

Artigo de Pesquisa

INDICADORES DE ADAPTAÇÃO AOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

ADAPTATION INDICATORS TO THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN THE MUNICIPALITIES OF THE BELÉM METROPOLITAN MESORREGION

Lorena Martins Vilas Boas Amorim¹, Carolina da Silva Gonçalves² Pedro Silvestre da Silva Campos³, Milena Marília Nogueira de Andrade^{*4}

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Ciberespacial, Belém, Pará. Pará. E-mail engambiental.lorenamorim@gmail.com

 : <https://orcid.org/0000-0002-7800-4066>

²Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, Pará. E-mail linacrsg@gmail.com

 : <https://orcid.org/0000-0002-1890-3115>

³ Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Ciberespacial, Belém, Pará E-mail pedro.campos@ufra.edu.br

 : <https://orcid.org/0000-0001-8476-5569>

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Ciberespacial, Belém, Pará. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Instituto de Geociências, Belém, Pará. E-mail milena.andrade@ufra.edu.br

 : <https://orcid.org/0000-0001-5799-7321>

*Autor para correspondência

Recebido em 21/05/2025 e aceito em 13/06/2025

Resumo

Projeções indicam que a Bacia Amazônica enfrentará impactos variados devido às mudanças climáticas, com alterações significativas na temperatura, umidade e precipitação ao longo de toda a região. Dado que algum grau de impacto é inevitável, é crucial implementar ações de adaptação. Essas medidas devem ser aplicadas pela gestão municipal, que conhece os riscos e vulnerabilidades locais. O principal desafio das gestões municipais é a falta de informações. Este trabalho visa analisar o potencial de adaptação dos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém (MMB), fornecendo informações específicas a nível local. A metodologia foi aplicada em 11 municípios da MMB (Belém, Castanhal, Barcarena, Ananindeua, Marituba, Benevides, Bujaru, Santa Izabel do Pará, Santo Antônio

do Tauá, Inhangapi e Santa Bárbara do Pará). Foram analisados 28 indicadores divididos em 5 dimensões (Habitação, Mobilidade Urbana, Agricultura Sustentável, Gestão Ambiental e Resposta aos Impactos Climáticos). Esses indicadores compõem o Índice de Adaptação Urbana (UAI). Foram realizadas correlações espaciais com o Índice de Moran e correlações estatísticas do UAI com PIB (Produto Interno Bruto) e IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal). O resultado geral do UAI mostra quatro municípios com resultado Bom (Belém, Castanhal, Barcarena e Ananindeua), três com resultado Regular (Marituba, Benevides e Bujaru) e quatro com resultado Ruim (Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, Inhangapi e Santa Bárbara do Pará). Observou-se que o UAI apresenta melhores resultados em municípios mais desenvolvidos e populosos, como Ananindeua, Barcarena e Belém, com UAI médios de 0,75; 0,75 e 0,67, respectivamente. Os resultados destacam a necessidade de que a adaptação às mudanças climáticas seja medida não apenas pela existência de instrumentos de gestão, mas também pela aplicação eficaz desses instrumentos nos municípios.

Palavras-chave: Adaptação; Mudanças Climáticas; Indicadores de Adaptação; Mesorregião Metropolitana de Belém.

Abstract

Projections indicate that the Amazon Basin will face varied impacts due to climate change, with significant changes in temperature, humidity and precipitation across the entire region. Given that some degree of impact is inevitable, it is crucial to implement adaptation actions. These measures should be implemented by municipal management, which is aware of local risks and vulnerabilities. The main challenge for municipal management is the lack of information. This study aims to analyze the adaptation potential of municipalities in the Belém Metropolitan Mesoregion (MMB), providing specific information at the local level. The methodology was applied in 11 municipalities in the MMB (Belém, Castanhal, Barcarena, Ananindeua, Marituba, Benevides, Bujaru, Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, Inhangapi, and Santa Bárbara do Pará). Twenty-eight indicators divided into five dimensions (Housing, Urban Mobility, Sustainable Agriculture, Environmental Management, and Response to Climate Impacts) were analyzed. These indicators make up the Urban Adaptation Index (UAI). Spatial correlations were performed with the Moran Index and statistical correlations of the UAI with GDP (Gross Domestic Product) and HDI (Municipal Human Development Index). The overall UAI result shows four municipalities with Good results (Belém, Castanhal, Barcarena and Ananindeua), three with Regular results (Marituba, Benevides and Bujaru) and four with Bad results (Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, Inhangapi and Santa Bárbara do Pará). It was observed that the UAI presents better results in more developed and populous municipalities, such as Ananindeua, Barcarena and Belém, with average UAI of 0.75; 0.75 and 0.67, respectively. The results highlight the need for adaptation to climate change to be measured not only by the existence of management instruments, but also by the effective application of these instruments in the municipalities.

Keywords: Adaptation; Climate Change; Adaptation Indicators; Metropolitan Mesoregion of Belém.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são alterações de longo prazo nas características do clima e da temperatura do planeta (Matteucci; Cançado; Silva, 2022). O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6-IPCC) indica que atividades humanas e emissões de gases de efeito estufa elevaram a temperatura da

superfície terrestre em 1,1° C, intensificando fenômenos como ondas de calor, chuvas intensas, secas e ciclones tropicais (IPCC, 2023).

Existem duas abordagens principais para lidar com as mudanças climáticas: mitigação (combate às causas) e adaptação (preparação para os efeitos) (Teixeira; Pessoa; Di Giulio, 2020). A adaptação envolve medidas para reduzir impactos negativos e criar resiliência às tensões climáticas (Toth e Del Rio, 2023). Mesmo que a humanidade cortasse totalmente as emissões de gases de efeito estufa, a adaptação seria necessária, pois levará décadas para que as temperaturas globais começem a cair (Kappelle, 2022).

A análise da capacidade de adaptação das cidades da Amazônia é crucial devido à sua vulnerabilidade decorrente do baixo estágio de desenvolvimento e condições locais (Margulis, 2017; Salata; Ribeiro, 2022; Andrade e Szlafsztein, 2018). A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) afirma que a adaptação deve ser promovida pelas três esferas da Federação, com financiamento e apoio dos níveis mais altos de governo, e planejamento e implementação pelas administrações locais, regionais e estaduais (ACT, 2013). No entanto, a falta de informações específicas em nível municipal gera incertezas para os gestores ao implementar ações adaptativas (Di Giulio et al., 2016).

Dado esse contexto, é importante produzir informações que promovam e acelerem processos de adaptação às mudanças climáticas. Estudos anteriores analisaram indicadores de adaptação urbana considerando instrumentos e leis em escala municipal (Neder, 2019; Borges, 2020), governança relacionada à adaptação climática (Wit e Freitas, 2019), e, fizeram análises da vulnerabilidade humana em áreas rurais (Brondizio e Moran, 2008). Este trabalho visa analisar o potencial de adaptação dos 11 municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém, contribuindo para a reflexão sobre a adaptação de cidades na Amazônia no contexto climático.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo corresponde à Mesorregião Metropolitana de Belém (MMB) (Figura 01), uma das seis mesorregiões do Pará, localizada no Nordeste do Estado do Pará, na latitude de 0°39'49,72"S e longitude de 47°17'03,41"W (Santos et al., 2018). A MMB é formada por onze (11) municípios, a saber: Ananindeua, Barcarena, Belém, Benevides, Bujaru, Castanhal, Inhangapi, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará e Santo Antônio do Tauá, agrupados em duas microrregiões. Estes municípios compreendem aproximadamente a uma área territorial de 6.890 km² com uma população estimada em 2.306.064 habitantes e com um PIB (PIB Per Capita) de R\$ R\$253.954,04 bilhões (IBGE, 2022).

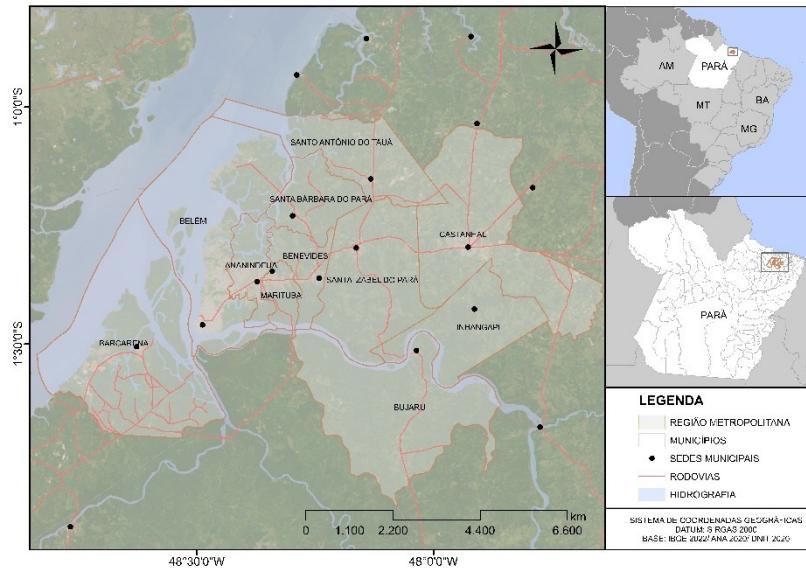


Figura1. Mapa de localização da área de estudo. **Fonte:** Autora (2024).

Aspectos Climáticos

A Mesorregião Metropolitana de Belém possui um clima quente e úmido, com precipitação anual entre 2.000 e 3.000 mm, e baixa elevação topográfica, caracterizando-a como uma das regiões mais chuvosas da Amazônia (Fernandes de Albuquerque, 2010; Sodré; Rodrigues, 2013). Amanajás e Braga (2012) identificaram três estações para a precipitação: a estação mais chuvosa de janeiro a abril, a estação de transição de maio a agosto, e a estação menos chuvosa de setembro a novembro.

A precipitação resulta da interação de diferentes sistemas atmosféricos em várias escalas. As chuvas no período mais chuvoso são associadas à Zona de Convergência Intertropical e ao seu deslocamento ao sul, além dos Sistemas Convectivos de Mesoescala Circulares (SCMCs) e das linhas de instabilidade (LIs), que intensificam as chuvas (Cohen; Dias; Nobre, 1995; Sodré et al., 2015; Santos et al., 2018). No período menos chuvoso, há uma redução significativa das chuvas devido à ausência de sistemas precipitantes de grande escala, permitindo a entrada dos ventos alísios que inibem a formação de nuvens. As chuvas nesse período são principalmente oriundas de sistemas locais, diferenças de temperatura da superfície e da grande quantidade de água na região (Fisch; Marengo; Nobre, 1998; Santos et al., 2017).

Características Socioeconômicas

A Região Metropolitana de Belém (RMB), composta por Ananindeua, Barcarena, Belém, Benevides, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Izabel do Pará, é a região metropolitana brasileira com maior proporção de favelas e moradias irregulares (52,5%) (Rodrigues; Ponte; Barros, 2015). Localmente, essas favelas são chamadas de "baixadas", áreas de várzeas expostas a riscos ambientais como enchentes, doenças e perdas materiais (Pontes; Brandão, 2014).

Belém, Ananindeua e Castanhal possuem mais de 90% dos Domicílios Particulares Permanentes (DPPs) na área urbana, enquanto os demais municípios, exceto Marituba com 87% de DPPs urbanos, têm grande percentual de DPPs rurais (Rodrigues; Ponte; Barros, 2015). O principal problema de infraestrutura urbana na RMB é o acesso a serviços de saneamento básico. Segundo o Trata Brasil (2021), 35,4% da população da RMB não tem acesso à água e 81,2% não tem coleta de esgoto. Essas condições, somadas às de moradia, resultam em baixa mobilidade e acessibilidade, além de pouca oferta de espaços públicos, lazer e áreas verdes (Rodrigues; Ponte; Barros, 2015).

Vulnerabilidades da MMB frente às Mudanças Climáticas

O sexto relatório do IPCC (2023) apresenta cenários climáticos futuros com diferentes níveis de emissões de gases do efeito estufa (GEE). No cenário mais pessimista, a temperatura na Amazônia pode aumentar entre 5,5°C e 6°C, com uma redução de cerca de 20% no volume de chuvas. Mesmo no cenário mais otimista, com um aquecimento global de 2°C, a Amazônia enfrentaria um aumento de temperatura de aproximadamente 3,5°C e uma redução de 10% na precipitação.

Belém apresenta riscos ambientais constantes devido às áreas de várzea, elevado índice pluviométrico e urbanização, favorecendo alagamentos durante a estação mais chuvosa (Moreira et al., 2019). Santos et al. (2017) afirmam que Belém possui alta vulnerabilidade climática, com mais de 50 eventos extremos de precipitação em 20 anos. Além disso, Belém é altamente vulnerável a inundações costeiras induzidas pelas mudanças climáticas, devido a fatores físicos (dinâmica costeira e geomorfologia), socioeconômicos (renda da população, carência de serviços básicos) e tecnológicos (tipo de indústria, número de empregados) (Petermann e Nicolodi, 2010).

Materiais e Métodos

A metodologia para realização deste trabalho utilizou como base o Índice de Adaptação Urbana (UAI) (Neder, 2019). Foram utilizados 28 indicadores que estão distribuídos em 05 dimensões, denominadas: Habitação (Dimensão A), Mobilidade Urbana (Dimensão B), Agricultura Sustentável (Dimensão C), Gestão Ambiental

(Dimensão D) e Resposta aos Impactos Climáticos (Dimensão E). A quantidade de indicadores original do índice foi adaptada a fim de possibilitar o enquadramento dos municípios em todas as faixas de pontuação e atender especificidades regionais (Quadro 01).

As dimensões representam áreas de atuação importantes no contexto adaptativo e foram correlacionadas e validadas com as diretrizes e estratégias setoriais propostas pelo Plano Nacional de Adaptação (PNA, 2016, Volume II). Destaca-se que as dimensões propostas no Índice de Adaptação Urbana estão ligadas ao conceito de Capacidade de Adaptação Genérica e Específica. A Capacidade de Adaptação Genérica é definida como os ativos e os bens que constroem a capacidade de diferentes sistemas de enfrentar e responder a uma variedade de estressores, ou seja, é a habilidade de resposta social, econômica e política, como renda, acesso à educação, saúde, capital social, ativos físicos, entre outros (Di Giulio et al., 2016; Lemos et al., 2013). Por sua vez, a Capacidade de Adaptação Específica refere-se ao conjunto de mecanismos de gestão de riscos implementados pelos governos e organizações privadas para diminuir a vulnerabilidade ao impacto das alterações climáticas e eventos extremos. (Di Giulio et al., 2016; Lemos et al., 2013).

Nesse contexto, as dimensões Habitação, Mobilidade Urbana, Agricultura Sustentável (com exceção de C4, que trata de capacidade Específica) e Gestão Ambiental (com exceção de D6, que trata de capacidade Específica) estão enquadrados na Capacidade de Adaptação Genérica, enquanto, a Dimensão Resposta aos Impactos Climáticos enquadra-se inteiramente na Capacidade de Adaptação Específica.

Dimensão A: Habitação	Dimensão B: Mobilidade Urbana	Dimensão C: Agricultura Sustentável	Dimensão D: Gestão Ambiental		Dimensão E: Resposta aos impactos climáticos
A1. Existe plano Municipal de Habitação?	B1. Existe Plano Municipal de Transporte?	C1. A prefeitura desenvolve programa ou ação de estímulo à agricultura orgânica?	D1. O município possui Fundo Municipal de Meio Ambiente ou similar?	D2. Existe legislação ou instrumento de gestão ambiental no município que contemple saneamento básico ?	E1. O município possui como instrumento de planejamento Lei de Uso e Ocupação do Solo que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou exuradas ou inundações bruscas?
A2. Existe Conselho Municipal de Habitação?	B2. Existe Transporte coletivo por ônibus intramunicipal?	C2. A prefeitura desenvolve programa ou ação de estímulo à agricultura familiar?	D3. Existe legislação ou instrumento de gestão ambiental no município que contemple área e/ou zona de proteção ou controle ambiental ?	D4. Existe legislação ou instrumento de gestão ambiental no município que contemple poluição do ar ?	*E2. O município possui Mapeamento de áreas de risco de Enchentes ou Inundações?
A3. Existe Fundo Municipal de Habitação?	B3. Existe Transporte coletivo por ônibus intermunicipal?	C3. A prefeitura desenvolve programa ou ação de estímulo à Produção de hortas comunitárias?	D5. Existe legislação ou instrumento de gestão ambiental no município que contemple proteção à biodiversidade ?	D6. Existe legislação ou instrumento de gestão ambiental no município que contemple adaptação e mitigação de mudança do clima?	E3. O município possui como instrumento de planejamento Plano Municipal de Redução de Riscos?
*A4. Existe cadastro ou levantamento de famílias interessadas em programas habitacionais?	B4. Existe Ciclovía no município?	C4. A prefeitura desenvolve programa ou ação de prevenção contra problemas climáticos para o setor?	D7. O município possui Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos?	D8. O município paga diretamente por serviços ambientais - PSA?	E4. O município possui como instrumento de planejamento Carta geotécnica de aptidão à urbanização?
*A5. Foram realizados recentemente pela prefeitura ações de regularização fundiária?	B5. Existe Bicicletário no município?	C5. A prefeitura desenvolve programa ou ação para estímulo ao associativismo (associação de produtores, cooperativas etc.)?	*	*	E5. Em relação à gestão de riscos e resposta a desastres, existe no município Coordenação Municipal de Defesa Civil (COMDECs)?

Obs1: Os indicadores A4 e A5 foram incluídos na dimensão Habitação, pois a dimensão possuía originalmente apenas 3 indicadores, possibilitando o enquadramento dos municípios em somente quatro faixas das 5 faixas de pontuação existentes.

Obs2: O indicador E2 foi modificado do proposto pelo projeto Cia Adapta, uma vez que, os municípios da MMB apresentam mais suscetibilidade a inundações e alagamentos do que a escorregamentos ou deslizamentos de encostas.

Obs3: Os instrumentos C4 e D6 são instrumentos de Capacidade Específica de Adaptação.

Quadro 01. Indicadores do UAI. **Fonte:** Adaptado de Neder (2019)

A fonte de informações para responder aos indicadores do UAI teve como base a pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) chamada Pesquisa de Informações Básicas Municipais (IBGE, 2020), que teve início em 1999. Por fim, vale salientar que o Índice de Adaptação Urbana (UAI) busca realizar um diagnóstico do potencial adaptativo da região estudada fornecendo informações a respeito da existência de um instrumento, política ou ação voltada para a Adaptação Climática, não abrangendo, portanto, a qualidade ou níveis de aplicação desses instrumentos na gestão do municipal. O UAI foi formulado dessa forma pois

entende que a existência destes instrumentos ofereceria as condições iniciais para as administrações municipais atuarem.

Tabulação dos Dados e Análise Espacial

Para medir a capacidade de adaptação do município, os indicadores do UAI levam em conta a existência de um instrumento ou política, para qualquer uma das dimensões. Desse modo, a existência do instrumento pontua “1” e sua ausência pontua “0”. Após coletados os dados, estes serão tabulados em uma planilha do software Office Excel e será realizada a média aritmética simples (Equação 1) para cada uma das dimensões e para o resultado de todas as dimensões em conjunto. Desse modo, será fornecido um resultado geral do potencial de adaptação e resultados setoriais (para cada uma das dimensões) para os municípios avaliados.

O Índice de Adaptação Urbana (UAI) de cada município pode variar de zero (0), para os municípios com o menor potencial em se adaptar, a um (1), para os municípios que apresentam o maior potencial de adaptação. Após o cálculo das pontuações do Índice de Adaptação Urbana, os resultados foram inseridos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio do programa QGIS (3.28.7), para confecção de mapas de potencial de adaptação. Para entender os resultados do índice, foram definidas cinco faixas de pontuação (tabela 1) relacionadas a uma escala de cores semafórica, variando do verde escuro (melhor resultado) ao vermelho escuro (pior resultado). O resultado geral do UAI dos municípios abrange a média de todas as dimensões conjuntas, e as respectivas correlações.

$$X = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 \dots X_n)}{n}$$

Equação 1. Fórmula da Média Aritmética Simples. **Fonte:** Paz, 2007.

Ótimo	0,8001 - 1
Bom	0,6001-0,8000
Regular	0,4001-0,6000
Ruim	0,2000-0,4000
Péssimo	0 – 0,2000

Tabela 1. Escala de cores do UAI. **Fonte:** Adaptado de Neder (2019).

Correlação Linear de Pearson e Correlação Espacial (Índice de Moran)



Nessa etapa, realizam-se correlações dos resultados do UAI com o IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) e o PIB (Produto Interno Bruto) dos municípios. A correlação foi feita pela correlação linear de Pearson (Correa, 2003) através da função CORREL no Office Excel. Também se utilizou o Índice de Moran (Anselin, 1995) com o software Geoda para correlações espaciais.

O Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r) relaciona duas matrizes de valores, variando de 1 (total correlação positiva) a -1 (correlação negativa), passando por 0 (sem correlação). Correa (2003) define que um coeficiente de 0 a 0,3 indica correlação fraca, e difícil de estabelecer uma relação entre as variáveis; 0,3 a 0,6, correlação fraca, mas com relação existente; e 0,6 a 1, correlação média a forte. Neste estudo, a correlação analisa a relação entre os resultados do Índice de Adaptação Urbana, IDHM e PIB. Um coeficiente de correlação positivo e forte indicaria que municípios com altos valores de IDHM tendem a ter altos valores de UAI, sugerindo que o desenvolvimento humano influencia positivamente a capacidade de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas (Equação 2).

$$r = \frac{n \sum x_i y - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] * [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Equação 2. Fórmula da correlação. **Fonte:** Correa, 2003.

O Índice de Moran estabelece correlações espaciais a fim de identificar áreas com alta, baixa ou nenhuma interdependência espacial (Fonseca e Aguiar, 2020). Tal índice correlaciona a variáveis de regiões distintas (y_i e y_j), números de observações (n) e média (\bar{y}) com uma matriz de proximidade espacial (w_{ij}) retornado à correlação espacial existente que varia entre -1 e 1, onde o peso de cada situação, sendo vizinho = 1, e não vizinho = 0 (Equação 3). Esse procedimento é útil para indicar a autocorrelação entre municípios vizinhos e oferece os agrupamentos (quando existentes) de modo a orientar decisões mais cautelosas pelo poder público (Oliveira, 2012; Nunes, 2013).

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_j - \bar{y})^2}$$

Equação 3. Fórmula Índice de Moran. **Fonte:** Anselin, 1995.

A geração da matriz W de pesos espaciais é a ferramenta base para avaliação da variabilidade espacial (Câmara et al, 2004; Almeida, 2012). A matriz W representa uma medida de proximidade espacial entre o polígono i e o j, onde n é o número total de polígonos que representam os municípios, onde a. W = 1, quando objetos

compartilham fronteiras ou vértices em comum e b. $W=0$, quando objetos não compartilham fronteiras ou vértices em comum.

Quando o índice é maior que 0, isso indica que unidades espaciais próximas têm valores semelhantes, ou seja, elas formam clusters. Esse padrão é caracterizado por valores altos de uma variável em regiões próximas ou valores baixos em regiões próximas; quando o índice se aproxima de 0, isso significa que não há um padrão claro de dependência espacial entre os valores das unidades; e por fim, quando o índice é negativo, isso sugere que unidades espaciais próximas têm valores diferentes. Isso é caracterizado por uma alternância entre valores altos e baixos de uma variável em regiões adjacentes (Anselin, 1995)

RESULTADOS

Os resultados apresentados para as dimensões indicam a classificação do UAI de ótimo a péssimo para todos os municípios da área de estudo (Tabela 2).

Nome do município	Dimensão A: Habitação					Classificação
	A1	A2	A3	A4	A5	
Belém	1	1	0	1	1	0,80000 Bom
Castanhal	1	0	0	1	1	0,60000 Regular
Marituba	0	1	1	1	0	0,60000 Regular
Barcarena	1	1	1	1	1	1,00000 Ótimo
Santa Izabel do Pará	0	0	0	1	0	0,20000 Péssimo
Benevides	1	0	0	1	1	0,60000 Regular
Santo Antônio do Tauá	0	0	0	0	0	0,00000 Péssimo
Bujaru	1	0	1	0	0	0,40000 Ruim
Inhangapi	0	0	0	1	0	0,20000 Péssimo
Ananindeua	1	1	1	1	1	1,00000 Ótimo
Santa Bárbara do Pará	1	1	1	1	0	0,80000 Bom

Nome do município	Dimensão B: Mobilidade Urbana					Classificação
	B1	B2	B3	B4	B5	
Belém	1	1	1	1	1	1,0000 Ótimo
Castanhal	0	1	1	1	1	0,8000 Bom
Marituba	0	1	1	1	0	0,6000 Regular
Barcarena	0	1	1	1	0	0,6000 Regular
Santa Izabel do Pará	0	1	1	0	1	0,6000 Regular
Benevides	1	1	1	0	0	0,6000 Regular

Nome do município	Dimensão B: Mobilidade Urbana					Classificação	
	B1	B2	B3	B4	B5		
Santo Antônio do Tauá	0	1	0	0	0	0,2000	Péssimo
Bujaru	0	1	1	0	0	0,4000	Ruim
Inhangapi	0	0	1	0	0	0,2000	Péssimo
Ananindeua	0	1	1	1	0	0,6000	Regular
Santa Bárbara do Pará	0	0	0	0	0	0,0000	Péssimo

Nome do município	Dimensão C: Agricultura Sustentável					Classificação	
	C1	C2	C3	C4	C5		
Belém	1	1	1	0	1	0,8000	Bom
Castanhal	0	1	1	0	1	0,6000	Regular
Marituba	1	1	1	0	1	0,8000	Bom
Barcarena	1	1	1	1	1	1,0000	Ótimo
Santa Izabel do Pará	1	1	1	0	0	0,6000	Regular
Benevides	1	1	1	0	1	0,8000	Bom
Santo Antônio do Tauá	1	1	1	0	1	0,8000	Bom
Bujaru	1	1	0	1	1	0,8000	Bom
Inhangapi	0	1	1	1	1	0,8000	Bom
Ananindeua	1	1	1	0	1	0,8000	Bom
Santa Bárbara do Pará	1	1	1	0	1	0,8000	Bom

Nome do município	Dimensão D: Gestão Ambiental								Classificação	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
Belém	1	1	1	1	0	0	1	0	0,6250	Bom
Castanhal	1	1	1	1	1	1	1	0	0,7500	Bom
Marituba	1	0	1	1	0	0	1	0	0,5000	Regular
Barcarena	1	1	1	0	0	0	0	1	0,5000	Regular
Santa Izabel do Pará	1	1	0	1	0	0	0	0	0,3750	Ruim
Benevides	1	0	1	1	1	0	1	0	0,6250	Bom
Santo Antônio do Tauá	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	Péssimo
Bujaru	1	1	0	1	1	0	0	1	0,6250	Bom
Inhangapi	1	1	0	0	0	0	1	0	0,3750	Ruim
Ananindeua	1	1	1	1	1	0	1	0	0,7500	Bom
Santa Bárbara do Pará	0	0	1	0	0	0	1	0	0,2500	Ruim

Nome do município	Dimensão E: Resposta aos Impactos Climáticos						Resultado Geral do UAI		
	E1	E2	E3	E4	E5	Média	Classificação	Média Geral	Classificação Geral
Belém	0	0	0	0	1	0,2000	Péssimo	0,6786	Bom
Castanhal	0	1	0	0	1	0,4000	Ruim	0,6429	Bom
Marituba	0	1	0	0	0	0,2000	Péssimo	0,5357	Regular
Barcarena	1	1	0	1	1	0,8000	Bom	0,7500	Bom
Santa Izabel do Pará	0	0	0	0	0	0,0000	Péssimo	0,3571	Ruim
Benevides	0	0	0	0	0	0,0000	Péssimo	0,5357	Regular
Santo Antônio do Tauá	1	1	0	0	0	0,4000	Ruim	0,2500	Ruim
Bujaru	0	1	0	0	1	0,4000	Ruim	0,5357	Regular
Inhangapi	0	0	1	0	0	0,2000	Péssimo	0,3571	Ruim
Ananindeua	1	1	0	0	1	0,6000	Regular	0,7143	Bom
Santa Bárbara do Pará	0	0	0	0	0	0,0000	Péssimo	0,3571	Ruim

Tabela 2. Resultados do UAI por dimensão e resultado Geral.**Fonte:** Autoral (2024)**Dimensão A: Habitação**

Para a Dimensão Habitação, Barcarena e Ananindeua possuem todos os instrumentos da dimensão, enquanto Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá e Inhangapi apresentam resultados péssimos, sendo que Santo Antônio do Tauá não possui nenhum instrumento.

No que diz respeito ao Plano Municipal de Habitação (A1), 63,3% dos municípios possuem este documento. Além disso, 45,4% têm Conselho (A2) e Fundo Municipal de Habitação (A3). Em 81,8% dos municípios, existe cadastro ou levantamento de famílias interessadas em programas habitacionais, e 45,5% realizaram recentemente (2019 ou 2018) ações de regularização fundiária promovidas pela prefeitura. Barcarena e Ananindeua obtiveram UAI ótimo, enquanto Inhangapi, Santa Izabel do Pará e Santo Antônio do Tauá mostraram menor grau de atuação.

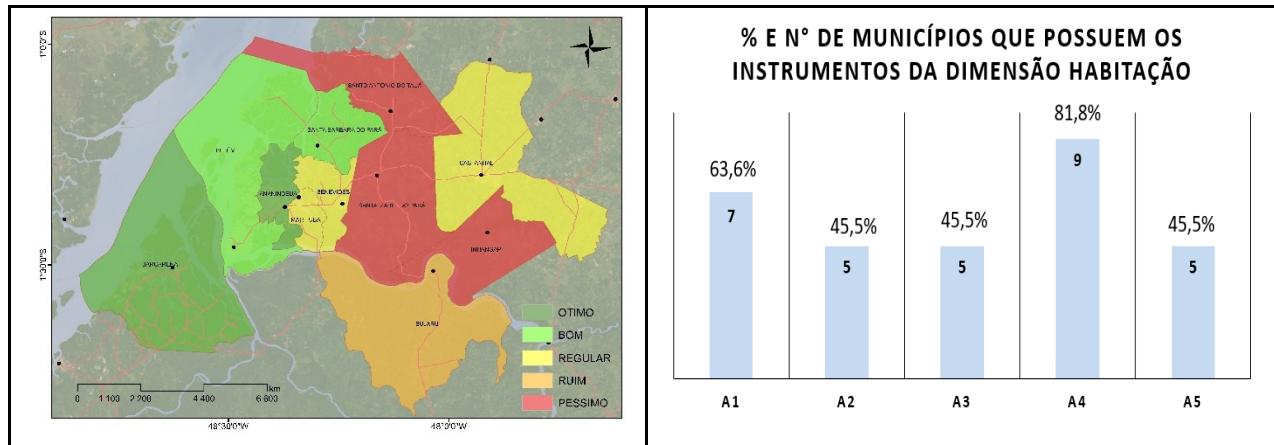


Figura 2. Mapa do UAI da dimensão Habitação e Porcentagem de municípios que possuem cada um dos instrumentos da dimensão Habitação. **Fonte:** Autoral (2024)

Dimensão B: Mobilidade Urbana

Na dimensão Mobilidade Urbana, apenas Belém apresentou todos os instrumentos, obtendo resultado Ótimo, enquanto Castanhal apresentou todos os instrumentos, exceto B1 (Plano Municipal de Transporte), obtendo resultado Bom. Santo Antônio do Tauá, Inhangapi e Santa Bárbara do Pará apresentaram resultados Péssimos, sendo que Santa Bárbara do Pará não possui nenhum instrumento de Mobilidade Urbana.

Os municípios Belém e Benevides possuem o Plano Municipal de Transporte (B1). Os instrumentos B2 e B3 (transporte coletivo por ônibus intra e intermunicipal) estão presentes em 81,8% dos municípios, abrangendo 9 dos 11 municípios da mesorregião. Quanto aos instrumentos B4 e B5 (Ciclovias e Bicicletários), 45,5% dos municípios possuem ciclovias e apenas 27,2% possuem bicicletários.

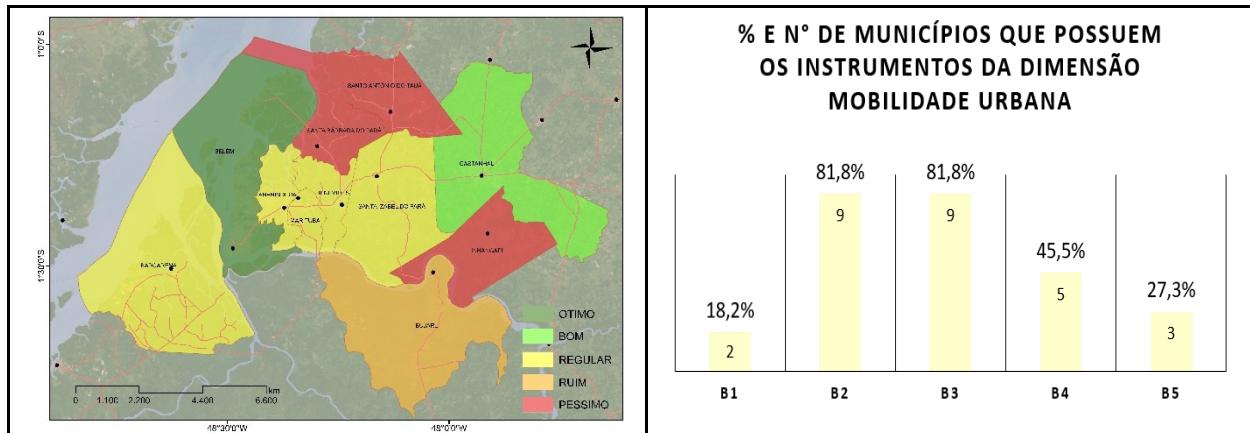


Figura 3. Mapa do UAI da dimensão Mobilidade Urbana e Porcentagem de municípios que possuem cada um dos instrumentos da dimensão Mobilidade Urbana. **Fonte:** Autoral (2024)

Dimensão C: Agricultura Sustentável

A dimensão agricultura sustentável obteve os melhores resultados para todos os 11 municípios analisados, sem resultados Péssimos ou Ruins. Barcarena destacou-se como o único município a obter resultado Ótimo, enquanto Castanhal e Santa Izabel do Pará receberam resultados Regulares. Todos os municípios da MMB promovem a agricultura familiar (C2) e incentivam mais de uma modalidade de agricultura sustentável (C1 - agricultura orgânica, C2 - Agricultura familiar e C3 - hortas comunitárias). Em relação ao associativismo de produtores e/ou cooperativas agrícolas (C5), 90,9% dos municípios promovem a atividade.

O instrumento com menos aderência (27,3%) foi o C4 (programa ou ação de prevenção contra problemas climáticos para o setor agrícola), aplicado em apenas três municípios: Barcarena, Bujaru e Inhangapi. O instrumento C4 é importante por representar a Capacidade Específica de adaptação, demandando mais atenção dos gestores municipais da MMB.

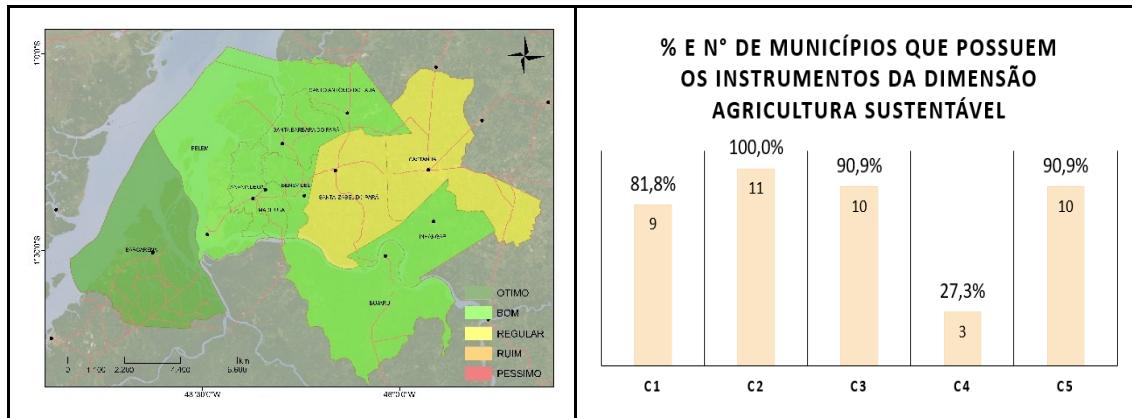


Figura 4. Mapa do UAI da dimensão Agricultura Sustentável e porcentagem de municípios que possuem cada um dos instrumentos da dimensão Agricultura Sustentável. **Fonte:** Autoral (2024)

Dimensão D: Gestão Ambiental

Nenhum município alcançou o resultado Ótimo para a dimensão Gestão Ambiental. Castanhal e Ananindeua tiveram as maiores pontuações, com resultado Bom e 6 dos 8 instrumentos da dimensão. As menores médias foram de Santa Bárbara do Pará, com resultado Ruim e apenas 2 instrumentos, e Santo Antônio do Tauá, com resultado Péssimo e nenhum instrumento.

A figura 5 mostra a porcentagem de municípios com cada instrumento da dimensão Gestão Ambiental, destacando uma discrepância nos indicadores D5, D6 e D8, com pouca aderência. O instrumento D6 (legislação ou gestão ambiental para adaptação e mitigação de mudança do clima) teve baixa porcentagem de municípios, similar ao C4 da Dimensão Agricultura Sustentável, ambos medindo a Capacidade Específica de lidar com mudanças climáticas. Barcarena foi o único município com o instrumento D6.

Em relação aos demais instrumentos, 63,6% dos municípios apresentaram os instrumentos D2, D3, D4 e D7, que verificam a existência de legislação ou instrumentos de saneamento básico, zona de proteção ou controle ambiental, poluição do ar e Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. O instrumento D1 (Fundo Municipal de Meio Ambiente) teve a maior aderência, sendo contemplado em 81,8% dos municípios.

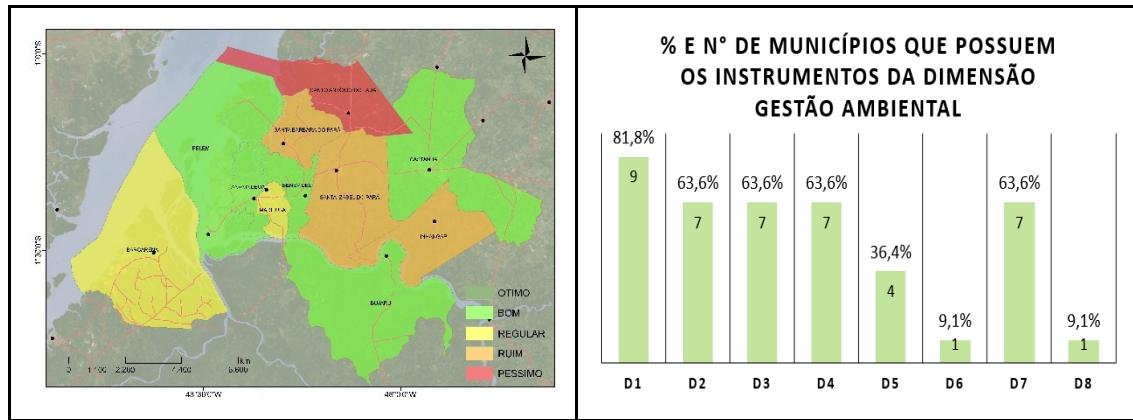


Figura 5. Mapa do UAI da dimensão Gestão Ambiental e Porcentagem de municípios que possuem cada um dos instrumentos da dimensão Gestão Ambiental.

Fonte: Autoral (2024)

Dimensão E: Resposta aos Impactos Climáticos

A dimensão E apresentou os piores resultados para os municípios estudados, com seis municípios enquadrados no resultado Péssimo para o UAI. Três deles (Santa Izabel do Pará, Benevides e Santa Bárbara do Pará) não apresentam nenhum instrumento da dimensão. Belém, Marituba e Inhangapi apresentam apenas um instrumento. Barcarena (Bom) e Ananindeua (Regular) tiveram os melhores resultados, com quatro e três instrumentos, respectivamente.

Os indicadores E1 e E2 avaliam se o município possui lei de uso e ocupação do solo para prevenção de inundações e mapeamento de áreas de enchentes, respectivamente. Apenas 27,3% dos municípios possuem o E1, mas 54,6% possuem o E2. O instrumento E3 (Plano Municipal de Redução de Riscos) apresentou um dos piores resultados, sendo incorporado apenas em Inhangapi, sem referência oficial. O instrumento E4 (Carta geotécnica de aptidão à urbanização) teve resultados semelhantes a E3, com Barcarena sendo o único município a possuí-lo. Apenas 45,5% dos municípios possuem Defesa Civil Municipal, incluindo Belém, Castanhal, Barcarena, Bujaru e Ananindeua.

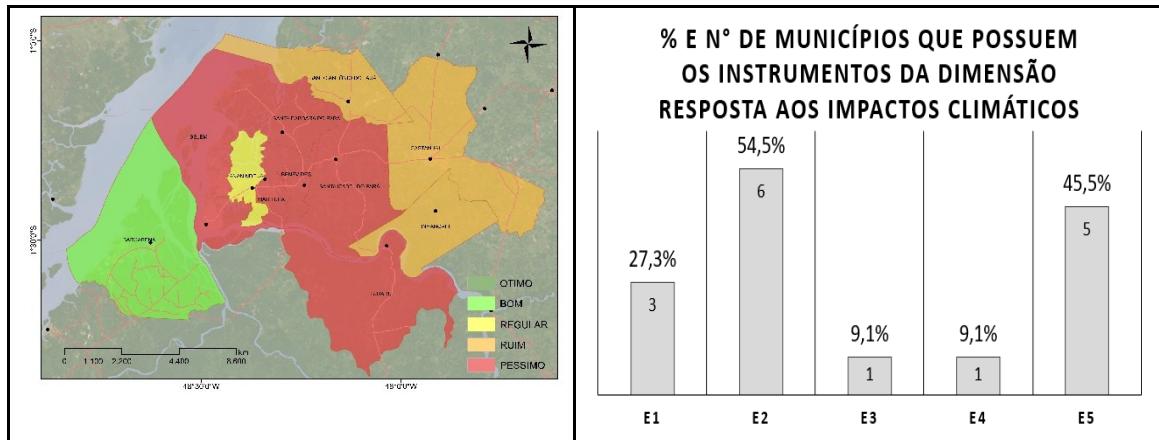


Figura 6. Mapa do Uai da dimensão Resposta aos Impactos Climáticos e Porcentagem de municípios que possuem cada um dos instrumentos da dimensão Resposta aos Impactos Climáticos. **Fonte:** Autora (2024)

UAI da Mesorregião Metropolitana de Belém

Os resultados gerais do Índice de Adaptação Urbana mostram que nenhum município alcançou os maiores (Ótimo) ou menores (Péssimo) resultados. Belém, Castanhal, Barcarena e Ananindeua obtiveram os melhores resultados, com Barcarena e Ananindeua alcançando as melhores médias (0,7500). As piores médias foram de Santo Antônio do Tauá (0,2500), Santa Izabel do Pará, Santa Bárbara do Pará e Inhangapi (0,3571).

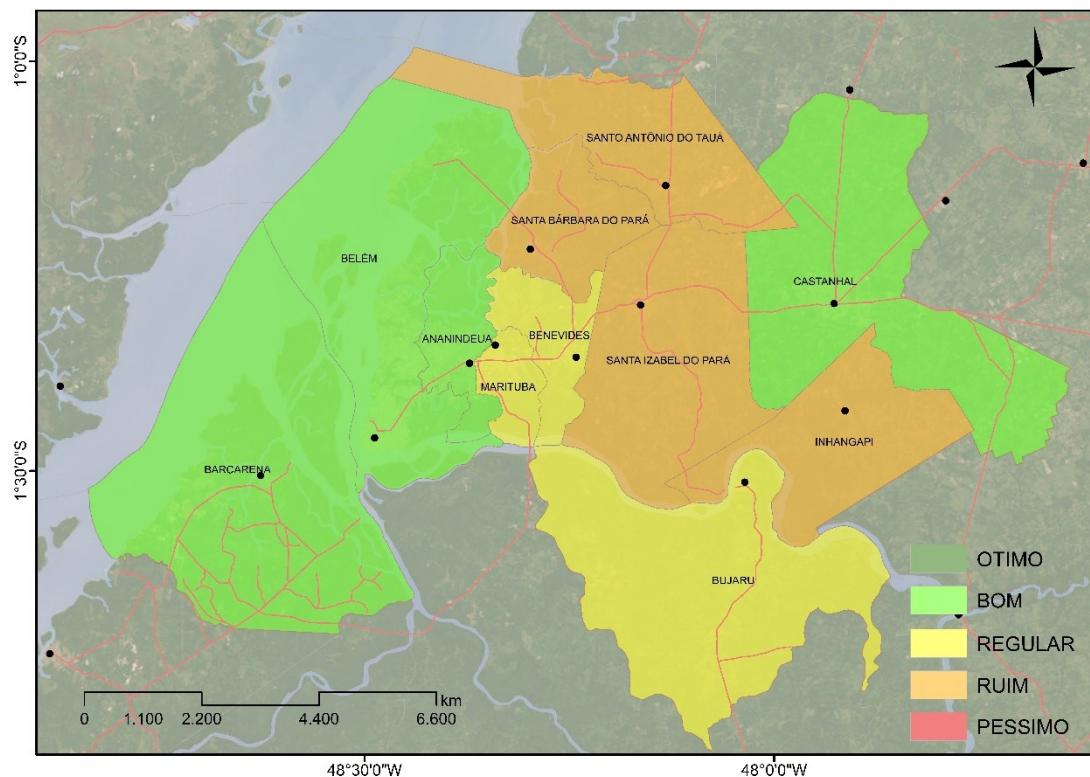


Figura 7. Mapa do Resultado Geral do UAI. **Fonte:** Autora (2024).

Correlação Linear de Pearson e Correlação Espacial (Índice de Moran)

Em relação ao PIB, o R encontrado foi de 0,55, indicando uma correlação fraca positiva (Figura 8). Dessa forma, apesar de representar uma correlação fraca, mostra a tendência do UAI de ser maior em municípios de maior riqueza econômica. Ademais, em relação ao IDHM, os resultados foram semelhantes, sendo encontrado um valor de R de 0,50, demonstrando novamente a tendência do Índice de Adaptação Urbana apresentar valores maiores em municípios onde o desenvolvimento humano (nas esferas de Renda, Longevidade e Educação) é maior.

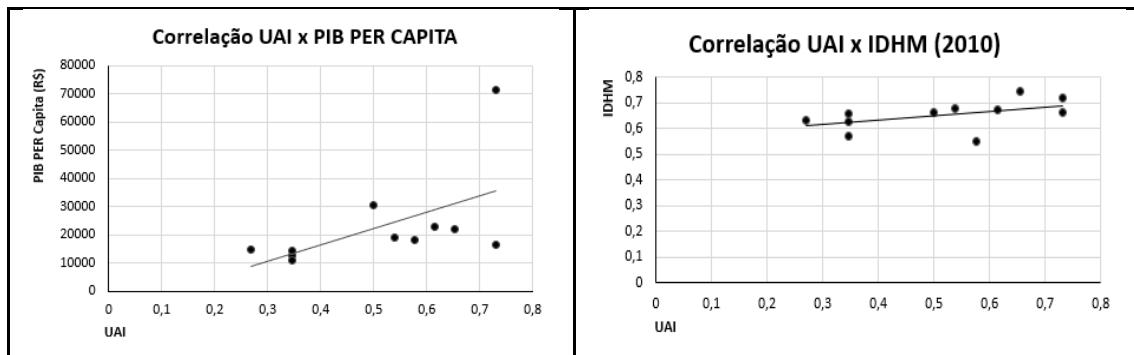


Figura 8. Gráfico de dispersão entre UAI e PIB PER Capita Municipal e Correlação entre UAI e IDHM. **Fonte:** Autora (2024)

O Índice de Moran apresentou correlações positivas, entretanto fracas (Figura 10). Para a estimativa do UAI x IDMH a correlação apresentou um valor de 0,248, (figura 9a) indicando a tendência de correlação espacial entre as variáveis nos municípios; dentre esses é possível destacar a correlação alta-alta no município de Belém e a correlação baixa-baixa no município de Santa Izabel (figura 9a). Para a estimativa do UAI x PIB a correlação apresentou um valor de 0,084, indicando uma baixa correlação espacial em relação a essas variáveis (figura 9b); entretanto os municípios que demonstraram significância foi Marituba com uma correlação baixa-baixa e Castanhal com uma correlação alta-baixa (figura 9b).

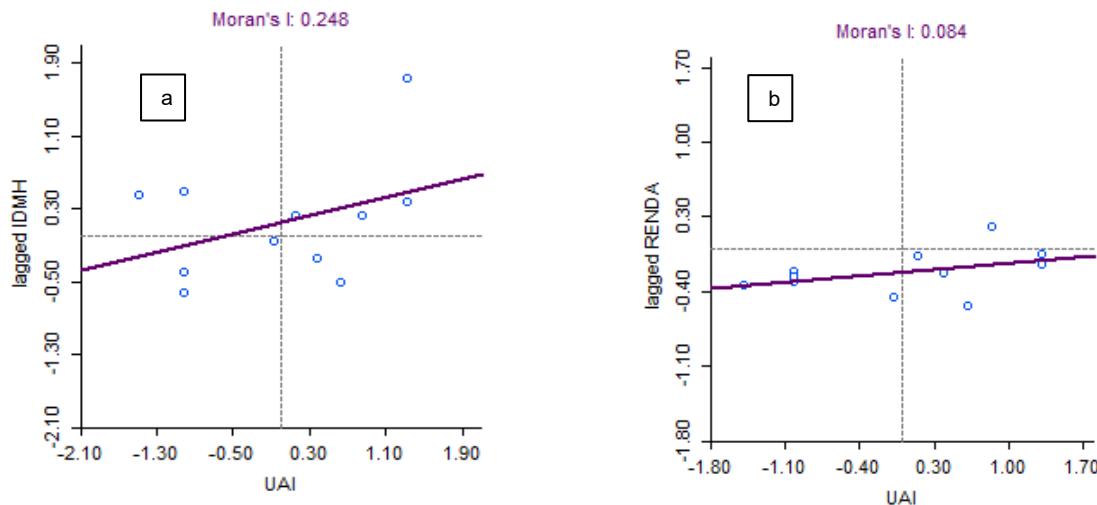


Figura 9. Gráfico Índice de Moran. **Fonte:** Autoral (2024)

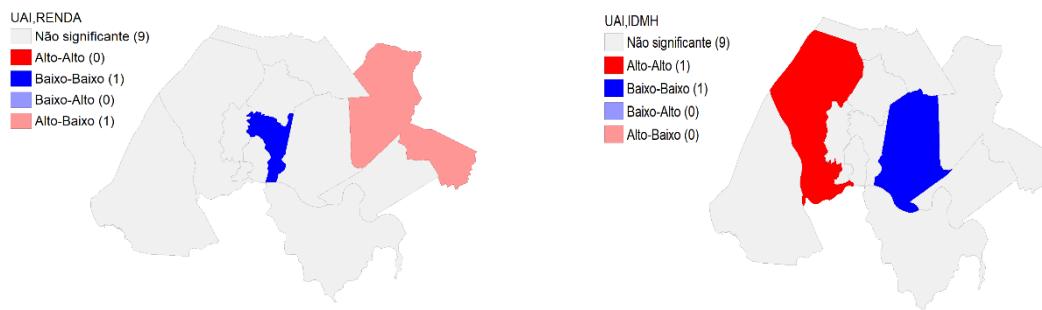


Figura 10. Mapa de Correlações Espaciais. **Fonte:** Autoral (2024)

DISCUSSÃO

Dimensão A

Neder (2019) mostra que em municípios com maiores densidades demográficas municipais (acima de 1000 hab/km²), é mais comum a existência de todos os instrumentos de gestão da Dimensão A, pois municípios com elevadas densidades demográficas aplicariam mais instrumentos de gerenciamento habitacional municipal, seja por vontade política ou por obrigação legal. Esse padrão se repete para Ananindeua, que possui todos os instrumentos da dimensão Habitação

e apresenta a maior densidade demográfica da região, com 2.512,20 hab/km² (IBGE, 2022).

Em contrapartida, Barcarena que também possui todos os instrumentos da dimensão habitação, apresenta densidades demográficas de menos de 100 hab/km² (IBGE, 2022), contudo, apesar da baixa densidade demográfica, sabe-se que o município por meio da sua gestão municipal, vêm pautando todo seu planejamento governamental nas agendas de desenvolvimento da ONU (Menezes, 2022). A este fato, podemos atribuir o bom resultado nessa dimensão.

Vale destacar que todos os municípios que apresentaram resultado Péssimo para esta dimensão (Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá e Inhangapi) possuem baixa densidade demográfica (até 100 hb/km²). Outro aspecto importante a ser ressaltado é que dois municípios com densidades demográficas maiores que 1.000 hab/km² (IBGE, 2022), a saber, Belém e Marituba, não apresentam todos os instrumentos da dimensão habitação.

Dimensão B

Para a Dimensão B, apenas Belém apresenta todos os instrumentos de Mobilidade Urbana. Apesar disso, Bentes et al. (2016) apontam a qualidade precária do transporte coletivo intramunicipal, com 62% dos 1.500 entrevistados considerando o tempo de espera ruim ou muito ruim, 78% avaliando a lotação como ruim ou muito ruim e 60% classificando o estado de conservação e estrutura dos veículos como ruim ou muito ruim. Esses dados indicam que, apesar de possuir todos os instrumentos de Mobilidade, Belém precisa urgentemente reformular seu sistema de transporte.

Apenas Belém e Benevides possuem o Plano Municipal de Transporte (B1). Este resultado reflete uma realidade apontada pela Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana, indicando que apenas 9% dos municípios investigados possuem o Plano Municipal de Mobilidade Urbana (Marques, 2018). A baixa criação de Planos Municipais de Transporte é preocupante, pois é o instrumento de efetivação da Política Nacional de Mobilidade Urbana, que deve promover a mobilidade de forma integrada, acessível e sustentável (Brasil, 2012).

Municípios menores têm potencial para diminuir a dependência de veículos motorizados individuais investindo em ciclovias e bicicletários, ampliando as opções de mobilidade, especialmente durante eventos extremos (Neder, 2019). No entanto, apenas Belém, Castanhal, Barcarena, Marituba e Ananindeua possuem ciclovias, e apenas Belém, Castanhal e Santa Izabel do Pará possuem bicicletários.

Dimensão C

Para a Dimensão C, Barcarena se destaca com resultado Ótimo devido à gestão municipal que, desde 2013, pauta seu planejamento nas agendas globais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Menezes, 2022). Além disso, recentemente, o município promulgou três leis municipais relativas à agricultura sustentável (Leis Municipais N° 2280 de 04/01/2022, N° 2311 de 06/09/2023 e N° 2315



de 18/09/2023).

Para Castanhal e Santa Izabel do Pará, únicos municípios com resultados regulares na Dimensão C, buscou-se associar esses resultados com os dados sobre uso de agrotóxicos pelos municípios (IBGE, 2017). Desse modo, os municípios possuem 48% e 27% dos seus estabelecimentos agropecuários utilizando agrotóxicos, respectivamente. Castanhal ainda estimula pouco a agricultura orgânica (Abreu, 2021). Destaca-se ainda a situação de Santo Antônio do Tauá que apresenta um Bom resultado na Dimensão C, mas tem 27% dos estabelecimentos rurais utilizando agrotóxicos.

Dimensão D

Observou uma discrepância em relação a alguns instrumentos da dimensão D, especificamente os indicadores: D5 (legislação ou instrumento de gestão ambiental para proteção à biodiversidade), D6 (legislação ou instrumento de gestão ambiental para adaptação e mitigação de mudança do clima) e D8 (município paga diretamente por serviços ambientais?). Esses indicadores apresentaram pouca aderência por parte dos municípios, conforme também constatado por Neder (2019).

A vista disso, observou-se que Barcarena, Santa Izabel do Pará, Inhangapi e Belém apresentam altos índices de supressão vegetal primária (MapBiomas, 2020) e não possuem os instrumentos ambientais protetivos correspondentes (instrumentos D5 e D8). O instrumento D6 também tem baixa adesão, semelhante ao C4 da Dimensão Agricultura Sustentável, ambos medindo a Capacidade Específica para lidar com mudanças climáticas. Barcarena destaca-se como o único município com o instrumento D6. Este é um município pioneiro em institucionalizar agendas globais, por exemplo, entre as ações de adaptação mais importantes que o município tem implementado estão a inclusão da Agenda Ambiental no currículo escolar e a sensibilização da população para as alterações climáticas, bem como a promoção de iniciativas de preservação e expansão de algumas áreas verdes urbanas (Menezes e Cruz, 2022).

Com relação à legislação ou instrumento para saneamento básico (D2) e Plano de Gestão Integrada de Resíduos (D7), os municípios tiveram bons resultados (63,6% para ambos). No entanto, a região Norte é a mais distante da universalização dos serviços de saneamento básico (ABES, 2021). Nesse contexto, observa-se que a população com coleta de esgoto adequada é menor que 50% em Barcarena, Santa Izabel do Pará, Bujaru e Inhangapi (ABES, 2021), indicando que, apesar dos instrumentos existirem, não estão sendo devidamente aplicados pela gestão municipal.

Dimensão E

Para a Dimensão E, Belém, Santa Izabel do Pará e Benevides apresentam risco alto para inundações, enxurradas e alagamentos (AdaptaBrasil, 2024) e não

possuem instrumentos de prevenção contra esses fenômenos (E1 e E2). O instrumento E3 (Plano Municipal de Redução de Riscos) foi incorporado apenas em Inhangapi. Em 2023, a Secretaria Nacional de Periferias (SNP) iniciou um projeto para desenvolver 20 Planos Municipais de Redução de Riscos, incluindo Belém (Gov.Br, 2023; Agência Belém, 2023).

Para o instrumento E4 (Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização), apenas Barcarena possui o instrumento. A Lei Nº 13.683, de 19/06/2018, conhecida como Estatuto da Metrópole, prevê a delimitação de áreas sujeitas a controle especial devido ao risco de desastres naturais, portanto, municípios com população urbana, devem atentar-se para essa recomendação. Em relação à constituição da Defesa Civil Municipal (E5), apenas Belém, Castanhal, Barcarena, Bujaru e Ananindeua possuem Defesa Civil Municipal. Essa situação é preocupante, pois essas coordenadorias são essenciais na educação e orientação das comunidades sobre como proceder em desastres (Mendes et al., 2022).

A Dimensão E, composta por indicadores que avaliam a capacidade específica do município para se adaptar às mudanças climáticas, apresentou os piores resultados em comparação com outras dimensões. Isso ocorre porque o nível local é frequentemente o mais fraco, com capacidade limitada para planejar e implementar estratégias de adaptação a longo prazo. A gestão local enfrenta várias restrições que impedem a adaptação eficaz, incluindo déficit de informações, recursos econômicos e financeiros insuficientes, falta de capacidade institucional e tecnológica, além de desafios políticos e sociais (Nalau et al., 2015).

Média Geral do UAI e Correlação Linear de Pearson

As piores médias gerais do UAI são dos municípios de Santo Antônio do Tauá, Santa Izabel do Pará, Santa Bárbara do Pará e Inhangapi, considerados de alto risco socioambiental e climático (Ferreira, 2020; Santos et al., 2017). Por sua vez, as melhores médias pertencem aos municípios Belém, Ananindeua, Castanhal e Barcarena.

O Índice de Adaptação Urbana tende a apresentar melhores resultados em municípios com maiores PIB, IDHM e concentração populacional. Araújo et al. (2022) discutem a dificuldade de municípios pequenos (até 20 mil habitantes) e com economia lenta (forte relação cidade-campo; pilar econômico em agricultura e pecuária; poucos serviços e comércio reduzido) se adaptarem às mudanças climáticas. Segundo os autores, esses municípios ainda tentam solucionar problemas de infraestrutura básica e não conseguem priorizar medidas de adaptação às mudanças climáticas devido a outras demandas sociais prioritárias, como saúde, segurança e educação (Margulis, 2017).

Além disso, apesar de alguns municípios apresentarem bons resultados no Índice de Adaptação Urbana Geral, PIB per capita e IDHM altos, a qualidade de vida municipal não reflete essa realidade. Lima e Ponte (2023) afirmam que, em 2019, a



Região Metropolitana de Belém ainda estava entre as cinco metrópoles brasileiras com maior percentual de favelas, além de apresentar estagnação econômica e precariedade infraestrutural e habitacional.

Correlações espaciais

Em relação às correlações espaciais, o resultado dos índices de Moran revelam uma disparidade entre os municípios presentes da Região Metropolitana de Belém, nesse sentido, Spink *et al.* (2009) identificam alguns entraves para cooperação entre municípios e até mesmo com o estado, como a rivalidade política, as diferenças socioeconômicas e demográficas, problemas orçamentários e incapacidades financeiras que os municípios já enfrentam além da falta de um órgão gestor que conseguisse reunir os interesses das cidades presentes nas RM.

Outro dado interessante é revelado através do Boletim de Desigualdades das Metrópoles (2024) que avalia o grau de equidade das cidades presentes em 22 das Regiões Metropolitanas do Brasil, onde a Região Metropolitana de Belém apresenta um índice Gini¹ de 0,624; indicando uma desigualdade considerável em relação aos municípios.

Esses dados refletem a necessidade de que a adaptação às mudanças climáticas seja medida por indicadores que não só informem a existência de instrumentos de gestão voltadas para a temática, mas que também tenham a capacidade de medir a aplicação desses instrumentos no município. Contudo, entende-se que os indicadores propostos pelo UAI cumprem o objetivo de resolver o impasse inicial para implementar medidas de adaptação, que é a falta de acesso e uso da informação acerca da situação municipal frente às mudanças do clima.

Recomendações para Gestores Municipais

Após a análise dos resultados, percebeu-se que a maior dificuldade para os municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém implementarem medidas específicas de adaptação às mudanças climáticas é a existência de outras demandas prioritárias, além da carência de infraestruturas básicas (Margulis, 2017). É essencial que os instrumentos de Capacidade Genérica estejam consolidados para que haja espaço, recursos e vontade política para implementar medidas específicas de adaptação. Contudo, como observado neste estudo, muitas vezes os instrumentos existem, mas não são devidamente aplicados, o que impede que produzam os efeitos benéficos esperados para a população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adaptação climática das cidades deve ser realizada em âmbito local, e para isso, gestores municipais precisam de informações específicas. O Índice de

¹ Coeficiente que avalia a desigualdade de rendimentos, onde quanto maior o valor, maior a desigualdade.

Adaptação Urbana (UAI) reuniu informações dos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém (MMB) em 5 dimensões (Habitação, Mobilidade Urbana, Agricultura Sustentável, Gestão Ambiental e Resposta aos Impactos Climáticos), diagnosticando a adaptação às mudanças climáticas. O UAI permitiu que as gestões municipais identificassem suas principais lacunas, permitindo uma atuação por prioridade.

Em relação a estudos anteriores que utilizaram o Índice de Adaptação Urbana, este estudo inovou ao incorporar dois novos indicadores na dimensão habitação (dimensão A), permitindo assim que os municípios se enquadrasssem em todas as faixas de pontuação do UAI. Além disso, o uso do Índice de Moran como ferramenta de gestão é crucial para identificar padrões espaciais de desigualdade e melhorar a alocação de recursos e políticas públicas. Ao revelar a autocorrelação espacial entre áreas com diferentes níveis de adaptação às mudanças climáticas, essa ferramenta proporciona um entendimento mais profundo da distribuição territorial das desigualdades. Isso facilita a criação de estratégias mais eficazes, direcionadas para as regiões mais afetadas, promovendo um planejamento urbano mais justo e uma resposta mais rápida a emergências. Dessa forma, o Índice de Moran é um instrumento valioso para a gestão, contribuindo para a construção de municípios mais equitativos e resilientes.

Na dimensão Habitação (A), Santa Izabel do Pará, Santo Antônio do Tauá e Inhangapi apresentaram os piores resultados. Na Mobilidade Urbana (B), os piores foram Santo Antônio do Tauá, Inhangapi e Santa Bárbara do Pará. A Agricultura Sustentável (C) teve os melhores resultados, exceto em Castanhal e Santa Izabel do Pará, com resultados regulares. Em Gestão Ambiental (D), Santa Bárbara do Pará e Santo Antônio do Tauá tiveram as piores médias. Na Resposta aos Impactos Climáticos (E), todos os municípios apresentaram resultados ruins, com Belém, Marituba, Santa Izabel do Pará, Benevides, Inhangapi e Santa Bárbara do Pará tendo os piores.

O UAI informa a existência de instrumentos, políticas ou ações de adaptação climática, sem avaliar a qualidade ou níveis de aplicação. Para um diagnóstico mais completo, os indicadores do UAI foram discutidos à luz de outros dados municipais disponíveis. Os resultados ajudaram a elucidar a situação dos municípios da MMB em relação à adaptação climática, informando as gestões municipais sobre o diagnóstico atual. Propõe-se que, em pesquisas futuras, a metodologia seja aprimorada com entrevistas com as gestões municipais para um diagnóstico mais completo que contemple a existência e aplicação desses instrumentos de gestão. Espera-se que as informações levantadas auxiliem os gestores na implementação de uma agenda climática.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradeço ao Grupo de Pesquisa e Extensão em Desastres e Geotecnologias na Amazônia e a Universidade Federal Rural da Amazônia pelo apoio acadêmico e institucional no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERENCIAS

ACT. Adapting to Climate Change in Time. Planning for Adaptation to ClimateChange: Guidelines for Municipalities". LIFE program on Environmental Policy and Governance, European Commission. 2013. Disponível em: <http://www.actlife.eu/medias/306-guidelinesversionefinal20.pdf>.

Adapta Brasil. **Gov.br** Disponível em: <https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2024.

AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 423– 434, dez. 2012.

ARAÚJO, G. P. DE *et al.* Desafios para a Adaptação à variabilidade climática na Macrometrópole Paulista: Considerações sob a perspectiva da Justiça Climática. Em: **Governança Ambiental na Macrometrópole Paulista face à Variabilidade Climática**. São Carlos-SP: RiMa Editora, 2022. p. 512.

BARCARENA. Lei Municipal nº 2280, de 04 de janeiro de 2022. **Dispõe Sobre A Instituição E Regulamentação Do Sistema Municipal De Monitoramento Da Agricultura Familiar - Sismmaf E Da Carteira Do Produtor Rural De Barcarena-Pa.** Barcarena: Prefeitura Municipal de Barcarena, 05 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/gNTUY>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2024.

BARCARENA. Lei Municipal nº 2311, de 06 de setembro de 2023. **Dispõe Sobre A Denominação Do Complexo Comercial De Barcarena, Bem Como Dos Espaços De Feiras E Mercados Que O Compõe, A Saber: Feira Da Agricultura Familiar; Mercado Popular; Mercado De Carnes E Peixes; E Praça De Alimentação, E Dá Outras Providências.** Barcarena: Prefeitura Municipal de Barcarena, 14 de setembro de 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/absx0>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.

BARCARENA. Lei municipal nº 2315, de 18 de setembro de 2023. **Institui O Programa Municipal De Aquisição De Alimentos Da Agricultura Familiar Para A Saúde Alimentar E Nutricional Hospitalar (Pmaa-Saúde) E Dispõe Sobre A**



Compra De Alimentos Da Agricultura Familiar Para A Nutrição Hospitalar, No Município De Barcarena, E Dá Outras Providências. Barcarena: Prefeitura Municipal de Barcarena, 18 de setembro de 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/bfjp3>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.

BENTES, R. K.; MACÊDO, B. B.; DA SILVA, T. C. Análise De Percepção Qualitativa Do Transporte Público: Um Estudo De Caso Na Cidade De Belém/Pa. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, 20 mar. 2016.

Belém participa de encontro nacional sobre planos municipais de redução de riscos e desastres. **Agência Belém**, 2023. Disponível em: <https://shre.ink/rcSo>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2024.

BORGES, T. T. Capacidade adaptativa dos municípios brasileiros de pequeno e médio porte às mudanças climáticas: aplicação de um índice de adaptação urbana nas cidades do Sul de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado)—Minas Gerais: Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2021.

BRASIL - MMA. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Volume 2 – Estratégias Setoriais e Temáticas. 2016. Brasil. Disponível em: < <https://encurtador.com.br/bqEH0> >. Acesso em: 01 de dezembro de 2023.

BRASIL. LEI Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 29 de dezembro de 2009. Disponível: <https://encurtador.com.br/0VT1F> Acesso em: 12 de fevereiro de 2024.

BRASIL. Lei nº 13.683, de 19 de junho de 2018. Altera as Leis nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), e 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 19 de junho de 2018. Disponível: <https://encurtador.com.br/b9S3E> Acesso em: 12 de fevereiro de 2024.

BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Human dimensions of climate change: the vulnerability of small farmers in the Amazon. **Biological Sciences**. 2008.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e Estatística**. 2nd ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

DE ABREU, L. S. **Agricultura orgânica - Portal Embrapa**. Disponível em:< <https://abrir.link/Ooojm> >. Acesso em: 21 fev. 2024.

DE LIMA, A. C. B. et al. Climate hazards in small and medium cities in the Amazon Delta and Estuary: challenges for resilience. *Environment & Urbanization*, v. 32, n. 1, p. 1-28, 2020.

DI GIULIO, G. et al. Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 25–41, 2016.

FERNANDES DE ALBUQUERQUE, M. et al. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. I.], v. 6, 2010.

FERREIRA, D. B. DA S. **Vulnerabilidade Socioambiental E Análise De Risco Aos Extremos De Precipitação No Estado Do Pará**. Mestrado—Belém/PA: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2020.

IBGE Cidades. **Panorama dos municípios**. Rio de Janeiro, 2022.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2017.

IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2020**. Rio de Janeiro, 2020.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Mudanças Climáticas 2021 – A Base da Ciência Física: Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Cambridge University Press; 2023.

KAPELLE, M. A adaptação à crise climática é essencial conforme os impactos se intensificam. **The United Nations Environment Programme (UNEP)**, 2022. Disponível em:< <https://encurtador.com.br/zw3cD> >. Acesso em: 05 de junho de 2024.

LEMOS, M. C. et al. Building Adaptive Capacity to Climate Change in Less Developed Countries. Em: ASRAR, G. R.; HURRELL, J. W. (Eds.). **Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 437–457.

LIMA, J. J. F; PONTE, J. P. X. Coluna | Censo 2022: Região Metropolitana de Belém conta com mais de 3 mil moradores indígenas e 10 mil quilombolas. Disponível em: < <https://encurtador.com.br/IHD9u> >. Acesso em: 6 jun. 2024.

MARGULIS, S. **Guia de adaptação às mudanças do clima para entes federativos**. Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS). 2017.

MARQUES, Jessica. Apenas 193 municípios brasileiros possuem Plano de Mobilidade Urbana elaborado. **Diário do Transporte.** 2018. Disponível em: <https://encurtador.com.br/mwxQ1>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.

MATTEUCCI, M. P. S.; CANÇADO, M. L. N.; SILVA, F. M. M. Afinal, o que são as mudanças climáticas?. Unicef Brasil. 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/Ce6sJ>. Acesso em: 20 de março de 2024.

MENDES, J. et al. A importância da defesa civil nas ações de prevenção a riscos e desastres. Santarém: UFOPA, 2022.

MENEZES, P. M.; CRUZ, C. **Barcarena: An Amazonian municipality moving towards disaster preparedness, climate adaptation and sustainable development.** 2022. Disponível em: <https://mcr2030.undrr.org/news/barcarena-amazonian-municipality-moving-towards-disaster-preparedness-climate-adaptation-and>. Acesso: 20 de março de 2024.

MENEZES, P. M. Gestão Do Conhecimento Sobre A Agenda 2030 Para Fomentar Cidades Resilientes Aos Impactos Da Mudança Do Clima Na Zona Costeira Paraense. Mestrado— Brasília-DF: Universidade De Brasília Centro De Desenvolvimento Sustentável Programa De Pós-Graduação Em Rede Nacional Para Ensino Das Ciências Ambientais, 2022.

Ministério Das Cidades Vai Financiar 20 Planos Municipais De Redução De Riscos. **GOV.BR**, 2023. disponível em:<https://shre.ink/rcsa>. acesso em: 08 de fevereiro de 2024.

MOREIRA, F. S. A.; DIAS, G. F. M.; VITORINO, M. I.; SILVA, J. C. C. Efeitos da precipitação e topografia para o risco de inundações na cidade de Belém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2019.

NALAU, J.; PRESTON, B. L.; MALONEY, M. C. Is adaptation a local responsibility? **Environmental Science & Policy**, v. 48, p. 89-98, 2015.

NEDER, E. A. Potencial De Adaptação Dos Municípios Paulistas Aos Efeitos Das Mudanças Climáticas: Aplicação Do Índice De Adaptação Urbana No Estado De São Paulo. Tese de Doutorado—São Paulo: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA, 2019.

PAZ, K. Media aritmética simple. **Boletín electrónico**, v. 7, p. 1-13, 2007.

PETERMANN, R. M.; NICOLODI, J. L. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, n. 2, p. 151–177, 2010.

Projeto MapBiomas – Coleção [8.0] da Série Histórico do Desmatamento 1987 - 2020, acessado em 24/02/2024 através do link: <https://encurtador.com.br/GOTV6>.

Ranking da Universalização do Saneamento. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)**. 2021.

SALATA, A. R.; RIBEIRO, M. G. **Boletim Desigualdade nas Metrópoles**. Porto Alegre/RS: Observatório das Metrópoles (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT), 2022. v. 09.

SANTOS, M. R. da S. et al. Padrões de precipitação mensal na mesorregião metropolitana de Belém: uso do CMORPH e componentes principais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2018.

SANTOS, M. R. D. S.; VITORINO, M. I.; PIMENTEL, M. A. D. S. Vulnerabilidade e mudanças climáticas: análise socioambiental em uma mesorregião da Amazônia. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 5, p. 842, 23 ago. 2017.

TEIXEIRA, R. L. P.; PESSOA, Z. S.; DI GIULIO, G. M. Mudanças climáticas e capacidade adaptativa no contexto da cidade do Natal/RN, Brasil. **Revista Geotemas**, v. 10, n. 1, p. 95– 115, 2020.

TOTH, E.; DEL RIO, C. R. Climate Adaptation Is Key To A Climate Resilient Future. But What Does It Mean?. United Nations Foundation. 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/bgICW>. Acesso em: 20 de março de 2024.

WIT, A.; FREITAS, P. Global climate adaptation governance in the Amazon through a polycentricity lens. **Revista Brasileira de Política Internacional**. V. 62. N. 2. 2019



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra
licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0