

Cerezini, Monise Terra; de Castro, César Nunes

Working Paper

Mudanças climáticas: Desafios para a adaptação nas regiões metropolitanas brasileiras

Texto para Discussão, No. 2993

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Cerezini, Monise Terra; de Castro, César Nunes (2024) : Mudanças climáticas: Desafios para a adaptação nas regiões metropolitanas brasileiras, Texto para Discussão, No. 2993, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2993-port>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/299200>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2993

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS:
DESAFIOS PARA A ADAPTAÇÃO
NAS REGIÕES METROPOLITANAS
BRASILEIRAS**

**MONISE TERRA CEREZINI
CÉSAR NUNES DE CASTRO**



**MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DESAFIOS
PARA A ADAPTAÇÃO NAS REGIÕES
METROPOLITANAS BRASILEIRAS**

**MONISE TERRA CEREZINI¹
CÉSAR NUNES DE CASTRO²**

1. Doutora em ciências ambientais pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). *E-mail*: mo_cerezini@gmail.com.

2. Especialista em políticas públicas na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). *E-mail*: cesar.castro@ipea.gov.br.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

Diretor de Estudos Internacionais

FÁBIO VÉRAS SOARES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

**Coordenadora-Geral de Imprensa e
Comunicação Social**

GISELE AMARAL

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2024

Cerezini, Monise Terra

Mudanças climáticas : desafios para a adaptação nas regiões metropolitanas brasileiras / Monise Terra Cerezini, César Nunes de Castro. – Brasília, DF: Ipea, 2024.

43 p. : il., gráfs., mapas. – (Texto para Discussão ; n. 2993).

Inclui Bibliografia.

ISSN 1415-4765

Mudanças Climáticas. 2. Adaptação. 3. Regiões Metropolitanas. I. Castro, César Nunes de. II. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. III. Título.

CDD 551.6

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

CEREZINI, Monise Terra; CASTRO, César Nunes de. Mudanças climáticas : desafios para a adaptação nas regiões metropolitanas brasileiras. Brasília, DF: Ipea, abr. 2024. 43 p. : il. (Texto para Discussão, n. 2993). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2993-port>

JEL: Q54; Q58.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2993-port>

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos).

Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	6
2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTOS, ADAPTAÇÃO E PLANEJAMENTO NO MEIO URBANO	7
2.1 Mudanças climáticas e impactos sobre o meio urbano	8
2.2 Adaptação às mudanças climáticas no meio urbano.....	11
2.3 A adaptação às mudanças climáticas e o planejamento urbano no Brasil.....	16
3 METODOLOGIA	19
3.1 Recorte territorial	20
3.2 IAU	24
4 RESULTADOS.....	27
4.1 Adaptação urbana nas sedes metropolitanas brasileiras	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	44

SINOPSE

As mudanças climáticas constituem um tema cada vez mais relevante nos meios acadêmico, diplomático e governamental. Os impactos esperados das mudanças climáticas nas cidades são variados. Tais impactos podem incluir: inundações e danos causados pelo aumento do nível do mar em cidades costeiras; danos à infraestrutura urbana existente provocados por eventos climáticos extremos; danos à saúde da população; impactos sobre a disponibilidade hídrica e sobre o uso energético etc. Este artigo tem por objetivo investigar como a questão da adaptação às mudanças climáticas tem se incorporado ao planejamento urbano nacional. Para isso, utiliza-se o Índice de Adaptação Urbana (IAU), proposto por Neder *et al.* (2021), para se avaliar o nível de preparação nas 81 regiões metropolitanas (RMs) nacionais, nas três regiões integradas de desenvolvimento (Rides) e três aglomerações urbanas (Aglos). Os resultados apresentados indicam que as diferentes regiões do Brasil possuem diferentes níveis de capacidade adaptativa às mudanças climáticas.

Palavras-chave: mudanças climáticas; adaptação; regiões metropolitanas.

ABSTRACT

Climate change is an increasingly relevant topic in academic, diplomatic and government circles. The expected impacts of climate change on cities are varied. Such impacts may include: floods and damage caused by rising sea levels in coastal cities, damage to existing urban infrastructure caused by extreme weather events, damage to the health of the population, impacts on water availability and energy use etc. This article aims to investigate how the issue of adaptation to climate change has been incorporated into national urban planning. For this, the Urban Adaptation Index (IAU), proposed by Neder *et al.* (2021), was used to assess the level of preparation in Brazil's 81 legally defined Metropolitan Regions (RMs), 3 Integrated Development Regions (Rides) and 3 Urban Agglomerations (AGLOs). The results presented indicate that the different metropolitan regions of Brazil have different levels of adaptive capacity to climate change.

Keywords: climate change; adaptation; metropolitan regions.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um tema cada vez mais relevante nos meios acadêmico, diplomático e governamental. Apesar da existência de movimentos, nos meios acadêmico e político, que questionam as evidências apontadas, na literatura especializada sobre o fenômeno (Abellán-López, 2021), desde pelo menos 2004, ampla parcela do meio científico internacional fala sobre a existência de um consenso quanto às mudanças climáticas (Roach, 2004; Oreskes, 2018).

Os impactos esperados das mudanças climáticas nas cidades são variados. Tais impactos podem incluir um, ou mais, dos seguintes tipos: inundações e danos causados pelo aumento do nível do mar em cidades costeiras; danos à infraestrutura urbana existente provocados por eventos climáticos extremos (chuvas, secas, ventos fortes etc.); danos à saúde da população relacionados a esses mesmos eventos extremos (mortalidade relacionada a temperaturas extremas – quente ou frio; doenças transmissíveis pela água e/ou outros vetores); impactos sobre a disponibilidade hídrica e sobre o uso energético etc. Em função dos impactos esperados, o planejamento das cidades requer, de modo crescente, informações sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas, com o intuito de se avaliarem os riscos e os potenciais impactos do fenômeno (Hunt e Watkiss, 2011; Diniz, 2022).

Ao redor do mundo, as medidas adaptativas às mudanças no meio urbano ocorrem em ritmo e intensidade diferentes (Araos *et al.*, 2016b). A elaboração e a adoção de medidas de adaptação às mudanças climáticas, seja no meio rural, seja no meio urbano, fazem parte de um complexo processo sociopolítico, o qual envolve a decisão relativa sobre se fazer algo com relação às mudanças climáticas, bem como a disponibilidade e a capacidade de se aplicarem recursos com esse objetivo (Brown e Westaway, 2011; Di Giulio *et al.*, 2019).

E no Brasil? Como tem se desenvolvido o processo cidadão de adaptação às mudanças climáticas (e quais os resultados dele)? Alguns estudos, como o Di Giulio *et al.* (2019), apresentam evidências quanto à diversidade de cenários adaptativos em algumas grandes cidades brasileiras. Nesse sentido, este artigo propõe-se a investigar como a questão da adaptação às mudanças climáticas tem se incorporado ao planejamento urbano nacional. Para realização desse objetivo, utiliza-se o Índice de Adaptação Urbana (IAU), proposto por Neder *et al.* (2021), para se avaliar o nível de preparação nas 81 regiões metropolitanas (RMs) nacionais, nas três regiões integradas de desenvolvimento (Rides) e três aglomerações urbanas – Aglos.¹

1. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

Essas RMs e a Ride Distrito Federal estão espalhadas pelo território nacional. O recorte da pesquisa escolhido engloba as cinco regiões brasileiras. Por meio dessa escolha, procura-se avaliar os desafios a serem enfrentados nas maiores conurbações urbanas brasileiras com relação à adaptação às mudanças climáticas, visto que no país existem características peculiares a cada uma de suas regiões que influenciam o tipo de medidas potencialmente requeridas quanto a isso.

Além desta introdução, o artigo é dividido em quatro seções adicionais. Na seção 2, uma revisão da literatura sobre múltiplos temas, abordados ao longo do artigo e relacionados entre si, é exposta. Entre os temas abordados, incluem-se o de mudanças climáticas, bem como os seus potenciais impactos sobre o meio urbano; e o de adaptação às mudanças climáticas no meio urbano, de um ponto de vista teórico e, também, de um ponto de vista mais prático, relacionado a planos, leis e medidas elaborados, editadas e/ou implementadas nas RMs brasileiras.

Na seção 3, os aspectos metodológicos relativos à pesquisa são objeto de considerações. Nesse sentido, o IAU, de Neder *et al.* (2021), é apresentado, bem como o recorte territorial objeto da pesquisa é mais bem caracterizado, com informações como o número de municípios que fazem parte de cada RM, bem como sua localização no território nacional. Adicionalmente, uma proposta de indicador complementar ao de Neder *et al.* (2021), e dela derivada, é exposta; qual seja, um índice específico para a avaliação do nível das medidas adaptativas às mudanças climáticas único para uma dada RM, ponderado a partir do IAU de cada município componente da região. Na seção 4, a de resultados e discussão, são apresentados os principais resultados da pesquisa e considerações que relacionem esses resultados com os desafios impostos para as RMs pelas mudanças climáticas. Por último, na seção 5, as considerações finais.

2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS: IMPACTOS, ADAPTAÇÃO E PLANEJAMENTO NO MEIO URBANO

Ao longo do século XX, aos poucos a comunidade científica internacional identificou evidências das consequências de atividades antrópicas sobre o meio ambiente e, eventualmente, sobre o clima do planeta. A partir da década de 1960, cientistas e instituições começam a falar sobre o aquecimento global.

Entre meados e final da década de 1980, o assunto começa a ganhar maior atenção da mídia, e gradativamente a denominação mudanças climáticas é utilizada no lugar de aquecimento global (Moser, 2010). Nesse período, não apenas o assunto adquire maior visibilidade, mas também, no meio científico, as linhas de pesquisa relacionadas ao tema são ampliadas, com cientistas de diferentes áreas e de instituições ao redor do

mundo criando novos projetos e novas linhas de pesquisa para investigar o fenômeno sob diferentes perspectivas.

Uma dessas perspectivas, consideravelmente abrangente, é sobre os impactos das mudanças climáticas sobre o planeta. Tal perspectiva rapidamente gerou ramificações, entre elas a perspectiva dos impactos das mudanças climáticas sobre as cidades, assunto abordado no próximo tópico.

2.1 Mudanças climáticas e impactos sobre o meio urbano

A questão dos impactos das mudanças climáticas sobre o meio urbano e sobre a população residente das cidades em todo o mundo tem sido intensamente estudada há décadas. Mais de 50% da população urbana vive no meio urbano, e projeções indicam que esse percentual continuará crescendo no curto (Seto, Güneralp e Hutyrá, 2012) e no médio prazo, e possivelmente comece a cair mais para o fim do século XXI (Vollset *et al.*, 2020). Adicionalmente, as cidades são importantes no contexto das mudanças climáticas por serem responsáveis por cerca de 75% do consumo mundial de energia e das emissões de gases de efeito estufa – GEE (Mi *et al.*, 2019).

Esse crescimento implicará uma série de questões – como expansão da área urbana e maior consumo de recursos, como água e energia nas cidades –, as quais potencialmente ampliarão os impactos das mudanças climáticas nesse meio. Mas quais são esses impactos? Eles são diversos.

Muitas cidades, por exemplo, estão localizadas em áreas costeiras, as quais são suscetíveis a impactos relacionados com o aumento do nível dos mares e oceanos, como, entre outros, a redução da área urbana e a destruição causadas por enchentes (Hallegatte *et al.*, 2013). Esse tipo de impacto é de grande preocupação em um país como o Brasil, no qual parte considerável de sua população reside em cidades costeiras e muitas das capitais estaduais (11 de 27), e diversas das maiores RMs, localizam-se junto ao oceano Atlântico. Hallegatte *et al.* (2013) estimam que em 2050 os prejuízos relacionados ao aumento do nível do mar nas cidades costeiras ao redor do globo possam atingir algo entre US\$ 60 e US\$ 63 bilhões, mesmo no caso de investimentos em medidas adaptativas (caso medidas não sejam tomadas, esses autores estimaram prejuízos muito superiores a isso).

Diversos estudos focam em outros riscos e possíveis impactos associados ao aumento de temperatura média no ambiente urbano. Riscos relativos à saúde da população ou relacionados ao aumento da demanda por importantes insumos, como água e energia, com a possibilidade de aumento da frequência e da intensidade de eventos de escassez desses insumos.

Com relação à questão de potenciais prejuízos à saúde da população urbana em função das mudanças climáticas, Diniz (2022) realizou investigação sobre isso em sua tese de doutorado. O próprio título do estudo da autora indica a natureza de sua pesquisa, *Ondas de calor e a mortalidade de idosos por doenças respiratórias e cardiovasculares nas capitais dos estados brasileiros: uma análise no presente (1996-2016) e projeções para o futuro próximo (2030-2050) e futuro distante (2079-2099) em diferentes cenários de mudanças climáticas*.

Como conclusão, a autora identificou dois aspectos importantes. Primeiro, que a temperatura média no Brasil deve aumentar tanto no futuro próximo (2030-2050), entre 1 e 2,5 °C, quanto no futuro mais distante (2079-2099), entre 1,5 e 5,8 °C, com relação ao período presente (1996-2016) considerado em seu estudo. Segundo, em consequência desse aumento esperado da temperatura média, projeta-se que a mortalidade por doenças cardiovasculares em pessoas idosas associadas a ondas de calor aumente entre 300% e 757% no futuro próximo e 242% e 1.257% no futuro distante, a significativa variação das estimativas ocorrida em função do cenário² de mudanças climáticas considerado (RCP 4.5, associado às estimativas mais modestas de aumento da mortalidade e RCP 8.5, associado às estimativas mais severas).

No caso das doenças respiratórias, o aumento da mortalidade de pessoas idosas por consequência do aumento médio da temperatura e da ocorrência mais frequente de ondas de calor, calculado por Diniz (2022), é ainda mais grave. De 500% (RCP 4.5)³ a 1.200% (RCP 8.5)⁴ no futuro próximo e de 400% (RCP 4.5) a 1.433% (RCP 8.5) no futuro distante (2079-2099). Outros estudos, como o de Gasparrini *et al.* (2017), identificaram evidências do risco de aumento da mortalidade (não apenas de idosos) em função do aumento da temperatura média em muitas regiões do globo, especialmente naquelas de clima mais quente (como o caso do Brasil).

Com relação aos riscos associados ao uso da água no meio urbano, estudos realizados sob diferentes perspectivas e com foco em diferentes regiões do planeta identificaram potências, e, em alguns casos, graves impactos relacionados à água e a mudanças

2. As projeções de mudanças climáticas são feitas utilizando uma hierarquia de modelos climáticos a qual inclui modelos simples e de complexidade intermediária. Esses modelos simulam mudanças com base em um conjunto de cenários de condicionantes antrópicas chamado Representative Concentration Pathways – RCPs (Stocker *et al.*, 2013).

3. No cenário RCP 4.5, considera-se que as emissões de metano são estabilizadas e há um leve aumento nas emissões de dióxido de carbono até 2010 (Silveira *et al.*, 2016).

4. O cenário RCP 8.5 é mais pessimista: as emissões de CO₂ serão altas e resultantes de um crescimento contínuo e desordenado da população agregada a um desenvolvimento tecnológico lento, não havendo mudanças políticas para redução dessas emissões e forte dependência de combustíveis fósseis (Silveira *et al.*, 2016).

climáticas. Flörke, Schneider e McDonald (2018) utilizaram uma base de dados relativa a 482 das maiores cidades do mundo em seu estudo para avaliar a relação das mudanças climáticas com o uso urbano de água. Para esse conjunto de cidades, os autores estimam que a demanda de água delas crescerá 80% até 2050. Concomitante a esse crescimento da demanda, eles argumentam que o fenômeno em questão modificará a distribuição temporal e espacial de água, com sensível impacto sobre a segurança hídrica de muitas das cidades consideradas. Segundo as estimativas desses autores, mais de 27% das cidades avaliadas, com uma população total de mais de 233 milhões de pessoas, terão em 2050 demandas hídricas superiores à disponibilidade local. Outros 19% das cidades, dependentes de projetos de transferência de água, apresentam um elevado risco de conflito entre o uso urbano e o agrícola da água.

Estudos com recorte territorial mais localizado sobre a relação água-mudanças climáticas-cidades também concluíram sobre os riscos futuros inerentes a essa tripla relação, com diferentes níveis de intensidade do risco e de incertezas relacionadas a ele. Buytaert e De Bièvre (2012) encontraram menos evidências de grave risco sobre a segurança hídrica em função das mudanças climáticas em quatro cidades andinas; ressaltaram, contudo, as incertezas referentes às predições apresentadas. Yigzaw e Hossain (2016), em estudo sobre segurança hídrica e mudanças climáticas nas principais cidades norte-americanas, identificaram risco mais grave no caso de cidades localizadas em regiões mais secas (Los Angeles, Phoenix etc.).

No caso brasileiro, estudos indicam que, possivelmente, a região mais afetada pelas mudanças climáticas com relação à água, não somente no meio urbano, será o semiárido, a maior parte localizado na região Nordeste. Estudo de Marengo (2007) identificou, ao revisar modelos globais do Intergovernmental Panel on Climate Change Assessment Report (IPCC AR) 4,⁵ que reduções do volume pluviométrico para a região são evidenciados na maioria deles. Identificou, também, um aquecimento que pode chegar até 3-4 °C para a segunda metade do século XXI, o que pode acarretar reduções de até 15-20% nas vazões do rio São Francisco, principal rio perene a atravessar o semiárido e importante fonte de abastecimento para as sedes urbanas de muitos municípios no semiárido. Consequência adicional da redução da pluviometria nessa região inclui a diminuição do volume hídrico armazenado nos reservatórios espalhados pelo semiárido, com significativo impacto sobre a segurança hídrica regional (Castro, 2022).

5. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, mais conhecido pelo acrônimo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), é uma organização científico-política criada em 1988 no âmbito das Nações Unidas (ONU). Seu principal objetivo é o de sintetizar e divulgar o conhecimento existente sobre as mudanças climáticas, apontando suas causas, seus efeitos e seus riscos para a humanidade e o meio ambiente, e sugerindo maneiras de combater os problemas relacionados a tais mudanças. IPCC AR4 é o acrônimo utilizado para se referir ao quarto relatório sobre mudanças climáticas do IPCC, publicado em 2007.

Os tipos de impactos mencionados acima (aumento do nível do mar e suas consequências, saúde da população e recursos hídricos) constituem os objetos mais estudados, segundo Hunt e Watkiss (2011), quando se aborda a questão dos riscos para as cidades associados às mudanças climáticas. Apesar de constituírem objeto de estudo, nessa seara, com menos frequência, eles citam também estudos relacionados aos impactos relativos à energia e aos seus usos no meio urbano, aos transportes e à infraestrutura, ao turismo e à herança cultural, bem como à biodiversidade urbana. Convém ressaltar, entretanto, que esse estudo é relativamente antigo, especialmente do ponto de vista das ciências das mudanças climáticas, cuja produção acadêmica é considerável e com nítida tendência de crescimento.

2.2 Adaptação às mudanças climáticas no meio urbano

Os impactos das mudanças climáticas sobre as cidades, conforme visto na subseção anterior, são de natureza diversa, possuem algum nível de incerteza com relação à sua intensidade (a depender da intensidade do aumento médio da temperatura e das mudanças relativas a outras variáveis climáticas) e tendem a crescer nas próximas décadas.

Existem duas formas para lidar com a questão das mudanças climáticas com o intuito de redução dos potenciais impactos sobre o meio urbano: a adoção de medidas adaptativas e a adoção de medidas de mitigação. De modo resumido, medidas mitigadoras consistem naquelas que promovam a redução das emissões de GEE para evitar a mudança do clima, ou pelo menos reduzir a sua intensidade.

As medidas adaptativas, por sua vez, são aquelas destinadas à redução dos impactos das mudanças climáticas. O termo *adaptação* relaciona-se a ajustes nos sistemas ecológicos, sociais e econômicos em resposta a estímulos climáticos atuais ou esperados, seus efeitos ou impactos (Smit e Pilifosova, 2003). Esse estudo lida com a questão das medidas adaptativas urbanas.

Essas medidas são muito variadas e dependentes das vulnerabilidades específicas das cidades com relação às mudanças climáticas, à sua dinâmica populacional, entre outros fatores. Uma cidade, por exemplo, pode apresentar vulnerabilidade com relação ao abastecimento de água. Com a perspectiva de redução da pluviosidade, consequência das mudanças climáticas, e do nível dos reservatórios, e/ou cursos d'água, que abasteçam tal cidade, medidas relacionadas à promoção da segurança hídrica (aumento da eficiência do uso da água, redução das perdas no sistema de distribuição, reúso etc.) constituirão importantes medidas adaptativas.

Em outra cidade, pode ser que, por consequência do aumento de temperatura, identifiquem-se riscos relativos à incidência de problemas de saúde na população, especialmente na mais vulnerável (crianças, idosos, portadores de doenças crônicas etc.), em virtude das ondas de calor – como analisado em Diniz (2022). Nesse caso, medidas adaptativas requeridas podem envolver campanhas de educação da população vulnerável sobre como se precaver dos riscos.

Os exemplos de medidas adaptativas no meio urbano são inúmeros. No relatório sobre mudanças climáticas do Painel Intergovernamental de Mudanças Globais do Clima (Core Writing Team, Pachauri e Meyer, 2014), inúmeras medidas possíveis são mencionadas. As abordagens adaptativas podem ser variadas a depender dos contextos de redução das vulnerabilidades às mudanças climáticas, de gerenciamento dos riscos de desastres naturais e do planejamento adaptativo proativo. Tais abordagens incluem (Core Writing Team, Pachauri e Meyer, 2014, p. 95):

- social, ativos ecológicos e de desenvolvimento de infraestrutura;
- otimização de processos tecnológicos;
- gerenciamento integrado de recursos naturais;
- mudanças institucionais, educacionais e comportamentais;
- serviços financeiros, inclusive transferência de risco; e
- sistemas de informação e monitoramento de suporte ao aviso prévio sobre eventos climáticos e planejamento proativo.

Em função das diferentes abordagens, uma série considerável de exemplos de medidas adaptativas é informada no relatório do Core Writing Team, Pachauri e Meyer (2014, p. 96). Uma ressalva sobre as medidas adaptativas listadas no relatório (quadro 1) é feita pelo próprio IPCC, que alerta que tais medidas são frequentemente implementadas simultaneamente (duas ou mais medidas ao mesmo tempo).

Nem todas as alternativas apresentadas no quadro 1 são relevantes como medidas adaptativas nas cidades, muitas delas, entretanto, o são. Descrever, e oferecer exemplos práticos, cada uma das alternativas/abordagens do quadro 1 não faz parte dos objetivos desta subseção. Estudos diversos focam na análise sobre o emprego de muitas dessas medidas no meio urbano, em cidades de diferentes continentes e países, e os resultados obtidos.

QUADRO 1**Abordagens relativas à gestão de riscos associados às mudanças climáticas**

Categoria	Exemplos
Desenvolvimento humano	Acesso a educação, alimento, serviços de saúde, energia, moradia adequada, estruturas de suporte social, redução da desigualdade de gênero e de formas diversas de marginalização.
Redução da pobreza	Acesso e controle de recursos locais; posse da terra; redução do risco de desastres; redes de proteção social; esquemas de seguro social.
Segurança financeira	Diversificação de fontes de renda; infraestrutura; acesso a fóruns tecnológicos e de tomadas de decisão; mudanças nas práticas agropecuárias; suporte de redes sociais.
Gerenciamento de desastres	Sistemas de aviso prévio; mapeamento de riscos e vulnerabilidades; diversificação de fontes hídricas; aprimoramento dos sistemas de drenagem; gerenciamento de tempestade e de águas servidas; aprimoramento da infraestrutura viária e de transportes.
Gerenciamento ambiental	Manutenção de espaços verdes urbanos; reflorestamento costeiro; gerenciamento de bacias hidrográficas e reservatórios; redução de fragmentação de habitats; manutenção da diversidade genética; gerenciamento comunitário de recursos naturais.
Planejamento espacial ou do uso da terra	Provisão de serviços, infraestrutura e habitação adequados; gestão do desenvolvimento de áreas suscetíveis a enchentes e outros riscos; planejamento urbano; áreas protegidas; leis de zoneamento do uso da terra.
Infraestrutura	Opções de engenharia: estruturas de proteção costeira; barragens de enchentes; armazenamento de água; redes de drenagem melhoradas; abrigos de enchentes e ciclones; elaboração de práticas e códigos; gestão de tempestades e de água servida; infraestrutura de transporte aprimoradas; casas flutuantes; ajustes nas usinas e na rede de energia elétrica.
	Opções tecnológicas: novas variedades de cultivos e melhoramento animal; conhecimentos, tecnologias e práticas tradicionais; irrigação eficiente; tecnologias de economia de água; dessalinização; agricultura sustentável; infraestrutura de armazenamento da produção agropecuária; mapeamento e monitoramento de vulnerabilidades e riscos climáticos e ambientais; sistemas de aviso prévio; resfriamento mecânico; desenvolvimento, transferência e difusão tecnológica.
	Opções ambientais: restauração ecológica; conservação do solo; florestamento e reflorestamento; preservação e replantio de áreas de mangue; infraestrutura verde (árvores para sombreamento e telhados verdes); controle da pesca; migração e dispersão de espécies assistidas; corredores ecológicos; bancos de sementes; gerenciamento comunitário de recursos naturais.
	Serviços: redes de proteção social; distribuição de excedentes de produção de alimentos; serviços municipais (água e saneamento); programas de vacinação; serviços públicos de saúde e de emergência aprimorados.

(Continua)

(Continuação)

Categoria	Exemplos
Institucional	Opções econômicas: incentivos financeiros; seguro; pagamento por serviços ambientais; política de preços que incentive o uso eficiente da água; fundos de contingência ambiental; parcerias público-privadas (PPPs); transferência de renda; microfinança.
	Legislação: zoneamento de uso da terra; padrões e práticas de construção; marco hídrico; leis que encorajam a contratação de seguros; leis de propriedade; áreas protegidas; cotas de pesca; transferência de tecnologias e política de patentes.
	Políticas e programas nacionais: planos nacionais, regionais e locais de adaptação; diversificação econômica; programas de melhorias urbanas; programas municipais de gerenciamento de água; planejamento e preparação para desastres; gerenciamento integrado de recursos hídricos; gerenciamento integrado da zona costeira; gerenciamento baseado em ecossistemas.
Social	Educação: programas educativos e de conscientização; serviços de extensão; compartilhamento de conhecimentos tradicionais; aprendizado social; compartilhamento do conhecimento.
	Informação: mapeamento de vulnerabilidades e riscos; sistemas de aviso prévio e de resposta; monitoramento sistemático e sensoriamento remoto; serviços climáticos; construção participativa de cenários.
	Comportamento: planejamento da ocupação e evacuação residencial; migração; conservação do solo e da água; diversificação de modos de gerar renda; mudança de práticas agropecuárias; redes sociais.
Esferas de mudança	Inovações tecnológicas e sociais; mudanças comportamentais; mudanças institucionais e de gestão.
	Decisões e ações políticas, sociais, culturais e ecológicas consistentes com a redução de riscos e de vulnerabilidades e com o suporte a medidas adaptativas e de desenvolvimento sustentável.

Fonte: Core Writing Team, Pachauri e Meyer (2014).

Sobre a adoção de medidas adaptativas às mudanças climáticas no meio urbano, é relevante, contudo, tecer alguns comentários, com base na literatura disponível, sobre isso, no Brasil e no mundo. Araos *et al.* (2016b) fizeram um levantamento sobre a inclusão no planejamento urbano de considerações sobre adaptação às mudanças climáticas e, também, sobre a implementação de iniciativas relacionadas a isso. Esses autores incluíram em seu levantamento, a análise de 401 cidades com população superior a 1 milhão de habitantes no mundo inteiro. Identificaram que apenas 73 dessas cidades (18% da amostra) relataram algum tipo de planejamento de política adaptativa e 61 (15%), de adoção de iniciativas nesse sentido.

Em outro estudo de Araos *et al.* (2016a), utilizando a mesma amostra do estudo de 2016 (Araos *et al.*, 2016b) – 401 cidades com mais de 1 milhão de habitantes –, os autores investigaram a adoção de medidas adaptativas nos seus sistemas públicos de saúde. O resultado foi pouco auspicioso no sentido de incorporação de tais medidas no rol de iniciativas dos serviços públicos de saúde, apenas 10% das cidades componentes da base de dados relataram algum tipo de iniciativa orientada para a adaptação às mudanças climáticas. Entre as deficiências identificadas, os autores destacam a ausência de monitoramento, registro e avaliação de medidas adaptativas bem como foco limitado em iniciativas relacionadas ao risco de doenças infecciosas, especialmente em cidades localizadas no hemisfério sul.

No mesmo ano de 2015, em estudo de Aylett (2015), sobre a institucionalização da governança urbana da adaptação às mudanças climáticas, os resultados relatados foram mais positivos do que os do estudo de Araos *et al.* (2016a) e Araos *et al.* (2016b) – pelo menos no que se refere à questão do planejamento da adaptação. Aylett (2015) relatou os resultados da pesquisa de governança urbana das mudanças climáticas⁶ aplicada em 350 cidades de cinco continentes: 75% dos governos das cidades investigadas responderam estar integrando aspectos relativos à adaptação em seus planos setoriais ou de longo prazo. Apesar de ser um resultado relativamente positivo, Aylett (2015) avaliou que muitas importantes instituições/agências das cidades consideradas (inclusive de serviços de água, esgoto e saúde) continuarem à margem dos esforços adaptativos.

Além desses estudos mencionados acima, focados em análises comparativas sobre a incorporação ao planejamento urbano do conceito e aspectos diversos relacionados ao abrangente tema da adaptação às mudanças climáticas em cidades do mundo inteiro, muitos estudos, inclusive mais recentes, têm focado em avaliações centradas em questões mais específicas relativas à adaptação urbana e, também, restritas a uma ou poucas cidades. A título de exemplo, pode-se citar o estudo de Leal Filho *et al.* (2018) sobre o fortalecimento da capacidade adaptativa em seis cidades africanas avaliadas; ou o estudo de Rudge (2021) sobre o planejamento participativo da adaptação na cidade de Nova York; ou ainda o artigo de Ng e Ren (2018) sobre a adaptação urbana às mudanças climáticas na China; bem como o estudo de Grafakos *et al.* (2020) sobre a integração da adaptação e da mitigação nos planos de ação urbanos relacionados às mudanças climáticas na Europa. O número de artigos sobre a questão é considerável. E quanto à adaptação urbana, ao planejamento e às iniciativas no Brasil?

6. Urban Climate Change Governance Survey – UCGS (Aylett, 2015).

2.3 A adaptação às mudanças climáticas e o planejamento urbano no Brasil

Do exposto na subseção anterior, pode-se deduzir que o planejamento adaptativo urbano representa um desafio para cidades no mundo inteiro, e o andamento de sua incorporação ao planejamento urbano como um todo ocorre em ritmo e intensidade diferentes nas cidades dos cinco continentes (Araos *et al.*, 2016a; Aylett, 2015; Araos *et al.*, 2016b; Leal Filho *et al.*, 2018; Ng e Ren, 2018; Rudge, 2021).

A adoção de medidas adaptativas requer que o planejamento urbano incorpore em seu escopo considerações sobre as mudanças climáticas e avaliações sobre vulnerabilidades citadinas referentes ao fenômeno e aos riscos e potenciais prejuízos associados à inação e à não adoção de medidas adaptativas ante as vulnerabilidades identificadas. A efetiva incorporação do tema e de ações relacionadas a ele no planejamento urbano não constitui desafio trivial.

Os desafios para um planejamento urbano eficaz, no mundo inteiro, são múltiplos, intrincados e dinâmicos. A complexidade é elevada. As mudanças climáticas somam-se a diversos outros desafios inerentes ao planejamento urbano, como: habitação, água, transporte, esgoto, saúde, meio ambiente, lazer etc.

Em países pobres e de renda média, como é o caso do Brasil, o desafio tende a ser maior do que em países mais ricos, com maiores índices de desenvolvimento humano e nos quais serviços e infraestrutura urbana são, em geral, mais bem estruturados. A disponibilidade de recursos para implementação de medidas adaptativas – especialmente no que se refere a investimentos em infraestrutura de suporte à abordagem adaptativa das cidades de países de menor renda – tende a constituir um considerável entrave.

A atenção governamental às mudanças climáticas no país começa a crescer a partir dos anos 2000. Um importante ponto de apoio à adoção de medidas adaptativas no planejamento urbano no Brasil consiste no Estatuto das Cidades, instituído pela Lei nº 10.257/2001 (Brasil, 2001). Alguns autores destacam a importância do estatuto para o enfrentamento urbano das mudanças climáticas no Brasil. Braga (2012, p. 1), por exemplo, afirma que “a conclusão geral é de que o Estatuto da Cidade é instrumento fundamental para o enfrentamento das mudanças climáticas no Brasil, tanto no sentido da mitigação quanto no da adaptação. Seus pontos fortes são, no tocante à adaptação a regularização fundiária”.

Não obstante a afirmação de Braga (2012), o Estatuto da Cidade não contém, entretanto, nenhuma menção ao fenômeno das mudanças climáticas. Palavras como *clima*, *climático*, *climática*, *mudança*, *mudanças*, *temperatura*, *chuva*, *aquecimento*, *adaptação*, entre outras relacionadas ao fenômeno não aparecem nenhuma vez no texto da referida lei. Em outras palavras, apesar de estabelecer diretrizes relevantes para o planejamento urbano brasileiro, diretrizes essas que inclusive contribuem com o esforço adaptativo, o Estatuto da Cidade não foi elaborado por legisladores imbuídos de preocupação específica com as mudanças climáticas.

Essa preocupação explícita embasou a elaboração da Lei nº 12.187/2009 (Brasil, 2009), a qual instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Com relação à adaptação às mudanças climáticas, a PNMC estabeleceu algumas diretrizes relevantes sobre a questão (o termo *adaptação* aparece doze vezes ao longo do texto da lei). Adaptação no texto da lei é definida como o conjunto de “iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima” (Brasil, 2009, art. 1º, inciso I). Entre as diretrizes referentes à adaptação no Brasil instituídas pela Lei nº 12.187/2009, convém ressaltar:

- a PNMC visará “à implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelas 3 (três) esferas da Federação, com a participação e a colaboração dos agentes econômicos e sociais interessados ou beneficiários, em particular aqueles especialmente vulneráveis aos seus efeitos adversos” (Brasil, 2009, art. 4º, inciso V); e
- “As medidas de adaptação para reduzir os efeitos adversos da mudança do clima e a vulnerabilidade dos sistemas ambiental, social e econômico” (Brasil, 2009, art. 5º, inciso III) e “as estratégias integradas de mitigação e adaptação à mudança do clima nos âmbitos local, regional e nacional” (*op. cit.*, inciso IV).

Auspiciosa que é no sentido de dar visibilidade para as mudanças climáticas e a necessidade de elaboração de iniciativas para lidar com o fenômeno e, também, incorporar o assunto, pelo menos na esfera retórica, no planejamento governamental, a Lei nº 12.187/2009 (Brasil, 2009) não é, entretanto, mais do que uma norma orientadora, em sentido abrangente e vago, sobre objetivos e diretrizes gerais da PNMC. Detalhamento mais preciso sobre as medidas e iniciativas adaptativas só podem ser

encontradas alhures, eventualmente em outras normas e/ou planos e programas de governo relacionados ao assunto. A própria Lei nº 12.187/2009 explicita isso no parágrafo único do art. 11.⁷

Afora a questão normativa, o que de prático tem sido realizado quanto à adaptação às mudanças climáticas nas cidades brasileiras desde a edição da Lei nº 12.187/2009? Diversos estudos realizados desde 2010 têm se debruçado sobre o assunto. Tese de doutorado de Barbi (2014) teve por objetivo avaliar o processo de internalização dos riscos inerentes às mudanças climáticas na cidade de Santos (particularmente suscetível, segundo a autora, ao fenômeno), incluindo, entre outros aspectos, a estrutura político-institucional existente na cidade para lidar com a questão, bem como as respostas dos atores políticos e as percepções dos atores governamentais acerca do tema.

Barbi (2014) identificou a existência de algumas ações do governo municipal relacionadas ao fenômeno da mudança climática, entretanto tais ações abordam a questão apenas de modo tangencial, e são mais orientadas para outras questões que possuem relação com a questão climática. A autora afirma ainda que o processo de internalização dos riscos relacionados às mudanças climáticas ocorre mais sob a forma de resposta ao que é visto como risco natural. Tal processo não incorpora qualquer tipo de cenário de mudanças climáticas no planejamento da ação estatal. Em suma, ela conclui que as medidas adaptativas identificadas na cidade de Santos não “vão ao cerne do problema, mas se configuram como paliativos que permitem manter os mesmos padrões de desenvolvimento conhecidos até aqui: poluidores e emissores de gases de efeito estufa” (Barbi, 2014, p. 7).

Espíndola e Ribeiro (2020), por sua vez, avaliam os planos diretores das capitais brasileiras editados a partir de 2015 (Belo Horizonte, Campo Grande, Palmas, Rio Branco, Salvador e Vitória) quanto à presença de tópicos relativos à superação (adaptação e mitigação) dos desafios impostos pelas mudanças climáticas. A conclusão desses autores não é muito auspiciosa quanto à presença desses tópicos nos planos diretores

7. “Decreto do Poder Executivo estabelecerá, em consonância com a Política Nacional sobre Mudança do Clima, os planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas visando à consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono, na geração e distribuição de energia elétrica, no transporte público urbano e nos sistemas modais de transporte interestadual de cargas e passageiros, na indústria de transformação e na de bens de consumo duráveis, nas indústrias químicas fina e de base, na indústria de papel e celulose, na mineração, na indústria da construção civil, nos serviços de saúde e na agropecuária, com vistas em atender metas gradativas de redução de emissões antrópicas quantificáveis e verificáveis, considerando as especificidades de cada setor, inclusive por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL e das Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas – Namas” (Brasil, 2009, art. 11, parágrafo único).

analisados. Apenas um dos planos contemplados (Palmas) pelos autores apresentou algum tipo de consideração relativa às mudanças climáticas.

No caso da cidade de São Paulo, uma das maiores RMs do mundo, a situação do planejamento adaptativo relativo às mudanças climáticas também não é muito diferente do que o relatado para outras cidades brasileiras nos parágrafos anteriores. Di Giulio *et al.* (2018) investigaram a política adaptativa da cidade de São Paulo. Os autores argumentam que, apesar da implementação de algumas políticas públicas urbanas inovadoras, a questão da adaptação não permeia o planejamento urbano da cidade.

Di Giulio *et al.* (2018) citam diversos trabalhos que oferecem indícios de sérios potenciais impactos sociais e econômicos das mudanças climáticas nas áreas urbanas brasileiras. Apesar desses indícios, os autores argumentam que o planejamento adaptativo de longo prazo no país é escasso. O motivo disso, segundo os autores, reside nas incertezas relacionadas às projeções climáticas e nas limitações econômicas, institucionais e políticas que afetam a capacidade das cidades brasileiras de fornecer serviços básicos para a sua população.

A questão da cidade de São Paulo, maior cidade da maior RM do país, desperta a curiosidade sobre o esforço e a capacidade adaptativa das demais RMs brasileiras. Como mencionado na introdução, analisar essa capacidade consiste, de modo resumido, no objetivo deste trabalho. Como essa avaliação foi realizada explica-se a seguir, na seção que aborda a metodologia.

3 METODOLOGIA

A metodologia se baseia em análise quantitativa e qualitativa, por meio da aplicação do IAU e sua análise nas cidades-sede das RMs brasileiras, buscando compreender a capacidade adaptativa desses municípios. Os procedimentos metodológicos utilizados buscaram analisar as possibilidades de efetivação de políticas públicas e demais ações práticas de planejamento e gestão voltadas à adaptação às mudanças climáticas nas RMs. A seguir são apresentados o recorte territorial e os instrumentos utilizados para a avaliação proposta neste trabalho.

3.1 Recorte territorial

A pesquisa buscou avaliar a adaptação às mudanças climáticas no contexto das cidades considerando as cinco regiões brasileiras. Para tal, definiu-se como recorte territorial as RMs e as Rides do Brasil. Existem atualmente, no país, 81 RMs e seis Rides.⁸ O mapa 1 apresenta a localização das RMs e Rides selecionadas no território brasileiro; o quadro 2, a relação das RMs e o número de municípios que as compõem; o quadro 3, a relação das Rides e Aglos.

As RMs são recortes instituídos por lei complementar estadual, de acordo com a determinação da Constituição Federal de 1988 (CF/1988), visando integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.⁹ Segundo a CF/1988, a definição das RMs é competência dos estados (Brasil, 1988, art. 25). As Rides são definidas como regiões administrativas que abrangem diferentes Unidades da Federação, e devem ser criadas por legislação específica que defina a estrutura de funcionamento e os interesses das unidades político-administrativas participantes.¹⁰ A competência de criação das Rides é da União (Brasil, 1988, art. 43).

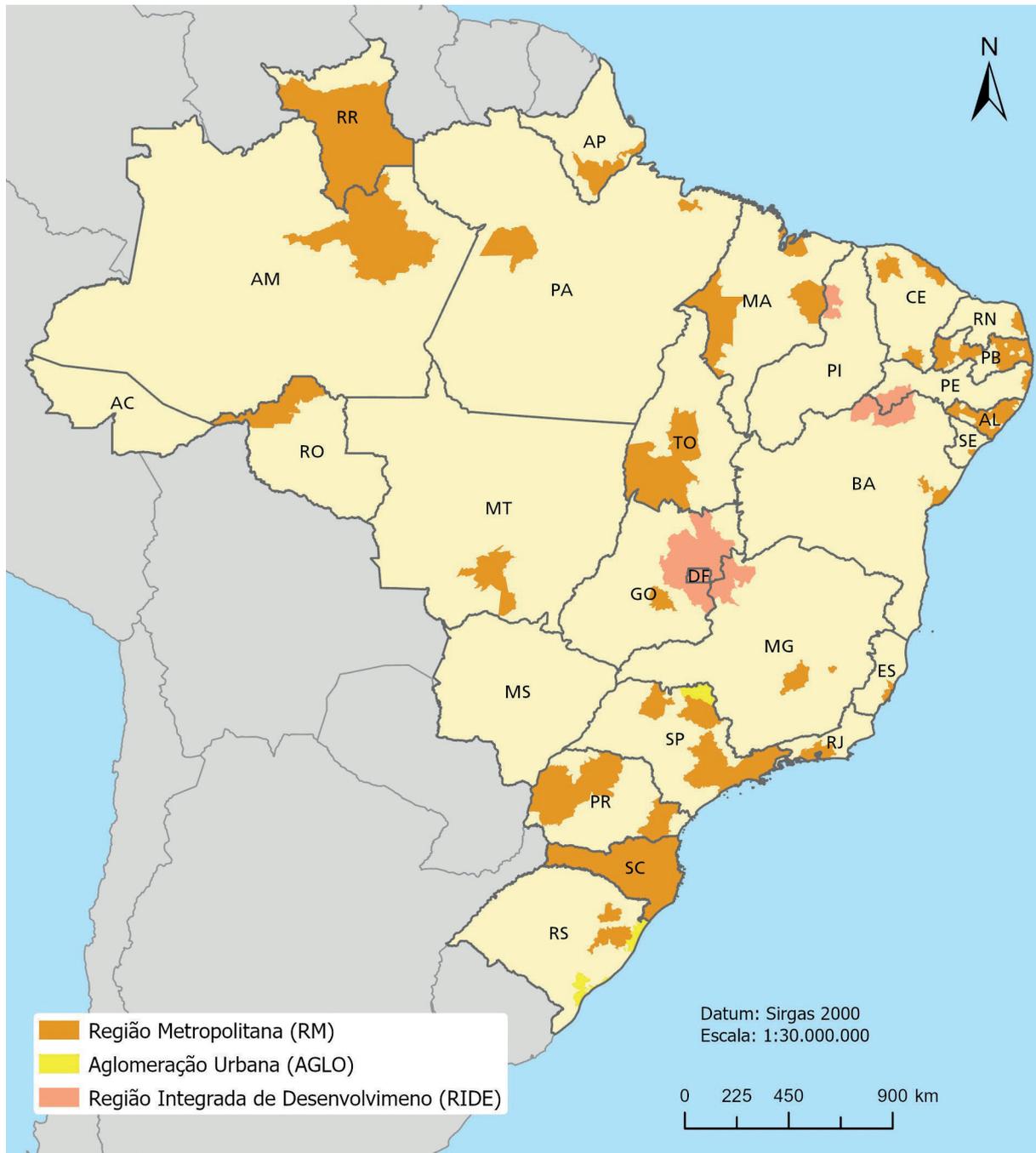
A escolha do recorte metropolitano como foco do estudo se deve ao fato de que grandes centros urbanos possuem maior capacidade de mobilização de recursos humanos, financeiros e políticos em relação às cidades de menor porte econômico e populacional (Costa e Marguti, 2015; Espíndola e Ribeiro, 2020). As sedes metropolitanas apresentam melhores condições para promover iniciativas que envolvam o compartilhamento de conhecimento e a disseminação de políticas ambientais locais relacionadas às mudanças climáticas (Sathler, 2014).

8. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

9. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

10. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

MAPA 1
RMs, Rides e Aglos do Brasil



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

Obs.: Ilustração cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

QUADRO 2
RMs do Brasil

RM	Número de municípios	RM	Número de municípios
Porto Velho-RO	2	Aracaju-SE	4
Manaus-AM	13	Belo Horizonte-MG	34
Capital (Boa Vista-RR)	5	Vale do Aço-MG	4
Central-RR	2	Grande Vitória-ES	7
Sul do Estado-RR	4	Rio de Janeiro-RJ	22
Belém-PA	7	São Paulo-SP	43
Santarém-PA	3	Baixada Santista-SP	9
Macapá-AP	3	Campinas-SP	20
Palmas-TO	16	Vale do Paraíba e Litoral Norte-SP	39
Gurupi-TO	18	Sorocaba-SP	27
Zona Leste-MA	7	Ribeirão Preto-SP	34
Grande São Luís-MA	13	São José do Rio Preto-SP	37
Sudoeste Maranhense-MA	22	Jundiaí-SP	7
Fortaleza-CE	19	Piracicaba-SP	24
Cariri-CE	9	Curitiba-PR	29
Sobral-CE	18	Londrina-PR	25
Natal-RN	15	Maringá-PR	26
João Pessoa-PB	12	Umuarama-PR	24
Campina Grande-PB	19	Apucarana-PR	23
Guarabira-PB	20	Campo Mourão-PR	25
Patos-PB	23	Cascavel-PR	24
Esperança-PB	9	Toledo-PR	18
Cajazeiras-PB	15	Florianópolis-SC	22
Vale do Piancó-PB	17	Vale do Itajaí-SC	16
Barra de Santa Rosa-PB	8	Norte/nordeste Catarinense-SC	26
Vale do Mamanguape-PB	9	Lages-SC	23
Sousa-PB	9	Foz do Rio Itajaí-SC	9
Itabaiana-PB	12	RM Carbonífera-SC	26
Araruna-PB	6	Tubarão-SC	19

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

RM	Número de municípios	RM	Número de municípios
Recife-PE	14	Alto Vale do Itajaí-SC	28
Maceió-AL	13	Chapecó-SC	32
Agreste-AL	18	Extremo Oeste-SC	49
Vale do Paraíba-AL	11	Contestado-SC	45
Zona da Mata-AL	16	Planalto Norte-SC	10
Palmeira dos Índios-AL	7	Jaraguá do Sul-SC	7
Caetés-AL	2	Joinville-SC	9
Sertão-AL	7	Porto Alegre-RS	34
Médio Sertão-AL	9	Serra Gaúcha-RS	14
São Francisco-AL	5	Vale do Rio Cuiabá-MT	6
Salvador-BA	13	Goiânia-GO	21
Feira de Santana-BA	6	Total	1.357

Fonte: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

QUADRO 3

Rides e Aglos do Brasil

Ride	Número de municípios	Aglo	Número de municípios
Polo Petrolina-PE) e Juazeiro-BA	8	Franca-SP	19
Grande Teresina-PI/MA	14	Sul-RS	5
Distrito Federal e Entorno-DF/GO/MG	34	Litoral Norte-RS	20
Total	56	Total	44

Fonte: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

O recorte territorial escolhido (RMs, Aglos e Rides) buscou compreender o cenário de adaptação às mudanças climáticas no contexto urbano nas cinco regiões brasileiras, visto que a RM é uma unidade de planejamento. Também permitiu trazer um diagnóstico das regiões brasileiras e suas respectivas RMs, de modo a identificar práticas locais relacionadas à adaptação ao clima nas cinco regiões brasileiras, apresentando uma estrutura, com base na literatura existente, para avaliar os desafios e a possibilidade

de adaptação no nível regional. Assim, será possível verificar as regiões com maiores vulnerabilidades às mudanças climáticas, bem como a formulação de políticas públicas em escala regional (Sherbinin, Apotsos e Chevrier, 2017). Também foi possível discutir sobre os resultados com base nas particularidades e nos desafios de cada região.

3.2 IAU

O trabalho aplicou o IAU, metodologia desenvolvida por Neder *et al.* (2021), para coleta e análise dos dados nos municípios brasileiros que compõem as RMs e Rides, com o objetivo de analisar a capacidade adaptativa dessas regiões. O IAU é composto por 26 indicadores, vinculados a instrumentos e políticas de responsabilidade dos municípios relacionadas à adaptação ao clima, distribuídos em cinco dimensões, a saber: habitação, mobilidade urbana, agricultura sustentável, gestão ambiental e gestão de riscos climáticos (quadro 4). De acordo com Neder *et al.* (2021), a escolha dos indicadores e das dimensões está alinhada com as diretrizes do Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas – PNA (Brasil, 2016).

Os valores finais do IAU podem variar de 0 a 1, sendo agrupados em cinco faixas de cor, do verde escuro (melhor resultado) ao vermelho escuro (pior resultado), relacionadas a uma escala de cores semafóricas (quadro 5).

QUADRO 4

Dimensões e indicadores do IAU

Dimensões	Indicadores
Habitação	Plano Municipal de Habitação
	Conselho Municipal de Habitação
	Fundo Municipal de Habitação
Mobilidade urbana	Plano de mobilidade municipal
	Ciclovia
	Bicicletários
	Transporte público intermunicipal
	Transporte público intramunicipal

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Dimensões	Indicadores
Agricultura sustentável	Agricultura orgânica
	Agricultura familiar
	Hortas comunitárias
	Programa climático para agricultura
	Programa de associativismo
Gestão ambiental	Financiamento ambiental municipal
	Saneamento
	Proteção ambiental
	Poluição do ar
	Proteção da biodiversidade
	Adaptação e mitigação climática
	Plano de gestão integrada de resíduos sólidos
Pagamento por serviços ambientais	
Gestão de riscos	Prevenção de enchentes
	Prevenção de deslizamentos
	Plano Municipal de Redução de Risco
	Carta geotécnica de adequação à urbanização
	Defesa civil municipal

Fonte: Neder *et al.* (2021).
Elaboração dos autores.

Os dados dos 26 indicadores são provenientes dos dados estatísticos municipais censitários da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (Munic) de 2020, realizada pelo IBGE.¹¹ De acordo com Neder *et al.* (2021, p. 6), “com base em fontes de dados oficiais, esse conjunto de indicadores pode ser atualizado dinamicamente, permitindo uma avaliação contínua e comparativa da capacidade potencial das cidades para lidar com o impacto das mudanças climáticas”.

11. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=sobre>. Acesso em: 27 out. 2022.

QUADRO 5**Escala de classificação do IAU**

Capacidade adaptativa	Escala
Muito baixa	0-0,2
Baixa	0,2-0,4
Média	0,4-0,6
Alta	0,6-0,8
Muito alta	0,8-1

Fonte: Neder *et al.* (2021).

Elaboração dos autores.

A dimensão da habitação considera os instrumentos de referência que articulam a questão habitacional com a dinâmica econômica e o crescimento populacional, a existência de espaços de decisão participativa e compartilhada e de recursos financeiros para a aplicação das medidas habitacionais propostas, sendo esses o Plano Municipal de Habitação, o Conselho Municipal de Habitação e o Fundo Municipal de Habitação (Neder *et al.*, 2021).

A dimensão da mobilidade urbana indica que a infraestrutura de transporte individual não motorizado, a integração intermodal e a flexibilidade do sistema são mantidas pelo município por meio de ciclovias e bicicletários. Também considera a existência da infraestrutura de transporte público coletivo do município, por meio do transporte público inter e intramunicipal. A dimensão indica ainda se a cidade possui um instrumento que defina a alocação de recursos e oriente o desenvolvimento do sistema de transporte municipal, por meio da existência de plano de mobilidade municipal, conforme a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), Lei Federal nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012 (Neder *et al.*, 2021).

A dimensão da agricultura sustentável abrange o desenvolvimento de programas e ações pelo município que apoiem a agricultura orgânica, a familiar e as hortas comunitárias. Também considera a existência de um programa climático focado em riscos climáticos e impactos na agricultura bem como de um programa de associativismo que apoie associações de agricultores e cooperativas que criam condições para que os produtores rurais possam estruturar e manter sistemas de produção economicamente sustentáveis no município (Neder *et al.*, 2021).

A dimensão da gestão ambiental indica se a cidade possui uma lei específica ou instrumentos correlatos para proteção ou controle do meio ambiente, da biodiversidade e da poluição do ar. Essa dimensão também é considerada se o município possui lei específica ou instrumentos correlatos para saneamento, assim como a existência do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS),¹² de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305/2010. Também avalia a existência de lei específica ou instrumentos relacionados para promover a adaptação e a mitigação climáticas. A dimensão considera ainda se a cidade possui um orçamento específico para a promoção de políticas de proteção ambiental e se paga por serviços ambientais (Neder *et al.*, 2021).

A dimensão da gestão de riscos climáticos avalia se a cidade possui lei específica de uso e ocupação do solo que considere a prevenção de enchentes e de deslizamentos. Também indica se a cidade possui um instrumento para identificar seus riscos geológicos e físicos bem como para definir intervenções e investimentos para minimizar os impactos. Avalia ainda se o município possui um instrumento de apoio ao planejamento urbano, fornecendo diretrizes de uso e ocupação do solo com base na análise das características físicas do solo e nas formas de ocupação do solo. Por último, indica a existência de setor de governo municipal específico para lidar com riscos climáticos (Neder *et al.*, 2021).

Os indicadores do IAU possuem relação com as diretrizes das seguintes estratégias setoriais e temáticas do PNA: estratégias de cidades; estratégia de infraestrutura; estratégia de agricultura; estratégia de indústria e mineração; estratégia de recursos hídricos; estratégia de biodiversidade e ecossistemas; estratégia de saúde; e estratégia de riscos de desastres (Brasil, 2016).

4 RESULTADOS

O Brasil conta atualmente com 81 RMs e seis Rides, espalhadas nas cinco grandes regiões: Nordeste, Norte, Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Conforme a tabela 1, a região Nordeste apresenta o maior número de RMs (32) – seguida pela região Sul (23) – e o segundo maior número de habitantes (14.807.102) nas sedes metropolitanas, com o maior contingente populacional presente na região Sudeste – 24.980.065 (tabela 1).

12. O trabalho de Neder *et al.* (2021) menciona o PMGIRS, mas não menciona o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), que legalmente é o instrumento que consolida a política de saneamento básico no nível municipal.

TABELA 1

RMs, Rides e população (total) nas cidades-sede dos recortes metropolitanos nas cinco regiões brasileiras

Regiões	RMs	Rides ¹	População ²
Nordeste	32	2	14.807.102
Norte	10	0	4.932.636
Sudeste	13	1	24.980.065
Sul	23	0	7.554.031
Centro-Oeste	2	1	4.423.259
Total	80	4	56.697.093

Fonte: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Acesso em: 24 out. 2022.

Notas: ¹ A Ride do Distrito Federal e Entorno abrange as regiões Centro-Oeste e Sudeste.

² População total nas cidades-sede dos recortes metropolitanos.

As regiões Norte (4.932.636) e Centro-Oeste (4.423.259) exibiam contingentes populacionais inferiores aos observados para as demais regiões e para as maiores Aglos do país, a exemplo de São Paulo (11.253.503) e Rio de Janeiro (6.320.446). As 84 sedes metropolitanas investigadas totalizavam mais de 56 milhões de habitantes em 2010, o que correspondia a 29% da população brasileira.¹³ A seguir são apresentados os resultados da análise do IAU e das iniciativas de planejamento e governança voltadas às mudanças climáticas nas sedes dos recortes metropolitanos brasileiros.

4.1 Adaptação urbana nas sedes metropolitanas brasileiras

A tabela 2 traz uma síntese dos resultados da aplicação do IAU nas sedes metropolitanas do país, que reflete as iniciativas de planejamento e de governança voltados às mudanças climáticas nesses municípios e nas respectivas RMs. Analisando esses resultados, bem como as informações apresentadas no tópico anterior, é possível perceber que não há uma relação positiva entre a quantidade de iniciativas locais voltadas para as mudanças climáticas, refletida pelos resultados do IAU, e o tamanho demográfico dos municípios e das regiões investigadas (tabela 2, gráfico 1).

13. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Acesso em: 24 out. 2022.

TEXTO para DISCUSSÃO

Regiões mais populosas, a exemplo do Nordeste, não necessariamente apresentaram resultado melhor na avaliação do IAU. Apesar de ser a segunda mais populosa, com relação à densidade demográfica das cidades-sede, a região Nordeste apresentou a pior capacidade adaptativa às mudanças climáticas em relação às demais regiões do país (tabela 2).

TABELA 2

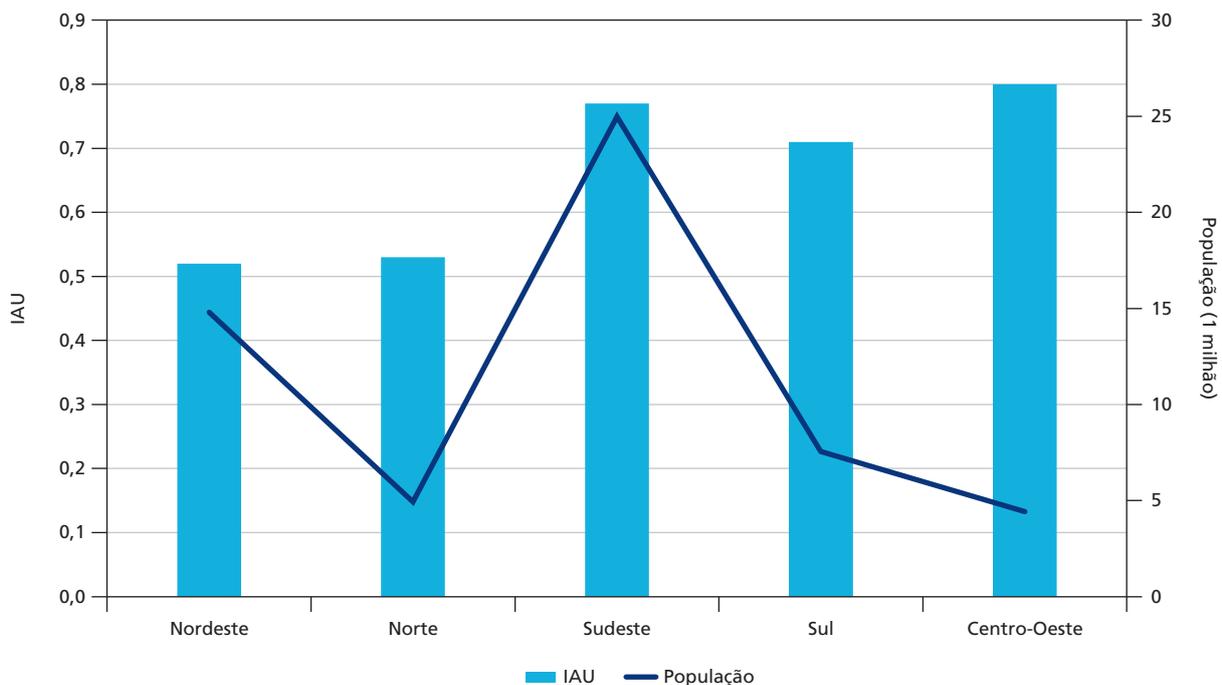
Resultados do IAU (média) nas cidades-sede dos recortes metropolitanos nas regiões brasileiras

Regiões	Agricultura	Gestão de riscos	Habitação	Gestão ambiental	Mobilidade urbana	IAU
Nordeste	0,58 (Média)	0,34 (Baixa)	0,6 (Média)	0,52 (Média)	0,56 (Média)	0,52 (Média)
Norte	0,58 (Média)	0,28 (Baixa)	0,57 (Média)	0,64 (Alta)	0,56 (Média)	0,53 (Média)
Sudeste	0,52 (Média)	0,58 (Média)	1 (Muito alta)	0,89 (Muito alta)	0,88 (Muito alta)	0,77 (Alta)
Sul	0,66 (Alta)	0,43 (Média)	1 (Muito alta)	0,66 (Alta)	0,81 (Muito alta)	0,71 (Alta)
Centro-Oeste	0,53 (Média)	0,73 (Alta)	1 (Muito alta)	0,92 (Muito alta)	0,8 (Alta)	0,80 (Alta)
Total	0,57 (Média)	0,47 (Média)	0,83 (Muito alta)	0,73 (Alta)	0,72 (Alta)	0,67 (Alta)

Fonte: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 out. 2022.

GRÁFICO 1

Resultados do IAU (média) e população (total) nas cidades-sede dos recortes metropolitanos nas regiões brasileiras



Fontes: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques> (acesso em: 24 out. 2022); e <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/18354-regioes-metropolitanas-aglomeracoes-urbanas-e-regioes-integradas-de-desenvolvimento.html?=&t=acesso-ao-produto> (acesso em: 24 out. 2022).

A região Norte também apresentou valores medianos para o índice que mede a capacidade adaptativa (tabela 2, gráfico 1). A região Centro-Oeste, com a menor população, apresentou o melhor índice entre as demais regiões avaliadas. E as regiões Sudeste – com maior contingente populacional entre as demais regiões – e Sul também apresentaram valores altos para o índice que mede a capacidade adaptativa (tabela 2, gráfico 1).

Todas as regiões brasileiras sentirão os impactos das mudanças climáticas, em diferentes intensidades e aspectos. O 6º relatório do IPCC dedicou grande atenção às regiões tropicais, alertando que a Amazônia e o Nordeste brasileiro são altamente vulneráveis às mudanças no clima (Pörtner *et al.*, 2022).

Segundo o relatório, no Nordeste, o já existente cenário de seca pode ser agravado com a redução de chuva que pode chegar a 22%; combinado com aumento de temperatura de 3 °C a 4 °C, essa região pode se tornar semidesértica (Pörtner *et al.*, 2022). Esse agravamento do cenário climático, caso os níveis de emissões se mantenham

TEXTO para DISCUSSÃO

em níveis elevados, afetará a população do Nordeste, que atualmente ultrapassa 53 milhões de habitantes,¹⁴ tornando-a mais vulnerável e prejudicando o desenvolvimento social e econômico da região.

O Nordeste, região que possui a maior concentração de pessoas vivendo em situação de pobreza,¹⁵ com acentuada carência de itens básicos de consumo e habitação, pode ter essa condição agravada pela mudança do clima. O Nordeste conta atualmente com 32 RMs e duas Rides, cujo papel em protagonizar essas iniciativas de adaptação será fundamental para conduzir, apoiar e incentivar o desenvolvimento dessas iniciativas em toda a região.

Entre as 35 cidades-sede analisadas, muitas apresentam ainda valores *médio*, *baixo* ou *muito baixo* na avaliação da capacidade adaptativa, a exemplo dos municípios de Esperança, Cajazeiras, Piancó, Barra de Santa Rosa, Mamanguape, Sousa, Itabaiana e Araruna (Paraíba); e Viçosa, Santana do Ipanema e Penedo (Alagoas). O município de Campina Grande-PB foi o único a apresentar capacidade adaptativa *muito alta* entre as 35 cidades-sede do Nordeste. Os resultados apresentados para as sedes metropolitanas no Nordeste mostram o preocupante cenário para adaptação nessa região, principalmente quanto à dimensão gestão de riscos, cujo resultado para o índice de capacidade adaptativa foi baixo.

A maioria das 84 cidades-sede analisadas apresentaram valores *alto* (47), *médio* (16) e *muito alto* (10) para o índice de capacidade adaptativa. Cidades com valores *baixo* (9) e *muito baixo* (2) foram menos frequentes e ocorrem apenas nas regiões Norte e Nordeste. As regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentaram apenas cidades classificadas com valores *alto* ou *muito alto* do índice.

A região Norte também será afetada pela mudança do clima, em especial a Amazônia – maior bioma do Brasil e a região de maior biodiversidade do planeta (Doughty *et al.*, 2015). O cenário de seca vai afetar áreas da Amazônia, com estimativas, até 2100, de redução em 27% da vazão na bacia do Tapajós e em 53% na bacia do Araguaia-Tocantins, provocada pelo aquecimento global (Pörtner *et al.*, 2022). As secas, associadas ao desmatamento e às queimadas na região amazônica, poderão transformar partes da floresta úmida em regiões de savana. A redução da precipitação nessas condições pode chegar a 40%, impactando sobremaneira a circulação das massas de

14. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Acesso em: 24 out. 2022.

15. Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html>. Acesso em: 24 out. 2022.

ar que levam umidade e chuva da Amazônia para a região central e o sudeste do país, diminuindo a pluviosidade geral de grande parte do Brasil (Pörtner *et al.*, 2022). Outros estados do Norte, como Acre, Rondônia, Pará e Amazonas, são citados como regiões que também devem sofrer com o aumento do risco de inundações mais frequentes e extremas (Pörtner *et al.*, 2022).

Além disso, a floresta amazônica, o maior reservatório de carbono do mundo, pode se tornar um vertedouro, lançando parte das 120 bilhões de toneladas de carbono contidas no bioma, o que agravaria ainda mais o efeito estufa (Pörtner *et al.*, 2022).

A região Norte também apresentou resultados preocupantes para o índice IAU, principalmente para a dimensão de gestão de riscos, no qual obteve o pior resultado entre as regiões analisadas (tabela 4, gráfico 1). Por outro lado, as sedes metropolitanas analisadas nessa região apresentaram destaque positivo para a dimensão gestão ambiental, que apresentou resultado *alto* para o IAU. Essa dimensão aborda iniciativas relacionadas à biodiversidade e aos ecossistemas; ao abastecimento e à qualidade da água; à gestão de recursos hídricos, entre outras iniciativas voltadas à proteção ambiental.

Para a região Sudeste, o relatório do IPCC projeta um aumento no número de eventos de chuvas extremas e um aumento na probabilidade de enchentes e deslizamentos de terra, como os ocorridos em Petrópolis-RJ em 2022. Os habitantes de grandes cidades, como São Paulo e Rio de Janeiro, serão particularmente expostos a níveis perigosos de temperatura, devido aos efeitos da chamada ilha de calor urbana (ICU), um dos principais fenômenos associados ao clima urbano, significando que determinada área urbana apresenta condições microclimáticas diferentes em relação às áreas rurais ou que conservam sua paisagem natural (EPA, 2008). Se as emissões continuarem a aumentar, as mortes por calor no Brasil vão aumentar em 3% até 2050 e em 8% até 2090. Se as emissões de GEE forem rapidamente reduzidas, o aumento da mortalidade cai para 2% (Pörtner *et al.*, 2022). No país como um todo, a projeção é que a população afetada pelas enchentes dobre ou até triplique até o final do século, mesmo com o corte rápido de emissões (Pörtner *et al.*, 2022).

A região Sudeste (quatorze sedes metropolitanas) apresentou resultado *alto* para o índice IAU. Nas dimensões habitação, gestão ambiental e transporte, a região obteve resultado *muito alto* para a capacidade adaptativa. Já para as dimensões agricultura e gestão de riscos, o resultado foi *médio* para o índice. O Sudeste foi a única região que apresentou três dimensões com resultado *muito alto* para a escala adaptativa (tabela 2, gráfico 1).

O Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1), do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC, concluiu que na região Centro-Oeste, cujo bioma predominante é o Cerrado, a temperatura deverá aumentar entre 5 °C e 5,5 °C e as chuvas diminuirão

TEXTO para DISCUSSÃO

entre 35% e 45% até 2100 (PBMC, 2015). No Pantanal, também localizado na região Centro-Oeste, o aquecimento da temperatura deverá ser de 3,5 °C a 4,5 °C até o final do século, com diminuição acentuada dos padrões de chuva no bioma, apresentando queda de 35% a 45% (PBMC, 2015). A região Centro-Oeste, com três sedes metropolitanas, apresentou o melhor resultado para o IAU e foi a única região com capacidade adaptativa *alta* na dimensão gestão de riscos (tabela 4, gráfico 1).

Na região Sul, as projeções do PBMC (2015) apontam que até 2040 o clima da região será entre 5% e 10% mais chuvoso e até 1 °C mais quente. Já entre 2041 e 2070, a temperatura deverá aumentar entre 1 °C e 1,5 °C e haverá uma intensificação das chuvas entre 15% e 20%. As projeções para o clima da região, no período entre 2071 e 2100, são mais agravantes, com um aumento de temperatura de 2,5 °C a 3 °C e ocorrência de chuvas entre 35% e 40% acima do normal (PBMC, 2015). A região Sul, com 23 sedes metropolitanas, apresentou capacidade adaptativa alta no resultado geral do IAU, sendo a única região com capacidade adaptativa *alta* na dimensão agricultura (tabela 4, gráfico 1).

O que se observa, de modo geral, é que o clima no Brasil, nas próximas décadas, será mais quente, com aumento gradativo e variável da temperatura média em todas as regiões do país entre 1 °C e 6 °C até 2100, em comparação à registrada no fim do século XX (PBMC, 2015). O cenário aponta para significativa diminuição da ocorrência de chuvas e o aumento da temperatura em grande parte das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país. Já nas regiões Sul e Sudeste, há também uma tendência do aumento da temperatura e de precipitação (PBMC, 2015).

Quanto às diferentes dimensões que compõem o IAU, fica nítido que a dimensão gestão de riscos, cujos indicadores refletem a prevenção de eventos de enchentes e deslizamentos, o planejamento para a redução de risco e a defesa civil municipal são as dimensões que apresentam, em média, os piores resultados (tabela 2). A dimensão da agricultura – que contempla a agricultura orgânica e a familiar, as hortas comunitárias, o associativismo e o programa climático para a agricultura – também apresentou, em média, um valor baixo para o índice (tabela 2). A dimensão habitação apresentou a melhor pontuação para o IAU às mudanças climáticas; e as demais dimensões, gestão ambiental e transporte, apresentaram, de modo geral, valores altos para o índice (tabela 2).

A agricultura é um setor que será fortemente prejudicado pelos fenômenos decorrentes das mudanças climáticas, tais como secas, ondas de calor, altas temperaturas e enchentes, que já impactam a produção de alimentos em todo o mundo. Segundo relatório do IPCC (Pörtner *et al.*, 2022), a produção de trigo no Brasil pode cair 21% ou 5%, de acordo com o cenário de altas emissões ou com cortes rápidos de emissões,

respectivamente. A produção de arroz, no cenário mais pessimista, pode cair 6%, ou 3%, no cenário mais otimista. A redução na produção da soja pode passar de 15% no Centro-Oeste e chegar a 33% nas pastagens da Amazônia Legal, caso as emissões continuem altas. A produção de milho pode cair até 71% até final do século no Cerrado, no cenário de altas emissões.

Outra questão que chama atenção é a produção de carne. O IPCC projeta que o aumento na temperatura pode provocar um estresse, causado pelo calor, no gado, nas aves de granja e nos suínos em grande parte do país, podendo causar redução no crescimento animal, na produção de leite e ovos, e até mortalidade de animais (Pörtner *et al.*, 2022). Os impactos das mudanças no clima também poderão prejudicar a pesca e a aquicultura no Brasil; no cenário de altas emissões, a produção de peixes pode cair em 36% entre 2050-2070, em comparação com 2030-2050, já a produção de crustáceos e moluscos será quase extinta, com redução projetada de 97% no mesmo período (Pörtner *et al.*, 2022).

A dimensão agricultura do IAU contempla importantes iniciativas de gestão, relacionadas às diretrizes do PNA, que incluem estratégias para a produção e distribuição de alimentos; a promoção do abastecimento e a estruturação de sistemas sustentáveis de base agroecológica; e a instituição de processos de educação alimentar e nutricional, pesquisa e formação nas áreas de segurança alimentar e nutricional (Brasil, 2016, p. 217).

Assim, evidencia-se a importância dessa dimensão e das iniciativas nela contempladas, para promover a adaptação a esses impactos previstos nos municípios que são sedes metropolitanas, de forma que esses possam conduzir o processo de adaptação para os demais núcleos urbanos da região. A dimensão habitação apresentou o melhor resultado para o índice de capacidade adaptativa às mudanças climáticas, com pontuação (muito alta) nos principais centros urbanos das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e pontuação média para as regiões Norte e Nordeste (tabela 3). A maioria das cidades (55) também apresentou o melhor resultado do índice nessa dimensão.

A habitação é um direito básico, assegurado na CF/1988, que afirma que “são direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o transporte, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados” (Brasil, 1988, art. 6º). O art. 182 também trata do tema e estabelece que “a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes” (Brasil, 1988). O Estatuto da Cidade complementa a Constituição e aprimora esse direito, permitindo o acesso dos cidadãos à moradia digna, saúde, educação e a todos os demais serviços essenciais que envolvem a vida urbana (Brasil, 2001).

TEXTO para **DISCUSSÃO**

A habitação proporciona abrigo e proteção à população, garantindo sua segurança e saúde, especialmente no contexto das mudanças climáticas. A estrutura urbana relacionada aos tipos de construções e o suporte social da população podem ter influência tanto positiva quanto negativa na capacidade de adaptação ante as mudanças do clima e os seus efeitos extremos nas cidades, que provocarão chuvas intensas, secas, ilhas de calor, inundações, entre outros, que afetarão essas populações (Saldiva, 2018).

As diretrizes do PNA contempladas nos indicadores que compõem a dimensão habitação do IAU se referem à temática *estratégia para cidades*, e consideram a adaptação à mudança do clima na promoção da reabilitação de áreas urbanas, promovendo a diversidade urbana e contribuindo para a redução da expansão urbana e da exposição da população a riscos advindos da ocupação de áreas suscetíveis; na promoção da urbanização de assentamentos precários; na produção de habitação social em escala; e no apoio e coordenação de iniciativas para a revisão de normas técnicas e regulamentação de parâmetros urbanísticos (Brasil, 2016, p. 78 e 80). Portanto, os resultados sugerem que as sedes metropolitanas analisadas apresentam iniciativas adequadas para lidar com os fenômenos ligados à mudança do clima nessa perspectiva.

A dimensão gestão ambiental do IAU considera ações de gestão voltadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos e saneamento, poluição do ar, adaptação e mitigação climática, proteção da biodiversidade e serviços ambientais. Tais ações se relacionam com o PNA de acordo com estratégias dos eixos temáticos de recursos hídricos, abastecimento de água urbana; energia, qualidade da água e meio ambiente; indústria e mineração; cidades; biodiversidade e ecossistemas; saúde; e gestão de risco de desastres (Brasil, 2016). Os indicadores contemplados nessa dimensão, que refletem as estratégias temáticas do PNA, são fundamentais para a adaptação dos municípios à mudança do clima. Essa dimensão apresentou bons resultados para as regiões analisadas, com pontuação *alta* e *muito alta*, com exceção do Nordeste, em que o resultado foi *médio*.

A dimensão mobilidade urbana do IAU considerou nos seus indicadores os diferentes modos de deslocamento dentro das cidades, tanto no que se refere à infraestrutura física (vias, integrações, sistemas) como naquilo que diz respeito aos serviços de transporte disponíveis – que inclui ciclovias, bicicletários, transporte público inter e intramunicipal –, além do planejamento dessa dimensão ao avaliar a existência do plano de mobilidade municipal. Esses indicadores se relacionam com as estratégias de infraestrutura de transporte e mobilidade urbana do PNA (Brasil, 2016). Essa dimensão apresentou bons resultados para as regiões analisadas, com pontuação *alta* e *muito alta*, com exceção do Nordeste e do Norte, em que o resultado para essa dimensão foi *médio* (tabela 4).

A dimensão gestão de riscos considera ações de prevenção de enchentes e de deslizamentos, assim como a existência do Plano Municipal de Redução de Risco, da Carta Geotécnica de Adequação à Urbanização e da Defesa Civil municipal. As estratégias do PNA contempladas nessa dimensão estão relacionadas aos eixos temáticos de biodiversidade e ecossistemas; de cidades; de gestão de risco de desastres; e de infraestrutura de transporte (Neder *et al.*, 2021; Brasil, 2016). No âmbito das ações propostas no PNA, é importante ressaltar que a temática de gestão de risco de desastres naturais é transversal, e, portanto, demanda uma efetiva integração e articulação com outros setores, como planejamento urbano, saúde, infraestrutura e mobilidade urbana, recursos hídricos, agricultura, biodiversidade e ecossistemas, entre outros (Brasil, 2016). O IAU contempla essa característica transversal, fato que reforça sua importância na adaptação à mudança do clima. Porém, diante dos resultados obtidos, a dimensão gestão de riscos apresentou, em média, os piores resultados entre as demais dimensões do IAU.

Em estudo que avaliou os mecanismos locais de planejamento e governança ambiental das mudanças climáticas nos municípios-sede das principais RMs do país – Belém, Belo Horizonte, Campinas, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Manaus, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo e Vitória, além da Ride Brasília –, revelou-se a existência de vários níveis de envolvimento por parte das administrações locais na implementação das iniciativas investigadas, mas, no geral, as ações de adaptação se encontram difusas no âmbito municipal (Sathler, Paiva e Baptista, 2019).

No geral, a investigação demonstrou a existência de vários níveis de envolvimento por parte das administrações locais e uma predominância de uma agenda voltada à mitigação nos municípios avaliados em comparação às iniciativas voltadas à adaptação, que se encontram difusas e pouco integradas às políticas de mitigação e às atividades desenvolvidas nas secretarias de meio ambiente dos municípios avaliados (Sathler, Paiva e Baptista, 2019). O estudo constatou que é fundamental que o governo federal e os governos estaduais fomentem ações na escala metropolitana, atuando como interlocutores e estimulando a disseminação de políticas e a criação de arranjos institucionais que permitam a construção de uma agenda integrada no âmbito intermunicipal (Sathler, Paiva e Baptista, 2019).

A cidade de São Paulo, por exemplo, maior cidade da maior RM do país, em termos populacionais, apresentou valor *alto* para o índice que mede a capacidade adaptativa, mas em relação às dimensões agricultura e gestão de riscos, os resultados foram *médio* e *baixo*, respectivamente. Tal fato demonstra que esses aspectos são deficientes e que medidas ligadas à adaptação ao impacto climático nessas áreas precisam ser adotadas.

Di Giulio *et al.* (2018) avaliaram a política de adaptação climática na cidade de São Paulo com foco em políticas climáticas e intervenções urbanas, especificamente na análise de documentos relacionados à Política Municipal de Mudanças Climáticas (2009) e ao Plano Diretor (2014). Embora a megacidade tenha recentemente implementado políticas urbanas inovadoras e um conjunto de ações municipais que visam superar muitos dos desafios, os autores apontam que São Paulo está perdendo uma oportunidade de integrar a mudança climática para melhorar sua capacidade de adaptação (Di Giulio *et al.*, 2018).

Neder *et al.* (2021) aplicaram o IAU aos 645 municípios do estado de São Paulo e concluíram que mais da metade dos municípios apresentam valor *baixo* para o índice; no entanto, municípios localizados em RMs, onde reside a maior parte da população, tendem a apresentar índices mais elevados. Como os autores pontuaram, essas RMs são regidas pelo Estatuto da Metrópole (Lei Federal nº 13.089/2015), que pode influenciar diretamente o desenvolvimento de diversos instrumentos considerados nas cinco dimensões do IAU, resultando em pontuações mais altas para a maioria desses municípios (Neder *et al.*, 2021). O Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), por exemplo, deve prever a delimitação de áreas com restrições à urbanização, seja para proteção do patrimônio ambiental e cultural, seja para controle especial devido ao risco de desastres naturais (Brasil, 2015).

Borges (2020) analisou a capacidade adaptativa às mudanças climáticas com enfoque em cinco municípios do sul de Minas Gerais, por meio do IAU. Verificou-se que os municípios com até 20 mil habitantes, 78% do total avaliado, apresentaram baixo desempenho no IAU; em contrapartida, os municípios com mais de 100 mil habitantes na região avaliada possuem um desempenho considerado alto no IAU (Borges, 2020).

Ao avaliar os dados do IAU e a sua distribuição de acordo com a classe populacional, os resultados reforçaram, conforme o cenário nacional, a existência da desigualdade entre os municípios menos populosos e os mais populosos. A cidade de Belo Horizonte, com mais de 2,3 milhões de habitantes, sexta maior sede metropolitana quanto à população (IBGE, 2022), apresentou resultado *muito alto* para o índice IAU e para as dimensões habitação, gestão ambiental e mobilidade urbana. Nas dimensões agricultura e gestão de risco, a capital mineira apresentou resultados *alto* e *médio* , respectivamente.

Os resultados corroboram a tendência de uma melhor capacidade adaptativa em municípios mais populosos. Entre as 84 sedes metropolitanas analisadas neste estudo, 59 (70%) apresentam população acima de 100 mil habitantes. Deste total, 71% obtiveram resultado *alto* e os outros 15%, resultado *muito alto* para o índice de capacidade adaptativa. Nenhum desses municípios apresentou resultados *baixo* ou *muito baixo* . Já para as demais 25 RMs, cuja população está abaixo de 100 mil habitantes, 36% dos

municípios tiveram resultado *baixo*; 7%, muito baixo; e 32%, médio. Outros 20% desses municípios-sede apresentaram índice *alto* e 4%, *muito alto*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde a promulgação da Lei nº 12.187/2009, que instituiu a PNMC e estabeleceu as diretrizes para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos, governos, nas múltiplas instâncias federativas, vêm atuando na construção de iniciativas e medidas para estabelecer uma agenda climática para as cidades.

Este trabalho se propôs a investigar como a adaptação às mudanças climáticas tem se incorporado ao planejamento urbano nacional, em especial no contexto das RMs e Rides do Brasil. Desse modo, o trabalho buscou contribuir para a ampliação do conhecimento sobre a capacidade adaptativa às mudanças climáticas das RMs, especificamente no que se refere ao planejamento relativo à capacidade adaptativa.¹⁶

O IAU se mostrou uma ferramenta útil, apesar de suas limitações, para monitorar a situação atual em relação à capacidade local de adaptação às mudanças climáticas, sendo possível mensurar o nível de preparo das cidades-sede metropolitanas para o enfrentamento do impacto climático. As limitações do referido índice envolvem alguns aspectos. Entre esses, o mais relevante consiste no fato de o IAU conferir um peso excessivo ao planejamento urbano nas diversas dimensões que compõem o índice em detrimento de evidências empíricas sobre as diferentes variáveis componentes. Determinadas evidências empíricas, quantitativas, incorporadas ao IAU potencialmente permitiriam a avaliação não apenas do planejamento governamental nas RMs quanto à adaptação às mudanças climáticas, mas, também, o nível de implementação de políticas públicas (habitação, saneamento etc.) e de infraestrutura específica, as quais contribuem para uma maior capacidade adaptativa.

Os resultados apresentados indicam que as diferentes regiões do Brasil possuem diferentes níveis de capacidade adaptativa às mudanças climáticas. A região Centro-Oeste apresentou o melhor índice, enquanto a região Norte apresentou valores medianos. As regiões Sudeste e Sul apresentaram valores altos para o índice. Independente disso, todas as RMs avaliadas sofrerão impactos variados das mudanças climáticas. Nesse sentido, o contínuo planejamento e a constante implementação de medidas relativas à ampliação da capacidade adaptativa a esses fenômenos são primordiais para amenizar seus impactos nas regiões afetadas.

16. A avaliação realizada não considerou se o planejado pelos governos locais das RMs brasileiras, com relação à adaptação às mudanças climáticas, tem sido efetivamente implementado. Possivelmente, o hiato seja considerável entre o planejado e o executado quanto à questão.

O Nordeste, com a maior concentração de pessoas em situação de pobreza, constitui região altamente vulnerável às mudanças climáticas, não apenas no seu interior semiárido, como também em suas capitais. O fenômeno climático impactará, contudo, não apenas o Nordeste. Por motivos diversos, em função da mudança climática projetada para cada região do país, é provável que todas as RMs brasileiras sintam os impactos, em maior ou menor grau, do fenômeno. Assim, é necessário que sejam tomadas medidas para aprimorar a capacidade adaptativa em todas as regiões do país, a fim de minimizar as consequências das mudanças climáticas e contribuir, com o mínimo efeito deletério possível decorrentes desses impactos, para o desenvolvimento social e econômico regional e brasileiro.

Ao avaliar as iniciativas locais implementadas nesses centros urbanos, foi possível compreender como as respostas às mudanças climáticas têm sido tratadas nas principais RMs brasileiras e a sua influência na adaptação da região. Embora o IAU tenha sido aplicado no nível municipal, é possível identificar tendências regionais a partir da análise dos resultados. Nesse contexto, o trabalho buscou contribuir com as análises sobre governança e políticas públicas em relação à adaptação às mudanças climáticas nas RMs brasileiras, de modo a ampliar as discussões e apontar tendências para esse recorte urbano.

REFERÊNCIAS

- ABELLÁN-LÓPEZ, M. A. El cambio climático: negacionismo, escepticismo y desinformación. **Tabula Rasa**, n. 37, p. 283-301, 2021.
- ARAOS, M. *et al.* Public health adaptation to climate change in large cities: a global baseline. **International Journal of Health Services**, v. 46, n. 1, p. 53-78, 2016a.
- ARAOS, M. *et al.* Climate change adaptation planning in large cities: a systematic global assessment. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 375-382, 2016b.
- AYLETT, A. Institutionalizing the urban governance of climate change adaptation: results of an international survey. **Urban Climate**, v. 14, p. 4-16, 2015.
- BARBI, F. **Governando as mudanças climáticas no nível local**: riscos e respostas políticas. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- 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. 2020. 183 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2020.

BRAGA, R. Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS*, 6., 2012, Belém, Pará. **Anais...** 2012. Disponível em: https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/planejamentoterritorialegeoprocessoamento640/md_roberto_artigos_artig_anppas.pdf. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Congresso Nacional, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 31 out. 2022.

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, 30 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 jan. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas** – Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Brasília: MMA, 2016. v. 2.

BROWN, K.; WESTAWAY, E. Agency, capacity, and resilience to environmental change: lessons from human development, well-being, and disasters. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 36, p. 321-342, 2011.

BUYTAERT, W.; DE BIÈVRE, B. Water for cities: the impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. **Water Resources Research**, v. 48, n. 8, p. 1-13, 2012.

CASTRO, C. N. de. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. 281 p. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/1/%C3%81gua_problemas_complexos.pdf.

CORE WRITING TEAM; PACHAURI, R. K.; MEYER, L. (Ed.). **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**. Genebra: IPCC, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. (Ed.). **Atlas da vulnerabilidade social dos municípios brasileiros**. Brasília: Ipea, 2015.

DI GIULIO, G. M. *et al.* Mainstreaming climate adaptation in the megacity of São Paulo, Brazil. **Cities**, v. 72, p. 237-244, 2018.

DI GIULIO, G. M. *et al.* Bridging the gap between will and action on climate change adaptation in large cities in Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 19, p. 2491-2502, 2019.

DINIZ, F. R. **Ondas de calor e a mortalidade de idosos por doenças respiratórias e cardiovasculares nas capitais dos estados brasileiros: uma análise no presente (1996-2016) e projeções para o futuro próximo (2030-2050) e futuro distante (2079-2099) em diferentes cenários de mudanças climáticas**. 2022. 427 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

DOUGHTY, C. E. *et al.* Drought impact on forest carbon dynamics and fluxes in Amazonia. **Nature**, v. 519, n. 7541, p. 78-82, 2015.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Reducing urban heat islands: compendium of strategies – urban heat island basics**. Washington: EPA, 2008. Disponível em: <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-compendium>. Acesso em: 18 out. 2022.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cadernos MetrÓpole**, v. 22, n. 48, p. 365-395, 2020.

FLÖRKE, M.; SCHNEIDER, C.; MCDONALD, R. I. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 51-58, 2018.

GASPARRINI, A. *et al.* Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. **The Lancet Planetary Health**, v. 1, n. 9, p. 360-367, 2017.

GRAFAKOS, S. *et al.* Integration of mitigation and adaptation in urban climate change action plans in Europe: a systematic assessment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 121, p. 1-20, 2020.

HALLEGATTE, S. *et al.* Future flood losses in major coastal cities. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 9, p. 802-806, 2013.

HUNT, A.; WATKISS, P. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. **Climatic Change**, v. 104, p. 13-49, 2011.

LEAL FILHO, W. *et al.* Strengthening climate change adaptation capacity in Africa-case studies from six major African cities and policy implications. **Environmental Science & Policy**, v. 86, p. 29-37, 2018.

MARENGO, J. A. Possíveis impactos da mudança do clima no Nordeste. **Comciência**, 10 mar. 2007. Disponível em: <https://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=22&id=248#:~:text=%2DO%20alto%20potencial%20para%20evapora%C3%A7%C3%A3o,e%20graves%20impactos%20s%C3%B3cio%2Dambientais>. Acesso em: 19 jun. 2019.

MI, Z. *et al.* Cities: the core of climate change mitigation. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 582-589, 2019.

MOSER, S. C. Communicating climate change: history, challenges, process and future directions. **WIREs Climatic Change**, v. 1, n. 1, p. 31-53, 2010.

NEDER, E. A. *et al.* Urban adaptation index: assessing cities readiness to deal with climate change. **Climatic Change**, v. 166, p. 1-20, 2021.

NG, E.; REN, C. China's adaptation to climate & urban climatic changes: a critical review. **Urban Climate**, v. 23, p. 352-372, 2018.

ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change: how do we know we're not wrong? *In*: LLOYD. E. A.; WINSBERG, E. (Ed.). **Climate modeling**: philosophical and conceptual issues. Cham: Palgrave Macmillan, 2018. p. 31-64.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1)**: síntese de conhecimento. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2015.

PÖRTNER, H.-O. *et al.* (Ed.). **Climate change 2022**: impacts, adaptation, and vulnerability – contribution of Working Group II to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido; Nova York: Cambridge University Press, 2022. 3056 p.

RUDGE, K. Participatory climate adaptation planning in New York City: analyzing the role of community-based organizations. **Urban Climate**, v. 40, p. 1-17, 2021.

ROACH, J. 2004: the year global warming got respect. **National Geographic**, 29 dez. 2004.

SALDIVA, P. **Vida urbana e saúde**: os desafios dos habitantes das metrópoles. São Paulo: Contexto, 2018.

SATHLER, D. Repercussões locais das mudanças climáticas globais: urbanização, governança e participação comunitária. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 1-19, 2014.

SATHLER, D.; PAIVA, J. C.; BAPTISTA, S. Cidades e mudanças climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e regiões integradas de desenvolvimento. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 262-286, 2019.

SETO, K. C.; GÜNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **PNAS**, v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012.

SHERBININ, A. D.; APOTSOS, A.; CHEVRIER, J. Mapping the future: policy applications of climate vulnerability mapping in West Africa. **The Geographical Journal**, v. 183, n. 4, p. 414-425, 2017.

SILVEIRA, C. da S. *et al.* Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: uma análise para precipitação e temperatura. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 416-428, 2016.

SMIT, B.; PILIFOSOVA, O. From adaptation to adaptive capacity and vulnerability reduction. *In*: SMITH, J. B.; KLEIN, R. J. T.; HUQ, S. (Ed.). **Climate change, adaptive capacity and development**. Londres: Imperial College Press, 2003. p. 9-28.

STOCKER, T. F. *et al.* (Ed.). **Climate change 2013: the physical science basis – Working Group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, Reino Unido; Nova York: Cambridge University Press, 2013.

VOLLSET, S. E. *et al.* Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. **The Lancet**, v. 396, n. 10258, p. 1285-1306, 2020.

YIGZAW, W.; HOSSAIN, F. Water sustainability of large cities in the United States from the perspectives of population increase, anthropogenic activities, and climate change. **Earth's Future**, v. 4, n. 12, p. 603-617, 2016.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

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, 20 jun. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13683.htm. Acesso em: 27 out. 2022.

THE WORLD BANK. **Cities and climate change: an urgent agenda**. Washington: IBRD; The World Bank, 2010.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Ana Clara Escórcio Xavier

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Barbara de Castro

Brena Rolim Peixoto da Silva

Cayo César Freire Feliciano

Cláudio Passos de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Jennyfer Alves de Carvalho (estagiária)

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Natália de Oliveira Ayres

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.