



urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana

ISSN: 2175-3369

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Pereira, Máriam Trierveiler; Miranda, Yara Campos
Análise de riscos de desastres hidrometeorológicos:
abordagem metodológica aplicada a municípios de médio porte
urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 15, e20220150, 2023
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220150>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193174205031>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

urbe redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal

Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto



Revista Brasileira de Gestão Urbana

scielo.br/urbe



Análise de riscos de desastres hidrometeorológicos: abordagem metodológica aplicada a municípios de médio porte

Risk analysis of hydrometeorological disasters: methodological approach applied to medium-sized municipalities

Máriam Trierveiler Pereira ^[a] 

Curitiba, PR, Brasil

^[a] Instituto Federal do Paraná (IFPR)

Yara Campos Miranda ^[b] 

Umuarama, PR, Brasil

^[a] Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Como citar: Pereira, M. T., & Miranda, Y. C. (2023). Análise de riscos de desastres hidrometeorológicos: abordagem metodológica aplicada a municípios de médio porte. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 15, e20220150.

<https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220150>

Resumo

A crise climática tem afetado negativamente pessoas de todo o mundo, entretanto, as cidades resilientes têm conseguido proteger melhor seus habitantes e, por esse motivo, vários instrumentos legais e normativos estão sendo elaborados. Assim, o objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia de análise de riscos de desastres hidrometeorológicos com utilização de subindicadores da NBR ISO 37.123/2021 aplicados aos municípios com mais de 100 mil habitantes do Paraná, Brasil. A partir desses subindicadores, foram criados novos indicadores com as informações da Defesa Civil do Paraná e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social sobre eventos anuais de tempestades extremas, calor excessivo, frio excessivo e enchentes, e o número total de atingidos anualmente nos últimos dez anos. A análise foi realizada quantitativamente por equações e gráficos. Observou-se que Araucária, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Paranaguá, Ponta Grossa e São José dos Pinhais são os municípios que mais precisam se preparar para tempestades extremas, inundações, alagamentos e enxurradas. Além disso, Guarapuava tem propensão a ondas de frio, e Maringá tem tendência

MTP é engenheira civil e engenheira ambiental, doutora em Engenharia Química, e-mail: mariam.pereira@ifpr.edu.br

YCM é engenheira ambiental, doutora em Ciências Ambientais, e-mail: yaracamposmiranda1@gmail.com

a fortes tempestades. Também se constatou que a NBR ISO 37.123/2021 precisa ser revista de forma a se adaptar à realidade brasileira com relação aos indicadores de desastres hidrometeorológicos.

Palavras-chave: Cidades resilientes. Cidades sustentáveis. Mudanças climáticas. Planejamento urbano. Vulnerabilidade urbana.

Abstract

The climate crisis has negatively affected people around the world, however, resilient cities have been able to better protect their inhabitants and, for this reason, several legal and regulatory instruments are being developed. Thus, the aim of this work was to propose a methodology for analyzing the risks of hydrometeorological disasters using sub-indicators of NBR ISO 37.123/2021 applied to municipalities with more than 100,000 inhabitants in Paraná, Brazil. In order to achieve this, we created new indicators based on annual information of extreme storms, excessive heat and cold weather and floods events, and the annual total number of people affected in the last ten years. The data were collected from Paraná Civil Defense and Paraná Institute of Economic and Social Development. The analysis was performed quantitatively by equations and graphs. We observed that cities such as Araucaria, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Paranaguá, Ponta Grossa and São José dos Pinhais are the ones that most need to prepare for extreme storms and floods. Furthermore, Guarapuava is prone to cold waves and Maringá is vulnerable to strong storms. We also found that NBR ISO 37.123/2021 needs to be adapted to Brazilian reality regarding the indicators of hydrometeorological disaster.

Keywords: Resilient cities. Sustainable cities. Climate change. Urban planning. Urban vulnerability.

Introdução

A Organização da Nações Unidas (ONU) aferiu que, em 2019, 55% da população mundial vivia em regiões urbanas e a estimativa é de que em 2050 essa porcentagem aumente para 70% (ONU News, 2019). No Brasil, um país em desenvolvimento, a urbanização é maior do que a média mundial. De acordo com Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, em 2015, levantamento mais recente sobre esse dado, 84,72% da população brasileira vivia em cidades (PNAD, 2015). As estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que 21,9% da população está concentrada em dezessete municípios com mais de 1 milhão de habitantes (Brasil, 2021a).

Esse crescimento tem diversas causas políticas, econômicas, sociais e culturais, porém as principais consequências são socioambientais, como desigualdade social, exclusão de “minorias” (atualmente tratadas como maiorias), degradação e poluição ambiental (Cabral & Cândido, 2019). Segundo os autores, inevitavelmente a expansão urbana leva à vulnerabilidade socioambiental que faz com que os habitantes e o ambiente se tornem suscetíveis a riscos.

Dentre os diversos tipos de problemas possíveis em uma cidade, destacam-se as catástrofes, tanto naturais quanto tecnológicas. De acordo com a Defesa Civil (Defesa Civil Paraná, s.d), os desastres tecnológicos compreendem os relacionados a substâncias radioativas, a produtos perigosos, a incêndios urbanos, a obras civis e a transporte de passageiros e de cargas não perigosas. Quanto aos naturais, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) reúne os de aspectos biológicos, geológicos, climatológicos, hidrológicos e meteorológicos. Segundo a Cobrade, os desastres hidrológicos são divididos em inundações, enxurradas e alagamentos. Quanto aos eventos meteorológicos, a Cobrade classifica em escala regional e local, sendo essa última a mais adequada para a análise em cidades. Dessa forma, os fenômenos meteorológicos locais são tempestades (que se subdivide em tornados, tempestade de raios, granizo, chuvas intensas e vendavais), ondas de calor e ondas de frio (friagens e geadas) (Defesa Civil Paraná, s.d). Inubitavelmente, a principal causa dos desastres hidrometeorológicos está nas mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global (IPCC, 2021; MMA, 2021; Nobre, 2018; UNEP, 2021).

Dessa forma, a maior probabilidade de ocorrência dos desastres naturais faz com que o ambiente urbano seja vulnerável, em especial em áreas de ocupação clandestinas e irregulares (Jatobá, 2011). Contudo, atualmente, não são apenas essas as regiões afetadas. Em 2021, as inundações na Europa Central mataram mais de 120 pessoas e deixaram centenas de desaparecidos. Neste mesmo ano, também ocorreu um grande deslizamento de terra no Japão, com destruição de cerca de 130 prédios e ondas de calor atingiram Iraque, Índia, Estados Unidos e Canadá, provocando a morte de centenas de pessoas e afetando milhões (CNN Brasil, 2021).

Para enfrentar os desastres, a maior capacidade de resposta ou de adaptação aos riscos deixa os grupos menos vulneráveis, fazendo com que as cidades, no geral, sejam mais resilientes (IPCC, 2021). O conceito científico de resiliência urbana ainda está em construção e diversos autores abordam o assunto e o definem com algumas variações (Cabral & Cândido, 2019; Gonçalves, 2017; Klug, 2018; Sebrae, 2019). No geral, as definições convergem para o que apresenta o IPCC (2014, p. 5): resiliência urbana

é a capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ambientais de lidar com um evento perigoso, tendência ou perturbação, respondendo ou se reorganizando de modo a manter sua função essencial, identidade e estrutura, ao mesmo tempo que mantém a capacidade para adaptação, aprendizagem e transformação (tradução nossa).

Com essa preocupação global, a ONU, desde o ano 2000, tem elaborado objetivos para o desenvolvimento sustentável do planeta. O primeiro conjunto foi denominado Objetivos do Milênio (ODM), com vigência de quinze anos, até 2015. Após esse período, a ONU ampliou de oito para dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com prazo para atendimento das metas globais até 2030. Esse novo acordo internacional é conhecido como

Agenda 2030 (Nações Unidas Brasil, 2021). Todos os ODS estão interrelacionados com a vulnerabilidade e resiliência urbana, porém o ODS 11 é diretamente pertinente, pois tem o propósito de “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (Nações Unidas Brasil, 2021, p. 2).

Também em 2015, foi adotado o Marco de Sendai, um documento que orienta ações para redução do risco de desastres entre 2015 e 2030, elaborado pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR) (UNDRR, 2020). Esse instrumento é o sucessor do Marco de Hyogo, que teve validade de 2005 a 2015. Segundo a UNDRR, mesmo com a redução do risco de desastres e consequente diminuição da mortalidade a eles associados, durante os 10 anos de vigência do Marco de Hyogo mais de 1 bilhão de pessoas foram afetadas e a perda econômica foi de mais de US\$ 1,3 trilhão (UNDRR, 2015).

Dessa maneira, o atual marco objetiva a “redução substancial nos riscos de desastres e nas perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países” (UNDRR, 2015, p. 7). Considerando o aprendizado adquirido com a implantação do instrumento anterior, foram definidas quatro prioridades: i) compreensão do risco de desastres; ii) fortalecimento da governança do risco de desastres para seu gerenciamento; iii) investimento na redução do risco de desastres para aumento de resiliência; e iv) melhoria na preparação para enfrentar desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de reconstruir o ambiente de forma melhorada (UNDRR, 2015).

Foi nesse contexto que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) iniciou, em 2017, a tradução da série de normas ISO 37.100 relacionadas ao desenvolvimento sustentável em cidades, abrangendo conceitos, indicadores, sistemas de gestão, infraestrutura urbana, qualidade de vida, cidades inteligentes e resilientes, entre outros (ABNT, 2017). A norma NBR ISO 37.123/2021 trata de indicadores para cidades resilientes, partindo da definição de “cidade capaz de preparar-se, recuperar-se e adaptar-se aos choques e tensões” (ABNT, 2021, p. 19). De acordo com a norma, os choques são eventos desastrosos súbitos naturais ou antrópicos, e as tensões são eventos a longo prazo que causam impactos persistentes.

Essa norma foi elaborada para detalhar os indicadores apresentados pela primeira norma desse assunto, a NBR ISO 37.120 (indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida) e como complemento à NBR ISO 37.122 (indicadores para cidades inteligentes). Entretanto, esse conjunto de normas não fornece juízo de valores, nem estipula metas para os indicadores, que devem ser acrescentadas em notas às edições nacionais em cada país (ABNT, 2021).

A NBR ISO 37.123 está organizada em 19 seções socioeconômicas, políticas e ambientais, com a proposição de 68 indicadores. A seção 8 relaciona-se ao meio ambiente e mudanças climáticas, e engloba em 9 indicadores. Dentre esses, os indicadores relacionados a desastres hidrometeorológicos, que identificam o contexto do risco e que fazem parte da primeira prioridade do Marco de Sendai, são: 8.4) frequência anual dos eventos de tempestades extremas; 8.5) frequência anual de eventos de calor extremo; 8.6) frequência anual de eventos de frio extremo; e 8.7) frequência anual de eventos de enchentes (ABNT, 2021).

Como forma de incentivar políticas públicas locais para construção de resiliência em cidades e orientar gestores urbanos, o UNDRR também liderou a Campanha MCR (da sigla em inglês, Make Cities Resilients), que durou de 2010 a 2020 (UNDRR, 2021a). Com esse movimento, foram definidos dez princípios para tornar as cidades resilientes, dentre eles a organização para resiliência a desastres, e a identificação, o entendimento e o uso de cenários de riscos atuais e futuros (UNDRR, 2021b). Assim, de maneira voluntária, 1.078 municípios brasileiros aderiram à Campanha MCR, dentre os quais, 320 são paranaenses, o que corresponde a 80,2% dos municípios do Paraná (MDR, 2021a).

Por toda a conjuntura apresentada, o objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia de análise dos riscos de desastres hidrometeorológicos com base em indicadores da NBR ISO 37.123/2021 e aplicar nos municípios com mais de 100 mil habitantes do Paraná. Para tanto, foi necessário: i) definir os indicadores relacionados aos de-

sastres hidrometeorológicos da referida NBR; ii) identificar os municípios que seriam estudados; iii) avaliar as ocorrências de desastres hidrometeorológicos para os municípios identificados; iv) estudar formas de agregar indicadores a partir dos dados coletados; v) calcular os indicadores; vi) analisar os resultados; e vii) averiguar a aplicabilidade da NBR ISO 37.123/2021 para municípios brasileiros.

Metodologia

De acordo com Gil (2017), essa pesquisa caracterizou-se como desenvolvimento experimental, pois pretende encontrar uma forma inédita de apresentar dados pela construção de um indicador. Segundo o mesmo autor, o início da pesquisa pode ser classificado como descritiva e documental, pois foram analisados os dados de ocorrência de desastres hidrometeorológicos para cada cidade que contava com mais de 100 mil habitantes do Paraná em 2010: Almirante Tamandaré, Arapongas, Apucarana, Araucária, Cascavel, Colombo, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Londrina, Maringá, Paranaguá, Pinhais, Ponta Grossa, São José dos Pinhais, Toledo e Umuarama. O período estudado foi de dez anos, de 2012 a 2021, pois esse é o tempo de vigência dos planos diretores para planejamento urbano, determinado pelo Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001.

Os indicadores da seção 8 da NBR ISO 37.123/2021 (meio ambiente e mudanças climáticas) foram relacionados com as categorias da Cobrade, pois os dados exigidos pela norma são de difícil acesso e exigem estudos para aplicação no Brasil. Essa correlação está mostrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Correlação dos indicadores da NBR ISO 37.123/2021 com as descrições da Cobrade

Indicador da NBR ISO 37.123/2021	Descrição do desastre natural registrado pela Defesa Civil na Cobrade
8.4. Frequência anual dos eventos de tempestades extremas	Tempestade Local/Convectiva - Tornado Tempestade Local/Convectiva - Granizo Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas Tempestade Local/Convectiva - Vendaval
8.5. Frequência anual de eventos de calor extremo	Onda de calor
8.6. Frequência anual de eventos de frio extremo	Onda de frio - Friagem Onda de frio - Geada
8.7. Frequência anual de eventos de enchentes ¹	Inundações Enxurradas* Alagamentos*

* pela definição, as enxurradas e alagamentos não deveriam compor o indicador de enchentes, porém foram realizados estudos incluindo esses eventos para comparação na análise e na discussão dos resultados.

Fonte: ABNT (2021); SISDC (2021), organizado pelas Autoras (2022).

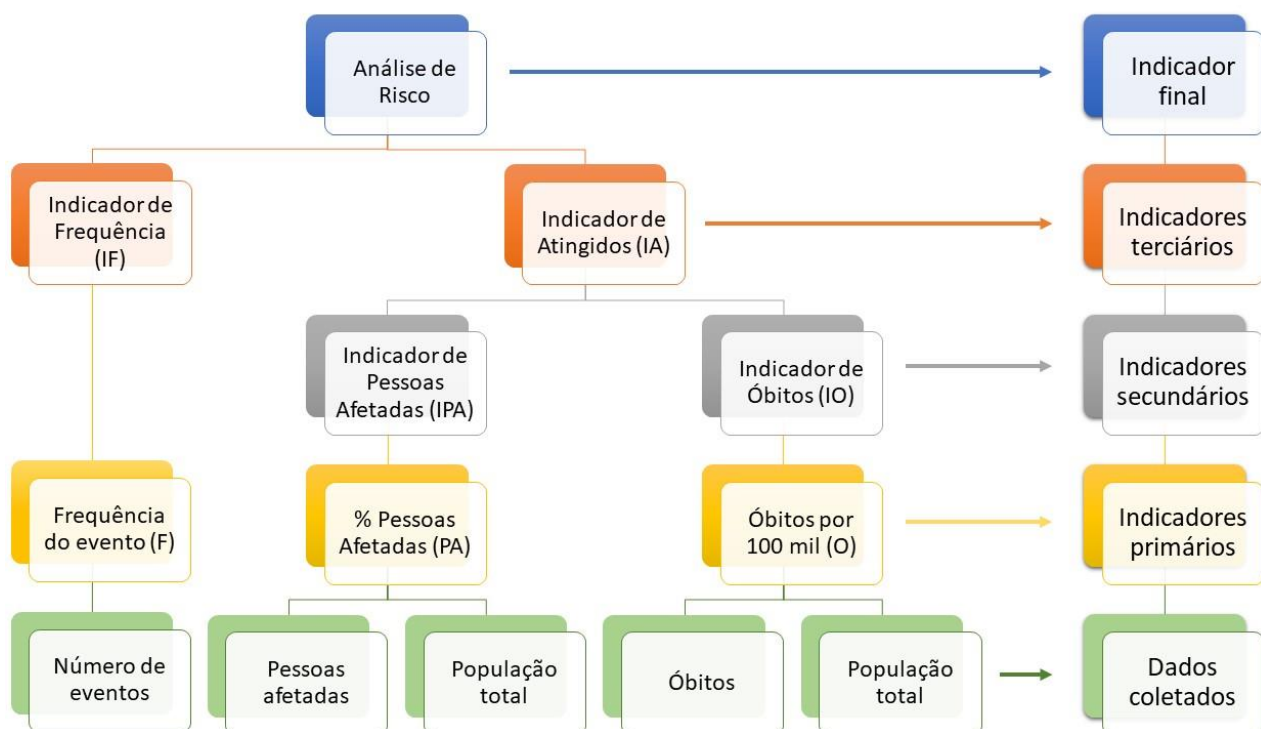
Dessa forma, utilizou-se nesse trabalho os dados de ocorrência de desastres organizados a partir dos relatórios da Defesa Civil do Paraná (SISDC, 2021). A escolha para utilização desses relatórios deu-se devido à facilidade de obtenção dos dados, já consolidados, com recorte municipal e com abrangência nacional.

¹ Pela Cobrade, o termo correspondente a enchentes seria inundações, ou seja, o transbordamento gradual ocasionado por chuvas prolongadas. O termo “enxurrada”, segundo a Cobrade, está associado ao escoamento superficial de alta velocidade e grande poder destrutivo, ocasionado por chuvas intensas e concentradas; e o termo “alagamento” refere-se ao acúmulo de água em ruas e calçadas pela insuficiência dos sistemas de drenagem urbana (Defesa Civil Paraná, s.d.).

As informações de população censitária (de 2010) para definição das cidades estudadas e a população estimada (demais anos) foram coletadas na Base de Dados do Estado (BDWeb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2021).

Para a construção dos indicadores, essa pesquisa utilizou uma abordagem indutiva quanti-qualitativa (Marconi & Lakatos, 2019). Em uma planilha eletrônica foram dispostos os dados de eventos ocorridos, população atingida e óbitos por tipo de desastre, agrupados em quatro categorias: tempestades extremas, ondas de calor, ondas de frio e enchentes. Após análise dos dados, foi criada a forma de agregação dos subindicadores e indicadores, como está mostrada na Figura 1. Todos os indicadores foram construídos para que variassem de 0,0 e 1,0.

Figura 1 - Pirâmide de agregação dos dados coletados em indicadores primários, secundários, terciários e final



Fonte: Autoras (2022).

Por observação da Figura 1, verifica-se que os dados de eventos anuais coletados foram transformados em frequência anual ($F_{i,x,y}$) por meio da equação 1.

$$F_{i,x,y} = \frac{\text{número de eventos}_{i,x,y}}{12 \text{ meses}} \quad (1)$$

Onde:

$F_{i,x,y}$ - frequência anual do evento i no município x no ano y ;

Número de eventos $_{i,x,y}$ - número de eventos i no município x no ano y ;

$i = 1$ – tempestades extremas

$i = 2$ – ondas de calor

$i = 3$ – ondas de frio

$i = 4$ – enchentes

Para o cálculo do Indicador de Frequência (IFI,x), os valores de Fi,x,y foram divididos em quatro categorias: menor que 0,249; entre 0,25 e 0,499; entre 0,5 e 0,749; e maior que 0,75. Assim, foram contados quantos Fi,x,y ficaram em cada categoria durante o período de 10 anos e o IFI,x foi calculado pela média ponderada da quantidade de eventos ocorridos nas faixas pré-definidas para cada cidade por meio da equação 2.

$$IFI_{i,x} = \frac{(NF1_{i,x} * 0,25) + (NF2_{i,x} * 0,50) + (NF3_{i,x} * 0,75) + (NF4_{i,x} * 1,0)}{10} \quad (2)$$

Onde:

IFI,x - indicador de frequência anual do evento i no município x para o período estudado de 10 anos;

NF1_{i,x} - número de ocorrências de frequências menores que 0,249 do evento i no município x para o período estudado de 10 anos;

NF2_{i,x} - número de ocorrências de frequências entre 0,25 e 0,499 do evento i no município x para o período estudado de 10 anos;

NF3_{i,x} - número de ocorrências de frequências entre 0,50 e 0,749 do evento i no município x para o período estudado de 10 anos;

NF4_{i,x} - número de ocorrências de frequências maiores que 0,75 do evento i no município x para o período estudado de 10 anos.

Com relação ao outro subindicador, nota-se pela Figura 1 que os dados de pessoas atingidas e óbitos foram transformados em indicadores primários, denominados PAi,x,y e Oi,x,y, respectivamente, para que pudessem ser comparados na escala espacial e temporal, como mostram as equações 3 e 4. O PAi,x,y expressam a porcentagem da população atingida por eventos hidrometeorológicos em cada ano em cada município e está de acordo com o sugerido pelo item 13.3 da NBR ISO 37.123 (porcentagem da população exposta a alto risco de ameaças naturais). Como a norma não menciona a forma de cálculo para óbitos, o Oi,x,y foi definido como o número de óbitos por 100 mil habitantes.

$$PA_{i,x,y} = \frac{\text{pessoas afetadas}_{i,x,y}}{\text{população total}_{i,x,y}} \quad (3)$$

$$O_{i,x,y} = \frac{\text{número de óbitos}_{i,x,y}}{\text{população total}_{i,x,y}} * 100.000 \quad (4)$$

Onde:

PA_{i,x,y} – porcentagem de pessoas afetadas pelo desastre i no município x no ano y;

O_{i,x,y} - número de óbitos por 100 mil habitantes pelo desastre i no município x no ano y.

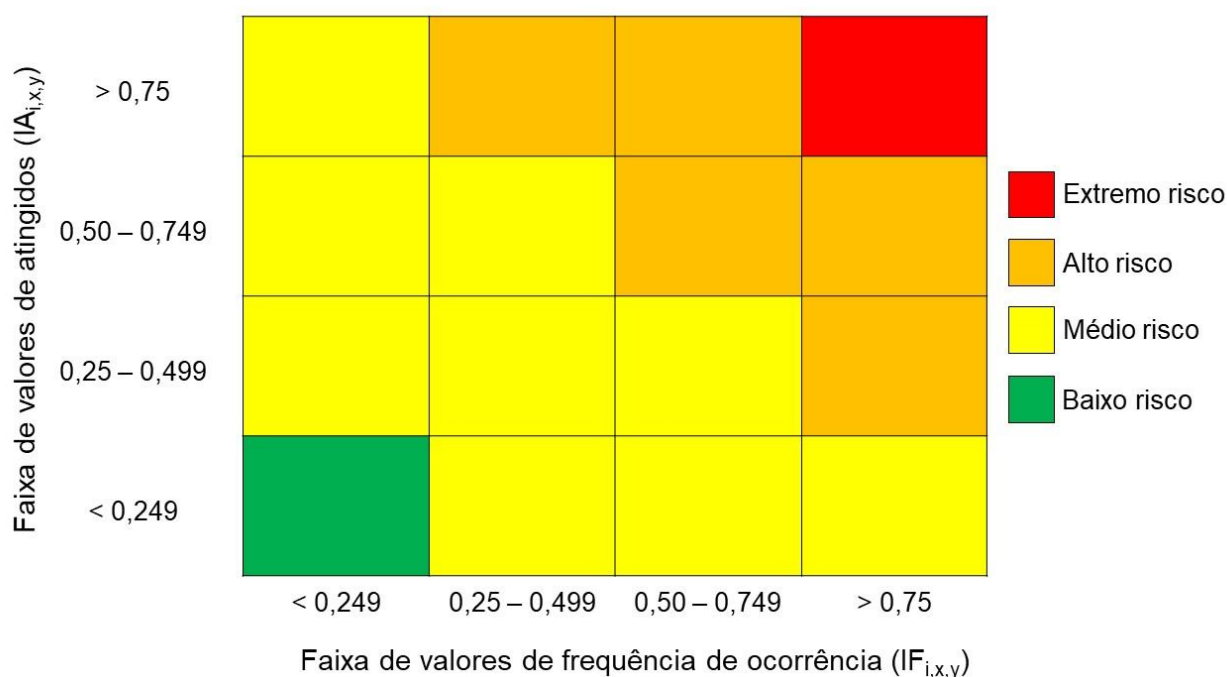
Pelo mesmo raciocínio e lógica do cálculo de IFI,x, foram calculados o Indicador de Pessoas Afetadas (IPAI,x) e o Indicador de Óbitos (IOI,x), com contagem de eventos de PAi,x,y e Oi,x,y em cada faixa definida e média ponderada, similar ao mostrado na Equação 2.

Para o cálculo do Indicador de Atingidos ($IA_{i,x}$), que expressa a severidade dos eventos, foram somados os indicadores secundários $IP_{Ai,x}$ e $IO_{i,x}$.

Com os indicadores terciários definidos ($IF_{i,x}$ e $IA_{i,x}$), foi determinada uma escala qualitativa dividida em quatro categorias de riscos: baixo, médio, alto e extremo. Para a análise dos riscos, foram usados os conceitos da norma ABNT ISO Guia 73 (ABNT, 2009). De acordo com a diretriz, o risco é a “combinação de consequências de um evento e a probabilidade de ocorrência associada” (ABNT, 2009, p. 1). A norma deixa explícito que a forma de mensurar as consequências (ou severidade) pode ser subjetiva, e que a frequência de ocorrência de um evento pode ser usada como medida de probabilidade.

Portanto, essa análise foi feita com base em gráficos de $IF_{i,x}$ (abscissa) por $IA_{i,x}$ (ordenada), observando as categorias, de forma que os riscos de desastres para cada evento para cada município pudesse ser avaliado como ilustra a Figura 2. Como exemplo, pode-se supor que se a frequência de ocorrência de um desastre for maior do que 0,75 e o valor de atingidos for menor do que 0,249, o risco do desastre é médio. Para a mesma faixa de frequência de ocorrência, se o valor de atingidos for entre 0,25 e 0,749, o risco é alto; e se o valor de atingidos for maior do que 0,75, o risco é extremo.

Figura 2 – Análise de riscos com base na faixa de valores de frequência de ocorrência ($IF_{i,x,y}$) e na faixa de valores de atingidos ($IA_{i,x,y}$)



Fonte: Autoras (2022).

Resultados e discussões

A primeira observação que pode ser feita após esse estudo é que a norma NBR ISO 37.123/2021 prevê o uso de dados que são complexos de serem adquiridos, ou carecem de estudos para sua aplicação no Brasil, devendo ser adaptada à realidade nacional quando possível.

Com relação aos eventos de tempestades extremas, a norma diz que “devem se referir aos eventos de precipitação em que 50 mm ou mais de chuva tenham caído sobre a cidade durante um período de 24h” (ABNT, 2021,

p. 20). A revisão de literatura feita por Balicki et al. (2020) evidencia que as tempestades extremas englobam os vendavais, o granizo e eventuais tornados, além de precipitação intensa em poucas horas. Os resultados dessa pesquisa também revelaram que, no Paraná, as tempestades extremas registradas pela Defesa Civil estão associadas à ocorrência de precipitação maior do que 200 mm no valor acumulado do dia anterior, somado ao do dia do evento e ao do dia posterior, e não apenas 50 mm durante 24 horas. Ou seja, há divergências entre o que a norma define com o que está descrito na literatura.

Sobre o termo enchente, a norma se refere a um excesso de água em terra normalmente seca por um longo prazo, com duração de, pelo menos, 72 horas. Para a Defesa Civil, entretanto, não há definição de ‘enchente’ em eventos hidrológicos e o mais semelhante a esse termo é a inundação, que não está atrelada a um período de tempo, pois é a:

submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (Defesa Civil Paraná, s.d, p. 2).

Para esse trabalho, foram realizadas comparações entre os riscos usando apenas os eventos de inundações e os riscos associados a inundações, enxurradas e alagamentos.

No que diz respeito aos eventos de calor e frio extremo, a norma se refere a um período de pelo menos três dias com condições climáticas excepcionalmente quentes ou frias, respectivamente. Ainda diz que é necessário usar o patamar de temperatura específico para o país, pois esse valor varia de acordo com a adaptação da população. Como a norma foi traduzida, só traz o patamar de temperaturas extremas para o Canadá (temperaturas maiores que 30°C e menores que -30°C) e para os Estados Unidos (temperaturas maiores que 32°C e menores que -29°C). No Brasil, a Cobrede não especifica um limite de temperatura, e categoriza como onda de calor “um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios” (Defesa Civil Paraná, s.d., p. 3). As ondas de frio, por sua vez, podem ser divididas em friagem, “período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano” (Defesa Civil Paraná, s.d., p. 4), e geada, “formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta (Defesa Civil Paraná, s.d., p. 4). Os estudos de Alves et al. (2017) mostraram que há divergências entre estudos para determinação de ondas de frio, da mesma forma que Geirinhas et al. (2018) e Bitencourt et al. (2016) para ondas de calor. De fato, em um país continental como o Brasil (e até como Estados Unidos) há grande diferença de adaptação da população de acordo com sua região de origem.

Como segunda observação, ao comparar a lista de municípios paranaenses que aderiram voluntariamente à Campanha MCR e os dezessete municípios abordados nesse estudo, verificou-se que apenas dois não participaram da campanha entre 2010 e 2020, Apucarana e Umuarama. Isso demonstra que a maioria dos gestores municipais estavam preocupados com o planejamento resiliente de suas cidades. Entretanto, ao aferir a lista da nova etapa da campanha para o período de 2020 a 2030 (MCR2030), percebe-se que apenas uma cidade do Paraná (Campo Largo) reafirmou o compromisso até o momento (MDR, 2021b). Como os municípios ainda podem fazer sua adesão, espera-se que os demais se engajem novamente.

Com relação aos resultados obtidos pela disposição dos dados nas figuras, observou-se que 98,5% dos eventos ocorridos no período foram referentes a tempestades, 0,9% foram por enchentes (apenas inundações), e 0,6% por ondas de frio. Não foram registradas ondas de calor no período.

Aqui é preciso acrescentar uma consideração importante: se a NBR 37.123 também englobasse os alagamentos e as enxurradas, que são eventos rápidos que ceifam vidas e trazem prejuízos econômicos, sociais e ambientais, a porcentagem de ocorrência no período seria alterada para 31,8% devido a eventos hidrológicos, com 67,8 % devido às tempestades, e 0,4% por ondas de frio.

A Figura 3 mostra o resumo da análise dos dados de tempestades extremas, inundações apenas, e alagamentos, enxurradas e inundações. Os valores nulos foram deixados sem número e sem cor para melhor visualização da figura.

Figura 3 – Resumo da análise de número de tempestades extremas, inundações e alagamentos, enxurradas e inundações nas cidades estudadas entre 2012 e 2021

	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		TOTAL	
Alm. Tamandaré	3	2	1	1	4	1	2	3	1	1	1	2	2	2	3	1	1	18	1	12		
Apucarana	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1		2	2	1	1	1		11		10		
Arapongas	1	1	1	1	1		2	1	2	3	1	3		2				13		6		
Araucária	9	2	2	1			3	1	2	1	1	4	1	1	1	3	2	1	1	21	15	
Cascavel	5				4		6	1	4		4	3	5	4	7	1	8	1	2	1	45	
Colombo						1	3	3	1	2	1	1	1	1	4	2	3				14	
Curitiba			16	9	5	6	8	4	5	5	6	3	3	3	9	2	3		2		57	
Foz do Iguaçu	4		1	4	2	4	6	1	3	1	4	2	8	2	5	3	3	3	4	2	39	
Guarapuava	4	3	5	3	1	3	6	2	3	4	3	2	6	1	5	1	5	1	1	1	39	
Londrina	1	1	1	1	1	1	7	1	1	2	4	3	4	2	11	1	6	1	4		40	
Maringá	5	1	5		13		10	4	5	2	10		7	2	5	1	6				66	
Paranaguá	2	4	2	1	5		1	2	2	2	3	2	1	4	2	1	1		1		19	
Pinhais	1	1	1	0	1	4	1		1		2	3		1	4		3	2	1	14	1	
Ponta Grossa	2	2	3	1	7	7	6	2	2	2	6	2	4		5	2	4	1	1	4	40	
S. J. Pinhais	3	1	2	2	2	1	4	1	6	3	5	1	4	5	1	6	1	4		1	38	
Toledo	3				2		1		1		2	1	3		1						13	
Umuarama	4	2	1		1		10	2	1	2	5	4	5	2	2	2	3				32	
TOTAL	49	2	23	40	2	25	49	29	77	30	40	28	61	1	36	60	28	72	21	55	11	

Legenda:

	número de tempestades
	número de inundações apenas
	número de alagamentos, enxurradas e inundações

Fonte: Autoras (2022).

No que concerne às tempestades, percebe-se que o ano de 2015 foi o que teve maior número de ocorrências para as cidades estudadas, 77 ao todo. Isso pode ser explicado pelos estudos de Balicki et al. (2020) e Ernst (2019), que demonstraram que 2015 foi um ano com grande anomalia climática global, com o fenômeno do El Niño de alta intensidade. O El Niño é caracterizado quando há “um aquecimento anormal nas águas do Pacífico Leste, costa do Peru e do Equador, nos meses de verão no Hemisfério Sul” (Ernst, 2019, p. 26). Esse episódio causa aumento na intensidade dos eventos meteorológicos. A cidade mais afetada por tempestades extremas foi Maringá, com 66 registros nos dez anos, seguida de Curitiba com 57 eventos. Para essas duas cidades, os anos com mais ocorrências foram 2013 (com 16 eventos anuais em Curitiba) e 2014 (com 13 eventos anuais em Maringá). Esses dois anos (2013 e 2014) também foram identificados por Balicki et al. (2020) como os de maiores eventos de chuvas intensas.

Com relação às enchentes, verificou-se que ocorreram 2 inundações em 2012 (uma em Pinhais e uma São José dos Pinhais), 2 em 2013 (uma em Almirante Tamandaré e uma em Foz do Iguaçu), e 1 em 2017 (São José dos Pinhais). Percebe-se que esses eventos não tiveram relação com os episódios de tempestades extremas.

Considerando os alagamentos, as enxurradas e as inundações, a cidade de Curitiba teve relação positiva com as tempestades, pois em 2013 ocorreram 9 eventos hidrológicos, o maior da série estudada. Por ser um município com 100% de grau de urbanização e com abundância de rios e córregos, Curitiba enfrenta problemas recorrentes com enchentes. Para minimizar os desastres, a prefeitura municipal desenvolveu o programa Curitiba Contra Cheias, com a implantação de vinte e uma obras e investimento de R\$ 49,5 milhões (Curitiba, 2020).

Com relação à porcentagem da população atingida e o número de óbitos, a Figura 4 apresenta um resumo dessa análise. Nota-se que a população atingida pode ser maior do que 100%, porque pode ter ocorrido mais de um evento anual com grande abrangência da população. Os valores menores que 0,1 não foram explicitados para melhor visualização da figura.

Figura 4 – Resumo da análise da população atingida e dos óbitos por tempestades extremas, por inundações, alagamentos e enxurradas nas cidades estudadas entre 2012 e 2021

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
Alm. Tamandaré	1,6 0,9		1,8	1,1 0,2			0,1 0,2	0,2	0,2		
Apucarana	0,1	0,1		1,0 0,2 2,9					0,1		
Arapongas	1,9		0,4		1,1			0,7			
Araucária	4,9	0,1 0,2		0,1	1,0 0,1	0,2	0,1 0,1 1	0,5 0,1	0,1	2,3	1
Cascavel	58,4		48,6	1,0	0,8	0,1	0,3	0,1	0,8		1
Colombo			0,1	0,1		0,3 0,1	0,1 0,1	0,9 0,3 1	1,0		1
Curitiba		21,1 0,5 1	0,9 2,3 1	0,1 0,5 0,2		0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	2
Foz do Iguaçu	117,3	0,7	0,6 8,2	33,7 0,6 0,5	0,4	2,3 0,9	0,2 4,2	0,5 1,6	0,4 0,1	69,9 0,2	
Guarapuava	17,8 0,1	22,7 0,2	94,7 0,4 3	0,2 0,1	0,4	0,2	0,9	0,5 0,6 1	0,2 0,1		3 1
Londrina	9,7	37,4 1,1		0,9 0,1	9,5	0,2	0,4 0,1	0,6			
Maringá	110,8	1,5	35,7	0,1	0,8 11,2 1		0,1 0,1		0,1		2
Paranaguá	0,6 0,2	0,4	0,1	0,1	0,4	1,1 19,2 1	1,8		0,3		1
Pinhais	7,3 0,7		12,3			2,2	15,3	3,5	0,1	0,3	
Ponta Grossa	0,8 0,1	0,1	0,2 0,1	1,2 0,1 0,2	0,3 0,1	0,1		0,1	0,2		
S. J. Pinhais	0,2 0,6	0,5 4,9 1	1,8	0,3 0,3 0,2 0,8	0,5			2,0	1,3		1
Toledo	0,1		0,1			0,1		0,1			
Umuarama	0,1 5,9	2,4	2,8	8,3 0,8	2,8	0,1 0,4	0,3 2,0		0,1		
TOTAL		2	5		1	1 1	1	2			

Legenda:

	% da população atingida por tempestades extremas
	% da população atingida por inundações, alagamentos e enxurradas
	óbitos por tempestades extremas
	óbitos por inundações, alagamentos e enxurradas

Fonte: Autoras (2022).

Pela observação atenta da Figura 4, correlacionando-a com a Figura 3, verifica-se que, apesar de terem ocorridos mais episódios de tempestades extremas em 2015, a maior abrangência ocorreu em 2012, quando a maioria da população foi atingida por mais de uma vez em Maringá e em Foz do Iguaçu. Neste ano, o total de 931.011 pessoas nas cidades estudadas foram afetadas por tempestades, entretanto não foram registrados óbitos em 2012. O maior número de mortes por tempestades ocorreu em 2014 (5 mortes no total, sendo 3 em Guarapuava; 1 em Curitiba e 1 em Maringá). Em Curitiba, outra morte aconteceu por tempestades em 2013, e em Maringá, houve mais uma morte

em 2016. São José dos Pinhais e Cascavel também registraram uma morte por tempestades no período, em 2013 e 2017, respectivamente.

No que se refere às enchentes, os dados mostraram que uma pequena parte das populações dos municípios foi afetada por inundações. Os municípios atingidos foram Pinhais (830 pessoas em 2012), São José dos Pinhais (200 pessoas em 2012, e 11 pessoas em 2017), Foz do Iguaçu (734 pessoas em 2013) e Almirante Tamandaré (20 pessoas em 2013). Nenhum óbito foi registrado. No entanto, ao considerar alagamentos e enxurradas, foram observadas uma morte em Paranaguá (2017), uma morte em Araucária (2018), e uma morte em Colombo e uma em Guarapuava em 2019. Pelo critério de inserir alagamentos e enxurradas além de inundações nos eventos hidrológicos, Londrina aparece como a cidade que mais teve habitantes atingidos em número absoluto: 52.777 pessoas em 2016 (9,5% da população) e mais de 110.000 em toda série. Em termos percentuais, Paranaguá teve o maior valor de atingidos, 19,2% em 2017.

De acordo com Tominaga et al. (2009), a ocorrência e a magnitude de inundações, alagamentos e enxurradas em ambientes urbanos estão associadas às condições atmosféricas, hidrológicas e de drenagem. Quanto maior a intensidade da precipitação ou sua duração, quanto maior a impermeabilização do solo, quanto maior ocupação em fundos de vale e quanto menor a capacidade de drenagem, mais suscetível a inundações, alagamentos e enxurradas é a região. Portanto, esses eventos hidrológicos não estão associados apenas aos eventos meteorológicos.

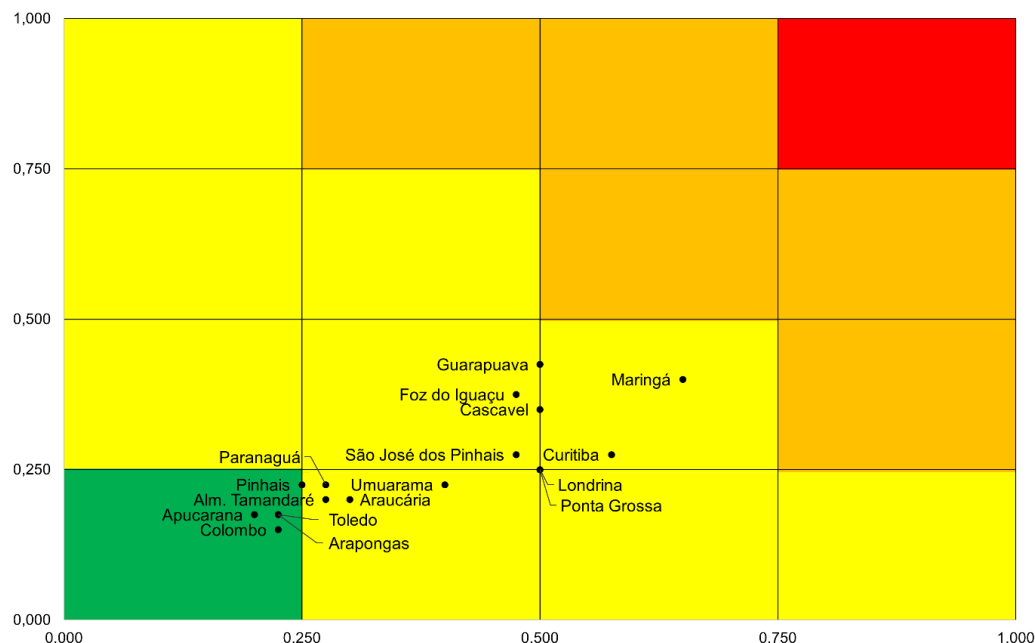
Com que concerne às ondas de frios, foram percebidos 3 eventos durante toda a série. Em 2013 foi registrado que 100% da população de Guarapuava foi afetada por friagem (180 mil habitantes), e em 2021, 0,44% da população de Londrina (2.584 habitantes da zona rural) sofreu por geada.

Com relação ao total da população atingida, a Defesa Civil registrou 3,012 milhões de pessoas afetadas nas cidades estudadas pelos eventos hidrometeorológicos pesquisados (incluindo alagamentos e enxurradas) durante o período de 10 anos. Desse total, 79,8% foram afetados por tempestades, 13,7% por enchentes, e 6,5% por ondas de frio. Percebe-se que a população é mais vulnerável aos acontecimentos meteorológicos do que os hidrológicos, pois esses últimos podem ser minimizados por intervenções antrópicas locais, como obras de drenagem, preservação de áreas verdes, proibição de ocupação em áreas de manancial, disposição correta de resíduos sólidos, entre outros (Tominaga et al., 2009).

Das 17 cidades pesquisadas, as que tiveram menos ocorrências de tempestades extremas (chuvas intensas, vendaval, granizo e tempestade de raios) foram Apucarana, Arapongas e Toledo. Com relação aos eventos hidrológicos (inundação, alagamento e enxurradas), essas mesmas cidades e Colombo foram que tiveram menos eventos. Se essa mesma análise fosse feita pelos critérios da ISO NBR 37.123, sete cidades não teriam registros de tempestades, enchentes ou ondas de frio e calor: Apucarana, Arapongas, Araucária, Colombo, Maringá, Paranaguá e Toledo. Entretanto, não é possível dizer que essas cidades são resilientes a eventos hidrometeorológicos como pretende a norma, pois percebeu-se que pela simples tradução da norma internacional e pela tentativa de simplificar a coleta de dados, foi provocada uma redução considerável na confiabilidade dos resultados.

Por meio da metodologia desenvolvida, chegou-se, finalmente, à análise de riscos para as cidades estudadas. O gráfico da Figura 5 mostra esses resultados para tempestades extremas.

Figura 5 – Análise do risco de tempestades extremas nas cidades estudadas



Legenda:

Extremo risco Alto risco Médio risco Baixo risco

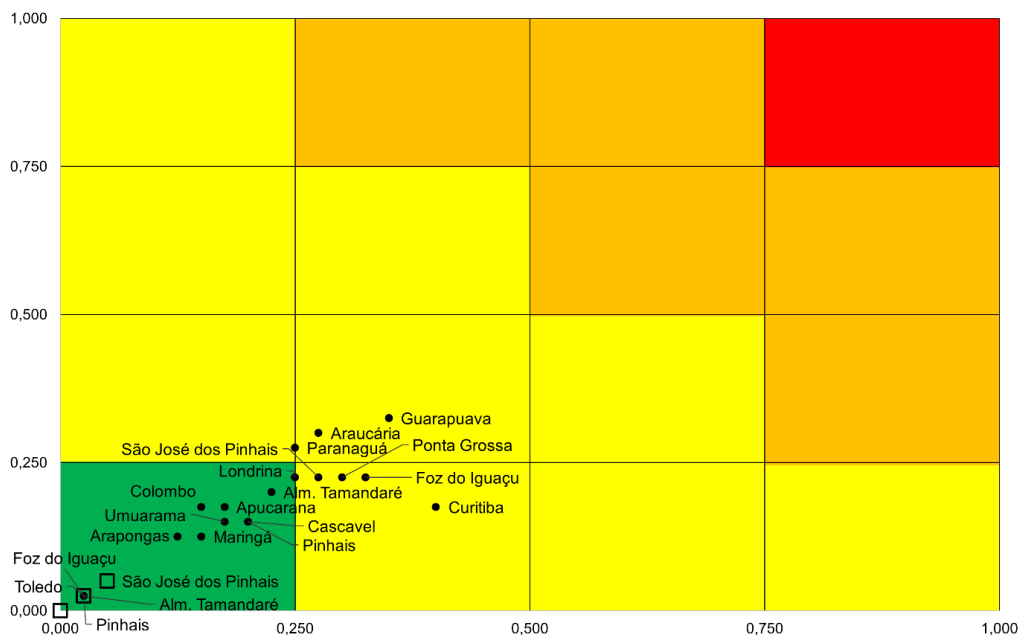
Fonte: Autoras (2022).

Pela observação da Figura 5, percebe-se que nenhuma cidade apresentou extremo risco para ocorrências de tempestades extremas, levando em consideração chuvas intensas, vendavais, granizo e tornados nos últimos dez anos. As cidades de Pinhais, Toledo, Arapongas, Colombo e Apucarana tiveram avaliação de baixo risco. As demais, estão na faixa do médio risco para tempestades extremas, sendo que Maringá e Guarapuava são as que mais ficaram perto de chegar a alto risco.

Uma vez identificado esse risco de desastre, devem-se seguir as orientações do Marco de Sendai para o fortalecimento da governança do risco: “prevenção, mitigação, preparação, resposta, recuperação e reabilitação” (UNDRR, 2020, p. 12). De acordo com o documento, a prevenção para tempestades somente será possível pelo esforço conjunto de todas as nações para conter o aquecimento global. Para a mitigação e a preparação, o marco propõe alocação de recursos para construções e reformas estáveis, com promoção de uma cultura de manutenção, principalmente em escolas e hospitais. Os gestores municipais e instituições de ensino também devem divulgar informações a respeito de como se proteger nessas situações e, se possível, realizar treinamentos, como disseminado por Hornes et al. (2019). Já para a resposta, recuperação e reabilitação, a declaração fala em elaboração de planos de contingência e a ONU (2012, p. 55-56) assegura que “reconstruir é uma oportunidade de construir melhor e aprimorar o desenvolvimento”, e recomenda “incluir a população afetada na definição de necessidades”.

A Figura 6 apresenta a análise de risco para enchentes nas cidades estudadas por dez anos. Devido a divergências entre a literatura e a NBR 37.123, foram calculados os riscos para apenas inundações (quadrados) e para a soma de inundações, alagamentos e enxurradas (círculos). As cidades que tiveram como coordenadas (0,0) não aparecem no gráfico.

Figura 6 – Análise do risco de enchentes nas cidades estudadas



Legenda:

- resultados usando apenas dados de inundações
- resultados usando dados de inundações, alagamento e enxurradas

Extremo risco
 Alto risco
 Médio risco
 Baixo risco

fonte: Autoras (2022).

Assim como constatado na Figura 5, a Figura 6 não evidencia nenhuma cidade com risco extremo para ocorrências de enchentes nos últimos dez anos. Pela análise apenas das inundações, verifica-se que só foi possível calcular o risco, e este se mostrou baixo, para as cidades de São José dos Pinhais, Almirante Tamandaré, Foz do Iguaçu e Pinhais. Os símbolos podem confundir a princípio, mas a cidade de Toledo, na análise por inundações, teve risco nulo, e aparece no gráfico com risco baixo se for levado em conta os alagamentos e as enxurradas, juntamente com Araçongas, Maringá, Umuarama, Cascavel, Pinhais, Colombo, Apucarana, Almirante Tamandaré e Londrina. As demais cidades apresentaram risco médio por alagamentos e enxurradas.

De acordo com a ONU (2012), cada cidade tem um cenário diferente para enfrentar os desastres hidrológicos, porém, conforme Tominaga et al. (2009), são necessários três momentos de enfrentamento para essas situações: prevenção (antes), emergência (durante) e reconstrução (depois).

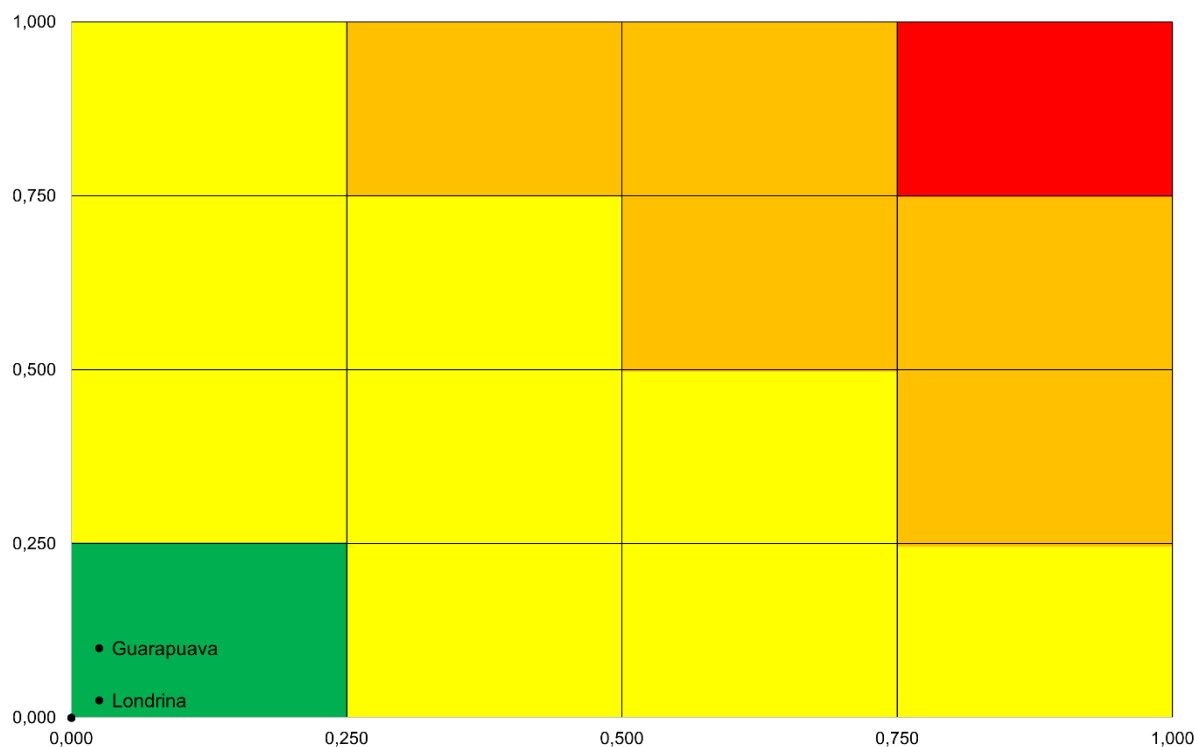
A prevenção consiste em aumentar a permeabilidade do solo em áreas densamente urbanizadas, fiscalizar as áreas de preservação permanente para que não sejam ocupadas e promover ações de educação ambiental para toda a população (Tominaga et al., 2009). É certo que as medidas estruturais de engenharia também são fundamentais para a resiliência urbana contra esses eventos, além de medidas não estruturais, como os mecanismos legais, a prevenção por meio de alerta, seguros e capacitação da população e profissionais (Tucci, 2012). A infraestrutura verde também está se destacando para a prevenção desses eventos, pois fortalece o uso e a gestão sustentável dos ecossistemas e implementa abordagens integradas de gestão ambiental e de recursos naturais (UNDRR, 2020). Como exemplos, podem ser citados os sistemas de drenagem sustentáveis, as valas biorretentoras, os canteiros ou jardins

de chuva, as bacias de detenção, as bacias de retenção, as paredes verdes, os telhados verdes, as calçadas e as ruas permeáveis e as hortas urbanas, entre outros (Singapura, 2018). De igual importância, destaca-se a instalação, obrigatória ou não, de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais nas edificações, já regulamentada em Estados e cidades brasileiras (Silva & Borja, 2017; PCS, 2021).

Durante os eventos hidrológicos, Tominaga et al. (2009) destacam a função do plano e contingência, que envolve alarmes, treinamentos e intervenções de equipes de salvamento. Como último momento, na etapa de reconstrução, os mesmos autores sugerem a avaliação das áreas atingidas para redefinição de zonas restritivas para o uso e ocupação do solo, bem como (re)construção das obras de contenção.

Com relação à análise de risco para ondas de frio, a Figura 5 ilustra os resultados. Percebe-se que apenas Guarapuava e Londrina foram avaliadas com baixo risco à friagem e a geadas durante o período, pois as demais cidades tiveram coordenadas (0,0) e não aparecem no gráfico. Para proteger a população de ondas de frio, as construções precisam ser salubres e sustentáveis, como ensina Heywood (2017), com aproveitamento da energia do sol, uso de materiais adequados e cobertura verde, por exemplo. Para as áreas rurais, Assad et al. (2019) sugerem a integração lavoura-floresta (ILF), que consiste no consórcio de espécies arbóreas, nativas ou exóticas, com cultivos agrícolas anuais ou perenes. Os autores afirmam que “os benefícios ambientais principais seriam a ação dos polinizadores, a conservação da água e a termorregulação, que evita ondas de calor ou de frio extremo” (Assad et al., 2019, p. 16).

Figura 7 – Análise do risco de ondas de frio nas cidades estudadas



Legenda:

■ Extremo risco
 ■ Alto risco
 ■ Médio risco
 ■ Baixo risco

Fonte: Autoras (2022).

Pela análise das Figuras 5, 6 e 7, foi elaborado o Quadro 2 com o resumo dos riscos associados aos desastres estudados em cada cidade com mais de 100 mil habitantes, levando em consideração o horizonte dos últimos dez anos.

Pela observação do Quadro 2, nota-se que as cidades que mais necessitam de planos de contingência são Araucária, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Paranaguá, Ponta Grossa e São José dos Pinhais, pois apresentaram risco médio para tempestades extremas e para enchentes pela metodologia proposta. A cidade de Guarapuava ainda precisa se preocupar com ondas de frio devido à sua situação geográfica.

A campanha internacional MCR2030 é uma excelente opção para as cidades se engajarem e adquirirem aprendizado com as experiências de outras localidades. De acordo com a ONU, as cidades que aderiram à campanha “tiveram maior progresso na redução do risco de desastres do que as cidades que não passaram por um processo semelhante de conscientização” (UNDRR, 2021a, p. 3). Das cidades estudadas, Apucarana e Umuarama não aderiram à primeira campanha, o que torna urgente a participação na MCR2030.

Quadro 2 – Resumo dos riscos associados aos desastres estudados para cada cidade do Paraná com mais de 100 mil habitantes

Localidade	Risco por tempestades extremas	Risco por enchentes (inundações, alagamentos e enxurradas)	Risco por ondas de frio
Almirante Tamandaré	Médio	Baixo	Nulo
Arapongas	Baixo	Baixo	Nulo
Apucarana	Baixo	Baixo	Nulo
Araucária	Médio	Médio	Nulo
Cascavel	Médio	Baixo	Nulo
Colombo	Baixo	Baixo	Nulo
Curitiba	Médio	Médio	Nulo
Foz do Iguaçu	Médio	Médio	Nulo
Guarapuava	Médio	Médio	Baixo
Londrina	Médio	Baixo	Baixo
Maringá	Médio	Baixo	Nulo
Paranaguá	Médio	Médio	Nulo
Pinhais	Médio	Baixo	Nulo
Ponta Grossa	Médio	Médio	Nulo
São José dos Pinhais	Médio	Médio	Nulo
Toledo	Baixo	Baixo	Nulo
Umuarama	Médio	Baixo	Nulo

Fonte: Autoras (2022).

Além disso, como ação obrigatória, o recente Decreto nº 10.692, de 3 de maio de 2021, instituiu o Cadastro Nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos. Por meio desse instrumento legal, os municípios podem solicitar inscrição no cadastro ou serem indicados por órgãos do Estado ou da União, e podem “receber recursos financeiros para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta, e de recuperação em áreas atingidas por desastres” (Brasil, 2010). Para a inscrição, é necessário um inventário elaborado por órgãos ou entidades federais, estaduais, municipais ou agentes privados (Brasil, 2021b).

Após cadastrados, os municípios devem, entre outras ações, elaborar mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de desastres hidrometeorológicos e correlatos, e elaborar plano de contingência de proteção e defesa civil (Brasil, 2014).

O teor legal do Decreto nº 10.692 já estava previsto no Estatuto das Cidades, em vigor há vinte anos, que inclusive deu origem à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012 (Brasil, 2012).

Retroagindo no tempo, o Estatuto das Cidades estabeleceu diretrizes gerais da política urbana em decorrência da necessidade de regulamentação dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que remonta de 1988. Portanto, houve um hiato de 33 anos, e muitas perdas sociais, econômicas e ambientais, para que as populações mais suscetíveis aos desastres naturais hidrometeorológicos e correlatos pudessem estar assistidas como rege a Constituição Federal. Jatobá (2011, p. 147) lembra que “a redução de desastres ambientais nas áreas urbanas deve ser uma combinação de mais investimento em obras de prevenção a riscos com mais investimento na ampliação da estrutura de oportunidades das populações mais vulneráveis nas cidades”.

Conclusões

Após o estudo realizado, pôde-se concluir que a metodologia proposta é de fácil aplicação, uma vez que os dados sejam coletados nos relatórios digitais da Defesa Civil. Por meio da pesquisa, chegou à conclusão de que Araucária, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Paranaguá, Ponta Grossa e São José dos Pinhais são as cidades com mais de 100 mil habitantes que mais precisam se preparar para tempestades extremas, inundações, alagamentos e enxurradas. Além disso, Guarapuava tem propensão a ondas de frio e Maringá tem tendência a fortes tempestades.

Outra constatação desse artigo é que a NBR ISO 37.123/2021 precisa de adaptações à realidade brasileira para que possa ser corretamente aplicada com relação à resiliência urbana por meio de indicadores de desastres hidrometeorológicos. Sugere-se que a adequação seja feita com o que já está determinado pela Defesa Civil.

Aliás, a norma se restringe aos eventos extremos de tempestades, calor, frio e enchentes, e a Cobrede classifica os desastres naturais em 16 tipos geológicos, 3 hidrológicos, 11 meteorológicos, 5 climáticos e 8 biológicos. Como essa pesquisa seguiu a primeira prioridade de ação do Marco de Sendai, a compreensão do risco de desastres, recomenda-se, para trabalhos futuros, a utilização da metodologia usando todas as categorias de desastres e ampliando para todas as cidades do Paraná, bem como para outras cidades do país.

Outras pesquisas podem ser realizadas avançando nas prioridades do Marco de Sendai, como identificar a governança do risco de desastres para seu gerenciamento, verificar o investimento na redução do risco de desastres para aumento de resiliência, investigar melhorias na preparação para enfrentar desastres em localidade acometidas e averiguar se a reconstrução dos ambientes ocorreu de forma melhorada.

No geral, sugere-se que todos os municípios, independentemente de seu porte, de sua densidade populacional, de suas características hidrometeorológicas ou geológicas, elaborem e implementem planos de contingência de proteção e defesa civil que, segundo o Marco de Sendai, devem possuir ações para “prevenção, mitigação, preparação, resposta, recuperação e reabilitação” (UNDRR, 2020, p. 12). Ainda se recomenda que os municípios façam parte da campanha MCR2030 para que experiências possam ser compartilhadas.

Como o aquecimento global tende a agravar os problemas hidrometeorológicos nas cidades, sobretudo nas maiores e mais populosas, é de extrema importância que os gestores estejam atentos a medidas de resiliência adotadas internacionalmente e às leis nacionais para a proteção da sustentabilidade nos ambientes urbanos.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste artigo está disponível no SciELO DATA e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.8MRDMF>

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009). *ISO Guia 73: gestão de riscos – vocabulário*. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT (2017). ABNT NBR ISO 37100: cidades e comunidades sustentáveis – vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT (2021). ABNT NBR ISO 37123: cidades e comunidades sustentáveis – indicadores para cidades resilientes. Rio de Janeiro: ABNT.

Alves, M. P. A.; Silveira, R.; Bitencourt, D. P.; & Franke, A. E. (2017). Onda de frio? Análise de diferentes métodos de identificação. *Revista Brasileira de Climatologia*, 13(21), 295-312. <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/54821/33652>.

Assad, E. D.; Costa, L. C.; Martins, S.; Calmon, M.; Feltran-Barbieri, R.; Campanili, M.; & Nobre, C. A. (2019). Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas. WRI Brasil. Recuperado em 29 de novembro de 2021, de https://wribrasil.org.br/sites/default/files/AF_WRI_WorkingPaper_MudancasClimaticas_ajustado_DIGITAL_23junho.pdf.

Balicki, M.; Andrade, A. R.; & Hornes, K. L. (2020). Gênese e impacto de tempestades severas no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 16(26), 479-498. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.71335>.

Bitencourt, D. P.; Fuentes, M. V.; Maia, P. A.; & Amorim, F. T. (2016). Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4), 506-517. <https://doi.org/10.1590/0102-778631231420150077>.

Brasil (2021a). *Estatísticas: População brasileira chega a 213,3 milhões de habitantes, estima IBGE*. Recuperado em 20 de novembro de 2021, de <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge>.

Brasil (2021b, 04 de maio). *Decreto nº 10.692, de 3 de maio de 2021*. Institui o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos. Brasília: Diário Oficial da União.

Brasil (2010, 02 de dezembro). *Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010*. Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

Brasil (2012, 11 de abril). *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

Brasil (2014, 03 de junho). *Lei nº 12.983, de 2 de junho de 2014*. Altera a Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para dispor sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco e de resposta e recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil, e as Leis nºs 10.257, de

10 de julho de 2001, e 12.409, de 25 de maio de 2011, e revoga dispositivos da Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010. Brasília: Diário Oficial da União.

Cabral, L. N.; & Cândido, G. A. (2019). Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. *Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, 1-13. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO08>.

CNN Brasil (2021). *Os desastres naturais que impactaram o mundo recentemente*. Recuperado em 29 de maio de 2023, de <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/os-desastres-naturais-que-impactaram-o-mundo-recentemente/>.

Curitiba, Prefeitura Municipal. (2020). *Curitiba Contra Cheias avança e minimiza risco de enchentes*. Recuperado em 07 de novembro de 2021, de <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-contra-cheias-avanca-e-minimiza-risco-de-enchentes/56844>.

Defesa Civil Paraná. (s.d.). *COBRADE: Classificação e Codificação Brasileira de Desastres*. Recuperado em 21 de outubro de 2021, de http://www.defesacivil.pr.gov.br/sites/defesa-civil/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/Cobrade_comsimbologia.pdf.

Ernst, M. F. (2019). *Anomalias de temperatura no sul do Brasil nos 4 anos mais quentes dos últimos 100 anos*. (Monografia). Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Geirinhas, J. L.; Trigo, R. M.; Libonati, R.; & Peres, L. F. (2018). Caracterização climática de ondas de calor no Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ*, 41(3), 333-350. https://doi.org/10.11137/2018_3_333_350.

Gil, A.C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa* (6a. ed.). São Paulo: Atlas.

Gonçalves, C. (2017). Regiões, cidades e comunidades resilientes: novos princípios de desenvolvimento. *Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 9(2), 371-385. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.002.AO15>.

Heywood, H. (2017). *101 regras básicas para edificações e cidades sustentáveis*. São Paulo: Gustavo Gili.

Hornes, K.; Bischof, A.; & Schröder, M. (2019). Preparação para resiliência em tempestades severas: experiências em Marechal Cândido Rondon. *International Journal of Environmental Resilience Research and Science*, 1(1), 106-119. <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v1i1.25761>.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES (2021). *Base de Dados do Estado: BDEweb*. Recuperado em 21 de outubro de 2021, de <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change – IPCC (2014). *2014: impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf.

IPCC (2021). *Climate change 2021: the physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf.

Jatobá, S. U. S. (2011). Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, 5, 141-148. http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf.

Klug, L. (2018). Resiliência e ecologia urbana. In M. A. Costa.; M. T. Q. Magalhães; & C. B. Favarão (Eds.). *A nova agenda urbana e o Brasil: insumos para sua construção e desafios a sua implementação* (p. 83-9). Brasília: Ipea.

Marconi, M. A.; & Lakatos, E. M. (2019). *Fundamentos de metodologia científica* (8a. ed.). São Paulo: Atlas.

Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR (2021a). *Cidades brasileiras participantes da Campanha Construindo Cidades Resilientes 2010/2020*. In *Construindo cidades resilientes 2030*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/defesa-civil-no-brasil-e-no-mundo-1/cidades_resilientes_2010_2020_lista_participantes.pdf.

MDR (2021b). *Participação brasileira na campanha Construindo Cidades Resilientes 2030 (MCR 2030)*. In *Construindo cidades resilientes 2030*. Recuperado em 14 de janeiro de 2022, de https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/1_lista_municipios_aderiram_MCR_20211109.pdf.

Ministério do Meio Ambiente – MMA (2021). *Desastres no contexto da mudança do clima*. AdaptaClima. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <http://adaptaclima.mma.gov.br/desastres-no-contexto-da-mudanca-do-clima>. Acesso em 21 nov. 2021.

Nações Unidas Brasil (2021). *Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>.

Nobre, C. A. (2018). Mudanças climáticas e cidades. In *Diálogos Interdisciplinares sobre Governança Ambiental da Macrometrópole Paulista* [palestra de abertura]. São Paulo: FAPESP. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de https://fapesp.br/eventos/2018/11685/02_9h45_Carlos_Nobre_SP_Mud_clim_cidades_28Maio2018.pdf.

Organização das Nações Unidas – ONU (2012). *Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos locais*. Genebra: ONU. Recuperado em 22 de novembro de 2021, de <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/como-construir-cidades-mais-resilientes-um-guia-para-gestores-publicos-locais/#:~:text=Este%20Guia%20foi%20formatado%20inicialmente,de%20desastres%20e%20de%20resili%C3%Aancia>.

Organizações das Nações Unidas – ONU News (2019). *ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>.

Programa Cidades Sustentáveis – PCS (2021). *Sistema de aproveitamento de água de chuva reduz consumo e ajuda na educação ambiental*. Recuperado em 13 de outubro de 2022, de <https://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/307>.

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD (2015). *Tabela 261: população residente, por situação, sexo e grupos de idade*. Recuperado em 20 de novembro de 2021, de <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/261>.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2019). *Cidades resilientes e sustentáveis*. Centro Sebrae de Sustentabilidade. Cuiabá: Sebrae. Recuperado em 29 de maio de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/337683106_Cidades_Resilientes_e_Sustentaveis.

Silva, A. R.; & Borja, P. C. (2017). *Aproveitamento de água de chuva no Brasil: avanços e limitações dos aspectos legais*. In: Congresso ABES FENASAN 2017. Recuperado em 13 de outubro de 2022, de <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/08/agua-chuva-brasil-avancos-limitacoes.pdf>.

Singapura (2018). *ABC waters design guidelines* (4a. ed.). Singapura: Public Utilities Board.

Sistema Informatizado de Defesa Civil – SISDC (2021). *Relatório de ocorrências*. Recuperado em 21 de outubro de 2021, de http://www.sisdc.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp.

Tominaga, L. K.; Santoro, J.; & Amaral, R. (org.). (, 2009), *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico.

Tucci, C. E. M. (2012). *Gestão da drenagem urbana*. Brasília: CEPAL/IPEA.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR (2015). *Marco de Sendai para a redução do risco de desastres 2015-2030*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkportunofficialf%5B1%5D.pdf.

UNDRR (2020). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>.

UNDRR (2021a). *History of Making Cities Resilient (MCR)*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <https://mcr2030.undrr.org/who-we-are/history>.

UNDRR (2021b). *The ten essentials for Making Cities Resilient*. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <https://mcr2030.undrr.org/ten-essentials-making-cities-resilient>.

United Nations Environment Programme – UNEP (2021). *Adaptation gap report 2021: the gathering storm: adapting to climate change in a post-pandemic world*. Nairobi. Recuperado em 21 de novembro de 2021, de <https://unepdtu.org/publications/adaptation-gap-report-2021-the-gathering-storm/>.

Editor responsável: Luciene Pimentel da Silva

Recebido: 29 jun. 2022

Aprovado: 26 abr. 2023