

Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática

Pindamonhangaba/ SP

Relatório Final

Dezembro de 2024





ICLEI AMÉRICA DO SUL

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo

Rodrigo Corradi, Secretário Executivo Adjunto

Maria Caldas, *Senior Fellow* - Desenvolvimento Urbano Sustentável

Gil Scatena, Gerente Regional Técnico

Keila Ferreira, Coordenadora de Baixo Carbono e Resiliência

Marília Israel, Assessora de Biodiversidade e Resiliência

Luisa Acauan Lorentz, Analista de Biodiversidade

Isadora Buchala, Analista de Resiliência

Fernanda Gouveia, Analista de Comunicação

Júlia Finotti, Assistente de Baixo Carbono

Tiago Mello, Assistente de Medição, Reporte e Verificação

Rodrigo Nehara, Assistente de Biodiversidade

Matheus Cabral, Assistente de Resiliência

Jhonathan Freitas, Assistente de Comunicação

Gustavo Barbosa, Assistente de Comunicação

PREFEITURA MUNICIPAL DE PINDAMONHANGABA

Ricardo Alberto Pereira Piorino

Prefeito de Pindamonhangaba

Paulo Ricardo Nicolas Imparato

Secretário Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável e Clima

Rafael Lamana

Secretário Municipal de Meio Ambiente

Ione Almeida Barbosa

Diretora de Programas e Projetos Ambientais e Sustentáveis

Ana Letícia da Silva

Gestora de Projetos

Jonas Caçador Cavalca de Barros

Analista Ambiental

Nota explicativa: Este documento foi desenvolvido pelo ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade para a Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba como resultado da elaboração da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática parte da conformidade climática da cidade, no âmbito do projeto Pinda ProClima.





LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição do risco climático conforme metodologia do IPCC.....	12
Figura 2 - Ilustração do risco climático e interação entre seus componentes.....	13
Figura 3 - Localização do município de Pindamonhangaba.....	17
Figura 4 - Localização das regionais administrativas / bairros.....	18
Figuras 5 e 6 - Mapas de Altimetria (esq.) e temperatura de superfície (dir.) do município de Pindamonhangaba, SP.....	19
Figura 7 - Hidrografia do Município de Pindamonhangaba, SP.....	20
Figura 8 - Zoneamento do município de Pindamonhangaba.....	21
Figura 9 - Mudança do Uso e Ocupação do Solo entre 1990 - 2020.....	22
Figura 10 - Gráfico de Sankey sobre Conversão do uso do solo.....	23
Figura 11 - Mapa de risco de ilhas de calor no município de Pindamonhangaba.....	30
Figura 12 - Mapa de risco de inundações no município de Pindamonhangaba.....	33
Figura 13 - Mapa de risco de deslizamentos no município de Pindamonhangaba.....	35
Figura 14 - Mapa de risco de arboviroses no município de Pindamonhangaba.....	38
Figura 15 - Mapa de risco de arboviroses no município de Pindamonhangaba.....	39
Figura 16 - Registros da realização da oficina de mapeamento participativo em Pindamonhangaba.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco às ilhas de calor.....	31
Quadro 2 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco à inundação.....	34
Quadro 3 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco ao deslizamento.....	35
Quadro 4 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco à proliferação de vetores.....	36





LISTA DE SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
ARVC	Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática
GEX	Grupo Executivo
<i>GIZ</i>	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
<i>IPCC</i>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPTU	Imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana
<i>MCR</i>	<i>Making Cities Resilient</i>
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
PIB	Produto Interno Bruto
PLANCON	Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<i>RCP</i>	<i>Representative Concentration Pathway</i>
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SIG	Sistema de Informação Geográfica
<i>UNDRR</i>	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
VAB	Valor Adicionado Bruto
<i>WEF</i>	<i>World Economic Forum</i>
<i>WRI</i>	<i>World Resources Institute</i>





CONCEITOS-CHAVE

Adaptação: Corresponde ao processo pelo qual a sociedade humana se ajusta ao clima e seus efeitos, sejam os atuais ou os previstos. A adaptação é promovida por estratégias e medidas disponíveis específicas, as quais podem ocorrer em níveis estruturais, institucionais, ecológicos ou comportamentais.

Ameaças climáticas: A potencial tendência de ocorrência ou efetiva concretização de um 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. Por exemplo, aumento da temperatura, diminuição/aumento da precipitação, inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor, secas, aumento do nível do mar etc. Neste relatório, o termo “ameaça” geralmente se refere a eventos extremos relacionados ao clima.

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: É a presença de 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.

Impactos climáticos: Efeitos positivos ou negativos dos eventos climáticos sobre os sistemas naturais e humanos. Ocorrem geralmente sobre a vida, meios de vida, saúde, ecossistemas, economia, sociedade, cultura, serviços e infraestruturas. 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. Impactos também são referidos como consequências e resultados.

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. A mudança climática pode ocorrer tanto por meio de processos internos naturais ou forçantes externos, como variações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e interferências humanas constantes na composição da atmosfera ou no uso da terra.

Resiliência: Corresponde à 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. Vulnerabilidade 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.





SUMÁRIO

SOBRE O ICLEI.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. METODOLOGIA.....	10
2.1. Composição dos modelos.....	11
2.2. Tratamento de dados.....	13
2.3. Justiça climática em análises climáticas.....	15
3. ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA DE PINDAMONHANGABA.....	17
3.1. Contexto local.....	17
3.1.1. <i>Caracterização ambiental.....</i>	<i>18</i>
3.1.2. <i>Caracterização da ocupação e uso do solo.....</i>	<i>21</i>
3.1.3. <i>Caracterização socioeconômica.....</i>	<i>24</i>
3.1.4. <i>Caracterização sobre a ocorrência de desastres.....</i>	<i>24</i>
3.2. Etapas metodológicas aplicadas em Pindamonhangaba.....	25
3.3. Riscos Climáticos para Pindamonhangaba.....	27
3.3.1. <i>Ilhas de calor.....</i>	<i>27</i>
3.3.2. <i>Inundações.....</i>	<i>31</i>
3.3.3. <i>Deslizamentos.....</i>	<i>34</i>
3.3.4. <i>Proliferação de vetores de arboviroses urbanas.....</i>	<i>36</i>
3.4. Risco crítico.....	39
3.5. Mapeamento participativo.....	41
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46





SOBRE O ICLEI

O ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade é uma rede global que trabalha com mais de 2.500 governos locais e regionais comprometidos com o desenvolvimento urbano sustentável. Ativo em mais de 125 países, o ICLEI influencia a política de sustentabilidade e impulsiona ações locais para um desenvolvimento com emissões zero, baseado na natureza, igualitário, resiliente e circular. A rede e sua equipe de especialistas trabalham junto aos associados, oferecendo acesso a conhecimento, parcerias e capacitações para gerar mudanças sistêmicas em prol da sustentabilidade urbana.

Na América do Sul, o ICLEI conecta seus mais de 140 governos associados em 8 países a este movimento global. Em 2018, para continuar construindo fortes relações de apoio com seus associados, o Secretariado Regional abriu dois Escritórios de Coordenação Nacional, na Argentina e na Colômbia. O escritório na Argentina é sediado na cidade de Rosário; e na Colômbia é sediado na Ruta N, polo de inovação da cidade de Medellín. Em 2020, foi aberto o Escritório ICLEI Brasil, com sede em São Paulo, na perspectiva de fornecer apoio à maior base de associados na América do Sul, que hoje congrega 96 governos subnacionais brasileiros, entre eles, 10 estados e 26 capitais. Com o intuito de fortalecer a agenda e de ficar mais próximo a regiões estratégicas no país, o ICLEI Brasil inaugurou, em 2021, os Escritórios Subnacionais nas regiões Nordeste e Sul e no estado de Minas Gerais.



1. INTRODUÇÃO

A mudança climática é um dos desafios mais complexos deste século. O sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (ou, em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2023*) reforçou a ação humana e suas atividades emissoras de Gases de Efeito Estufa (GEE) como grandes responsáveis pelo aquecimento global. Neste contexto de desequilíbrio climático, observa-se também o aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos, por exemplo: inundações, deslizamentos, ondas de calor e secas meteorológicas. Os eventos impactam o território e a população de diferentes maneiras.

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. A nível local, o impacto dos eventos climáticos também varia de acordo com uma série de fatores ambientais e com a infraestrutura dos municípios. As cidades são sistemas dinâmicos e as ações de adaptação devem necessariamente considerar o contexto local, para que sejam efetivas.

As ações de adaptação têm por objetivo a construção de uma estrutura resiliente aos impactos decorrentes da mudança climática, reduzindo a exposição e sensibilidade do território e da população e aumentando a capacidade de resposta à emergência climática. Sendo assim, esse conjunto de intervenções, além de potencialmente reduzir os riscos climáticos, oferece oportunidades adicionais, como a melhoria da infraestrutura urbana e da qualidade de vida.

São Paulo, o estado mais populoso e industrializado do Brasil, enfrenta uma diversidade de riscos climáticos que afetam tanto o ambiente urbano quanto as áreas rurais. A impermeabilização do solo urbano, com a expansão de áreas pavimentadas, tem contribuído para o agravamento das enchentes em várias regiões, especialmente na Região Metropolitana de São Paulo. : O estado também tem enfrentado problemas de escassez de água, como ficou evidente durante a crise hídrica de 2014-2015. Embora a situação tenha melhorado, a dependência de fontes hídricas como o Sistema Cantareira e a diminuição das chuvas nos últimos anos indicam que o estado ainda está vulnerável a secas prolongadas. Além disso, deslizamentos de terra são frequentes nas áreas mais íngremes do estado, como a Serra do Mar e o Vale do Paraíba, em função do solo saturado de água.

Nesse contexto, Pindamonhangaba, localizada no Vale do Paraíba, também enfrenta riscos climáticos, embora em uma escala diferente em comparação às grandes metrópoles do estado. Por estar localizada entre a Serra da Mantiqueira e a Serra do Mar, a cidade está sujeita a enchentes e deslizamentos, especialmente nas áreas próximas aos rios e encostas. A instabilidade no regime de chuvas e o aumento de períodos secos podem prejudicar os ecossistemas, afetando negativamente os cultivos e a produção de alimentos, assim como o turismo dependente dos atributos naturais da região. Diante dessa conjuntura, Pindamonhangaba vem buscando



estratégias para adaptação às mudanças climáticas. A cidade associou-se ao ICLEI em 2022, a fim de avançar na promoção de políticas públicas e ações para um desenvolvimento sustentável resiliente à mudança do clima. No âmbito das ações para fortalecimento de uma estratégia coletiva para a sustentabilidade e apoio à conformidade climática, a cidade tem desenvolvido sua Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) com apoio técnico do ICLEI, que coloca-se como um insumo fundamental para uma gestão assertiva dos riscos climáticos.

Muitos são os riscos relacionados à mudança climática e cada território, a depender de seus diferentes condicionantes, é impactado de maneira específica. A ARVC tem como premissa a compreensão do conjunto de ameaças climáticas e dos elementos de exposição e vulnerabilidade dos diferentes sistemas que compõem o ambiente urbano, de modo a orientar o desenvolvimento de políticas públicas responsivas e investimentos que minimizem o risco de acordo com cada contexto analisado.

Este relatório apresenta a abordagem metodológica da ARVC aplicada em Pindamonhangaba e expõe os resultados obtidos. Sua estrutura se dá conforme indica o quadro abaixo.

Capítulo 1	Introdução	Discussões sobre o contexto do projeto e apresentação dos conceitos básicos que o fundamentam.
Capítulo 2	Metodologia	Detalhamento da metodologia adotada, objetivos e escopo da ARVC;
Capítulo 3	Resultados	Análise do contexto local, indicação das etapas metodológicas que foram aplicadas para a elaboração deste estudo, resultados do mapeamento participativo e análise dos riscos climáticos específicos, do risco crítico e do mapeamento participativo;
Capítulo 4	Considerações finais	Sintetiza os resultados e discussões apresentadas nesta ARVC.

2. METODOLOGIA

O processo metodológico para a construção da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) oferecida pelo ICLEI América do Sul foi estruturado a partir dos métodos e melhores práticas de avaliação de risco e vulnerabilidade climática desenvolvidos em 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).

Ainda, conta também com o acúmulo de elaboração do relatório que sumariza todos os resultados obtidos. A seguir está indicada a alocação de cada etapa do processo dentro da



estrutura supracitada. O detalhamento da etapa de produção cartográfica, conceitual e metodologicamente padronizada para todos os projetos em parceria com o ICLEI, encontra-se na Seção 2.1 e na Seção 2.2. A descrição das experiências em cada etapa aplicada especificamente no município de Pindamonhangaba consta na Seção 3.2.

Capacitação Inicial	Realização de reunião inicial virtual para sensibilização sobre a temática de adaptação e resiliência com as instâncias de Governança Municipal que irão acompanhar o desenvolvimento da análise, tanto para promover a participação institucional intersetorial quanto da população local;
	Realização de oficina presencial para a seleção dos riscos a serem analisados e para o mapeamento participativo, que visa à identificação da percepção dos riscos por parte da comunidade local;
Produção Cartográfica	Seleção de indicadores para a composição dos riscos;
	Coleta de dados de cobertura Estadual, Nacional ou Regional em plataformas abertas, e de dados locais junto à Prefeitura Municipal;
	Tratamento dos dados levantados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) - espacialização (em caso de dados não territorializados), projeção e normalização;
	Análise multicritérios em SIG para a geração de mapas individuais de risco (cenário atual e projeção para o intervalo 2020-2040);
	Sobreposição dos mapas individuais de risco em SIG para a geração do mapa síntese - Risco Crítico (cenário atual e projeção para o intervalo 2020-2040);
Elaboração e entrega do relatório final	Análise dos pontos/ polígonos identificados durante o mapeamento participativo com os mapas de risco elaborados em SIG para a avaliação do modelo SIG e da compreensão do risco por parte da população;
	Análise dos mapas desenvolvidos e síntese dos resultados obtidos, considerando possíveis recomendações ao governo local.

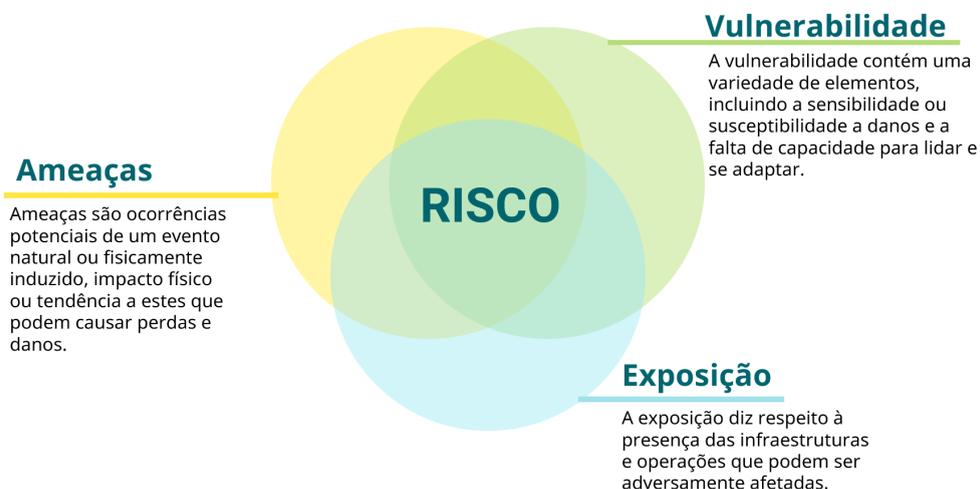
2.1. Composição dos modelos

A ARVC é um estudo estratégico do território, sendo um importante insumo para uma gestão de risco assertiva e para a construção da resiliência urbana e climática local a longo prazo. A ARVC está focada em analisar os fenômenos 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 susceptibilidade local com a **capacidade adaptativa** frente às ameaças climáticas. A Figura 1



apresenta a relação dos componentes de risco e como, a partir dessa relação, é compreendido o nível de risco presente em determinado território.

Figura 1 - Composição do risco climático conforme metodologia do IPCC.



Fonte: Adaptado de IPCC, 2015.

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 perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, bem como perdas e danos à infraestrutura, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais. Por exemplo, aumento da temperatura, diminuição/aumento da precipitação, inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor, secas, aumento do nível do mar.

A classificação de **exposição** de cada parte do território para a ameaça analisada depende de fatores como a concentração de pessoas, áreas agrícolas, ecossistemas, fauna e flora, infraestrutura, ou bens econômicos, sociais ou culturais em regiões que possam ser afetadas negativamente pela mudança climática.

Já a **vulnerabilidade** engloba uma variedade de conceitos e elementos, sendo um balanço entre a sensibilidade ou susceptibilidade da região a danos e sua capacidade local para lidar e se adaptar à mudança climática, sendo, de forma geral, avaliada a partir da análise de atributos físicos ou de infraestrutura urbana. Isto é, vegetação, sistema de drenagem, contenções, etc. A Figura 2 destaca a relação entre sensibilidade e vulnerabilidade para a composição do risco.

Sensibilidade	Nível em que um sistema é afetado negativamente e/ou beneficemente, pela variabilidade climática, possuindo efeitos diretos ou indiretos (IPCC, 2008);
Capacidade adaptativa	Combinação de recursos disponíveis para uma comunidade que pode ser utilizada para preparar ações para reduzir possíveis impactos adversos causados pelas mudanças climáticas (WEF, 2014).

Figura 2 - Ilustração do risco climático e interação entre seus componentes



Fonte: Adaptado de IPCC, 2015.

2.2. Tratamento de dados

Para a elaboração dos mapas de risco, um conjunto de dados é levantado com vistas à obtenção de informações climáticas, físico-morfológicas, sociais, ambientais e de infraestrutura local. Parte considerável dessas informações é 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) são solicitadas aos governos municipais. A seguir, estão alguns exemplos de indicadores integrados à análise, por componente de risco, a depender do risco analisado.

Ameaça Climática	Precipitação anual média
	Temperatura máxima do ar média
Exposição	Densidade demográfica
	Concentração de equipamentos de uso público
Sensibilidade	Encostas
	Áreas alagáveis
Capacidade adaptativa	Arrimos e contenções
	Infraestrutura de drenagem urbana

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.



Componente de Ameaça

A ameaça aqui abordada se trata daquela proveniente de causas climáticas. O aumento da temperatura, diminuição ou aumento do regime de precipitação, a ocorrência de rajadas fortes de ventos, dentre outros, são fatores que podem ser compreendidos como ameaças climáticas, pois têm origens atmosféricas e têm o potencial de impactar negativamente pessoas e infraestruturas. As ameaças se configuram risco quando da ocorrência de eventos extremos associados à alta exposição e alta vulnerabilidade.

Cada risco tem um conjunto específico de ameaças climáticas associadas. Em termos de modelagem, para riscos relacionados à precipitação, como inundações e deslizamentos, são utilizados indicadores como média de precipitação e índices climáticos como o R95p e o CWD que dizem respeito à quantidade de dias e intensidade das chuvas em um ano com maior precipitação. A depender do risco, outros indicadores podem ser acrescentados à análise. Para a avaliação de cenários futuros, as variáveis climáticas são substituídas: os indicadores com as normais climatológicas dão lugar a modelos de projeção validados pelo IPCC para diferentes *RCPs*.

Componente de Exposição

Os indicadores que compõem a exposição na ARVC dizem respeito à localização ou presença de pessoas, sistemas naturais, serviços e recursos, infraestruturas ou ativos econômicos, sociais, culturais ou ambientais que possam ser negativamente afetados pela mudança climática (IPCC, 2015). Neste componente, são utilizados indicadores como densidade populacional, renda, concentração de serviços, comércios, indústrias e equipamentos públicos, dentre outros.



Componente de Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é avaliada a partir de fatores que caracterizam a sensibilidade e a capacidade de adaptação. Tais fatores representam uma aproximação do estado de desenvolvimento local, indicando o grau de vulnerabilidade do território frente aos fenômenos climáticos, uma vez que a combinação de alta sensibilidade e baixa capacidade adaptativa resulta na maior vulnerabilidade.

A sensibilidade é o grau em que um sistema pode ser afetado, de forma positiva ou negativa, pela variação ou mudança climática (MMA, 2018). A capacidade adaptativa, por sua vez, corresponde ao quanto um sistema é capaz de lidar com possíveis danos relacionados a essa mudança. Para a indicação da sensibilidade do território frente a inundações e ilhas de calor, por exemplo, pode-se utilizar como indicadores a concavidade do terreno (áreas alagáveis) e a orientação das encostas, respectivamente. Como indicadores da capacidade adaptativa para os riscos supracitados, podem ser consideradas a permeabilidade do solo e a presença de vegetação arbórea, respectivamente.

A análise dos resultados foca nas 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.

Após a finalização da modelagem e análise dos riscos individuais, é realizada a etapa de análise integrada do território a partir da elaboração do mapa de risco crítico. 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. 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.

2.3. Justiça climática em análises climáticas

O tema da **justiça climática** surge enquanto desdobramento dos movimentos por justiça ambiental. É um conceito central para o entendimento das desigualdades e vulnerabilidades exacerbadas pela mudança climática ao apontar que, 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, priorizando os grupos sociais mais vulneráveis e garantindo que os benefícios das intervenções climáticas sejam distribuídos de maneira justa. 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. Ao considerarmos as populações que mais sofrem os impactos da crise climática, bem como quem está liderando a linha de frente no combate à degradação ambiental, as dimensões de gênero e raça despontam como questão central (CLIMA INFO, 2022).

É importante destacar que a relação entre a concentração de pessoas que se autodeclaram como negras e a maior exposição ao risco não têm um vínculo direto, estando em geral atrelada a outros fatores, como a situação econômica das pessoas e a localização no território. No entanto, no Brasil, as populações de menor renda, com maiores restrições nas condições de moradia e acesso a serviços e que geralmente ocupam áreas mais suscetíveis a desastres, são também majoritariamente negras (IBGE, 2019). Estudos indicam que a maioria dos domicílios chefiados por mulheres também estão concentrados nessas áreas mais vulneráveis (GÊNERO E CLIMA e OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2021). Não obstante, a condição socioespacial desses grupos também é atravessada por outras questões, para além do seu nível de renda, que se reflete, por exemplo, na dificuldade de acesso a financiamentos no contexto pós-desastre, afetando sua capacidade adaptativa (UNDP, 2016; ACTION AID, 2019).

Por isso, ao se pensar o planejamento urbano em sua relação com a mudança climática, a lente da justiça climática demanda uma compreensão territorial mais complexa e multidimensional, ancorada em uma perspectiva interseccional. Nesse sentido, a identificação das áreas mais propensas às ameaças climáticas, isto é, à ocorrência de eventos climáticos na cidade, embora fundamental, não é suficiente. Disso decorre a relevância da integração das dimensões de **exposição e sensibilidade** na metodologia da ARVC, que adicionam, justamente, os contextos e capacidades diferenciadas diante das referidas ameaças e fornecem uma compreensão do risco que oferece maior potencial para consideração da justiça climática. Ademais, a caracterização do território, discutida a seguir, contribui para a compreensão da interação das ameaças climáticas com diferentes aspectos socioeconômicos locais.



3. ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA DE PINDAMONHANGABA

A apresentação dos resultados da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) de Pindamonhangaba está estruturada a partir de uma caracterização geral a respeito do município e das etapas de elaboração desse estudo. Na sequência, consta a análise dos resultados obtidos com relação aos riscos climáticos e os cenários de risco crítico (atual e possibilidade futura).

3.1. Contexto local

Pindamonhangaba está localizada no estado de São Paulo, na região do Vale do Paraíba, especificamente nas coordenadas 22°S e 45°W. O município faz parte da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, uma das seis regiões metropolitanas do estado de São Paulo, formada pela união de 39 municípios agrupados em cinco sub-regiões. Está situado entre as cidades de Campos do Jordão, ao norte, Guaratinguetá e Potim, a nordeste, Roseira, a leste, Taubaté e Tremembé, a oeste, e Santo Antônio do Pinhal, a noroeste. É cortado pela Rodovia Presidente Dutra (BR-116), um importante eixo rodoviário que conecta São Paulo ao Rio de Janeiro.

Figura 3 - Localização do município de Pindamonhangaba



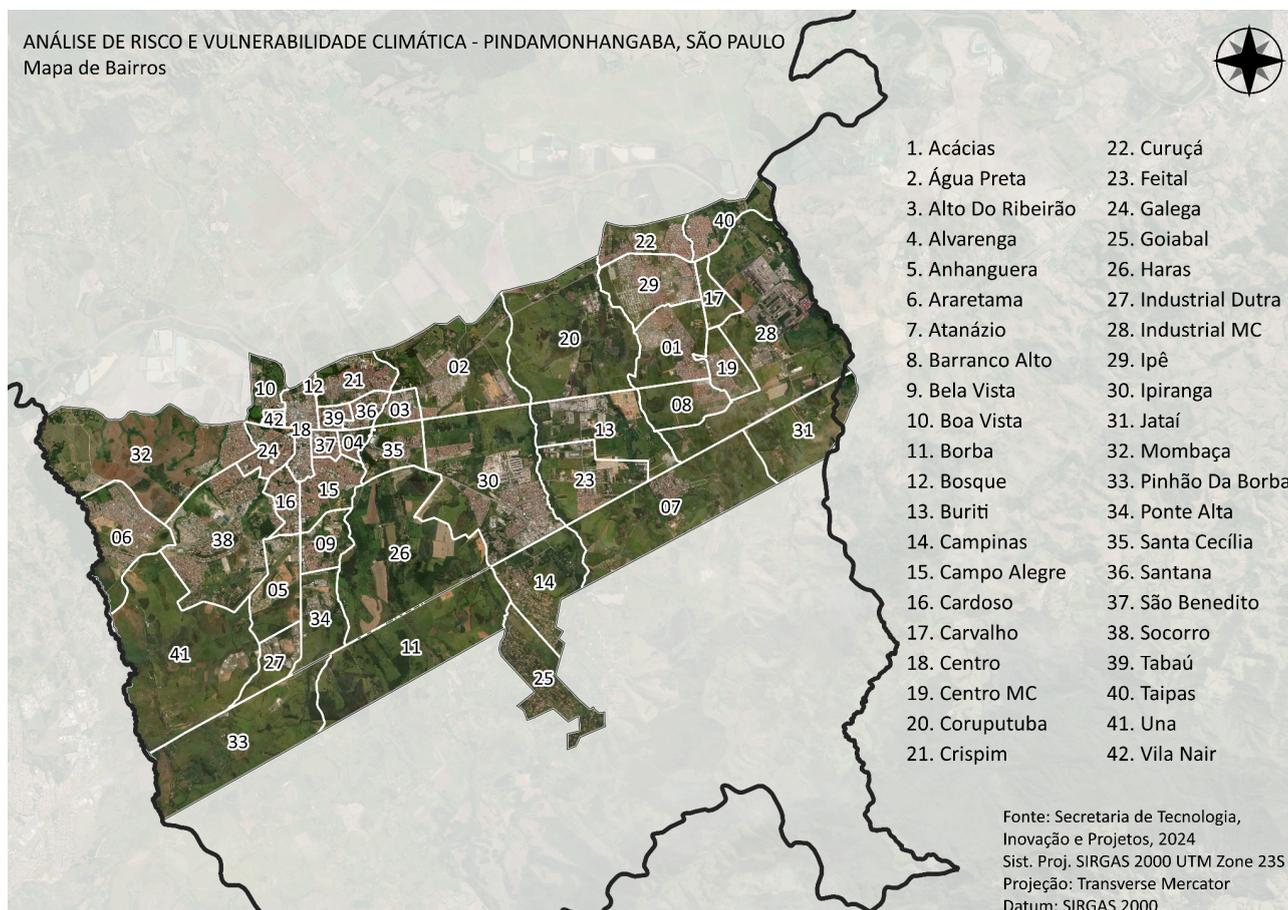
Fonte: Elaboração própria, 2024.

Conta com uma área territorial de aproximadamente 731,355 km² (IBGE, 2022), dos quais,



ao centro encontra-se a área urbana, e, ao redor, uma vasta zona rural que inclui áreas de preservação ambiental, como o Parque Natural Municipal do Trabiju. A população residente é de 165.428 pessoas, resultando em uma densidade demográfica de aproximadamente 226,19 hab/km² (IBGE, 2022). Pindamonhangaba conta com 42 bairros em sua zona urbana (Figura 4).

Figura 4 - Localização das regionais administrativas / bairros



Fonte: Elaboração própria, 2024.

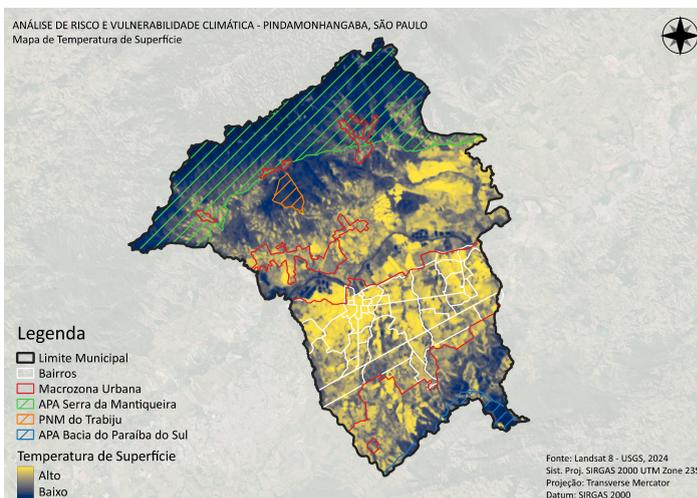
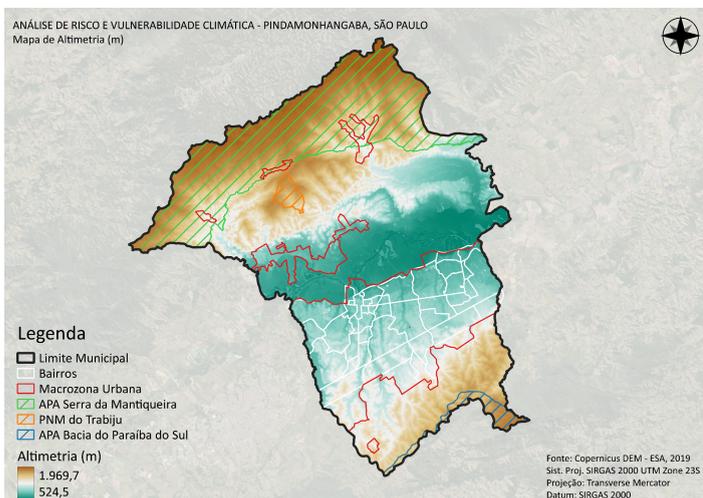
3.1.1. Caracterização ambiental

A cidade situa-se em uma configuração de relevo de morros altos e alongados, com amplitude topográfica entre 200m e 400m, assim como relevos de colina, com amplitude topográfica inferior a 100m, com presença expressiva nas regiões de extremo norte e sul do município. É possível observar que as áreas centrais do município apresentam as menores declividades, onde está situada a mancha urbana de Pindamonhangaba, aproveitando-se das condições favoráveis do relevo (Figura 5). A região está sob a influência de massas de ar tropical e polar, caracterizando-se por um clima tropical úmido das costas orientais e subtropicais, dominado principalmente pela massa tropical. A temperatura média anual é de 20,4°C, com variações entre



30,5°C no verão, sendo fevereiro o mês geralmente mais quente, e 10,7°C no inverno, com julho apresentando as menores temperaturas (Geobrasilis, 2019).

Figuras 5 e 6 - Mapas de Altimetria (esq.) e temperatura de superfície (dir.) do município de Pindamonhangaba, SP.



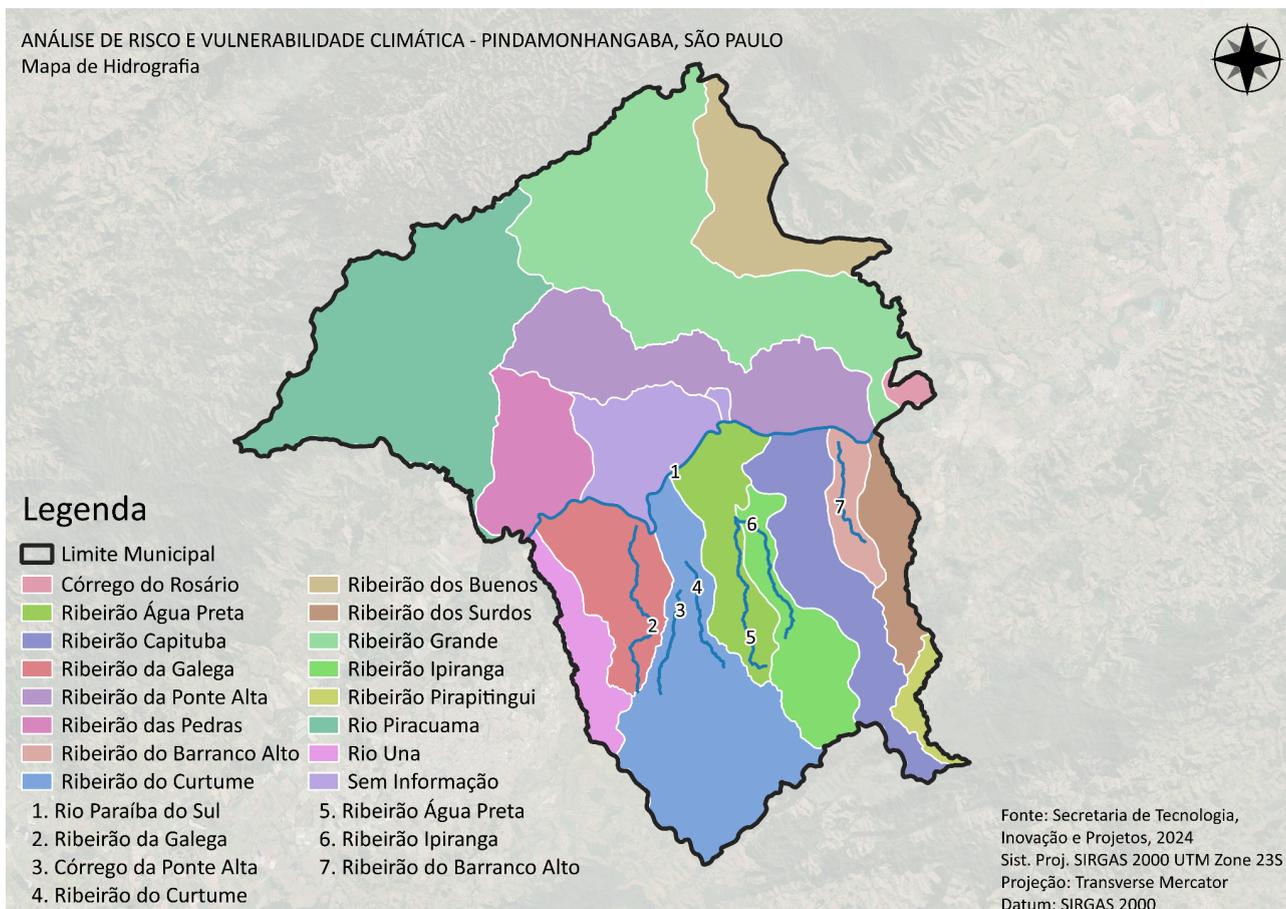
Fontes: LANDSAT-8 e COPDEM, 2024.

Conforme análise histórica do INMET, a precipitação média anual na região de Pindamonhangaba, registrada pela estação automática de Taubaté, foi de 1.396,80 mm no período de 1961 a 1990, valor que se alinha à média observada na região (Geobrasilis, 2019). O levantamento de dados de precipitação é crucial, pois está diretamente ligado à microdrenagem urbana e aos riscos de enchentes, destacando a necessidade de ações preventivas antes dos períodos chuvosos. Além disso, o monitoramento da precipitação também tem impacto na gestão da pegada hídrica, que se refere ao volume de água utilizado para suprir as necessidades humanas e produtivas, sendo essencial para garantir um manejo sustentável dos recursos hídricos em tempos de crescente demanda e eventos climáticos extremos. Para uma discussão sobre a Pegada Hídrica em Pindamonhangaba, ver o relatório do Diagnóstico de Serviços Ecosistêmicos da cidade (ICLEI, 2025).

O município está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, conhecida como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 02, tendo como seu principal corpo hídrico o Rio Paraíba do Sul, que entrecorta o município de oeste à leste e é a principal fonte de abastecimento de toda a área urbana, e o Rio Piracuama, que possui forte importância na manutenção de recursos naturais e funções turísticas. Também são significativos os corpos hídricos do Córrego do Curtume; Córrego da Galega; Ribeirão Água Preta; Rio Una; Ribeirão Grande e Ribeirão do Oliveira, distribuídos em 29 sub-bacias (Figura 7).



Figura 7 - Hidrografia do Município de Pindamonhangaba, SP



Fonte - Secretaria de Tecnologia, Inovação e Projetos, 2024.

Em função do relevo da Serra da Mantiqueira há uma importante variação de ecossistemas, que se reflete em um aumento significativo da biodiversidade (ICMBio, 2018). De acordo com o Painel Verde de São Paulo, a cidade conta com 22.575 ha. de cobertura vegetal nativa, o que equivale a aproximadamente 31% do território municipal. De modo geral, tem-se vegetação típica da Floresta Ombrófila Densa (FOD) Montana, sendo a expressão de espécies vegetais que compõem o bioma Mata Atlântica a maioria, embora haja presença em menor grau de espécies do cerrado, indicando as áreas de transição ao longo da Região do Vale do Paraíba (ICMBio, 2018; Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba, 2013).

O município conta com três Unidades de Conservação: a Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Mantiqueira, que abrange uma porção territorial ao norte da cidade; a APA Bacia do Paraíba do Sul, que ocupa uma pequena faixa ao sul da localidade; e o Parque Natural Municipal (PNM) Trabiju, integralmente inserido no município. Além dessas áreas, Pindamonhangaba apresenta diversas outras áreas verdes, parques e praças, por exemplo, os Parques da Juventude e da Cidade, o Bosque da Princesa e as praças Monsenhor Marcondes, Santana e Emílio Ribas.



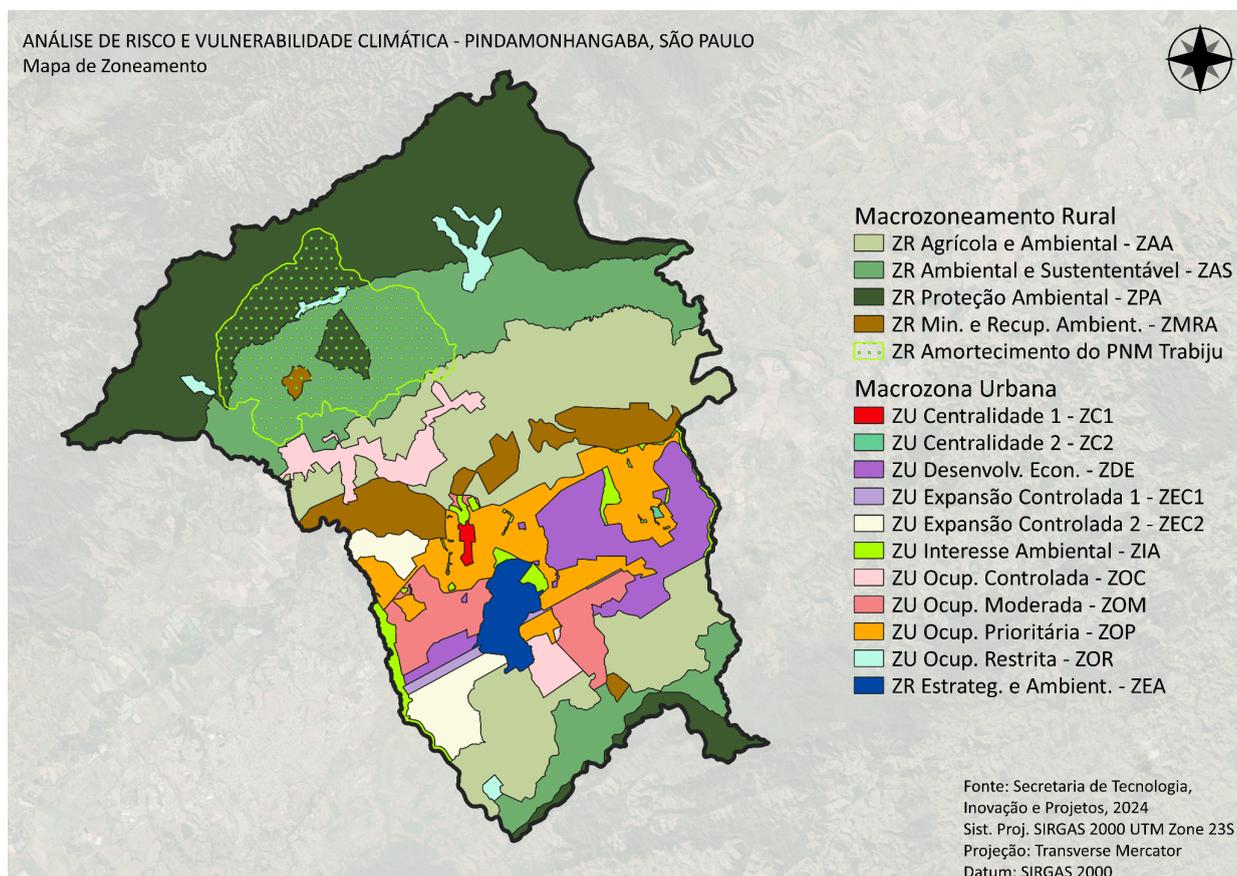
3.1.2. Caracterização da ocupação e uso do solo

A área urbanizada do município de Pindamonhangaba é de 40,74 km² (IBGE, 2019). De acordo o censo demográfico (IBGE, 2010), 95,8% dos domicílios do município contam com esgotamento sanitário adequado, 85,3% estão localizados em vias públicas com arborização e 38% dos domicílios urbanos estão localizados em vias públicas com urbanização adequada, isto é, com presença de bueiro, calçada, meio-fio e pavimentação.

O Plano Diretor Participativo de Pindamonhangaba, aprovado pela Lei Complementar nº 66 de Janeiro de 2022, tem a ocupação territorial planejada e sustentável como um de seus eixos estruturantes. Foi contemplada a revisão do zoneamento e macrozoneamento estabelecidos em 2006 na versão original do Plano, bem como a delimitação do perímetro urbano e rural, além do reconhecimento de áreas com irregularidade fundiária.

Com isso, o zoneamento atual divide o município em uma Macrozona Urbana composta de 12 áreas de zonas urbanas, com parâmetros diferenciados de ocupação de solo e uma Macrozona Rural, que conta com uma porção Norte e uma Sul, que apresentam quatro tipologias de ocupação com novas diretrizes voltadas à proteção ambiental, ocupação sustentável, principalmente nas áreas de amortecimento das áreas protegidas, atividade agrícola e atividade minerária e de recuperação ambiental (Figura 8).

Figura 8 - Zoneamento do município de Pindamonhangaba



Fonte: Secretaria de Tecnologia, Inovação e Projetos, 2024.



Figura 9 - Mudança do Uso e Ocupação do Solo entre 1990 - 2020.

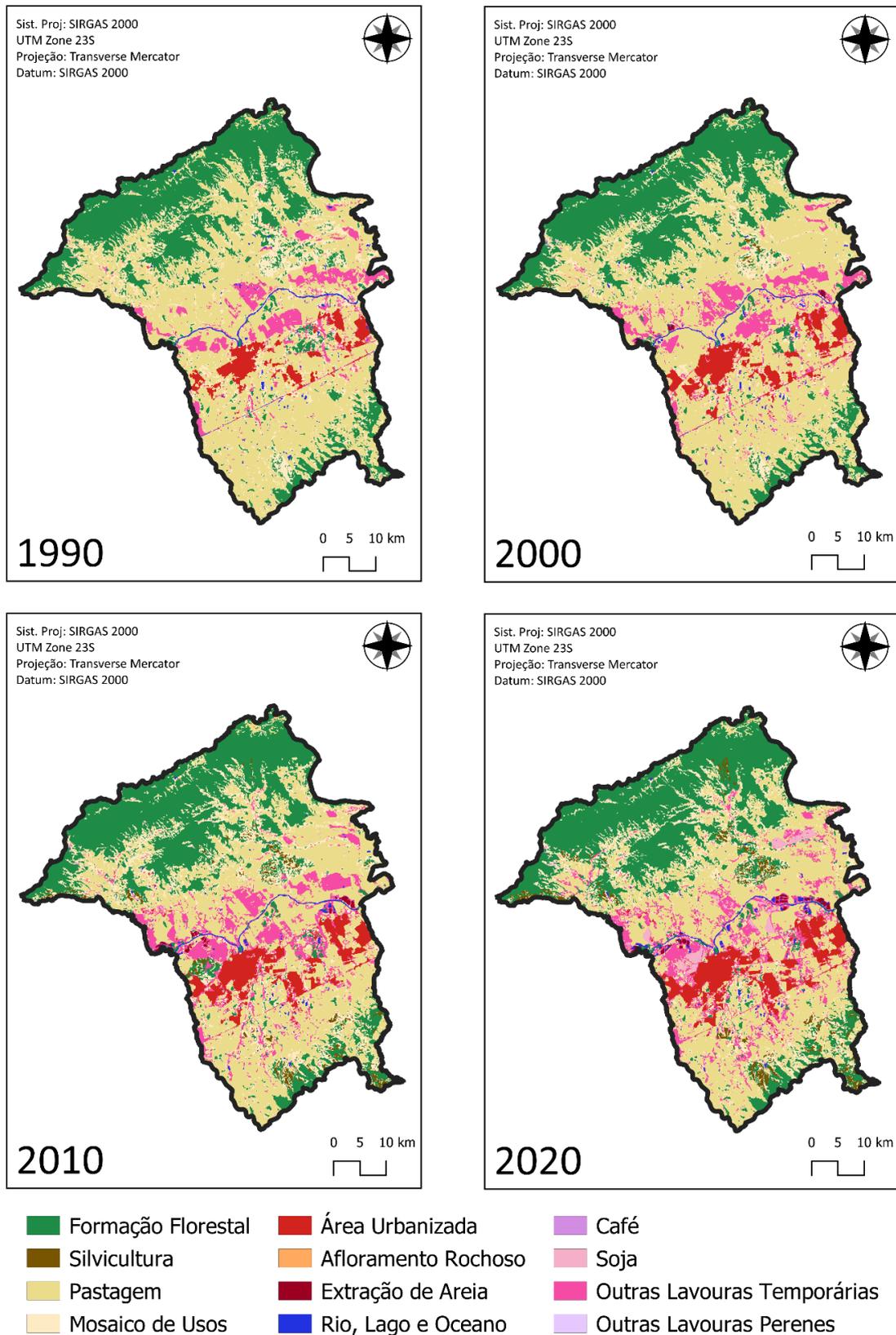
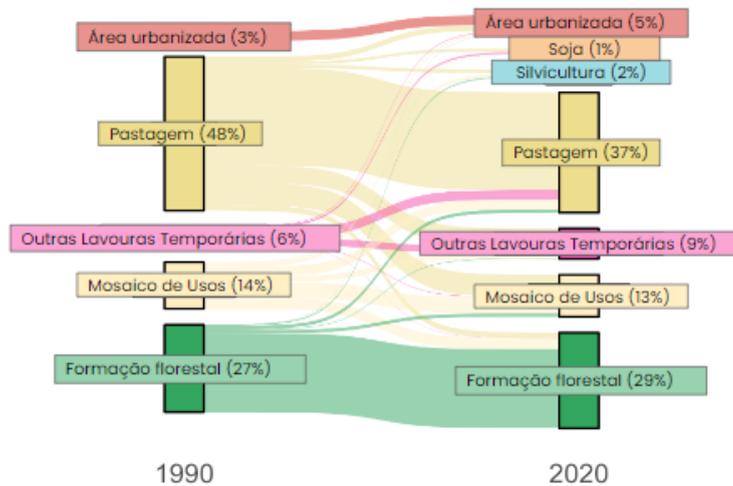




Figura 10 - Gráfico de Sankey sobre Conversão do uso do solo



Fonte: Elaboração própria com base em MapBiomias, 2020.

Atualmente, a proporção de uso e cobertura do solo em Pindamonhangaba se distribui em: 5% de áreas urbanizadas, 29% de formação florestal, 37% de pastagem, 13% de mosaico de usos, 9% de outras lavouras temporárias, 2% de silvicultura e 1% de cultivo de soja (MapBiomias, 2023). Cabe destacar que os mapas de uso e ocupação do solo foram elaborados com base em levantamentos de sensoriamento remoto, o que pode acarretar alguns erros de classificação em razão do nível de detalhamento utilizado. Não obstante, os resultados do MapBiomias possuem reconhecimento científico, proporcionando uma base sólida para análises com acurácia dos dados que gira em torno de 85 a 90% e que, apesar dessas possíveis limitações, são muito pertinentes para avaliar as principais tendências de ocupação e uso do solo.

Nota-se, por exemplo, que a expansão urbana em Pindamonhangaba se deu sobre áreas anteriormente destinadas à agropecuária no entorno da mancha urbana, incluindo tanto pastagem quanto mosaico de usos, geralmente zonas mais propícias para construção de edificações. O processo de ocupação do território foi muito influenciado pela transição de uma economia predominantemente agrícola para uma industrial. A instalação de indústrias siderúrgicas, metalúrgicas e de transformação contribuiu para o crescimento da cidade e a ocupação de novas áreas, especialmente na década de 1980, com o surgimento de importantes distritos industriais como Moreira César (Leite, Andrade e Gomes, 2016).

Nas regiões mais afastadas do perímetro urbano, é importante destacar também a conversão de áreas de formação florestal em áreas de pastagem e mosaico de usos, tendência de transição verificada especialmente na região norte, no entorno do núcleo de Ribeirão Grande. Por outro lado, nota-se um aumento na cobertura florestal também associado a essas mesmas categorias, com uma ampliação na cobertura florestal especialmente na região da APASM. Ao Sul do município, também nota-se o crescimento da silvicultura, associada principalmente a plantios



em áreas anteriormente destinadas à pastagem e, em menor grau, à redução da cobertura florestal.

3.1.3. Caracterização socioeconômica

Pindamonhangaba historicamente foi reconhecida por sua capacidade de produção agrícola, com destaque para a produção de café no século XIX, e da pecuária leiteira, extensas culturas de arroz e produção de hortigranjeiros nas primeiras décadas do século XX. A transição para uma cidade industrial fortaleceu-se a partir da segunda metade do século passado, com a chegada de grandes indústrias, mudando o perfil econômico local e a forma de ocupação e uso do solo. Essa mistura de tradições agrícolas e crescimento industrial tornou Pindamonhangaba uma cidade economicamente diversificada.

De acordo com o IBGE (2022), atualmente a área urbanizada de Pindamonhangaba equivale a aproximadamente 120km², o que representa cerca de 16% de seu território. Em 2020, Pindamonhangaba teve um PIB de R\$9,03 bilhões. Deste valor, a maior participação foi do setor de serviços, com valor adicionado de R\$ 3.6 bilhões (40%); em segundo lugar, o setor industrial, com R\$ 2,8 bilhões (32,8%) e em terceiro lugar, a agropecuária, com R\$ 36 milhões (0,3%).

O percentual de habitantes formalmente ocupados é da ordem dos 42 mil - o que equivale a aproximadamente 25% do montante total de pessoas na cidade. Ao passo que o PIB per Capita é de R\$79.951,70, cerca de 35% dos moradores de Pindamonhangaba apresenta rendimento mensal per capita de ½ salário mínimo (IBGE, 2021). O Índice de Gini, que quanto mais próximo de 01, indica maior desigualdade, foi de 0,52, em 2010, portanto, indicando uma situação mediana. Já o IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal foi de 0,773, considerado alto (IBGE, 2010). Cabe destacar que a cidade vem apresentando uma melhora progressiva nesses indicadores a cada realização do censo, de acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (Pnud Brasil, Ipea e FJP, 2022).

3.1.4. Caracterização sobre a ocorrência de desastres

Historicamente, Pindamonhangaba registrou um número limitado de acidentes relacionados a desastres naturais, como deslizamentos e inundações. No entanto, um levantamento de 40 anos revelou 11 eventos de inundação em diferentes áreas do município, indicando a necessidade de atenção contínua a esse risco (IG, 2012).

Ademais, a caracterização dos processos do meio físico indica áreas com alta suscetibilidade a erosão de solos por escoamento superficial, e, especialmente nos terrenos ao longo das planícies de inundação do Rio Paraíba do Sul e seus afluentes, áreas onde ocorrem inundações frequentes, recalques e solapamentos de margens. Estas áreas são particularmente vulneráveis durante os meses mais chuvosos, de dezembro a março, com precipitação média em janeiro de cerca de 217 mm. Essas condições, somadas à expansão urbana e às alterações no uso do solo, tornam essencial o monitoramento e a implementação de estratégias de prevenção de



desastres, além de planos de contingência, especialmente no que diz respeito aos riscos de inundação e deslizamentos.

No que se refere ao risco de seca meteorológica, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden/MCTI, 2025) utiliza os dados do Índice Integrado de Seca (IIS 6) para avaliar o impacto desse risco nos recursos hídricos em escala urbana. No caso de Pindamonhangaba, nos últimos 12 meses, foi identificado níveis de seca moderada, normal e fraca, não apresentando níveis mais críticos como extremos ou excepcionais neste período. Ao mesmo tempo, segundo a análise da série histórica de 1991 a 2024 do Atlas Digital de Desastres no Brasil neste período, o município não registrou nenhuma ocorrência de desastres relacionados à seca, assim como o monitoramento dos últimos meses também não indicou níveis críticos (BRASIL/MIDR, 2023). Portanto, considerando o escopo de trabalho e a análise do histórico de ocorrências e das previsões climáticas, foram selecionados para análise os riscos de inundação, ilha de calor, deslizamento e proliferação de vetores de arboviroses urbanas.

3.2. Etapas metodológicas aplicadas em Pindamonhangaba

O processo de elaboração da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) contou com uma série de atividades participativas com o Grupo Executivo (GEX), composto por 12 representantes de órgãos e secretarias do Município, e com o Comitê de Diálogo Ampliado, composto por representantes do setor privado e da sociedade civil totalizando 14 instituições. Para dar início à elaboração da análise, foi realizada uma sessão virtual sobre a mudança climática para sensibilização dos atores envolvidos no arranjo de Governança. Essa primeira reunião também teve por objetivo a mobilização do GEX para o levantamento e coleta de dados sobre o território.

Com base nesse e subsequentes alinhamentos com a cidade, com destaque para a oficina participativa, foi validada a seleção dos riscos selecionados para análise, considerando o contexto e prioridade locais. Com isso, para a ARVC de Pindamonhangaba foram considerados quatro riscos climáticos, sendo eles:

Inundações
Ilhas de calor
Deslizamentos
Proliferação de vetores de arboviroses urbanas

Posteriormente aos momentos de alinhamentos virtuais, foram realizadas duas atividades presenciais: oficina de mapeamento participativo (em 04 de junho de 2024) e oficina de validação dos dados preliminares com consulta de dados (em 23 de agosto de 2024). O mapeamento participativo foi realizado em uma oficina aberta ao público em geral (incluindo integrantes do GEX, do Comitê de Diálogo Ampliado e demais membros da comunidade interessados). 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. Mais informações sobre essa atividade e seus resultados constam na Seção 3.5 deste relatório.

Por meio do geoprocessamento, foram elaborados os mapas dos indicadores dos componentes de risco (ameaça, exposição e vulnerabilidade) analisados para cada um dos quatro riscos. Esses resultados preliminares foram discutidos com a equipe técnica da Prefeitura para a avaliação dos indicadores e a obtenção de dados complementares. Na sequência, os resultados preliminares também foram apresentados ao Comitê de Diálogo Ampliado.

Por fim, são desenvolvidos os mapas dos componentes de risco que consistem na elaboração dos mapas finais dos quatro riscos selecionados para análise, e do mapa de Risco Crítico, que destaca as áreas afetadas por mais de um ou mais riscos climáticos. Esta análise busca compreender o quanto os riscos associados a eventos climáticos extremos podem se intensificar em cenários futuros, caso não sejam adotadas medidas de adaptação capazes de fortalecer a resiliência urbana.

Resumo das etapas metodológicas aplicadas em Pindamonhangaba

Reunião virtual de sensibilização do GEX e do Comitê de Diálogo Ampliado;

Levantamento e coleta de dados juntamente com a Prefeitura Municipal e em bases de dados internacionais e nacionais;

Oficina presencial, aberta ao público em geral, para mapeamento participativo dos riscos e desastres climáticos em Pindamonhangaba;

Tratamento e processamento dos dados coletados com a utilização de SIG;

Reunião presencial para apresentação dos resultados preliminares ao GEX e Comitê de Diálogo;

Refinamentos e desenvolvimento da análise do risco climático de ilhas de calor;

Elaboração e entrega do relatório preliminar;

Revisões finais dos dados gerados;

Elaboração e entrega do relatório final.



3.3. Análise de Riscos Climáticos para Pindamonhangaba

A ARVC é uma modelagem dos riscos climáticos em sua situação atual e futura, considerando os dados georreferenciados disponíveis em fontes oficiais e plataformas de procedência técnica. Assim, além de limitações associadas à oferta de dados para o município em questão, é importante considerar que, como toda modelagem, existem limitações impostas à estudos desse perfil derivadas das próprias incertezas inerentes aos sistemas climáticos, ampliadas no contexto de crise climática em curso.

Sendo assim, mediante às instabilidades trazidas pelos evento extremos - sobre os quais ainda há muito a se compreender - recomenda-se o monitoramento permanente de políticas em escalas detalhadas, tais como as ações de Defesa Civil e a necessidade de cultura de coleta e interpretação de dados climáticos para que o município se mantenha preparado para eventos extremos. Com isso, ressalta-se que este relatório tem como principal propósito ser, mais do que um instrumento puramente preditivo, um instrumento norteador para o desenvolvimento de políticas públicas, inclusive para a definição de áreas prioritárias para novas coletas de dados primários. Portanto, a partir dos resultados obtidos, das análises e recomendações, o governo local poderá se apropriar do conhecimento técnico gerado para desenvolver estratégias para aumentar a capacidade de resiliência local.

Esta seção aborda então os resultados obtidos na ARVC para a cidade de Pindamonhangaba. São apresentados cada risco incluído no estudo (Inundações, Ilhas de calor, Deslizamentos, Proliferação de vetores de arboviroses urbanas - dengue, zika e chikungunya), considerando uma breve conceituação e a apresentação dos respectivos mapas. Por fim, o subcapítulo de risco crítico detalha a sobreposição dos riscos analisados, com suporte de texto e o mapa georreferenciado.

A classificação de áreas de risco alto e muito alto foi elaborada com base em duas metodologias. A primeira avalia o risco de forma proporcional à unidade de análise, calculando o percentual que as áreas de risco alto e muito alto representam em relação à área total de uma região administrativa, evidenciando o impacto específico naquele contexto. A segunda, por sua vez, analisa a extensão total das áreas de risco, desconsiderando sua proporção dentro da área de análise.

3.3.1. Ilhas de calor

Denomina-se ilha de calor o fenômeno antrópico relativo à diferença de temperatura observada entre áreas com diferentes padrões de adensamento e urbanização. O calor acumulado no período de exposição solar e em função das atividades humanas mantêm-se retido nas superfícies e não consegue se dissipar durante o período noturno. Isso está associado, por exemplo, a altas taxas de impermeabilidade do solo, à opacidade e albedo dos materiais construtivos, e à falta de arborização. As ilhas de calor relacionam-se às ondas de calor, fenômeno meteorológico de grande escala, na medida em que a ocorrência consecutiva de eventos extremos



de calor agravam o efeito e pelo fato de as características de adensamento e urbanização mencionadas intensificarem os impactos relativos às temperaturas extremas.

Embora as ondas de calor sejam fenômenos naturais de oscilações climáticas e variações nos padrões atmosféricos, a frequência, intensidade e duração desses eventos têm aumentado em função da mudança climática. São caracterizadas por um período prolongado (de vários dias, ou até mesmo semanas)¹ com temperaturas excepcionalmente altas em uma determinada região. Com isso, as ondas de calor agravam os impactos sofridos na cidade em relação ao fenômeno de ilhas de calor, tornando o desconforto térmico ainda maior.

Para a análise da **ameaça** de ilhas de calor no município de Pindamonhangaba, foram considerados como indicadores os dados com relação às temperaturas máximas do ar, a quantidade de dias com temperatura máxima acima do percentil 90% (TX90p) e o número máximo de dias consecutivos sem chuva no ano (CDD).

Para a análise da **exposição**, foram consideradas a densidade demográfica, a renda média, e grupos de risco (concentração de crianças abaixo de 10 anos e de idosos acima de 60 anos). Todos estes dados foram associados à malha censitária do município.

Para a análise da **sensibilidade** às ilhas de calor, foi considerado o conjunto de dados que permitem a análise das temperaturas de superfícies, da incidência de raios solares sobre o terreno, da altimetria e das tipologias de paisagens (LCZ)² e sua resposta ao microclima.

Para a análise da capacidade adaptativa às ilhas de calor, foram considerados fatores que favorecem o efeito dinâmico no município, sendo eles a presença de vegetação arbórea - regulação do microclima - e a declividade do terreno - altas declividades aumentam a velocidade dos ventos. O Quadro 1 sumariza a relação dos indicadores utilizados para a modelagem do risco associada a suas respectivas definições e fontes.

¹ Apesar de não haver uma definição exata acerca do período que caracteriza uma onda de calor, o Ministério da Saúde indica um mínimo de 3 dias com temperatura de 5 °C acima da média de temperatura máxima esperada para aquele período (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023).

² As Zonas Climáticas Locais (ou, em inglês, Local Climate Zones - LCZ) são um esquema de classificação das tipologias de paisagem urbana e natural desenvolvido por Stewart e Oke (2012) para fins de estudos em climatologia urbana.



Quadro 1 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco às ilhas de calor.

Componentes		Indicadores	Definição	Fonte
Ameaça		Temperatura Máxima do Ar	Acumulado anual de precipitação. Normal climatológica elaborada em escala global.	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
Vulnerabilidade	Sensibilidade	Aspecto	Ponderação da susceptibilidade ao risco em função da orientação das encostas/vertentes.	Derivado do COPDEM
		LCZ	Classificação de tipologias de paisagem urbanas e naturais em função de características que influenciam o microclima.	WUDAPT
		Temperaturas de superfície	Amplitude térmica em situação de atmosfera estável.	LANDSAT-8
		Altimetria (topografia)	Estimativa da variação da temperatura do ar em função da cota altimétrica.	COPDEM
	Capacidade Adaptativa	Potencial de Resfriamento	Identificação de áreas com vegetação capaz de regular o microclima.	LANDSAT-8
		Aumento da velocidade dos ventos	Estimativa do efeito dinâmico em função da declividade do terreno.	Derivado do COPDEM

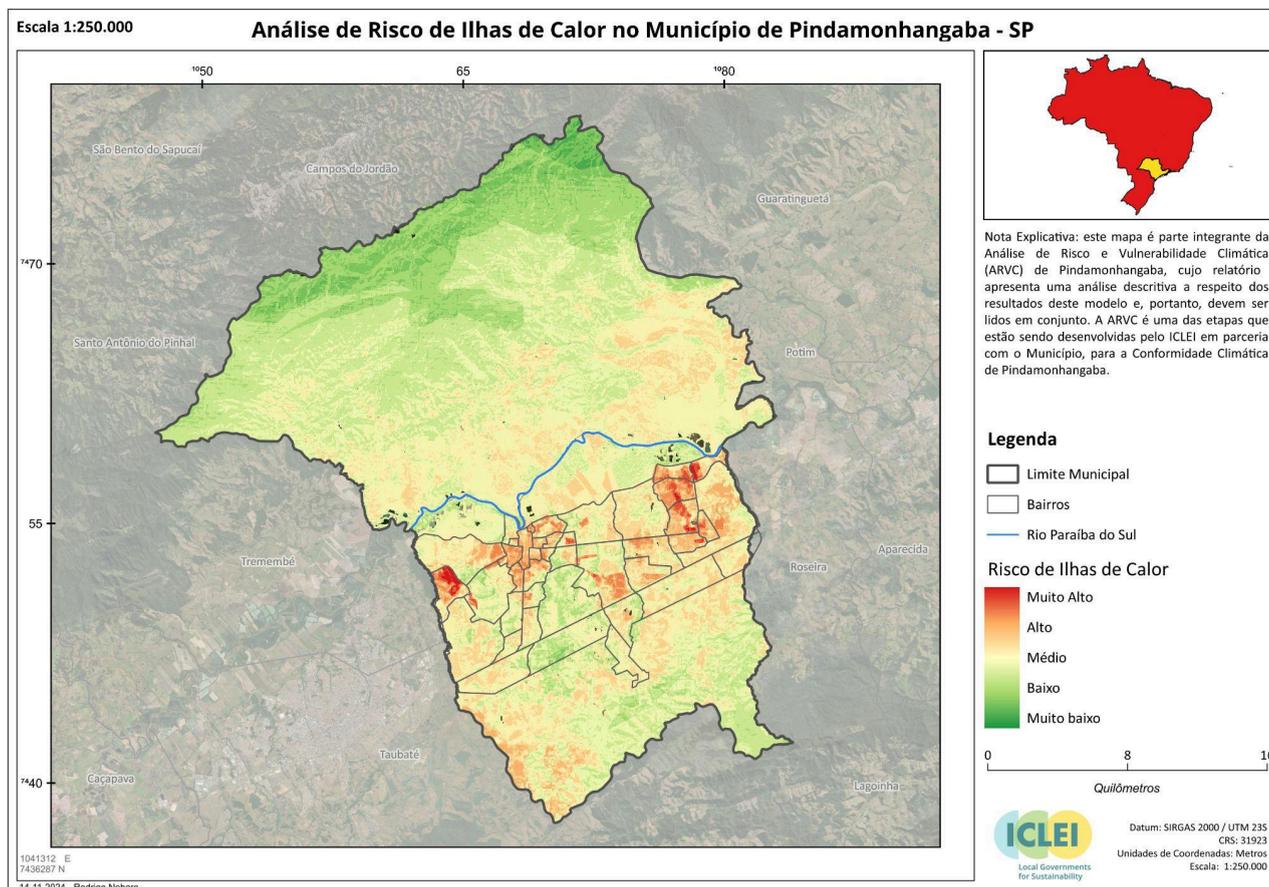
Fonte: Elaboração própria, 2024.



Resultados obtidos para o risco climático de Ilha de Calor

A Figura 11 apresenta o mapa de risco de ilhas de calor no município, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade anteriormente apresentados no Quadro 1.

Figura 11 - Mapa de risco de ilhas de calor no município de Pindamonhangaba.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

A síntese dos indicadores de **ameaça** utilizados na análise mostra a predominância de altas temperaturas do ar em quase todo o município, principalmente na área mais urbanizada. Naturalmente, a área de vale onde está localizada a mancha urbana mostra-se mais quente, e as zonas correspondentes à serra do Pico do Diamante menos impactadas em função da diferença da cota altimétrica. Os indicadores utilizados para a identificação de extremos climáticos mostram que a variação, em dias, da ocorrência de temperaturas muito altas no município varia entre 6 e 9 dias, e que os dias consecutivos sem chuva variaram de 20 a 40 dias.

Em termos de **exposição**, as áreas mais críticas segundo o indicador de adensamento populacional correspondem à região central da cidade - bairros como Campo Alegre, São Benedito, Centro e Galega - e parte dos bairros Araretama, Ipiranga, Ipê e Curuçá. Por outro lado, alguns bairros da região central da cidade apresentam as menores médias de renda mensal. Assim, as frações dos bairros Araretama, Ipiranga e Ipê, anteriormente mencionadas por seu caráter denso em termos de população, aqui mostram-se



novamente expostas segundo o critério de renda. No contexto da concentração de grupos de risco, destacam-se novamente os bairros supracitados e nota-se também índices altos de exposição nos bairros Acácias, Socorro, Alto do Ribeirão e Campo Alegre.

No aspecto da **sensibilidade**, a amplitude térmica mostra-se considerável, sendo que as áreas mais quentes são aquelas caracterizadas pela urbanização associada à ausência de vegetação e à maior densidade construída, bem como às zonas agrícolas - em função da ausência de cobertura vegetal - ou de solo exposto. A complexa geomorfologia do território também mostra-se importante para a compreensão das áreas mais suscetíveis ao acúmulo de carga térmica, uma vez que muitas das encostas observadas na topografia de Pindamonhangaba estão voltadas para orientações mais expostas à radiação solar - oeste, nordeste e norte. Do que tange às tipologias das paisagens urbanas, nota-se a predominância de uma configuração morfológica que favorece a formação das ilhas de calor, sobretudo na região central da cidade - construções baixas e adensadas, com áreas pouco vegetadas, e muito impermeabilizadas.

A **capacidade adaptativa** de Pindamonhangaba em relação às ilhas de calor mostra-se bastante limitada. A vegetação é crucial para a regulação térmica, pois oferece sombreamento e umidade ao ambiente. Entretanto, na maior parte dos bairros da cidade, essa cobertura é muito baixa. Além disso, a baixa declividade em toda a região de vale - onde está localizada a zona urbana do município - reduz o potencial de circulação dos ventos, que poderia ajudar a dissipar o calor acumulado.

Em suma, a análise das ilhas de calor no município de Pindamonhangaba indica altos índices de risco nas áreas mais densamente urbanizadas e com menor presença de vegetação. As temperaturas máximas e a densidade populacional destacaram-se como os indicadores mais significativos para a classificação dessas áreas como de risco alto e muito alto. Entende-se que bairros como Araretama, Bosque, Acácias, Ipê, Campo Alegre, Crispim, Vila Nair, Galega, Tabau, Taipas, Centro, São Benedito, Alvarenga, Santana e Cardoso são particularmente impactados pelos efeitos das ilhas de calor, o qual não se dissipa totalmente à noite devido às características antrópicas - tipologias de paisagem urbana, perfil socioeconômico, etc. - e físicas - aspecto, altimetria, declividades, etc. - dessas regiões.

3.3.2. Inundações

Naturalmente, os rios e córregos apresentam um ciclo hidrológico que acompanha fatores que estão associados, por exemplo, à precipitação, temperatura e vegetação de sua mata ciliar (ROCHA e SANTOS, 2018). 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). Dessa forma, de maneira geral, o risco de inundações é observado onde há a presença de corpos d'água e exposição de pessoas muito próximas, estando em um território vulnerável por não contar com as devidas infraestruturas para a ocupação urbana.

O Quadro 2 sumariza a relação dos indicadores utilizados para a modelagem do risco associada a suas respectivas definições e fontes.

Quadro 2 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco à inundação.

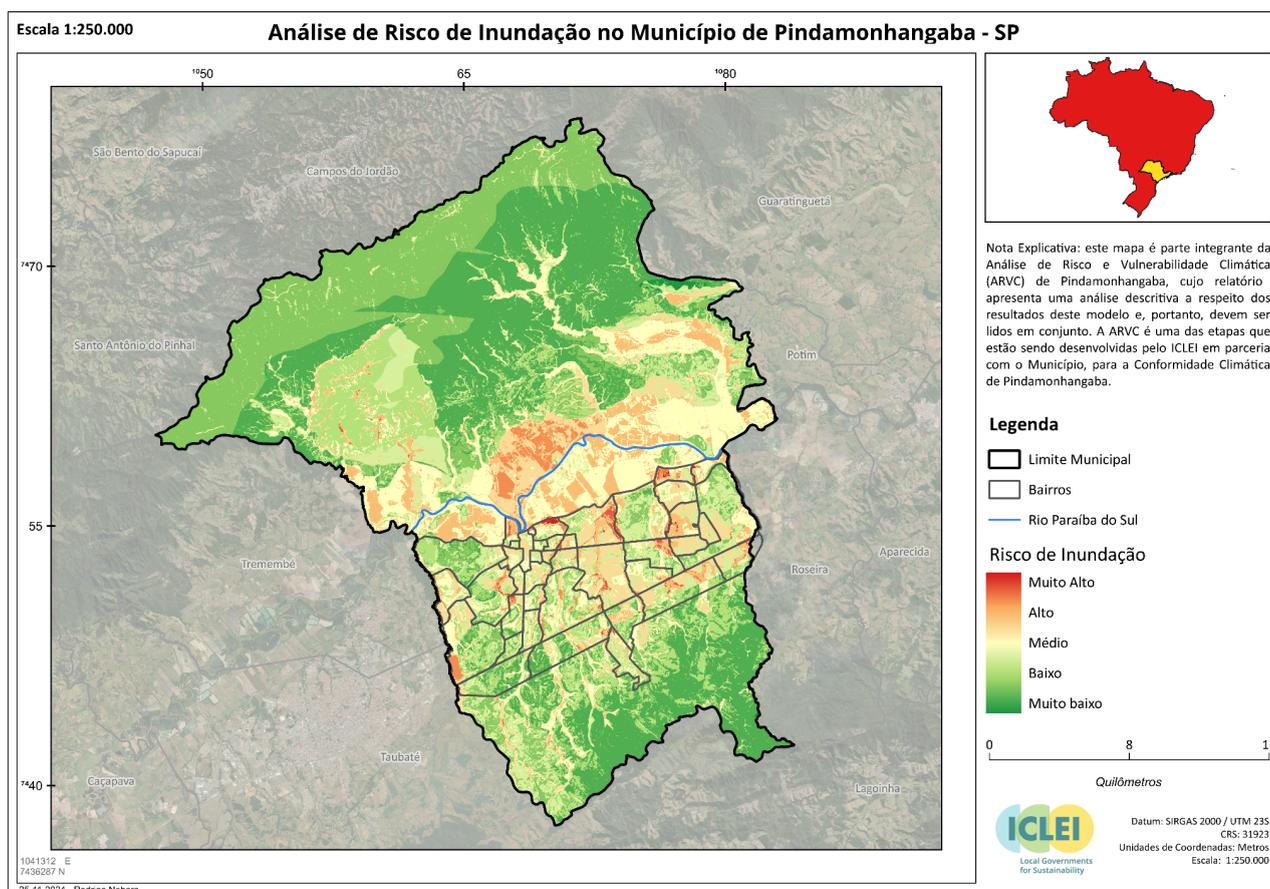
Componentes		Indicadores	Definição	Fonte
Ameaça		Precipitação Anual	Acumulado anual de precipitação. Normal climatológica elaborada em escala global.	WorldClim
		R95p	Indicador que sinaliza a ocorrência de eventos extremos de precipitação.	INMET
		CWD	Indicador que sinaliza a recorrência de dias seguidos 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
		Concentração de equipamentos	Densidade de equipamentos de educação, lazer e saúde.	Prefeitura de Pindamonhangaba
Vulnerabilidade	Sensibilidade	Mancha de inundação	Estimativa de áreas suscetíveis a eventos de inundação em função da topografia e do registros de ocorrências.	ESA, Prefeitura de Pindamonhangaba
		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: Elaboração própria, 2024.

Resultados para o risco climático de Inundações

A Figura 12 apresenta o mapa de risco de inundações no município, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade anteriormente apresentados no Quadro 2.

Figura 12 - Mapa de risco de inundações no município de Pindamonhangaba.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Os indicadores de **ameaça** para o risco de inundação em Pindamonhangaba indicam que, ainda que as precipitações concentrem-se nas cabeceiras da Serra da Mantiqueira, em função de sua inserção em área de vale, a área urbana pode potencialmente ser afetada. É possível observar a recorrência de eventos extremos também na área urbana. Tais características favorecem a ocorrência de inundações e alagamentos na cidade. Tal cenário tende a ser intensificado em decorrência das oscilações dos padrões climáticos. São destaques, em termos de maior impacto, os bairros Una e Pinhão da Borba, ao extremo sudoeste da área urbana. Entretanto, de forma geral, todos os bairros sofrem com as ameaças relacionadas às chuvas.

Em termos de **exposição**, os bairros com áreas mais afetadas são Campinas, Araretama, Crispim, Alto do Ribeirão, Curuçá, Taipas, Ipê e Acácias. Esses bairros têm em comum, principalmente, fatores como densidade demográfica e concentração de pessoas com baixa renda. Essas duas características, em sobreposição, indicam maior fragilidade das populações frente às consequências de eventuais desastres.

O balanço entre a susceptibilidade do território ao risco - aqui denominada **sensibilidade** - e a capacidade de resposta e potencial de resiliência frente a tal situação - **capacidade adaptativa** -, indica níveis muito altos de **vulnerabilidade** no território de Pindamonhangaba. Neste caso, esses índices extrapolam a mancha urbana, afetando, para além de áreas como as dos bairros Una, Socorro, Coruputuba, Água Preta, Crispim e Haras, várias zonas agrícolas localizadas ao lado norte do leito do Rio Paraíba do Sul.



Não foram utilizadas informações sobre drenagem urbana no componente de capacidade adaptativa em função da não disponibilidade de dados.

Destaca-se que, ainda que não sejam associados pesos diferentes para os indicadores utilizados nos modelos, aqueles relacionados à **ocorrência de eventos extremos de precipitação** e às **áreas alagáveis** foram muito relevantes na definição dos níveis de risco alto e muito alto, evidenciando como a baixa capacidade de infiltração do solo contribui para o agravamento dos impactos no território na ocorrência de eventos climáticos extremos. Entende-se que bairros como Anhanguera, Socorro, Boa Vista, Crispim, Acácias, Ipiranga, Taipas, Curuçá e Ipê são particularmente impactados.

3.3.3. Deslizamentos

Cenários naturais de deslizamentos podem ocorrer, principalmente, em períodos chuvosos, pois essas ocorrências estão associadas, em geral, à interação entre a alta saturação de água no solo e forças externas e/ou da gravidade, que resultam em processos erosivos. Entretanto, isso também pode ser influenciado pelas ações humanas, acelerando e/ou ampliando os processos de erosão do solo. O Quadro 3 sumariza a relação dos indicadores utilizados para a modelagem do risco associada a suas respectivas definições e fontes.

Quadro 3 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco ao deslizamento.

Componentes		Indicadores	Definição	Fonte
Ameaça		Precipitação Anual	Acumulado anual de precipitação. Normal climatológica elaborada em escala global.	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
		Concentração de equipamentos	Densidade de equipamentos de educação, lazer e saúde.	Prefeitura de Pindamonhangaba
Vulnerabilidade	Sensibilidade	Declividades	Ponderação da susceptibilidade ao risco em função da inclinação do terreno.	Derivado do COPDEM
		Movimentos de Massa	Identificação de áreas susceptíveis ao risco a partir de registros de ocorrências.	Prefeitura de Pindamonhangaba



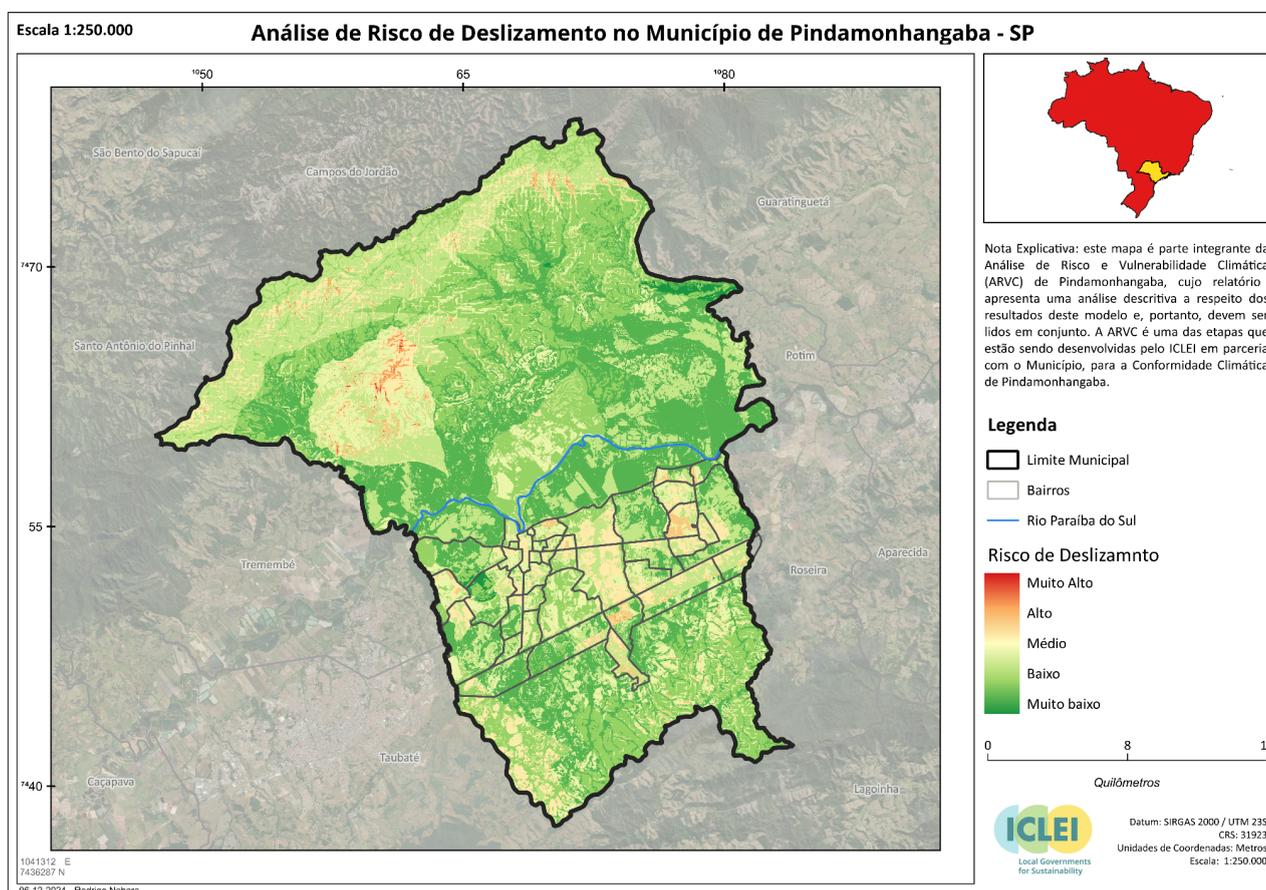
		Uso e Cobertura da Terra	Ponderação da susceptibilidade ao risco em função do tipo de uso e cobertura.	MapBiomas
	Capacidade Adaptativa	Presença de vegetação	Identificação de áreas com vegetação capaz de estabilizar a encosta ou intrincar o processo de erosão.	SENTINEL

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Resultados para o risco climático de Deslizamentos

A Figura 13 apresenta o mapa de risco de deslizamentos no município, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade anteriormente apresentados no Quadro 3.

Figura 13 - Mapa de risco de deslizamentos no município de Pindamonhangaba.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Conforme mencionado anteriormente, no que diz respeito aos indicadores de **ameaça** em Pindamonhangaba, notam-se níveis elevados de precipitação associados à concentração de eventos extremos de chuva, sobretudo nas imediações da zona urbana do município em função da conformação do território. Todavia, uma vez que este risco se concentra em apontar o efeito desse conjunto de fatores sob o ponto de vista dos deslizamentos, considerado o fato de as áreas populadas encontrarem-se em regiões



mais planas e de as encostas serem observadas aos pés das serras, este risco em questão não apresenta tanto impacto sobre o território em comparação aos demais.

Os indicadores de **exposição**, iguais aos utilizados para o risco de inundação, apontam a fragilidade de áreas urbanas não necessariamente expostas de fato a processos de movimentação de massa, erosão, deslizamentos etc. A exceção está numa ocupação rururbana ao norte do território, pois há a sobreposição de infraestrutura urbana e habitações em áreas sensíveis ao risco.

A **vulnerabilidade** dá foco a regiões de rocha e solo expostos, às áreas com grandes declividades (entre 30% e 45% e acima de 45%) e baliza esses fatores com a presença de vegetação, devido à sua capacidade de contenção de encostas. Não foram utilizadas informações sobre infraestruturas de contenção em função da não-disponibilidade de dados. Os focos de vulnerabilidade foram identificados nos bairros ao sul da mancha urbana em função de sua localização aos pés da Serra da Mantiqueira e na ocupação rururbana ao norte - mencionada anteriormente no componente de exposição.

Em síntese, observa-se a sobreposição de **indicadores de ameaça e exposição de ocupações humanas**, mas a urbanização não ocorre, em sua parcela majoritária, em áreas de risco geológico, diminuindo o fator de risco de deslizamento para Pindamonhangaba. A existência de **áreas de grande declividade ocupadas** são bastante pontuais, sendo exemplos os bairros Goiabal, Buriti, Industrial e Bela Vista. Observam-se também áreas de risco atualmente não ocupadas, mais às margens da mancha de urbanização, o que chama atenção em relação a uma **possível expansão urbana**, a fim de manter essas zonas como **áreas não ocupadas** em função do potencial risco à vida. São exemplos os bairros Campinas e Atanázio.

3.3.4. Proliferação de vetores de arboviroses urbanas

A sobrevivência de patógenos e vetores e a transmissão viral são exemplos de fatores que estão associados à distribuição global de arboviroses e que podem ser influenciados pela mudança climática (HILGENFELD e VASUDEVAN, 2018). Altas temperaturas estão relacionadas ao aumento das taxas de reprodução de vetores, frequência do comportamento de picadas e à redução do período de incubação dos patógenos no interior desses vetores. Além disso, a precipitação e umidade do ambiente impactam significativamente as condições para o desenvolvimento dos estágios larvais dos vetores (LEMOS *et al.*, 2021).

De acordo com Maniero *et al.* (2021), os principais arbovírus com ampla distribuição geográfica estão relacionados às doenças emergentes e reemergentes, sendo elas: chikungunya, dengue, zika e febre amarela. Essas doenças são transmitidas por duas espécies de mosquitos do gênero *Aedes*: *Aedes aegypti* ou *Aedes albopictus* (HILGENFELD e VASUDEVAN, 2018). No início de 2024, o Município de Pindamonhangaba decretou situação de emergência em saúde pública pelo aumento do número de casos de dengue. Com isso, se mostra relevante analisar os níveis de risco em relação às doenças transmissíveis por vetores a fim de compreender os fatores que agravam esse cenário para o desenvolvimento de ações de enfrentamento.

O Quadro 4 sumariza a relação dos indicadores utilizados para a modelagem do risco associada a suas respectivas definições e fontes.

Quadro 4 - Indicadores utilizados para a modelagem do risco à proliferação de vetores.

Componentes		Indicadores	Definição	Fonte
Ameaça		Precipitação Anual	Acumulado anual de precipitação. Normal climatológica elaborada em escala global.	WorldClim
		Temperatura Máxima do Ar	Acumulado anual de precipitação. Normal climatológica elaborada em escala global.	WorldClim
		R95p	Indicador que sinaliza a ocorrência de eventos extremos de precipitação.	INMET
		TX90p	Indicador que sinaliza a ocorrência de eventos extremos de calor.	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
Vulnerabilidade	Sensibilidade	Temperaturas de superfície	Amplitude térmica em situação de atmosfera estável.	LANDSAT
		Índice de Umidade Topográfica	Identificação de áreas suscetíveis ao alagamento, empoçamento, saturação do solo e/ou outros processos de acúmulo de água.	Derivado do COPDEM
		Ocorrências de Arboviroses	Registro dos casos confirmados de arboviroses, com a indicação do bairro referente à moradia do paciente e/ou à unidade de atendimento.	Prefeitura de Pindamonhangaba
		Ocupação humana	Áreas ocupadas, sejam elas urbanas ou rururbanas.	Prefeitura de Pindamonhangaba
	Capacidade Adaptativa	Rota de aplicação de inseticida a ultra baixo volume (UBV)	Indicação de bairros atendidos pelo serviço.	Prefeitura de Pindamonhangaba
		Cobertura vacinal	Indicação de bairros atendidos pelo serviço.	Prefeitura de Pindamonhangaba
		Proximidade de equipamentos de saúde	Indicação da cobertura dos equipamentos públicos de saúde - UBSs e UPAs.	Prefeitura de Pindamonhangaba

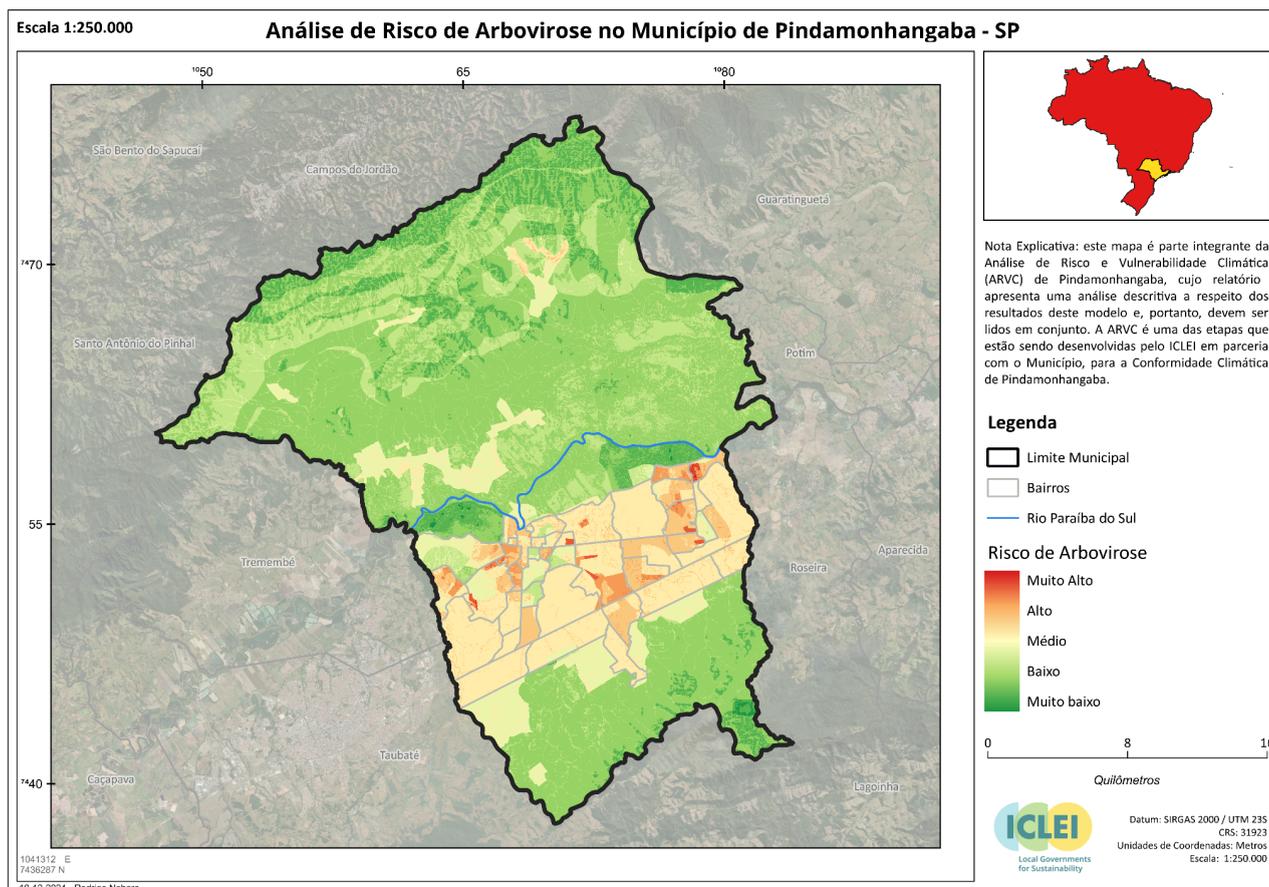


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Resultados para o risco climático de arboviroses

A Figura 14 apresenta o mapa de risco de arboviroses no município, conforme os critérios de ameaça, exposição e vulnerabilidade anteriormente apresentados no Quadro 4.

Figura 14 - Mapa de risco de arboviroses no município de Pindamonhangaba.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Para o componente de **ameaça**, foram utilizadas informações sobre temperatura e umidade com foco nas áreas de ocupação humana - potencialmente afetadas por arboviroses, na mesma medida em que podem favorecer tal processo. As temperaturas máximas médias concentram-se na área de vale, assim como os eventos extremos de precipitação. A associação desses fatores pode favorecer uma maior proliferação de vetores.

O conjunto de indicadores utilizados para a modelagem do componente de **exposição** foi igual ao utilizado para o modelo de risco às ilhas de calor, visto que, nos dois riscos há uma pressão da ameaça advinda de altas temperaturas. Para arboviroses, podem ser destacados os bairros Campo Alegre, São Benedito, Centro e Galega, parte dos bairros Araretama, Ipiranga, Ipê e Curuçá. Os bairros Acácias, Socorro,



Alto do Ribeirão e Campo Alegre também se destacam em função da concentração de pessoas em idade de risco.

No que diz respeito à **vulnerabilidade**, a **capacidade adaptativa** da cidade foi mensurada a partir de critérios relacionados à prevenção, como vacinação, aplicação de inseticida a ultra baixo volume (UBV) e infraestrutura de saúde pública, enquanto a **sensibilidade** se deu tanto a partir da consideração de áreas ocupadas ou predispostas ao acúmulo de umidade e calor, quanto da análise da concentração da ocorrência de arboviroses. Destacam-se como áreas com maior índice de vulnerabilidade os bairros Araretama, Mombaça, Bela Vista, Campo Alegre, São Benedito, Santa Cecília, Santa Crispim e Bosque. O centro de Moreira César também é um *hotspot*, ou seja, uma localidade que se diferencia por seu nível de risco.

Em suma, a análise de arboviroses no município de Pindamonhangaba indica **altos índices de risco nas áreas mais densamente urbanizadas e com menor cobertura de ações de viés adaptativo**, como Cardoso, Socorro, Taipas, Curuçá e Acácias. Bairros como Mombaça e Boa Vista também são destaque, na medida em que possuem pouca infraestrutura de saúde, não foram abarcados pela rota de UBV, muito embora tenham apresentado número relevante de casos de ocorrências de dengue.

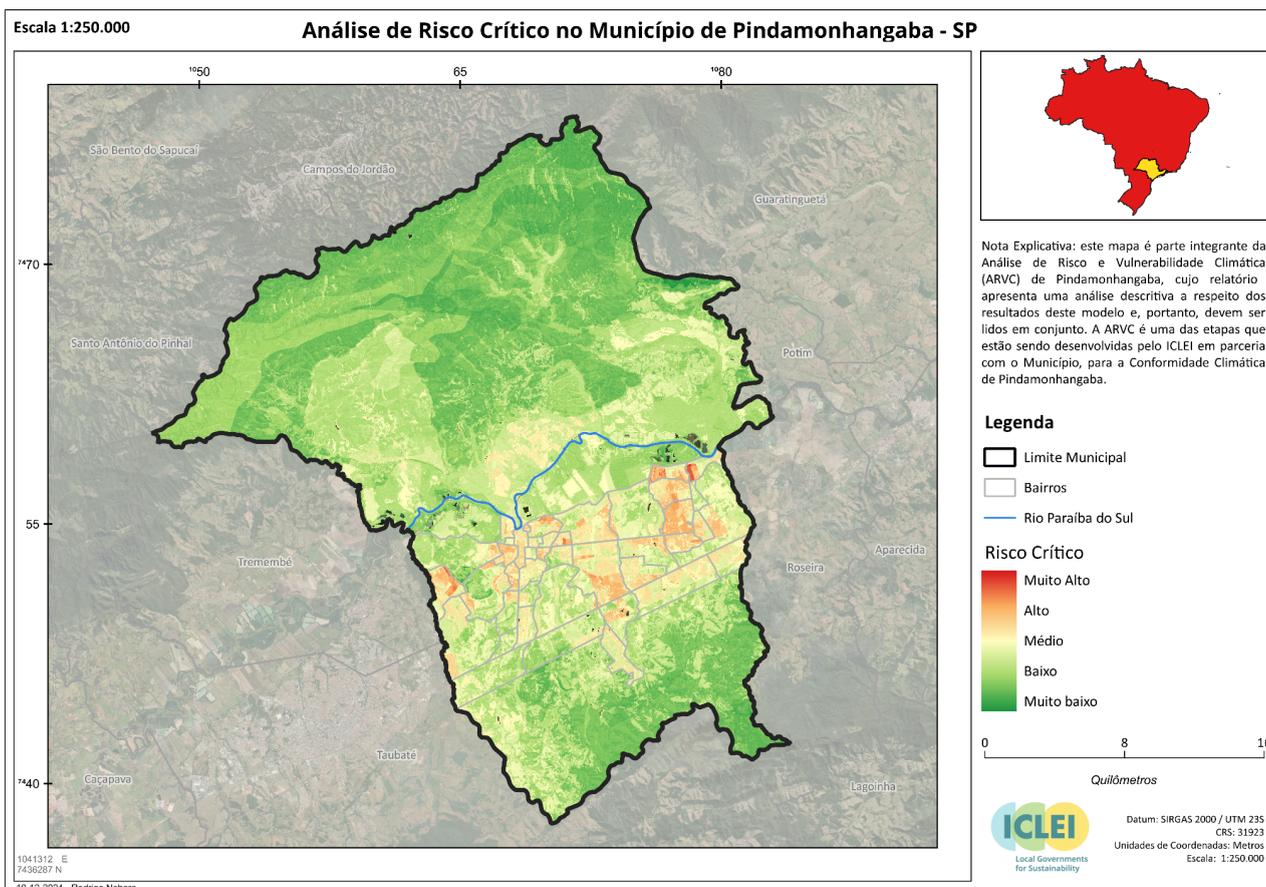
3.4. Risco crítico

A Figura 15 apresenta o mapa de risco crítico no município, resultado da sobreposição dos modelos elaborados para identificar áreas com maior concentração de riscos climáticos. Essa análise permite localizar regiões do território que acumulam uma diversidade de ameaças, orientando o município na definição de prioridades para intervenções multidisciplinares a fim de reduzir a exposição e a vulnerabilidade local.

Essa abordagem é essencial para identificar áreas críticas, onde o enfrentamento da sobreposição de riscos demanda ações estratégicas integradas. Além de apoiar o processo de tomada de decisões, a análise do risco crítico contribui para o planejamento de soluções mais eficientes por abarcar uma lógica estratégica e transversal à governança local e ao planejamento urbano, a fim de aumentar a capacidade de fortalecer a resiliência do município diante de desafios climáticos presentes e futuros.

Reforçamos que, pela metodologia, o Risco Crítico se faz pela sobreposição dos riscos climáticos avaliados (Ilhas de Calor, Inundações, Deslizamentos e Arboviroses). Portanto, para assegurar a eficácia das medidas de combate, é essencial considerar o Risco Crítico em associação aos riscos climáticos específicos. Esse alerta fica compreensível quando entendemos que podemos ter duas ou mais áreas com Risco Crítico Alto e Muito Alto - portanto "iguais" em termos de criticidade -, mas as razões que levam a essa criticidade pode ser diferente (p.ex.: uma área é crítica pois soma Ilha de Calor com Arbovirose, a outra pela sobreposição de Inundação e deslizamento), exigindo, por sua vez, ações de mitigação e adaptação distintas. A análise abaixo irá deixar claro as sobreposições, criticidades e necessidades de intervenções específicas segundo os riscos somados.

Figura 15 - Mapa de risco crítico no município de Pindamonhangaba.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Nota-se que as regiões que apresentam risco crítico em nível alto e muito alto estão no núcleo urbano central de Pindamonhangaba. Os resultados da análise de risco ao fenômeno de ilhas de calor indicam uma predominância de altas temperaturas em toda área urbana, especialmente em bairros com maior adensamento populacional, como Campo Alegre, São Benedito, Centro, Galega, Araretama, Ipiranga, Ipê e Curuçá. Essas regiões apresentam intensas manchas de calor e também destacam-se com elevados índices de risco para arboviroses.

A geografia local da área urbanizada do município favorece a ocorrência de inundações, já que a cidade se localiza em uma área de vale, principalmente em um contexto de mudança do clima onde há oscilações dos padrões climáticos, significando regime de chuvas alterados. Bairros como Una e Pinhão da Borba, ao extremo sudoeste da área urbana, estão entre os mais impactados. Contudo, as ameaças relacionadas às chuvas afetam, em diferentes graus, todos os bairros.

No caso do risco de deslizamento, o fator geográfico também é determinante nos resultados. Como as áreas mais densamente povoadas estão situadas em regiões planas, enquanto as encostas concentram-se aos pés da serra, como o Pico Itapeva e Serra da Mantiqueira, o impacto deste risco é relativamente limitado. Apesar disso, no extremo norte do município em uma área rururbana, verifica-se a sobreposição de infraestrutura urbana e habitações em zonas sensíveis ao risco, exigindo atenção específica.



A análise integrada dos diferentes tipos de risco em Pindamonhangaba evidencia a complexidade das interações entre eles e reforça a necessidade de intervenções específicas e planejadas. Por exemplo, os bairros de Taipas e Acácias são impactados pelos riscos de ilhas de calor, inundações e arboviroses, o que demanda soluções abrangentes que considerem tanto melhorias na infraestrutura quanto estratégias adaptativas de saúde pública. Já os bairros Ipê e Crispim enfrentam riscos de ilhas de calor e inundações, destacando a importância de soluções que trabalhem a gestão das águas pluviais e aumento da cobertura vegetal urbana.

Por sua vez, o bairro de Cardoso é acometido pelos riscos de ilhas de calor e arboviroses, apontando a necessidade de intervenções tanto no planejamento urbano quanto em políticas públicas de saúde. Enquanto bairros como Socorro, Boa Vista e Curuçá são afetados pelos riscos de inundações e arboviroses, evidenciando vulnerabilidades devido a problemas de infraestrutura urbana e reforçando a necessidade de intervenções multidisciplinares.

A avaliação do risco crítico enfatiza a importância de compreender as **interações entre os diferentes tipos de riscos climáticos analisados**. Embora esses eventos possam não ocorrer simultaneamente, as áreas identificadas requerem abordagens integradas e planejadas para mitigar os impactos atuais e prevenir agravamentos futuros e, conforme mencionado acima, é fundamental que tal planejamento integrado ocorra apoiando-se também nas análises dos riscos individuais. Neste caso, por apresentar valores de risco crítico alto, bairros como Campo Alegre, Campinas, Centro, Crispim, Alto do Ribeirão, Galega, Araretama, Ipiranga, Ipê, Curuçá, Acácias, Barranco Alto e Taipas merecem atenção especial em estratégias de adaptação e mitigação.

3.5. Mapeamento participativo

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima ressalta a importância da sensibilização da sociedade, por meio da disseminação de informações, capacitação, mobilização e engajamento, e da ampliação de atividades participativas (MMA, 2016). O envolvimento das partes interessadas é fundamental em todas as fases do processo de adaptação à mudança climática, desde a identificação dos impactos até a definição do escopo do plano de ação (MARGULIS, 2017). A participação ativa da comunidade local, além de ser uma importante ferramenta pedagógica de sensibilização, promove soluções mais adequadas e sustentáveis para os desafios da mudança climática, integrando diversos conhecimentos e percepções acerca do território.

O mapeamento participativo, fundamentado na cartografia social, se destaca como uma ferramenta para identificar e apoiar no gerenciamento de áreas de risco, especialmente em regiões vulneráveis a desastres e mudanças climáticas. Ao incluir as comunidades afetadas no processo, essa abordagem alia o conhecimento local a dados técnicos, resultando em mapas que refletem mais fielmente a realidade das populações. Além de aprimorar a precisão dos dados, o mapeamento participativo empodera os moradores e moradoras, incentivando sua participação ativa na definição de soluções e na mitigação de riscos. Pesquisas recentes, como as de Delgado et al. (2023), ressaltam sua eficácia na promoção da justiça territorial e ambiental, contribuindo para uma governança mais democrática.

Esse enfoque é igualmente relevante para comunidades tradicionais ou minoritárias, que podem usar a cartografia social para registrar locais de importância cultural, ajudando a preservar sua herança e



protegendo esses espaços de ameaças externas, como a urbanização desordenada (FERREIRA, 2024). Além disso, em áreas urbanas vulneráveis, o mapeamento pode revelar questões sociais críticas, como falta de moradia e acesso a serviços essenciais, tornando-se uma ferramenta poderosa para sensibilizar autoridades e influenciar políticas públicas, conforme destacado por Vargas e Silva (2022).

No caso de Pindamonhangaba, o mapeamento participativo serviu como uma ferramenta de **ampliação da sensibilização** a respeito da agenda climática para a população local, e seus resultados foram utilizados para avaliar a percepção da população frente aos riscos abordados e como informações balizadoras para a validação dos modelos de risco durante sua elaboração. A dinâmica contou com a participação de 45 pessoas, incluindo representantes da Prefeitura Municipal, da Academia, empresas, organizações sociais populares e demais membros da comunidade interessados.

Os participantes foram organizados em 3 grupos de trabalho, de acordo com a identificação dos locais de residência ou de trabalho dos participantes. Assim, cada grupo tinha um olhar para o seu território primeiramente e para todo o município com o objetivo de discutir sobre os riscos observados, considerando os seus conhecimentos e percepções acerca das dinâmicas locais. A Figura 16, abaixo, ilustra a realização dessa atividade.

Figura 16 - Registros da realização da oficina de mapeamento participativo em Pindamonhangaba



Fonte: ICLEI, 2024.



Nas discussões dos grupos foram abordadas questões relacionadas aos principais riscos selecionados para análise para Pindamonhangaba (ilhas de calor, inundações, deslizamentos e arboviroses). Os e as participantes foram convidados a apontar nos mapas os principais pontos ou manchas onde percebem maior ocorrência de cada um dos riscos de acordo com os bairros de trabalho da oficina. Todos os grupos apresentaram bom entendimento sobre as ocorrências, e temas mais comuns pautaram a discussão como principalmente a impermeabilização do solo, seja em função de edificações ou do sistema viário; a canalização e retificação de cursos d'água; os pontos de descarte inadequado de lixo, e a exposição da população mais vulnerável, que historicamente ocupa áreas de risco.

O **risco ao fenômeno de ilhas de calor** foi abordado de maneira transversal, pois, apesar do aumento da temperatura ter sido sentida em todo o território municipal, os participantes apresentaram consenso sobre a vinculação do aumento da sensação térmica com áreas de menor disponibilidade de áreas verdes. Também foi associado a impermeabilização do solo como principal fator de aumento da sensação térmica, principalmente dos bairros periféricos com menor índice de áreas verdes públicas disponíveis para a população e nas áreas mais centrais com maior adensamento e menor permeabilização.

Em relação ao **risco de inundação**, a extensão e forma dos polígonos, ainda que não necessariamente precisos geograficamente, indicam a ocorrência de eventos ao longo de vias, concentrada em áreas mais adensadas da cidade. O indicador desenvolvido para realizar a modelagem da mancha de inundação no município,³ utilizado no geoprocessamento do risco de inundações, corrobora as observações apresentadas. Durante a discussão, os grupos apontaram para bairros críticos com ocorrências recorrentes, como Araretama, Cardoso e Carangola (Santana). Este último inclusive foi apontado como maior preocupação por ter havido uma enchente histórica e ser também uma área de APP. As discussões em grupo apontaram para uma percepção mais emergencial do risco de inundação, principalmente pela memória da maior parte dos participantes com enchentes no município.

Quanto ao **risco de deslizamentos**, os participantes apontaram haver maior ocorrência nas zonas rurais em encostas onde houve a abertura de estradas e supressão da vegetação. Foi discutido sobre a relação entre maior ocorrência de deslizamentos com aumento de enxurradas nessas áreas, que geram preocupação para quem se desloca entre o centro e áreas rurais, tendo sido citado especialmente a região do Bairro das Oliveiras. Apesar de terem sido mencionadas como pontuais, houve consenso em entender os impactos negativos dos deslizamentos na produção rural, prejudicando tanto as plantações quanto o escoamento dos produtos, já que a mobilidade é bastante prejudicada em ocorrências de desastres. Nesse sentido, a população que habita a região também é intensamente impactada.

Por fim, em relação aos **risco de arboviroses**, foi discutido sobre a sua relação com a questão da gestão dos resíduos, especialmente quanto ao descarte irregular - situação recorrente e que vem sendo pautada dentro dos projetos de saneamento junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e a Secretaria Municipal de Saúde. Estratégias de resposta às arboviroses foram mencionadas, principalmente relacionadas ao controle de vetores e à disponibilização de ecopontos em áreas mais críticas. Quanto a isso, foi discutido sobre a necessidade de reintegrar estratégias intersecretarias para a absorção das ações pela comunidade. Dentre as regiões mais citadas pelos participantes em relação à arbovirose se destacaram os

³ Este modelo foi desenvolvido a partir de informações hidrológicas e topográficas, com base em índices elaborados a partir de imagens de satélite. Também foram considerados aspectos como permeabilidade do solo e manchas identificadas pela Defesa Civil Municipal.



bairros de Araretama, Campinas, Goiabal, Centro do Bosque e Distrito de Moreira.

A discussão do mapeamento participativo contribuiu para enriquecer o entendimento das percepções locais de riscos climáticos no território de Pindamonhangaba. Os riscos de inundação e alagamentos foram percebidos como mais preocupantes, uma vez que representam problemas históricos em diferentes pontos da cidade. Foi discutido sobre a necessidade prioritária de planejamento de macro e micro drenagem urbana como preparação para as ocorrências de eventos hidrológicos. Além disso, a questão hídrica foi apontada como uma questão de longo prazo, a ser planejada em alinhamento às demais ações municipais, como as de ordenamento territorial e permeabilidade do solo. Vale ressaltar também o consenso quanto às arboviroses, que se mostra como preocupações imediatas, mas que foi percebido como resultado das interações de variações climáticas e, portanto, deve se agravar com as Mudanças Climáticas locais. Por fim, as discussões em grupo trouxeram pontos mais abrangentes de ligação entre as temáticas dos riscos climáticos com as atividades humanas. Temas como segurança alimentar, justiça climática e bem estar da população foram destacados, demonstrando assim a potencialidade da oficina na sensibilização dos participantes para o desenvolvimento do projeto e da relação do diagnóstico com a construção do Plano Local de Ação Climática.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório foram apresentados os resultados da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática (ARVC) realizada para o município de Pindamonhangaba. Com base nos dados analisados e metodologias aplicadas, o estudo buscou traçar um panorama dos riscos climáticos na cidade, destacando as áreas em níveis mais altos em relação aos riscos investigados. A ARVC buscou avançar na compreensão do perfil dos riscos climáticos presentes na cidade e assim fornecer dados para uma gestão de riscos estratégica e assertiva, sendo portanto um insumo importante para a elaboração de políticas de adaptação climática, como o Plano de Ação Climática (PLAC), que integra a conformidade climática da cidade, desenvolvida pela Prefeitura com apoio técnico do ICLEI América do Sul.

Em Pindamonhangaba, foram analisados os riscos climáticos ao fenômeno de ilhas de calor, inundações, deslizamentos e proliferação de arboviroses. O método utilizado enfatizou o aspecto de multicritérios para a composição de cada risco climático mapeado, reforçando a importância da compreensão dos diversos fatores que incidem sobre as áreas para definição daquelas em maior nível de risco.

O território de Pindamonhangaba está localizado na região entre as Serras da Mantiqueira e Serra do Mar, sendo cortado pelo Rio Paraíba do Sul, importante corpo d'água não somente para o estado de São Paulo, como também para Minas Gerais e Rio de Janeiro. O município também conta com ribeirões e córregos compondo as bacias hidrográficas que cortam o principal núcleo urbano, localizado na área de vale central. Esses padrões geográficos, em conjunto com os padrões de uso e ocupação do solo observados, com destaque para a urbanização, têm grande influência no que diz respeito aos riscos observados no município.



A análise integrada dos tipos de risco analisados para Pindamonhangaba evidencia a complexidade das interações entre eles e reforça a necessidade de intervenções específicas e planejadas. As áreas de risco crítico alto e muito alto concentram-se na principal área urbana. Caracterizada pela ocupação em área de vale justaposta às margens dos corpos hídricos, esta área se vê hoje vulnerável aos risco de inundação, com alto potencial de perda material em termos de infraestrutura e de risco à vida. Bairros com fatores como maior impermeabilidade do solo e alta densidade populacional apresentam maior nível de risco, com destaque para aqueles localizados nas proximidades do Rio Paraíba do Sul, como Água Preta, Curuçá e Crispim.

A identificação das áreas mais expostas ao risco de inundação coloca-se como relevante não somente considerando o padrão de ocupação vigente, mas tendo em vista os vetores de expansão urbana no município, sendo assim um importante referencial para o direcionamento do planejamento da ocupação de novas áreas. Nesse contexto, verificou-se também alta vulnerabilidade (alta suscetibilidade e baixa capacidade adaptativa) em zonas agrícolas localizadas no leito do Rio Paraíba do Sul, o que reforça a importância de ações para preservação e restauração das áreas de várzea.

O padrão de urbanização também reflete na alta relevância do risco de ilhas de calor para a zona urbana. Os resultados indicaram uma predominância de altas temperaturas em toda essa área, especialmente em bairros com maior adensamento populacional, como Campo Alegre, São Benedito, Centro, Galega, Araretama, Ipiranga, Ipê e Curuçá. Alguns bairros destacam-se, além da densidade populacional, pela questão da renda da população, como Araretama, Ipiranga e Ipê. O risco de ilhas de calor também está diretamente associado à menor presença de vegetação intra-urbana.

De maneira relacionada, a predominância de altas temperaturas também está associada ao risco de arboviroses, que igualmente apresentou mais altos índices de risco nas áreas mais densamente urbanizadas. Em relação a esse risco, destacam-se os bairros com menor cobertura de ações de viés adaptativo (pouca infraestrutura de saúde, não abarcados pela rota de UBV) como Taipas, Acácias e Cardoso, o que demonstra a necessidade de intervenções tanto no planejamento urbano quanto em políticas públicas de saúde no que tange a adaptação à mudança do clima. Em contraste com os riscos anteriores, as áreas de mais alto risco de deslizamentos foram verificadas no extremo norte do município em área rururbana, nas localidades de Piracuama e Oliveiras, onde consta a sobreposição de infraestrutura urbana e habitações em zonas sensíveis a esse tipo de evento.

Assim, a Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática para o município de Pindamonhangaba apresentou um diagnóstico que destaca como as ameaças climáticas devem ser abordadas em conjunto com as condições de exposição e vulnerabilidade da população. Para que a cidade possa incrementar sua capacidade adaptativa e ser mais resiliente é necessário compreender que as políticas exigidas, que devem - em especial - atender as áreas mais vulneráveis, precisam ser multisetoriais e atentas às oportunidades de se mesclar intervenções de engenharia com Soluções Baseadas na Natureza, promovendo a segurança e o bem-estar da população frente às mudanças climáticas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Action Aid. **Mulheres, mudanças climáticas e pobreza.** Out. 2019. Disponível em: <<https://actionaid.org.br/noticia/mulheres-mudancas-climaticas-pobreza/>>. Último acesso em: 07 out. 2024.

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.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil.** Brasília: MIDR, 2023.

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.

Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN / MCTI. **Mapa Interativo Alerta-Secas.** Disponível em: <<https://mapasecas.cemaden.gov.br/>>. Último acesso em: 12 de fev. 2025

DELGADO, R.; CARVALHO, M.; GÓMEZ, L. *Participatory mapping and social cartography: addressing risks and promoting territorial justice.* **Geographies of Risk Journal**, 12(2), p. 134-150, 2023.

FERREIRA, K. **Mapeamento participativo de áreas de risco a inundação desde os atingidos:** comunidade de Coqueiral no Rio Tejipló (RMR/ PE). 2024. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

Fundação João Pinheiro - FJP. PIB dos Municípios 2010-2021: Dados para publicação no site da FJP. **FJP**, [2021]. Disponível em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1waHgrKibr-Sd_R-o7tQc8UifW7df6f7N/e-dit?gid=687159059#gid=687159059>. Último acesso em: 03 out. 2024.

Gênero e Clima; Observatório do Clima. **Por que gênero e clima?**. 2021. Disponível em: <<https://generoeclima.oc.eco.br/infografico-porque-genero-e-clima/>>. Último acesso em: 07 out. 2024.

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.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ. 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.*

GEOBRASILIS. Aspectos Ambientais. Relatório Técnico. Pindamonhangaba: Geobrasilis, 2019. Disponível em: <<https://www.pindamonhangaba.sp.gov.br/site/wp-content/uploads/2019/05/3.-Aspectos-Ambientais.pdf>> . Acesso em 13 de dez. 2024

GIZ. The Vulnerability Sourcebook: concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Bonn, Germany: GIZ, 2014.

DIAS, C. G.; REBOITA, M. S. *Assessment of CMIP6 Simulations over Tropical South America.* **Revista Brasileira de Geografia Física**, 14, 3, p. 1282-1295, 2021.



HILGENFELD, R.; VASUDEVAN, S. G. (eds.). *Dengue and Zika: control and antiviral treatment Strategies. Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1062. Springer Nature Singapore, 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. **Área territorial brasileira 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023a.

IBGE. **Características urbanísticas do entorno dos domicílios**. Censo Demográfico: 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Pindamonhangaba: IDHM. **Cidades e Estados**, [2013]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/Pindamonhangaba.html>>. Último acesso em: 03 out. 2024.

IBGE. Pindamonhangaba: PIB per capita. **Cidades e Estados**, [2021]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/Pindamonhangaba.html>>. Último acesso em: 03 out. 2024.

IBGE, Coordenação de Meio Ambiente. **Áreas Urbanizadas do Brasil**: 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Síntese de indicadores sociais** - uma análise das condições de vida da população brasileira: 2019. Estudos e Pesquisas, Informação demográfica e socioeconômica, 40. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE, Coordenação Técnica do Censo Demográfico. **Censo Demográfico 2022**: População e Domicílios - Primeiros Resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b.

IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

ICMBio -Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira. Detzel Consultores Associados S/S EPP. Brasília, 2018.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team; Pachauri, R. K.; Reisinger, A. (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC, 2008.

IG - Instituto Geológico. Mapeamento de Riscos Associados a Escorregamentos, Inundações, Erosão, Solapamento, Colapso e Subsidência do Município de Pindamonhangaba, SP. Termo de Cooperação Técnica IG-CEDEC de 02/12/2009. Pindamonhangaba: IG, 2012.

IPCC. 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 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.

LEITE, Pedro; ANDRADE, Daniel José de, GOMES, Cilene. Expansão Urbana no Município de Pindamonhangaba, SP: Questões de Estudo do Planejamento Urbano e Regional. **Anais...** XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, outubro de 2016.

LEMO, L. O.; OSCAR JÚNIOR, A. C.; MENDONÇA, F. A. *Urban climate maps as a public health tool for urban planning: the case of dengue fever in Rio De Janeiro/ Brazil. Urban Climate*, 35, 2021.

MANIERO, V. C.; FARES, R. D.; LAMAS, C. C.; CARDOZO, S. V. *Epidemiological surveillance of main vector borne arboviral diseases in Brazil: a brief review. Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 43, 1, 2021.



MARGULIS, S. **Guia de Adaptação às Mudanças do Clima para Entes Federativos**: estudo completo. Brasília: WWF, 2017.

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 da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Nota Técnica Nº18/2023-SVSA/MS**. Brasília, 24 nov. 2023.

Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - Volume II: Estratégias setoriais e temáticas**. Portaria MMA N.º 150, de 10 de maio de 2016. Brasília: MMA, 2016.

Ministério do Meio Ambiente, Secretaria da Biodiversidade. **Método de análise participativa de risco à mudança do clima**. Brasília: MMA. 2018.

PINDAMONHANGABA. Localização. *Prefeitura de Pindamonhangaba*, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.pindamonhangaba.sp.gov.br/cidade/localizacao>>. Último acesso em: 13 dez. 2024.

Prefeitura de Pindamonhangaba - PMC. Conheça Pindamonhangaba: Contando a história. **PMC**, [s.d.]. Disponível em: <<https://geoprocessamento.Pindamonhangaba.mg.gov.br/portal/apps/experiencebuilder/experience/?draft=true&id=f2794f037e8c49168e74dc00818f9494&page=Contando-a-Hist%C3%B3ria>>. Último acesso em: 03 out. 2024.

PMC. **Revisão do Plano Diretor Municipal (Pindamonhangaba/ MG)**: Leitura Técnica. Pindamonhangaba: PMC, 2022.

PMC, Defesa Civil Municipal. **Novo Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (Plancon) para Enfrentamento a Desastres no Município de Pindamonhangaba**: Plancon (2023-2024). Pindamonhangaba: PMC, 2023a.

PMC, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Novo Plano Diretor do Município de Pindamonhangaba: e-book**. Pindamonhangaba: PMC, 2023b.

PMC, Secretaria Municipal de Direitos Humanos e Cidadania. **Mapeamento dos Povos e Comunidades Tradicionais de Pindamonhangaba**: Minas Gerais. 2 ed. PMC, 2024.

PNUD; IPEA; FJP. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD Brasil, [2013]. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/311860>>. Último acesso em: 03 out. 2024.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. Análise Hidrológica em Bacias Hidrográficas. **Mercator**, Fortaleza, v. 17, 2018.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. *Local Climate Zones for Urban Temperature Studies*. **Bulletin of the American Meteorological Society** 93, 12, p. 1879-1900, 2012.

United Nations Development Programme - UNDP. Gender and climate change: overview of linkages between gender and climate change. New York, USA: UNDP, 2016.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres: 2015-2030. Geneva, Switzerland: UNDRR, 2015.

UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba. Relatório de caracterização das unidades de informações territorializadas - UITs: município de Pindamonhangaba. Relatório 07. Disponível em: <<https://www1.univap.br/observatoriormvale/Pindamonhangaba.pdf>>.



VARGAS, J.; SILVA, F. *Social cartography and disaster risk management: community involvement and urban planning*. **Disaster Studies Quarterly**, 9(3), p. 210-230, 2022.

World Economic Forum - WEF. **The Global Competitiveness Report 2014-2015: full data edition**. Geneva, Switzerland: WEF, 2014.