
ou Princípios.**

Figura 16 - Resultado geral da avaliação do Scorecard (versão preliminar)

A pontuação total de Belém após aplicação participativa da Ferramenta de Autoavaliação da Resiliência a Desastres para Cidades – Scorecard em versão preliminar - foi de **47 sobre 141, ou seja 33% da pontuação total possível** (Figura 16).

Juntamente com o resultado numérico, a ferramenta Scorecard apresenta os resultados obtidos em sua aplicação como Fortalezas e Lacunas na governança local. Com isso, é possível observar ações estratégicas que fortalecem a ação climática no município e o que ainda é um gargalo, sendo importante criar oportunidades para avançar. A seguir, seguem os principais aspectos levantados na oficina presencial.

PRINCIPAIS FORTALEZAS E LACUNAS IDENTIFICADAS NA AVALIAÇÃO DO SCORECARD



Fortalezas

Há uma sensibilização dos servidores em relação aos benefícios e importância da resiliência entre os funcionários públicos e organizações parceiras

Existe a compreensão das ameaças com maior ocorrência (inundações por chuvas e marés altas, risco geológico e alagamento), com base em dados científicos e mapas atualizados das áreas de risco

Há parcerias com instituições científicas, universidades e organizações internacionais para a coleta e análise de dados e informações sobre riscos

Existem alguns incentivos para o apoio dos diferentes setores da sociedade para apoiar a construção da resiliência, mas são irregulares

Lacunas

O Plano Diretor não faz menção direta à redução do risco de desastres

A cidade não possui estratégia de resiliência e plano de ação de gestão dos riscos de forma preventiva

As informações sobre os perigos climáticos na cidade são mais pontuais e às vezes desatualizadas em relação a riscos com menor frequência (incêndios) ou de aparição lenta (erosão costeira, insegurança alimentar)

Há necessidade de fortalecer a integração e partilha de informações sobre riscos entre secretarias e setores da sociedade

Os financiamentos para projetos de resiliência a desastres são pontuais e limitados. Não há plano de financiamento específico e ainda não existe vinculação com o Plano Plurianual (PPA)

Há conhecimento limitado das fontes de financiamento externas disponíveis para ações de resiliência



Fortalezas

Existem códigos e padrões de construção a nível nacional e municipal. Há zoneamento de uso do solo, em processo de atualização junto ao Plano Diretor

O presente processo de atualização do Plano Diretor oferece uma oportunidade de integrar uma visão de resiliência a desastre nos principais instrumentos de planejamento urbano da cidade

A cidade adotou políticas de valorização, recuperação e proteção de ecossistemas nativos, incluindo medidas de criação de parques verdes

Existe o Plano Municipal de Arborização com projetos em fase de implementação. O envolvimento da sociedade neles pode ser melhorado

O governo local desenvolve algumas ações voltadas para o cuidado de espaços verdes

Existem alguns canais e campanhas para disseminar informações sobre riscos (grupos de WhatsApp, contas no Instagram da prefeitura e secretarias)

Os diferentes setores possuem dados sobre riscos, embora de forma isolada

Há planejamento de ações de desenvolvimento de infraestrutura resiliente, embora seja de maneira setorial (água, energia, resíduos)

Lacunas

Os principais instrumentos de planejamento urbano são desatualizados, como o Plano de Desenvolvimento Urbano - PDU (2008), o Código de Posturas (1977) e a Lei Complementar de Controle Urbanístico - LCCU (1999)

O PDU possui diretrizes para sustentabilidade ambiental e adequação do uso do solo, porém sem menção direta a objetivos de redução do risco de desastres

Há capacidades limitadas para análise técnica da conformidade dos novos empreendimentos e processos de fiscalização

Há lacunas sérias na sensibilização da população sobre os serviços oferecidos pelos ecossistemas e a importância da preservação do capital natural da cidade

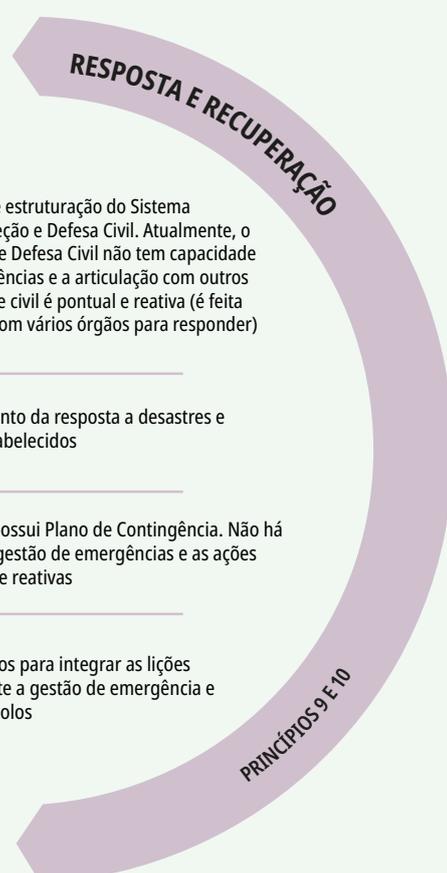
Há necessidade de ampliação dos programas de educação ambiental, com integração da temática da redução dos riscos, e foco na gestão dos resíduos sólidos

Há necessidade de integração metropolitana para gestão de resíduos sólidos, mobilidade, e saneamento básico

Além da sensibilização, há necessidade de capacitação técnica dos servidores para a implementação de ações concretas para a resiliência a desastres

A cidade não possui mecanismos institucionais para a gestão integrada e multissetorial da resiliência. Isso pode gerar lacunas na coordenação entre as equipes e com a sociedade

Há necessidade de fortalecer a integração e partilha de dados sobre riscos entre secretarias e setores da sociedade



Fortalezas

Há coordenação entre secretarias e setores para atender emergências, embora sem mecanismo formal nem planejamento

Existem ferramentas de comunicação dos alertas, mas sem desdobramentos para o acesso e uso da população

Em temas de segurança, existe um comando integrado operando a partir da Guarda Municipal que integra os demais órgãos de atuação (SEMOB, Defesa Civil, etc.)

Existem alguns programas para apoiar processos de recuperação (Programa Recomeçar, Cheque Moradia, Aluguel Social)

Um Centro Integrado de Segurança Municipal para gestão de crise está em formação, contando com a participação de múltiplas secretarias

Lacunas

Há necessidade de estruturação do Sistema Municipal de Proteção e Defesa Civil. Atualmente, o órgão municipal de Defesa Civil não tem capacidade de atender emergências e a articulação com outros órgãos e sociedade civil é pontual e reativa (é feita uma força-tarefa com vários órgãos para responder)

Não há planejamento da resposta a desastres e protocolos preestabelecidos

O município não possui Plano de Contingência. Não há planejamento da gestão de emergências e as ações são principalmente reativas

Não há mecanismos para integrar as lições aprendidas durante a gestão de emergência e adequar os protocolos

FORTALEZAS

- Boa compreensão dos riscos;
- Boas capacidades institucionais;
- Várias frentes de ações em fase de desenvolvimento;
- Atualização do Plano Diretor como oportunidade de inclusão da lente climática.

SENSIBILIDADES

- Baixas capacidades financeiras;
- Necessidade de maior integração no planejamento do desenvolvimento urbano e entre as secretarias;
- Conservação e valorização dos serviços ecossistêmicos para a resiliência ainda incipientes
- Necessidade de estruturação do Sistema de Proteção e Defesa Civil

Além do Scorecard, foram aplicados dois adendos da ferramenta: um específico sobre resiliência urbana e um segundo sobre inclusão de pessoas com deficiência. Os resultados mais detalhados podem ser consultados no relatório específico sobre o Scorecard desenvolvido pela UNDRR.

Após a realização da oficina de análise das capacidades de resiliência climática e a desastres de Belém e da inclusão das pessoas com deficiência, é imperativo avançar na formalização de um Plano de Ação para a Redução de Riscos de Desastres e Resiliência para Belém. Esse processo inicia com a presente avaliação de capacidades de resiliência e demanda agora a formulação de ações concretas, com metas, indicadores de seguimento, prazos e responsáveis claramente designados, para enfrentar os desafios identificados.

6

Mapa Síntese Ilustrado

Além dos mapas técnicos, foi desenvolvido um mapa ilustrado que traz uma síntese dos principais resultados da ARVC de Belém. A base do mapa trata-se do risco climático crítico, enquanto que a camada de infográficos permite a compreensão dos riscos individuais analisados para Belém - inundações, erosão costeira e fenômeno das ilhas de calor.

O mapa contribui, assim, para a promoção da compreensão dos riscos e vulnerabilidades climáticas mais importantes no município, sendo instrumento para sensibilizar os gestores municipais e sociedade para as questões relativas à mudança do clima e à vulnerabilidade climática na cidade. A Figura 17 traz uma visão geral do mapa. Para acessar uma versão em maior resolução, ver ICLEI (2024).

MAPA DE RISCO CLIMÁTICO BELÉM DO PARÁ



Este mapa é um resumo das análises dos riscos climáticos de **inundação**, **erosão costeira** e do fenômeno das **ilhas de calor** em Belém. A sobreposição e integração das três informações **indica o risco crítico**, que viabiliza a identificação de zonas em que os impactos dos riscos se acumulam. Esses locais são interpretados como mais vulneráveis a tais riscos por terem menor capacidade de adaptação e resiliência. Conhecer estas áreas amplia a perspectiva sobre regiões estratégicas do município para destinação de pesquisas, políticas e recursos para ações de adaptação climática e urbana.

RISCOS MAPEADOS

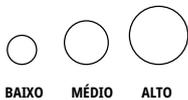


Observe no mapa as áreas de risco crítico na cidade, onde foram identificadas sobreposições dos riscos climáticos. A barra de cores indica o nível de risco considerando essa sobreposição

NÍVEL DE RISCO CRÍTICO



INTENSIDADE DE CADA RISCO NO BAIRRO

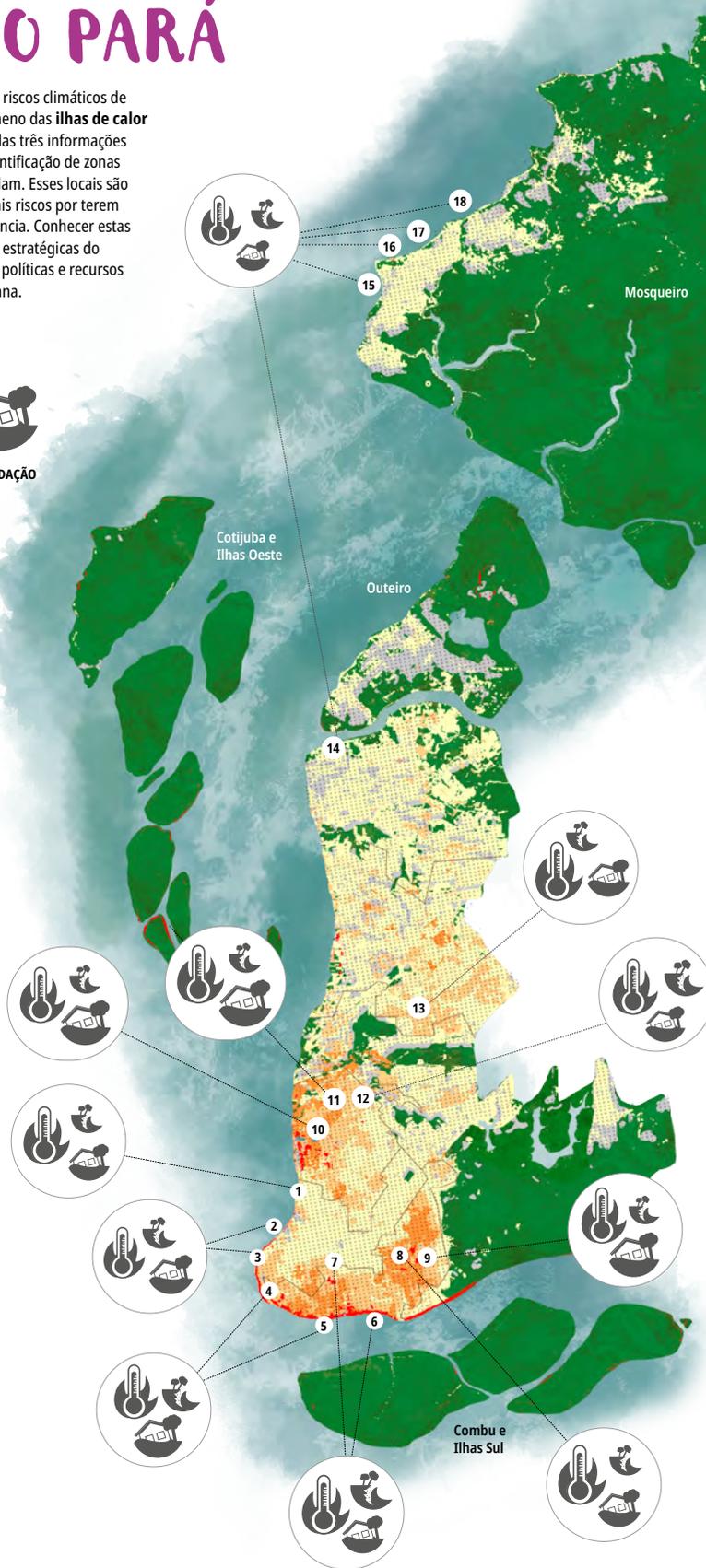


BAIROS

- DABEL** - Dist. Adm. de Belém:
1. Reduto; 2. Campina; 3. Cidade Velha;
- DAGUA** - Dist. Adm. do Guamá:
4. Jurunas; 5. Condor; 6. Guamá; 7. Cremação; 8. Canudos; 9. Terra Firme (Montese)
- DASAC** - Dist. Adm. da Sacramento:
10. Telegrafo, 11. Barreiro; 12. Sacramento
- DABEN** - Dist. Adm. do Benguí:
13. Benguí
- DAICO** - Dist. Adm. de Icoaraci
14. Ponta Grossa
- DAMOS** - Dist. Adm. de Mosqueiro
15. Vila; 16. Praia Grande; 17. Farol; 18. Porto Arthur

LEGENDA

- Limites administrativos
- Hidrografia
- Vegetação
- Área urbana



Como acontece e os bairros mais afetados



EROSÃO

A erosão costeira é o processo natural de desgaste e retirada de sedimentos (como areia, solo e rochas) das áreas costeiras devido à ação de forças naturais, como chuvas, ondas, marés e ventos. Esse processo se intensifica quando há a presença constante dessas forças e as encostas estão desprotegidas, seja por falta de vegetação adequada ou de infraestruturas de contenção do solo. A erosão também pode ser influenciada pelas ações humanas, dependendo das formas de ocupação do solo nas áreas costeiras. Em Belém, os bairros **Cidade Velha**, no Centro Histórico, e **Porto Arthur e Farol**, em Mosqueiro, são alguns dos bairros que apresentaram maior proporção de áreas de risco alto e muito alto.



ILHAS DE CALOR

É um fenômeno que ocorre principalmente devido aos padrões de urbanização em áreas densamente povoadas nos centros urbanos, sem considerar o clima em seu planejamento. São regiões que têm temperatura significativamente mais alta em comparação com outras áreas ao redor, especialmente, as áreas naturais e rurais, por apresentarem dificuldade de resfriamento da temperatura local. Em Belém, bairros como **Condor**, **Cabanagem** e **Telegrafo** apresentaram maior proporção de risco alto e muito alto.



INUNDAÇÃO

Belém, como em outros grandes centros urbanos, cresce ao redor e sobre os corpos d'água, muitas vezes ocupando essas áreas naturalmente propensas a cheias transitórias. Sabe-se hoje que essa forma de urbanização traz graves consequências à vida da população local e à dinâmica da cidade. Esse cenário tem sido agravado pelas mudanças do clima, com inundações mais frequentes. Em Belém, os bairros com maior proporção de áreas de risco alto e muito alto para inundação foram **Barreiro**, **Jurunas** e **Terra Firme**, frequentemente afetados na época de chuvas.

Neste relatório foram apresentados os resultados da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática de Belém, um dos produtos técnicos do projeto NBCities - Nature-Based Cities: Biodiversidade e Resiliência Climática para o Desenvolvimento Urbano. O NBCities integra um conjunto de ações estratégicas, implementadas pelo ICLEI América do Sul com apoio de diferentes parceiros, para o desenvolvimento da Conformidade Climática de Belém, que culmina no Plano Local de Ação Climática (PLAC) da cidade.

A ARVC buscou avançar na compreensão do perfil dos riscos climáticos na cidade e assim fornecer dados para uma gestão de riscos mais assertiva, sendo portanto um insumo importante para o PLAC. Em Belém, foram analisados os riscos climáticos de inundação, erosão costeira e ilhas de calor. O método utilizado enfatizou o aspecto multifatorial para a composição de cada risco climático mapeado, reforçando a importância da compreensão dos diversos fatores que incidem sobre as áreas em maior risco.

O território de Belém é permeado por corpos d'água e os padrões de urbanização observados têm grande influência no que diz respeito aos riscos observados no município. Caracterizada por suas áreas planas e de baixada, e pela ocupação justaposta na costa, o município se vê hoje muito vulnerável aos riscos de **inundação e erosão costeira**, com alto potencial de perda material em termos de infraestrutura e de risco à vida. Flutuações no nível dos rios Guamá e Guajará podem impactar severamente bairros como Guamá e Umarizal.

A análise indica que a exposição elevada, impulsionada pela alta densidade populacional, presença de favelas e concentração de equipamentos essenciais agrava os impactos das inundações especialmente em bairros como Cidade Velha, Jurunas, Guamá, Condor e Terra Firme. A sensibilidade a esse risco é intensificada pela ampla presença de áreas impermeabilizadas e de baixada, associadas à baixa cobertura de infraestruturas de drenagem. Esses fatores interligados evidenciam a complexidade e a gravidade do risco de inundação em Belém, que desafia especialmente a população socialmente fragilizada.

De maneira conectada, a sensibilidade no que tange ao risco de erosão costeira é também intensificada pela extensa presença de manchas de inundação fluvial, enquanto a capacidade adaptativa é limitada pela baixa cobertura vegetal. Esses fatores afetam especialmente bairros como Farol, Praia Grande e Vila em Mosqueiro; Itaiteua, na Ilha de Caratateua; e quase toda a linha costeira da zona sul do território. Essas regiões tendem a se tornar ainda mais vulneráveis quando considerados os eventos extremos. Nesses casos de maior vulnerabilidade, é crucial desenvolver e implementar estratégias de proteção costeira, considerando a urbanização e o uso do solo, para mitigar os riscos e proteger as áreas vulneráveis da costa.

Uma vez que o município está inserido no contexto amazônico e se encontra em uma latitude próxima ao Equador, são observados padrões elevados de temperatura e umidade do ar. Assim, os eventos extremos de calor mostram-se como uma ameaça constante ao território. Esses

eventos extremos acentuam o fenômeno de ilhas de calor, já observado em grande parte da área urbana. As áreas mais predispostas ao risco encontram-se na justaposição de áreas com menor presença de vegetação e áreas permeáveis, e maior densidade construtiva. As localidades com áreas mais vulneráveis foram verificadas em regiões com essas características, como nos bairros Guamá, Jurunas, Tapanã e Miramar.

Para reduzir os efeitos das ilhas de calor em Belém, é crucial adotar estratégias que promovam o alívio térmico nas áreas urbanas. Recomenda-se a implementação de programas de arborização, com o plantio de árvores e a criação de espaços verdes, como parques e jardins, que ajudam a reduzir a temperatura ambiente por meio da sombra e da evapotranspiração. Além disso, a utilização de materiais de construção adequados ao clima, como coberturas verdes e pavimentos permeáveis, pode contribuir para a redução das temperaturas superficiais.

A integração dessas medidas em políticas urbanísticas e planos de desenvolvimento ajudará a reduzir os impactos de fenômenos de altas temperaturas e a melhorar a qualidade de vida dos habitantes da cidade. Portanto, o risco de ilhas de calor reforça sobremaneira a necessidade de integrar cada vez mais infraestruturas verdes, que ampliam a presença da vegetação intra urbana, às infraestruturas cinzas, como são chamadas as soluções convencionais de engenharia, para a adaptação climática da cidade.

A análise do risco crítico, que se baseia nas sobreposições entre os riscos considerados, destaca a importância de considerar os efeitos sinérgicos entre eles. Nessa linha, por meio de modelos climáticos, foi possível obter indicativos sobre a evolução dos riscos considerados até o ano de 2040. A tendência de aumento da precipitação no horizonte de 2040 alerta ao aumento potencial da ocorrência desses tipos de evento e do imperativo relacionado a intervenções adaptativas na malha urbana.

Não foi observada grande alteração em Belém no horizonte de médio prazo (2040) em termos de temperatura do ar, no entanto, o cenário futuro para o risco de ilhas de calor não deve ser menosprezado, não só por que as ondas de calor já são uma ameaça na cidade, mas também porque é preciso levar em consideração influências de fatores que o modelo não captura de todo, como as tendências de expansão urbana e alterações nos padrões construtivos, associadas, por exemplo, à verticalização e pavimentação. Isso está diretamente relacionado a como Belém irá direcionar o desenvolvimento urbano nas próximas décadas.

Assim, embora seja importante reconhecer que, como toda modelagem, os cenários comportam certo grau de incerteza inerente aos sistemas climáticos, mostram-se úteis como ferramenta de orientação para políticas públicas. Reforçam principalmente que, diante das possíveis alterações, é importante que as ações atuais adotem uma postura antecipatória e preventiva de enfrentamento à mudança do clima em suas diversas dimensões, portanto, reforçando também a necessidade de se promover abordagens holísticas.

Nesse sentido, as análises realizadas neste relatório ressaltam bairros que merecem atenção específica, ao mesmo tempo que apontam para possíveis cenários de oportunidade. Restaurar, expandir e melhorar os sistemas e serviços urbanos essenciais para o bem-estar dos moradores deve ser uma prioridade máxima, mas é preciso que este movimento se dê de maneira a não promover maior perda de vegetação e pavimentação do solo, bem como a ocupação de áreas sensíveis como as várzeas, fatores que historicamente contribuíram para o perfil de risco atual da cidade.

Portanto, é preciso aprimorar os serviços sociais e ambientais de forma concomitante para promover o desenvolvimento urbano inclusivo. Esses esforços são essenciais para criar cidades resilientes e equitativas. A pauta climática demanda, cada vez mais, **estratégias integradas**, que tornem a mudança do clima uma questão transversal à gestão pública, e é nesse ponto que reside o potencial de abordagens multidimensionais como a **Adaptação baseada em Ecossistemas**.

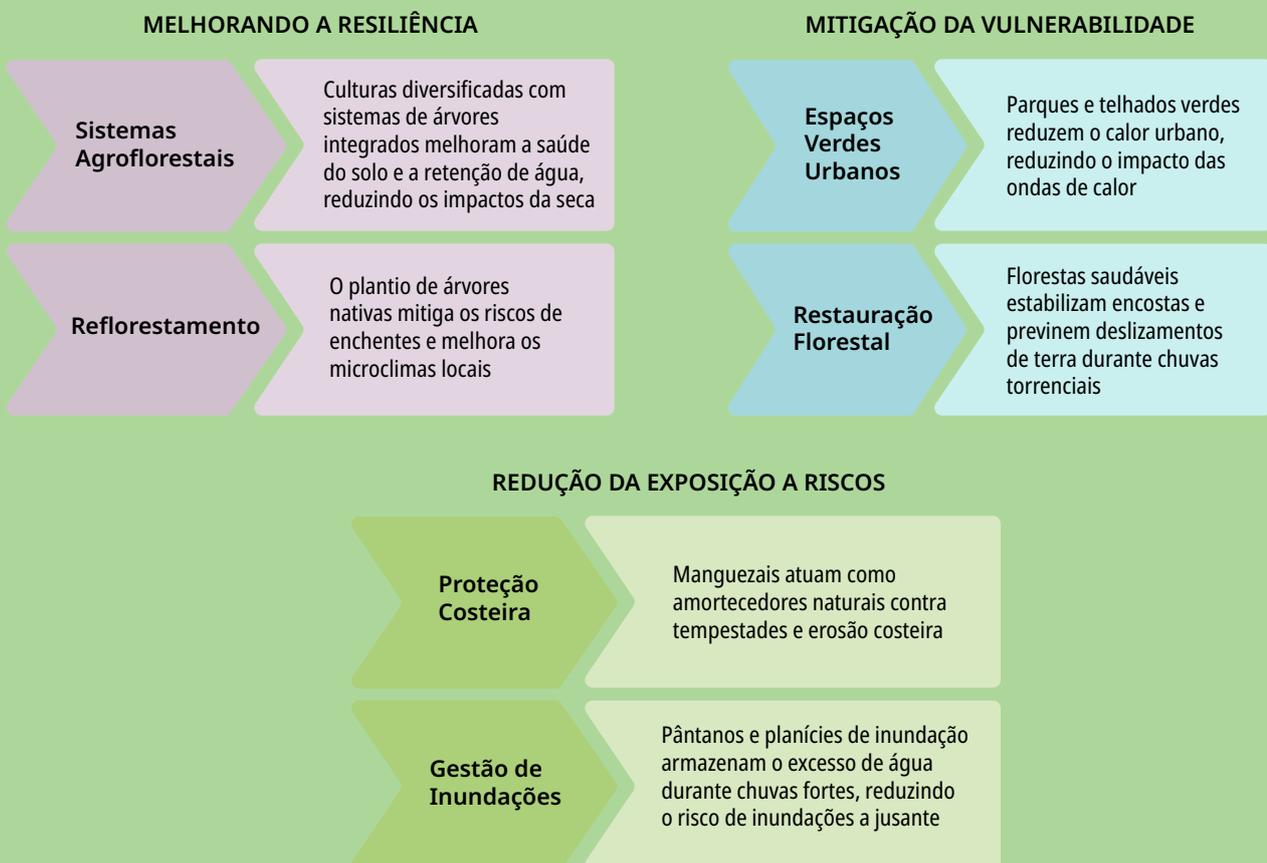
Fortalecendo a Adaptação Baseada em Ecossistemas em Belém: Oportunidades para a Gestão de Riscos de Desastres Climáticos por meio de Soluções Baseadas na Natureza

Soluções baseadas na Natureza (SbN) fornecem uma estrutura transformadora para moldar cidades resilientes fundadas em princípios de justiça, equidade e direitos humanos. Essa abordagem se concentra em trabalhar com sistemas naturais em vez de tentar controlá-los.

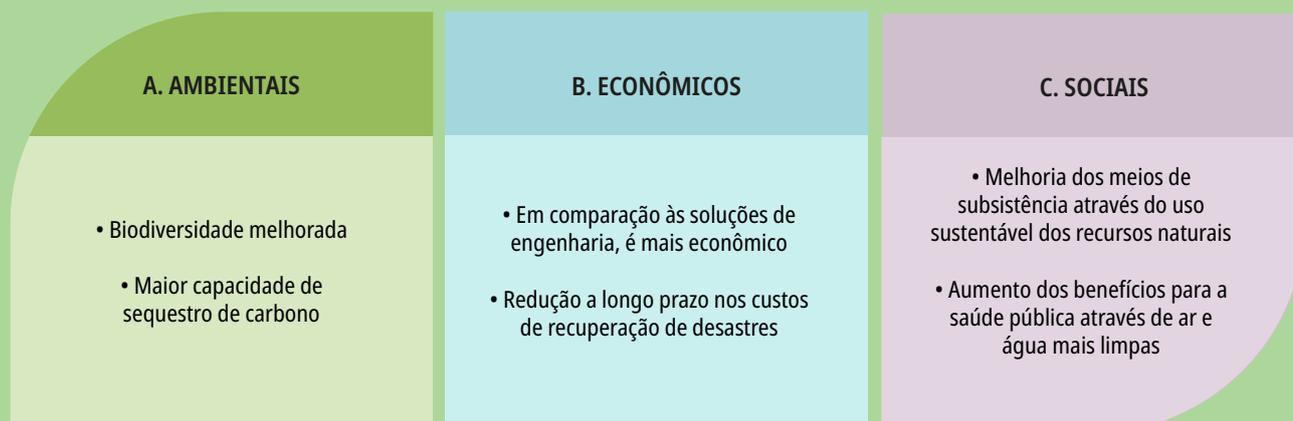
A crescente adoção de SbN no planejamento urbano reflete uma mudança global em direção ao reconhecimento da natureza como a base para soluções sustentáveis de longo prazo que podem servir de inspiração para Belém.

Estratégias como florestas urbanas, pântanos construídos, telhados verdes, coleta de água da chuva, alagados construídos, espaços públicos verdes e bioengenharia do solo estão ganhando atenção por seu **potencial de melhorar o bem-estar urbano**.

As SbN oferecem também uma abordagem sustentável e econômica para **gerenciar riscos de desastres climáticos**, alavancando as funções dos ecossistemas naturais para proteger comunidades, aumentar a resiliência e mitigar impactos climáticos, por exemplo:



ALGUNS DOS BENEFÍCIOS DAS SBN

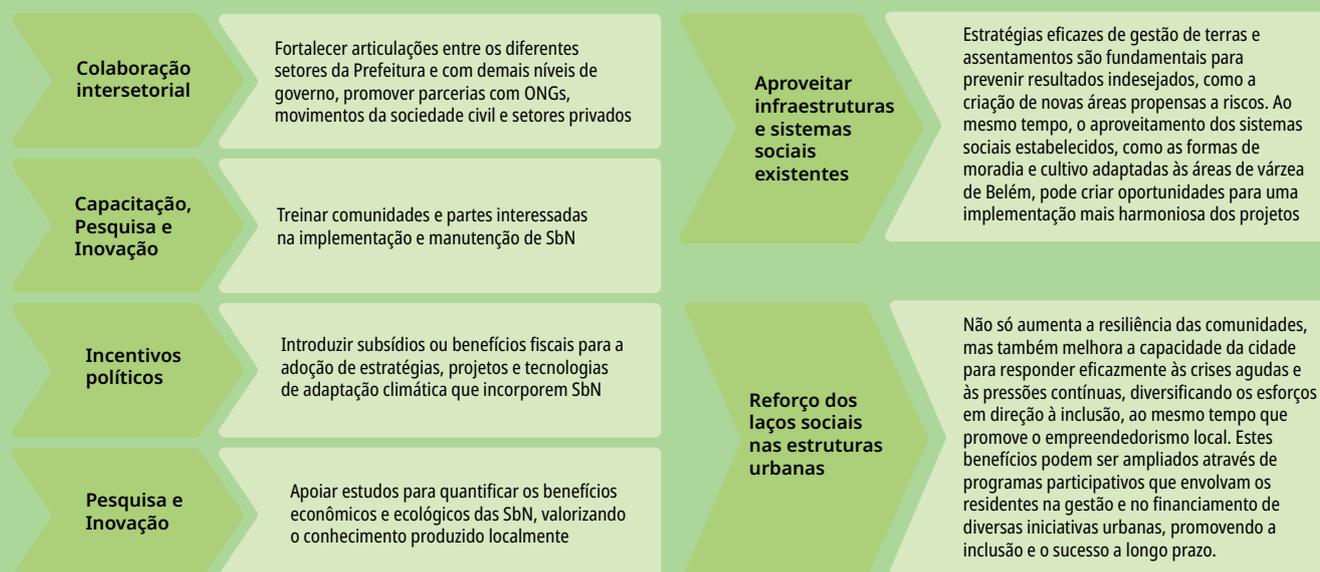


À medida que os desafios climáticos se tornam mais urgentes, integrar a ampliação de capacidades adaptativas em projetos de infraestrutura verde e azul é vital. Ao não se fazer isso, corre-se o risco de agravar os conflitos sociais, acelerar a degradação urbana e reduzir as oportunidades de garantir segurança, saúde e bem-estar, especialmente para grupos vulneráveis, como crianças, idosos, mulheres e comunidades usualmente marginalizadas com destaque, no contexto de Belém, para quilombolas, ribeirinhos, indígenas em contexto urbano, refugiados e migrantes, e outras comunidades racializadas.

Os pontos aqui destacados emergem de um balanço geral da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática de Belém. Tratam-se de indicativos que serviram para apoiar o processo de elaboração do Plano Local de Ação Climática da cidade, mas que também podem apoiar outros instrumentos de planejamento municipal, rumo ao alinhamento progressivo dos diferentes instrumentos que guiam o ordenamento territorial da cidade em torno de uma transição para um planejamento urbano sustentável. Espera-se, assim, que este diagnóstico do território estabeleça bases para o desenho de ações específicas e adequadas ao contexto territorial de Belém, visando sua transformação em uma cidade mais resiliente e capaz de lidar com os efeitos da mudança climática.

Para que o estudo continue atual e cada vez mais próximo da realidade local, recomenda-se implementar um programa contínuo de monitoramento dos riscos climáticos em Belém, com ações estratégicas como a instalação de estações de monitoramento ao longo das áreas fluviais e costeiras para captar o comportamento conjunto de vazões e marés, principalmente em períodos de eventos climáticos extremos e a ampliação da análise de séries históricas, combinando-as com sistemas de previsão climática. Além disso, é de alta relevância a busca por financiamento e suporte técnico para pesquisa científica e tecnológica que explorem as soluções de adaptação climática voltadas para áreas de interface rio-mar e os contextos urbanos na amazônia, com ênfase para sistemas de alerta e alarme e comunicação de risco para a população, em especial as mais vulneráveis.

Recomendações para fortalecer a Adaptação Baseada em Ecossistemas em Belém:



- BENATTI, J. H. Várzea e as populações tradicionais: a tentativa de implementar políticas públicas em uma região ecologicamente instável. In: ALVES, F. (Org.). **A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia**. Brasília: IPEA, 2016. p. 17-29.
- BUCHALA, I. **Infraestrutura verde como instrumento estratégico para adaptação e aumento da resiliência urbana**: estudo de caso em Belo Horizonte, MG. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.
- CARDOSO, A. et al. Cinturas periféricas na periferia do capitalismo: os casos de Belém e Manaus. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 11, n. 1, 17 abr. 2023.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Levantamento de áreas com alto ou muito alto risco geológico em Belém, distritos e ilhas**. Belém: CPRM, 2021. Disponível em: <<https://defesacivil.belem.pa.gov.br/riscos-geologicos/>>
- FAPESPA. **FAPESPA lança dashboard do Produto Interno Bruto (PIB) dos 144 municípios**. Governo do Pará, 2024. Disponível em: <<https://www.fapespa.pa.gov.br/2024/06/28/fapespa-lanca-dashboard-do-produto-interno-bruto-pib-dos-144-municipios/>>
- Gênero e Clima; Observatório do Clima. **Quem precisa de justiça climática no Brasil?**. 2022. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/08/Quem_precisa_de_justica_climatica-DIGITAL.pdf>. Último acesso em: 03 out. 2024.
- GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. **Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook**: guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn, Germany: GIZ, 2017.
- GIZ. **The Vulnerability Sourcebook**: concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Bonn, Germany: GIZ, 2014.
- GONÇALVES, Amanda et al. **Belém e Abaetetuba**. In.: ALVES, Fábio (Org.). **A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia**. Brasília: IPEA, 2016.
- IBGE, Coordenação de Meio Ambiente. **Áreas Urbanizadas do Brasil**: 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. **NBCities – Belém do Pará**: As relações entre a natureza e seus habitantes. Material de Comunicação do projeto Nature-Based Cities. ICLEI, 2024. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/documentos/nbcities-belem-do-para-as-relacoes-entre-a-natureza-e-seus-habitantes/>
- IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change. **Climate Change 2014**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team; Pachauri, R. K.; Meyer, L. A. (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2015.
- IPCC. **Climate Change 2021**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- IPCC. **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team; Lee, H.; Romero, J. (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil: período 1991-2020**. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>.
- INSTITUTO ESCOLHAS. **Os Desafios e o Potencial da Agricultura Urbana e Periurbana em Belém**. São Paulo: Instituto Escolhas, 2022.
- MELLO, T. **Planejamento orientado ao clima**: uma abordagem multiescalar. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.
- MIDR, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil; UFSC, Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, [2024]. Disponível em: <<https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml>>. Último acesso em: 03 out. 2024.
- Ministério do Meio Ambiente, Secretaria da Biodiversidade. **Método de análise participativa de risco à mudança do clima**. Brasília: MMA, 2018.
- OKE, T. R et al. **Urban climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- SOUZA, Célia Regina et al. **Praias arenosas e erosão costeira**. In.: Souza, Célia Regina de Gouveia (ed.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005.
- TAVARES, Paulo et al. **Corpos Hídricos nas Cidades Amazônicas**: Estudo sobre a Provisão de Serviços Ecosistêmicos em Áreas Urbanas Sessão Temática: Biodiversidade, serviços ecosistêmicos e valoração. XIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, Campinas-SP, 23 a 26 de setembro de 2019. Disponível em: <<https://www.ecoeco2019.sinteseeventos.com>>
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Porto Alegre: EDUSP, 2005.

Adaptação climática: Processo pelo qual a sociedade humana se ajusta ao clima e seus efeitos, sejam os atuais ou os previstos. É promovida por estratégias e medidas que podem ocorrer em níveis estruturais, institucionais, ecológicos e/ou comportamentais.

Ameaças climáticas: evento físico natural ou humanamente induzido que possa causar danos ou impactos sobre a saúde, as infraestruturas, a propriedades materiais, modos de vida e de subsistência, provisão de serviços públicos e privados, ecossistemas e recursos naturais. Neste relatório, o termo “ameaça” geralmente se refere a eventos extremos relacionados ao clima (inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor, secas, aumento do nível do mar etc.).

Capacidade adaptativa: É o quanto organismos vivos, sistemas e instituições têm de habilidade e recursos para se antecipar e se transformar de maneira física ou comportamental para se ajustar aos danos potenciais, tirar vantagem de oportunidades ou responder aos efeitos trazidos pelas mudanças climáticas, atuais ou previstos.

Clima: Uma sucessão habitual de tipos de tempo atmosférico sobre determinado lugar da superfície terrestre, descrita por meio de estudos e parâmetros estatísticos.

Exposição: se refere a presença de fatores (pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos ecossistêmicos; infraestrutura; ou recursos econômicos, sociais ou culturais) em locais e configurações que podem ser afetadas adversamente pelas ameaças.

Impactos climáticos: Efeitos positivos ou negativos dos eventos climáticos sobre os sistemas naturais e humanos, também referidos como consequências e resultados. São resultantes da interação entre os eventos climáticos perigosos ou ameaças que ocorrem dentro de um período específico e a vulnerabilidade de uma sociedade ou um sistema exposto a certo perigo.

Mudança climática: Refere-se às mudanças no estado do clima que podem ser identificadas por alterações na sua média e/ou na variabilidade de suas características, com essas alterações perdurando ao menos por algumas décadas. Embora mudanças climáticas possam ocorrer por meio de processos internos naturais, como variações dos ciclos solares e erupções vulcânicas, há consenso científico de que a mudança climática observada nas últimas décadas é predominantemente causada por interferências humanas constantes na composição da atmosfera ou no uso da terra, conforme evidenciado no Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Resiliência: Capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ecológicos interconectados de lidar com um evento, tendência ou distúrbio perigoso, respondendo ou reorganizando-se de modo a manter suas funções, identidade e estrutura essenciais.

Risco climático: É a possibilidade de ocorrer consequências negativas para os sistemas humanos e naturais em decorrência de eventos climáticos. O risco pode surgir tanto dos possíveis impactos das mudanças climáticas quanto pelas respostas humanas a essas mudanças. Ele é composto por “fatores de risco”, que são a ameaça, a exposição e a vulnerabilidade.

Sensibilidade: Corresponde ao nível em que um sistema humano ou natural em qualquer escala, desde indivíduo até a escala populacional, é afetado pelos impactos positivos ou negativos da mudança climática. Também é chamada de “susceptibilidade”.

Vulnerabilidade: Propensão ou predisposição a ser adversamente afetado pelos impactos da mudança climática, engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo a sensibilidade ou susceptibilidade a danos e a falta de capacidade de resposta ou de adaptação. O nível de vulnerabilidade pode variar conforme os conceitos e elementos levados em consideração.

ACNUR - Agência das Nações Unidas para Refugiados
APA - Área de Proteção Ambiental
APP - Área de Proteção Permanente
ARVC - Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática
GEE - Gases de Efeito Estufa
GEX - Grupo Executivo
GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE - Infraestrutura de Dados Espaciais
IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPTU - Imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana
LPUOS - Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
MCR - Making Cities Resilient
MIDR - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MMA - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG - Organização Não Governamental
ONU - Organização das Nações Unidas
PDUI - Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado
PIB - Produto Interno Bruto
PLAC - Plano de Ação Climática
PMB - Prefeitura Municipal de Belém
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPA - Plano Plurianual
RCP - Representative Concentration Pathway
RMB - Região Metropolitana de Belém
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural
SbN - Soluções baseadas na Natureza
SE - Serviços Ecossistêmicos
SIG - Sistema de Informação Geográfica
UC - Unidade de Conservação
UNDRR - Escritório das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastre
UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância
VAB - Valor Adicionado Bruto
WEF - World Economic Forum
WRI - World Resources Institute



Financiamento



Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

based on a decision of
the German Bundestag

Implementação



Agradecimentos

