

Mudanças climáticas e desastres: análise das desigualdades regionais no Brasil

Climate Change and Disasters: analysis of the Brazilian regional inequality

Letícia Palazzi Perez^a

Saulo Rodrigues-Filho^b

José Antônio Marengo^c

Diogo Victor Santos^d

Lucas Mikosz^e

^a Professora visitante na Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, João Pessoa, PB, Brasil
End. Eletrônico: leticia.palazzi@gmail.com

^b Professor da Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, DF, Brasil
End. Eletrônico: srodrigues@unb.br

^c Pesquisador titular e Coordenador-Geral de Pesquisa e Desenvolvimento no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, Cemaden, São José dos Campos, SP, Brasil
End. Eletrônico: jose.marengo@cemaden.gov.br

^d Supervisor de Vulnerabilidade e Adaptação no âmbito da Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, MCTI, Brasília, DF, Brasil
End. Eletrônico: diogo.santos@mctic.gov.br

^e Analista de Infraestrutura no Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres, Cenad, Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, Brasil
End. Eletrônico: lucas.mikosz@gmail.com

doi:10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33813

Received: 30/08/2020
Accepted: 10/11/2020

ARTICLE – DOSSIER

Os dados e os resultados apresentados nesta publicação foram desenvolvidos no âmbito do projeto “Quarta Comunicação Nacional e Relatórios de Atualização Bienal do Brasil à Convenção do Clima”, coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, por meio dos recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente, aos quais oferecemos nossos agradecimentos.

RESUMO

Uma das principais consequências das mudanças climáticas no Brasil é o aumento dos extremos de chuva, que causa desastres hidrometeorológicos. A dimensão continental brasileira, as características regionais dos biomas e a desigualdade socioeconômica são fatores condicionantes dos impactos dos eventos extremos no País. Este trabalho analisa a vulnerabilidade socioeconômica e de infraestrutura urbana brasileira, aliada à exposição da população, de maneira regional, a partir de desastres já observados e dos cenários futuros para a ocorrência de extremos chuvosos. Como resultados, aponta que as mudanças climáticas impactam diferentemente as grandes regiões brasileiras, em função da densidade populacional e da baixa qualidade dos serviços de infraestrutura urbana.

Palavras-chave: Desastres. Mudanças Climáticas. Desigualdade Social. Infraestrutura Urbana.

ABSTRACT

One of the main consequences of climate change in Brazil is the increase in the occurrence of extreme rainfall, which in turn trigger Hydrometeorological disasters; the Brazilian continental dimension, the regional characteristics of biomes and socioeconomic inequality are conditioning factors for the impacts of extreme events in the country. This work analyzes Brazil's socioeconomic and urban infrastructure vulnerability, combined with the regional exposure of the population, based on disasters observed and future scenarios for the occurrence of rainfall extremes. As a result, it points out that climate change impact differently on large Brazilian regions, due to population density and the poor quality of urban infrastructure services.

Keywords: Disasters Climate. Change Social. Inequality. Urban Infrastructure.

1 INTRODUÇÃO

Uma das consequências das mudanças climáticas é a alteração no regime de chuvas e aumento na frequência e intensidade de eventos extremos de clima (IPCC, 2014; MARENGO, 2010; PBMC, 2014). Eventos climáticos extremos, como chuvas, secas ou ondas de calor, caracterizam-se por ocorrerem em intensidade, duração ou temporalidade anormais ao estado climático médio (MARENGO, 2009), e são fenômenos naturais, que desencadeiam desastres quando trazem impactos à sociedade (TOMINAGA et al., 2009).

As chuvas extremas de alta intensidade e curta duração causam alagamentos, enxurradas e inundações; as chuvas extremas de média intensidade e longa duração encharcam o solo; e a subsequente ocorrência de chuvas de curta duração e alta intensidade, com o solo já encharcado, causa os deslizamentos (TOMINAGA et al., 2009), afetando também a saúde da população, pois causam óbitos, deixam pessoas feridas, desabrigadas, e aumentam o risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica (HACON et al., 2018).

As ondas de calor estão, por exemplo, associadas ao aumento das taxas de estresse e insolação, e exacerbação das doenças cardiovasculares (HACON et al., 2018; PBMC, 2014). Já a escassez de chuvas determina os períodos normais de estiagem, mas o prolongamento desses períodos, intensificados pelo aumento da temperatura, caracterizam as secas (MARENGO et al., 2019, 2020; TOMINAGA et al., 2009).

Especificamente em relação aos desastres hidrometeorológicos, desencadeados pelos eventos extremos de chuva, segundo a EM-DAT, base de dados do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (Cred), entre 1980 e 2000 foram registradas 1.828 ocorrências mundiais do tipo *flood* ou *landslide*, e entre 2001 e 2019, 3.550 ocorrências mundiais. O impacto dos extremos chuvosos não afeta todos da mesma maneira. Dados da EM-DAT, apresentados no relatório das Nações Unidas sobre pobreza e perdas causadas por desastres (UNISDR, 2018), mostram que, entre 1998 e 2017, em países

pobres, uma média de 130 pessoas por milhão morreram afetadas por desastres, enquanto essa média cai para 18 em países ricos.

Outro dado importante é que, segundo o relatório da *United Nations Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2019)*, mais de 50% da população mundial vive em áreas urbanas, até 2050 esse percentual deve aumentar para 75%, e é exatamente nas cidades que se concentram as populações mais afetadas por eventos extremos de clima.

Nas cidades, sistemas de drenagem de águas pluviais são utilizados há séculos para diferentes propósitos, entre os quais a contenção de alagamentos é um deles (BURIAN; EDWARDS, 2002). Kita (2017) e Tucci (2008) apontam o saneamento ambiental como elemento essencial da infraestrutura urbana. Tucci (2008) coloca que a ocupação de áreas de várzeas e encostas e a impermeabilização do solo sem infraestruturas de drenagem suficiente para captar a água das chuvas desencadeiam os processos de alagamentos, inundações, enxurradas e enchentes, além de deslizamentos de terra e movimentos de massa.

O Brasil tem presença histórica de assentamentos informais, sem infraestrutura urbana (MARICATO, 2009), com cidades segregadas socioespacialmente, e é justamente nas áreas de baixa ou nenhuma infraestrutura urbana que reside a população mais pobre e vulnerável economicamente (MARICATO, 2003a, 2003b, 2009), o que torna as cidades brasileiras ainda mais vulneráveis às mudanças climáticas.

A redução de risco de desastres no Brasil inclui monitoramento e emissão de alertas, atribuição do Cemaden; e o gerenciamento do risco de desastres, atribuição do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad), da Defesa Civil nacional, estadual e municipal, do Serviço Geológico do Brasil e do IBGE. Inclui ainda a política de provisão habitacional¹ e a elaboração de instrumentos de planejamento do desenvolvimento urbano e gestão das áreas de risco.

Entende-se que, para além das vulnerabilidades socioeconômicas da população, a política urbana é fator determinante na adaptação climática. Assim, este artigo apresenta uma discussão sobre a temática de desastres naturais no Brasil, no contexto de mudanças climáticas e desigualdade social e da infraestrutura urbana. Neste trabalho, se avalia a relação entre desastres naturais e infraestrutura urbana, além das condições socioeconômicas regionais brasileiras, considerando também os cenários futuros de ocorrência de extremos chuvosos. O objetivo é compreender quais as regiões brasileiras e as condições socioeconômicas e ambientais são mais vulneráveis aos desastres de origem hidrometeorológica.

1.1 DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS NO BRASIL

Desastres hidrometeorológicos têm sido identificados em várias regiões metropolitanas, incluindo a Região Metropolitana de São Paulo (MARENGO et al., 2020a, 2020b), e a precariedade urbana das cidades brasileiras agrava o impacto desses extremos (HUMMELL, 2016; MARICATO, 2009; RASCH, 2016; TRAVASSOS et al., 2020). A alteração no regime de chuvas e o aumento da ocorrência de chuvas extremas, que já tem sido identificado no Sul e Sudeste do Brasil nos últimos 50 anos (DUNN et al., 2020; MARENGO, 2007), nas as pequenas e médias cidades do interior, também concentram áreas de risco e estão sujeitas a desastres (SAITO et al., 2019, 2020).

De fato, os desastres que fizeram mais vítimas fatais no Brasil são movimentos de massa e deslizamentos de terra, seguidos de inundações, enxurradas e alagamentos. Segundo o Atlas Digital do Ceped (2020), entre 2000 e 2019, somando apenas 27% do total de ocorrências e afetando 20% do total de atingidos, os desastres hidrometeorológicos foram responsáveis por 84% dos desabrigados e desalojados no País e 79,6% dos óbitos: 3.040 das 3.816 mortes registradas nesse período.

1 | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, ODS 13, Indicador 13.1.1. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/objetivo13/indicador1312>>.

As dimensões continentais do Brasil implicam diferentes níveis de exposição e impactos aos extremos da variabilidade do clima e da mudança do clima no território. No Norte do País, representado pelo bioma Amazônia, há indicativos de alterações no regime de chuvas, que podem causar desde inundações bruscas até secas, que podem vir a se tornar sazonais (MARENGO; ESPINOZA, 2016; MARENGO et al., 2018; PBMC, 2014).

No Centro-Oeste brasileiro, composto basicamente pelo Cerrado e pelo Pantanal, e no Nordeste, coberto pela Caatinga, os dados analisados pelo Primeiro Relatório de Avaliação Nacional – PBMC (2014) apontam aumento de temperatura entre 5% a 20% até 2040, agravado ainda mais no futuro, principalmente na Caatinga, onde além da tendência de secas severas mais recorrentes, espera-se também aumento nos alagamentos e inundações por chuvas intensas e de curta duração.

No Sudeste, o PBMC (2014) indica que devem aumentar as temperaturas mínimas, apesar do aumento gradual das temperaturas no geral, e aumento de extremos de chuva de 5% a 10% em 2040 e até 30% até 2100 (CHOU et al., 2014a, 2014b; IPCC, 2014).

No Sul do País, os modelos do PBMC (2014) indicam situação semelhante ao Sudeste, com aumento gradual de temperatura, de 15% a 20% de aumento de precipitação até 2040, chegando a 40% de aumento em 2100. Esse aumento seria na forma de eventos extremos de chuvas intensas com períodos secos e quentes entre eventos chuvosos.

Como aumento de extremos chuvosos, deve se intensificar a ocorrência de desastres hidrometeorológicos, principalmente nas áreas urbanas expostas (AVALA et al., 2019; DEBORTOLI et al., 2016; MARENGO, 2007). O aumento da temperatura, aliado ao crescimento populacional e espraiamento urbano sobre a Mata Atlântica, pode intensificar a escassez hídrica. Nas áreas costeiras, poderá haver aumento do risco de elevação no nível do mar (PBMC, 2016, 2017).

Em 2011, ocorreu o pior desastre natural do Brasil, na região serrana do Rio de Janeiro, com o registro de 947 mortes, mais de 300 pessoas desaparecidas e milhares de desalojados e desabrigados, além de severas perdas econômicas, destruição de moradias e infraestrutura, em decorrência de enxurradas e deslizamentos (GRAEFF et al., 2012; MARENGO; ALVES, 2012).

Em janeiro de 2020, a cidade de Belo Horizonte (MG) e outras 195 cidades mineiras foram atingidas por um extremo chuvoso de período de retorno de 110 anos. As cidades decretaram *situação de emergência*, foram registrados 60 óbitos e quase 30 mil desalojados (UFMG, 2020). No dia 03 de fevereiro de 2020, na Região da Baixada Santista (SP), um único extremo chuvoso causou 45 óbitos e deixou quase 200 famílias desabrigadas (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020). As inundações que ocorreram no Amazonas, em 2009 e 2012 (MARENGO et al., 2013), afetaram aproximadamente 20.000 famílias que viviam em assentamentos precários.

Importante ressaltar o foco nas áreas urbanas brasileiras, onde tem sido registrado aumento significativo no número de desastres, conforme a Figura 1, que mostra a população atingida por desastres por tipo de domicílio: rural x urbano.

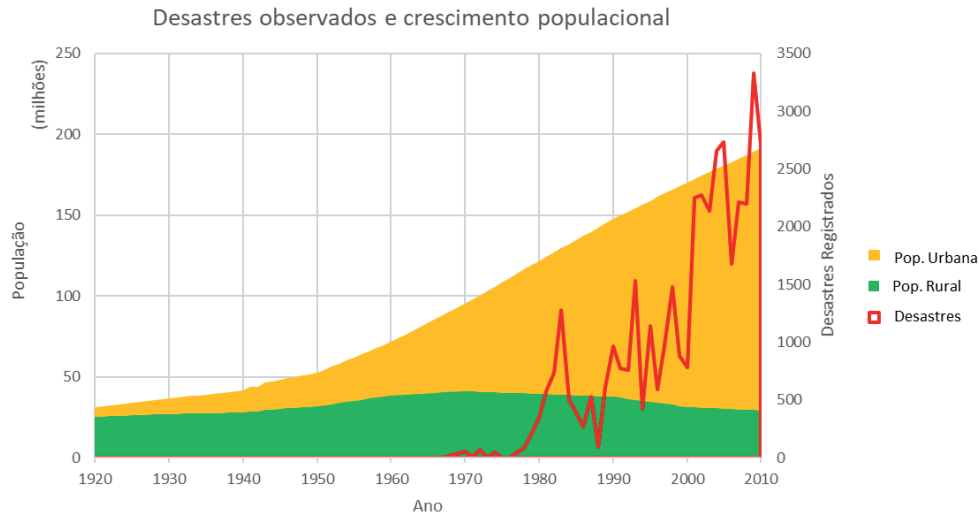


Figura 1 | Desastres no Brasil Urbano x Rural.

Fonte: Mikozs (2017).

Dada a precariedade urbana brasileira, o aumento de extremos chuvosos deve trazer desastres cada vez mais intensos (MARENGO, 2007; RASCH, 2016; TRAVASSOS et al., 2020).

1.2 DESIGUALDADE SOCIOESPACIAL E DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS NO BRASIL

Os impactos das mudanças climáticas na vida humana são complexos e podem ser potencializados ou minimizados em função de determinantes individuais e coletivos inerentes a uma determinada organização social e de suas inter-relações, incluindo aspectos, como idade, capacidade do sistema de saúde e condicionantes sociais (HUMMELL, 2016; KOKS et al., 2015; RASCH, 2016; RUFAT et al., 2015).

Em relação às condições sociais, a situação de moradia, saneamento, higiene pessoal e acesso aos serviços de saúde são fatores que influenciam a vulnerabilidade de populações expostas a elementos de estresse climático, que somados a outras exposições ambientais poderão atuar sinergicamente gerando ainda mais risco para as populações (HACON et al., 2018; HUMMELL, 2016; RUFAT et al., 2015).

O Brasil é um país desigual e vulnerável socioeconomicamente. A urgência do tema sobre os desastres naturais no Brasil revela-se ainda mais evidente quando se observam os efeitos da profunda desigualdade social brasileira (IPEA, 2017; OXFAM, 2019) que implicam em desigualdade também na capacidade de enfrentamento dos impactos, sejam sanitários ou climáticos (IPCC, 2014), por parte de uma vasta parcela da população sem acesso a condições dignas de moradia e saneamento, por exemplo.

No Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) é apontado, conforme Figura 2, que as populações mais vulneráveis socioeconomicamente são também as mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas. Os aspectos identitários e dimensões da desigualdade expressas pela classe social, gênero, etnia, cor da pele, idade e necessidades especiais são fatores condicionantes da vulnerabilidade multidimensional e exposição ao risco.

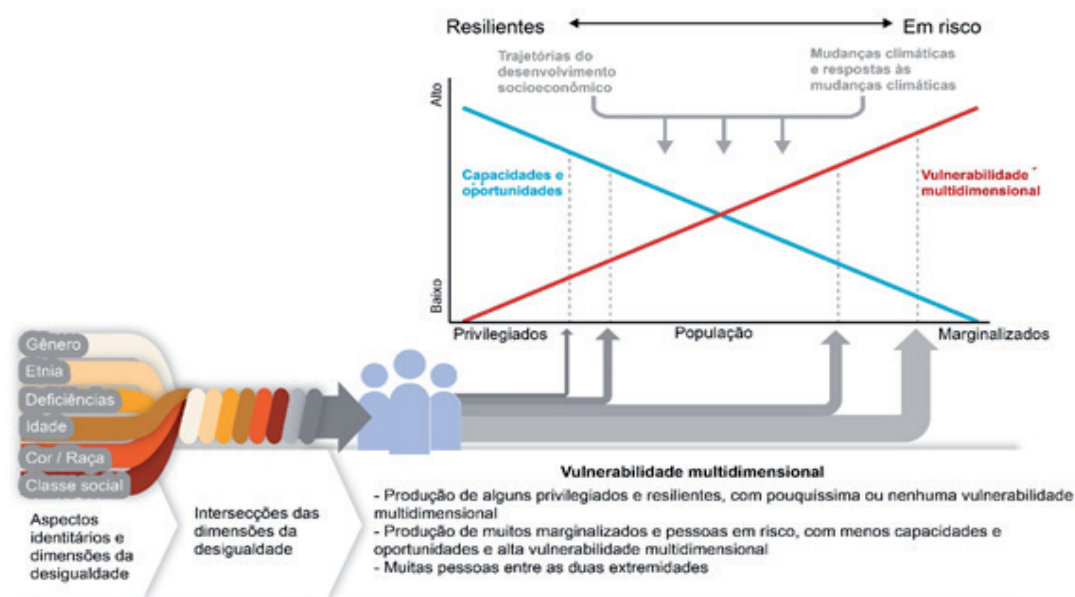


Figura 2 | Multidimensões da vulnerabilidade.

Fonte: AR5 (IPCC, 2014) WGII, Cap. 13, Fig. 13.5 (traduzido pelos autores).

Dias et al. (2018) explicitam a relação entre socioeconomia, condições da infraestrutura urbana e a ocupação de áreas de risco, a partir do cruzamento de informações censitárias, incluindo a localização de aglomerados subnormais² (AGSN) e a qualidade da infraestrutura urbana, mostrando que não só os AGSN têm baixas taxas de infraestrutura urbana, como acesso à água encanada e esgotamento sanitário, mas essa é uma condição que ocorre também nos assentamentos brasileiros formalmente regularizados.

Com cerca de 85% da população brasileira vivendo em cidades, e quase 25% nas principais regiões metropolitanas do País, grande parte das cidades brasileiras tem escassez de serviços básicos de saneamento e drenagem urbana (IBGE, 2010, 2017). Para o Ministério das Cidades (2007) e a Fundação João Pinheiro (MARICATO, 2009), existem no Brasil aproximadamente 12 milhões de domicílios informais e precários, mas para o IBGE (2010), apenas 3 milhões de domicílios são considerados AGSN, onde habitam quase 13 milhões de pessoas.

Dos 5.570 municípios brasileiros, 75% têm menos de 20 mil habitantes e são isentos de elaborar Plano Diretor Urbanístico, e a urbanização sem planejamento corrobora a implantação de assentamentos informais, sem licenciamento ambiental, sem a devida regulação do parcelamento do solo. Embora 70% dos aglomerados subnormais encontrem-se em capitais e no entorno destas (IBGE, 2010), a informalidade e a precariedade vêm aumentando em pequenas e médias cidades (PEREZ et al., 2017).

O processo de urbanização brasileiro, segundo Maricato (2000), “é uma máquina de produção de favelas” e, 20 anos após essa afirmação, mesmo com a aprovação do Estatuto da Cidade (LF 10.257/2001), as cidades brasileiras ainda são marcadas por grande desigualdade socioeconômica e ambiental, com enclaves de pobreza e favelização (CALDEIRA, 2010; MARICATO, 2017, 2009, 2003a, 2003b).

A propriedade privada da terra, derivada de tempos coloniais, associada à produção habitacional formal direcionada, por décadas, às classes mais altas da população, acentua a segregação socioespacial, e parte da população de baixa renda passa a ocupar beiras de córregos, várzeas, terrenos de alta declividade, principalmente nas grandes cidades. A informalidade e a precariedade são o que resta às classes de baixo poder aquisitivo (MARICATO, 2009), que, para além da condição financeira, passam a ter na moradia mais um fator de vulnerabilidade aos desastres hidrometeorológicos (HARDOY; PANDIELLA,

2 | Aglomerados Subnormais são uma forma de ocupação irregular de terrenos públicos ou privados para fins de habitação, em áreas urbanas e precários urbanisticamente.

2009). E isso se reflete na constatação de que 42% dos aglomerados subnormais encontram-se em áreas de risco mapeadas pelo IBGE-BATER (IBGE, 2017).

Saito et al. (2020) fizeram uma extensa análise das áreas de risco do IBGE-BATER com dados censitários, mostrando que mais de 8 milhões de brasileiros estão vivendo em áreas de risco, concentrados em 825 municípios, sendo 47.7% cidades pequenas, de até 100 mil habitantes, 29.6% em cidades de até 500 mil habitantes e 22.7% em grandes centros urbanos. Em números absolutos, a população vivendo em áreas de risco segue a ordem contrária, 48% nas grandes cidades, 28% em cidades de até 500 mil habitantes e 24% nas pequenas cidades de até 100 mil habitantes, mas os autores ponderam que, em números relativos, os residentes em pequenas cidades brasileiras estão mais expostos ao risco, contra 8% dos habitantes em grandes cidades (SAITO et al., 2020).

Ainda segundo Saito et al. (2019), 67% dos domicílios em áreas de risco na Região Norte, 54% no Centro-Oeste, 33% no Nordeste, 18% na Região Sul e 16% no Sudeste não têm esgotamento sanitário adequado. Se por um lado a precariedade urbana não é exclusividade dos AGSN ou de grandes cidades, por outro lado, áreas mais densamente ocupadas, como o Sudeste, concentram mais pessoas expostas aos desastres hidrometeorológicos (CEMADEN, 2017).

Os modelos climáticos e os modelos físicos do território não são suficientes para avaliar a vulnerabilidade da população aos desastres. São necessárias informações que apresentam, especialmente, a heterogeneidade da vulnerabilidade socioeconômica da população (HUMMELL et al., 2016; KOKS et al., 2015).

Diversos índices medem e espacializam a desigualdade dos municípios brasileiros, como o Índice de Vulnerabilidade Social (IPEA, 2015) ou o IDHM (PNUD, 2013), sendo todos baseados em dados censitários, com base em renda, escolaridade, serviços de infraestrutura urbana e saneamento, expectativa de vida, entre outras variáveis socioeconômicas.

Entendendo que, conforme Burian e Edwards (2012), Kita (2017), Maricato (2009) e Tucci (2008), a infraestrutura de saneamento e as redes de água e esgoto são elementos essenciais da resiliência urbana aos desastres hidrometeorológicos, optou-se aqui por não utilizar um índice pronto, mas, sim, construir um novo índice, utilizando dados censitários brutos de saneamento, renda e inadequabilidade³ domiciliar para espacializar essas variáveis no território nacional. A esses dados, foram adicionados o *ranking* de acesso aos serviços de saúde e da educação pública básica e, posteriormente, a densidade populacional. O resultado foi analisado em conjunto com desastres observados e discutidos também em relação aos cenários futuros de clima.

2 METODOLOGIA

Os dados alfanuméricos (IBGE, 2010; IDEB, 2011; IDSUS, 2010) foram espacializados a partir dos limites municipais; os dados de desastres observados entre 2005 e 2015⁴ foram plotados no centroide do município em que ocorreram; os cenários climáticos futuros foram produzidos por Chou et al. (2014) e Debortoli et al. (2017) e plotados pelos autores deste trabalho.

O Índice de Vulnerabilidade Urbana (IVU) foi elaborado com base em Burian e Edwards (2012), Kita (2017), Maricato (2009) e Tucci (2008), e as variáveis que compõem o IVU foram eleitas inspiradas na “Dimensão da Infraestrutura Urbana” do IVS (IPEA, 2015), com o objetivo de caracterizar não somente a

3 | Inadequados são os domicílios sem acesso aos serviços de saneamento ambiental e mais de dois moradores por dormitório; semi-inadequados são os domicílios que apresentam déficit de apenas um dos indicadores dos inadequados.

4 | Dentro da extensa base de dados do Cenad, existem inconsistências que podem induzir análises a erros. **Este recorte temporal** teve essas inconsistências corrigidas, a exemplo de “enxurradas”. Nas regiões Sul e Sudeste do País, desastres de fluxo de detritos como o da região serrana no Rio de Janeiro em 2011 foram originalmente classificados como enxurradas, enquanto que na Região Norte esse termo frequentemente é utilizado para inundações rápidas.

precariedade da infraestrutura urbana, mas também as condições sociais que mostram a desigualdade socioeconômica no Brasil. Ainda, os dados censitários, além de cobrirem todo o território nacional (diferentemente da Pnad, que é amostral) são compatíveis com os dados de desastres observados, ocorridos no máximo 5 anos antes ou depois da coleta do Censo 2010.

Para a composição do IVU, foram selecionados os seguintes dados: IBGE (2010) – pessoas por domicílios particulares permanentes no município, número de domicílios particulares permanentes no município, renda média no município, domicílios particulares permanentes conectados à rede de água, esgoto e com coleta de lixo no município e número de domicílios inadequados ou semi-inadequados no município –; Índice de qualidade dos serviços de saúde no município (Idsus, 2010); e Índice de qualidade da educação pública no município (Ideb, elaborado em anos ímpares, de 2011).

Esses dados foram espacializados pelo limite dos municípios brasileiros (IBGE, 2010) e normalizados em função dos máximos e mínimos de toda a base dos 5.570 municípios do País. Adotou-se a fórmula abaixo para cálculo do IVU:

$$\text{IVU} = \frac{\text{densidade no domicílio} + \text{água} + \text{esgoto} + \text{lixo} + \text{renda} + \text{adequação} + \text{Ideb} + \text{Idsus}}{8}$$

Para compor a análise com o Índice de Vulnerabilidade Urbana, foi calculada a exposição em função da densidade populacional da seguinte maneira:

$$\text{Exp} = \frac{\ln_{10}(\text{valor}(dp)) - \ln_{10}(\text{dp mínima})}{\ln_{10}(\text{dp máxima}) - \ln_{10}(\text{dp mínima})}$$

onde dp = população dividida por área

Após o cálculo da exposição, o fator foi aplicado ao IVU, criando o Índice de Vulnerabilidade Urbana com a exposição da população (IVUexp):

$$\text{IVUexp} = \text{IVU} * \text{densidade populacional}$$

Os dados de desastres observados, provenientes do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, tratados por Mikosz (2017), foram agrupados em duas tipologias: (i) deslizamentos de terra e movimentos de massa e (ii) inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas.

Os índices de extremos climáticos foram utilizados pelo IPCC (2014) e incluem: RX1day – máxima precipitação em um dia; Rx5day – máximo de precipitação acumulada em cinco dias; R95p – precipitação acumulada maior que 95% nos dias muito chuvosos; e CWD – máximo de dias consecutivos com chuva (qualquer precipitação maior que 1 mm). Esses índices foram utilizados nos estudos de vulnerabilidade aos desastres naturais no presente e futuro por Debortoli et al. (2017)⁵. Os índices foram gerados a partir das saídas dos modelos globais HadGEM2-ES e MIROC5 regionalizados pelo modelo regional Eta (CHOU et al., 2014), para o período *baseline* 1961-1990 e para os cenários futuros de RCP 8.5 para 2010/2040, 2041/2070 e 2017/2099 – que correspondem, aproximadamente, aos níveis de aquecimento médio global de 1,5°C, 2°C e 4°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 é possível observar os desastres da tipologia inundação, enxurrada ou alagamento, na esquerda, e da tipologia deslizamentos de terra, na direita. Entre 2005 e 2015 foram registradas 10.225

5 | Para descrição detalhada de cada indicador composto: Debortoli et al. (2017) | DOI 10.1007/s11069-016-2705-2.

ocorrências de inundações, enxurradas, alagamentos ou deslizamentos de terra e movimentos de massa, que afetaram mais de 5 milhões de brasileiros e provocaram a morte de 2.609 pessoas.

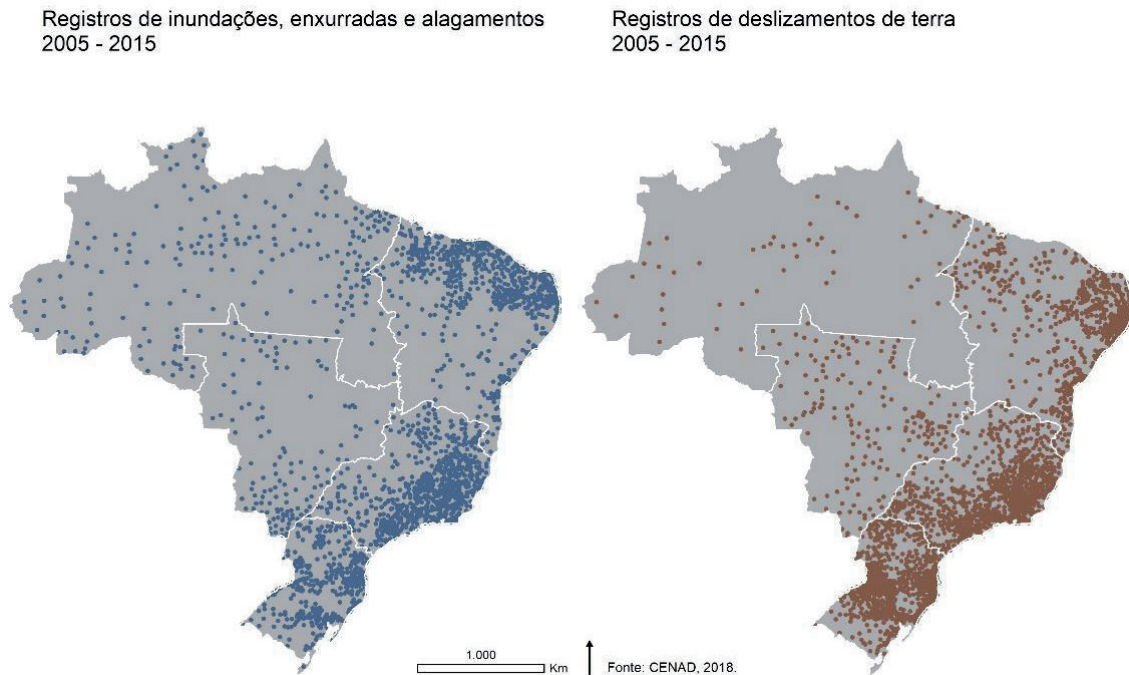


Figura 3 | Espacialização das ocorrências de desastres.

Fonte: Cenad (2018). Elaborado por Perez (2020) para a QNC Brasil UNFCCC.

Para discutir os desastres observados, foram elaborados (Figura 4) o IVU (esquerda) e o IVUexp (direita). O IVU é composto pelos dados de saneamento (rede de água, rede de esgoto e coleta de lixo), inadequabilidade⁶ dos domicílios, renda em salários mínimos, acesso aos serviços de saúde e da qualidade da educação pública. O IVUexp é o IVU multiplicado pela densidade demográfica, representando a exposição e a vulnerabilidade da população.

Conhecendo as distintas realidades regionais brasileiras, já era esperado que o IVU apontasse maior vulnerabilidade urbana nos municípios das regiões Norte e Nordeste, em especial os mais distantes das capitais estaduais, e menor vulnerabilidade no Sul e Sudeste.

Os dados mais recentes sobre os domicílios brasileiros ainda mostram essa desigualdade regional no País. Na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2017), os resultados de acesso a esgotamento sanitário e à rede de água são, respectivamente: 20% e 59% no Norte, 45% e 80% no Nordeste, 53% e 87% no Centro-Oeste, 66% e 88% no Sul e 89% e 92% no Sudeste. Em relação à renda (PNAD, 2018), nas regiões Sul e Sudeste, a média, em torno de R\$ 1.000,00 ou Centro-Oeste, R\$ 990,00, é ao menos 40% maior que no Norte, R\$ 650,00, ou Nordeste, R\$ 560,00.

6 | *Hotspots* de vulnerabilidade a desastres naturais: são as áreas de grande concentração populacional e onde já ocorrem os desastres naturais e que irão continuar a sofrer os impactos das mudanças climáticas que desencadeiam os desastres.

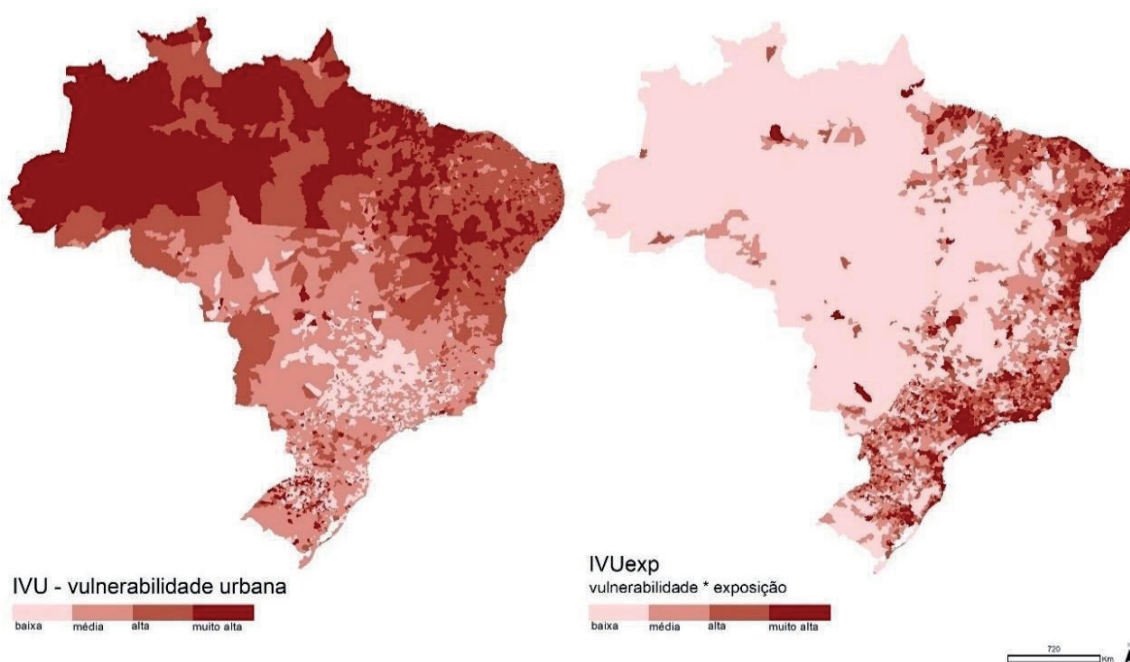


Figura 4 | IVU (esquerda) e IVUexp (direita).

Fonte: IBGE e Idsus (2010) e Ideb (2011). Elaborado por Perez (2020), para a QNC Brasil UNFCCC.

Se fosse comparado com o IVS (IPEA, 2015) ou com IDHM (PNUD, 2013), o IVU (Figura 4, esquerda) apresentaria distribuição espacial da vulnerabilidade muito semelhante ao IVS ou ao IDHM. Outros autores, como Debortoli et al. (2017) e Hummell et al. (2016), apresentam a vulnerabilidade socioeconômica com a mesma distribuição espacial, baseada em renda, educação, acesso a emprego, cor da pele, entre outras variáveis. Esses resultados regionais similares se dão pelo fato de que as regiões Norte e Nordeste são mais pobres, em termos de renda, infraestrutura e acesso a serviços básicos, o Norte é menos densamente ocupado que o Centro-Oeste e que o Sudeste e o Sul do País (HUMMELL et al., 2016).

Os municípios do Norte e Nordeste são mais vulneráveis em diversos aspectos socioeconômicos e ambientais, o que afeta principalmente a capacidade de resposta dessas populações e diminui sua resiliência, mas desastres nas proporções do ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011 (GRAEFF et al., 2012; MARENGO; ALVES, 2012), teve impacto de tamanha proporção justamente por ter se dado em uma região densamente ocupada.

É importante ressaltar que 45% dos municípios com mais de 250 mil habitantes encontram-se na zona costeira – 13 das 27 capitais estaduais fazem limite com o Oceano Atlântico. Na Região Sudeste, vive 40% da população brasileira e, por outro lado, em toda a Região Norte residem menos habitantes que apenas na Região Metropolitana de São Paulo (IBGE, 2010) que, apesar de apresentar renda média mais alta que demais localidades, apresenta também alta concentração de assentamentos precários.

O IVUexp (Figura 4, direita) mostra a vulnerabilidade urbana brasileira considerando a densidade populacional, possibilitando que, visualmente, seja possível observar que ainda que as cidades brasileiras apresentem similar distribuição regional da vulnerabilidade econômica, educacional e ambiental no IVU, de resultados similares aos de Hummell (2016) ou Debortoli (2017), é possível ler essa vulnerabilidade associada à quantidade de pessoas expostas ao risco, no IVUexp. Ainda, assim como o Índice de Vulnerabilidade, (HUMMELL et al., 2016), o IVUexp (Figura 4, direita) não deixa de destacar altas vulnerabilidades das capitais; na Região Norte, além das capitais, os grandes centros urbanos, como Santarém (PA), Parintins e Tabatinga (AM) ou Cruzeiro do Sul (AC); no Centro-Oeste as

regiões metropolitanas; no Nordeste, além das capitais e centros regionais interioranos, como Patos (PB) ou Petrolina (PE), os municípios extremamente pobres do sertão nordestino.

Quando o IVUexp é espacializado de modo a demonstrar a concentração da vulnerabilidade e da exposição, e comparado aos desastres hidrometeorológicos observados entre 2005 e 2015, percebe-se visualmente a alta correlação dos *hotspots*⁷ de vulnerabilidade (Figura 5c) e a concentração de desastres (Figuras 5a e 5b).

Na Figura 5 observam-se as manchas de alto IVUexp e alta concentração de ocorrências de desastres na faixa próxima ao Atlântico. A análise tabular desses dados mostra que tratam-se de 399 municípios localizados na Zona Costeira brasileira (IBGE, 2010), entre eles, 13 das 27 capitais estaduais, e com a concentração de aproximadamente 50 milhões de pessoas. Embora esses municípios concentrem apenas 10% do total de ocorrências de desastres no período analisado, ali vivem 25% da população brasileira, onde foram registradas 23 mortes e 260.000 afetados (desabrigados, desalojados ou feridos) por inundações, enxurradas ou alagamentos, e 529 mortos e 580.000 afetados por deslizamentos de terra, entre 2005 e 2015.

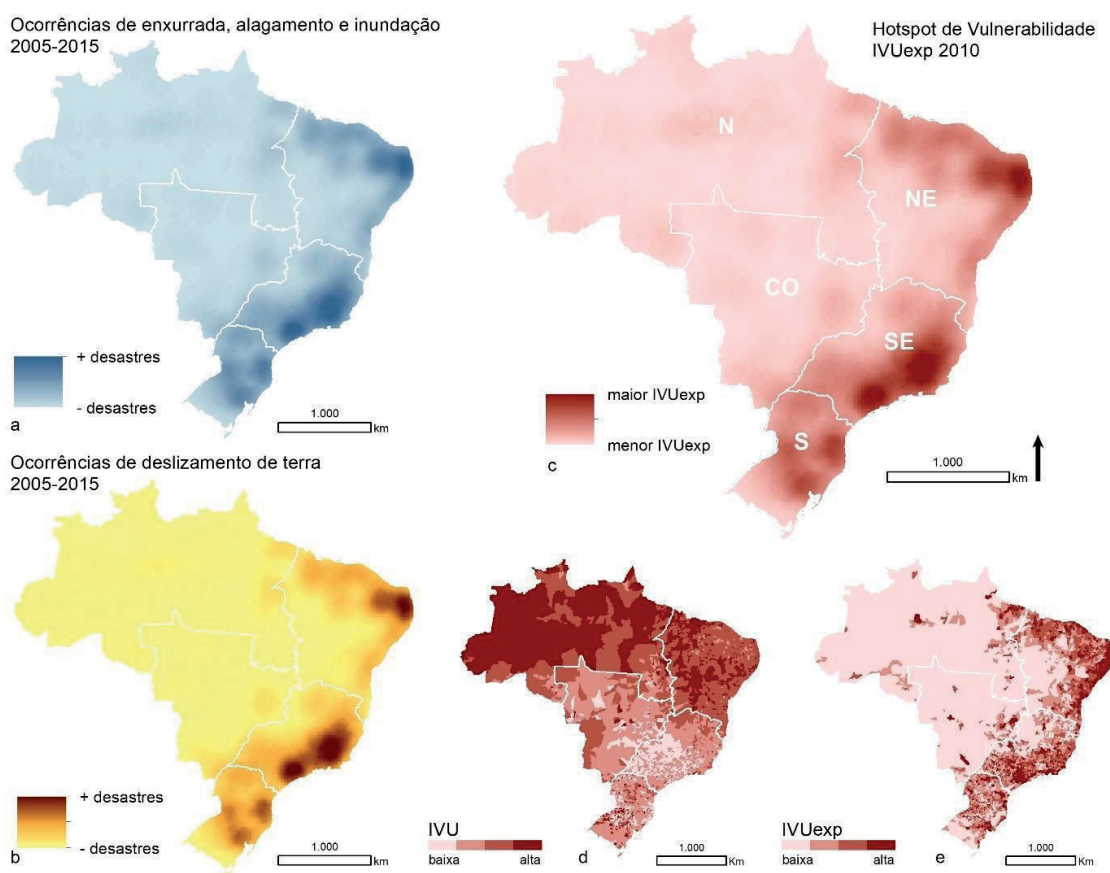


Figura 5 | Densidade de ocorrências de (a) alagamentos, inundações, enchentes e enxurradas e (b) deslizamentos de terra e movimentos de massa; (c) *hotspots* de vulnerabilidade; (d) IVU e (e) IVUexp.

Fontes: Cenad (2018), IBGE e Idsus (2010) e Ideb (2011). Elaborado por Perez (2020) para a QNC Brasil UNFCCC.

Nas regiões Sul e Sudeste (Figura 5), que concentram respectivamente 27 milhões e 80 milhões de habitantes, é possível observar que a exposição é um fator importante para analisar o impacto dos desastres na escala do País, principalmente quando grandes manchas de inundações, enxurradas ou alagamentos, e deslizamentos de terra, estão concentradas também nessas duas regiões. No Sudeste

foram registrados os maiores números de óbitos por deslizamentos de terra (1.724 mortos e 192 desaparecidos), e o segundo maior número de óbitos por inundações, enxurradas ou alagamentos (116 mortos e 30 desaparecidos). No Sul foram registrados 177 óbitos e 36 desaparecimentos em consequência de deslizamentos de terra, e 93 mortos e 10 desaparecidos por causa de inundações, enxurradas ou alagamentos. No total de afetados, as regiões Sudeste e Sul, somadas, concentraram aproximadamente 65% dos afetados por deslizamentos de terra e 37% dos afetados por inundações, enxurradas ou alagamentos (Tabela 1).

Tabela 1 | Percentual regional de afetados por desastres hidrometeorológicos entre 2005 e 2015.

Deslizamentos de Terra					Inundações, enxurradas, alagamentos				
Região	Mortos e Desaparecidos	Feridos e Enfermos	Desalojados e Desabrigados	Afetados Total	Região	Mortos e Desaparecidos	Feridos e Enfermos	Desalojados e Desabrigados	Afetados Total
N	0,2%	1,5%	0,5%	0,5%	CO	1,6%	0,7%	0,9%	0,9%
CO	0,6%	0,3%	1,0%	1,0%	S	20,4%	3,0%	17,4%	16,2%
S	9,0%	13,1%	26,8%	26,1%	SE	28,9%	7,1%	22,4%	21,1%
NE	8,9%	62,4%	31,2%	32,7%	NE	20,0%	28,1%	22,1%	22,6%
SE	81,2%	22,7%	40,5%	39,7%	N	29,2%	61,1%	37,1%	39,2%

Fonte: Elaboração própria.

A Região Nordeste, também em destaque tanto nos *hotspots* de vulnerabilidade quanto na ocorrência de desastres (Figura 5 a, b e c), possui a segunda maior concentração de afetados por ambas as tipologias de desastres, com valores muito próximos aos ocorridos no Sudeste, em ambos os casos. Foram registrados 76 mortes e 25 desaparecimentos por inundações, enxurradas ou alagamentos; 123 mortes e 88 desaparecimentos por deslizamentos de terra e 525.000 pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas por deslizamentos, e mais de 300.000 por inundações, enxurradas ou alagamentos no período analisado.

Esses resultados para as regiões Sudeste e Nordeste são corroborados pelos resultados de vulnerabilidade à *floods* e *landslides* apresentados por Debortoli et al. (2017), que mostram alta vulnerabilidade a ambas as tipologias de desastres nessas duas regiões, e por Saito (2019) que, ao apresentar a quantidade de pessoas e domicílios em áreas de risco, destaca essas mesmas três regiões, com maior concentração de pessoas expostas no Sudeste e no Nordeste.

A Região Norte apresenta o menor número de afetados por deslizamentos de terra, como apontado nos resultados apresentados por Debortoli et al. (2017), por tratar-se de uma região de pouca declividade e baixa vulnerabilidade a essa tipologia de desastre. Porém, a região apresenta o maior número de afetados totais por inundações, enxurradas ou alagamentos, quando comparada a outras regiões com mais de 1 milhão de afetados no recorte temporal estudado, explicado em grande parte pelos resultados de Bartiko et al. (2019) que mostram a grande magnitude das cheias amazônicas, que coincidem com as cheias abruptas justamente no período aqui analisado, 2005 a 2015, e na área destacada, de alto IVUexp, mais visível na Figura 5e na região central da Amazônia. Por fim, o Centro-Oeste apresenta poucos afetados em ambas as tipologias de desastres, mas ainda assim são números na casa de dezenas de milhares, além de oito óbitos por inundações, enxurradas ou alagamentos e 14 óbitos por deslizamentos de terra.

Em relação às classes de Vulnerabilidade Urbana e Exposição, a Figura 6 apresenta os números absolutos de afetados, por tipo de desastre e por classe do IVUexp, a partir das ocorrências de desastres.

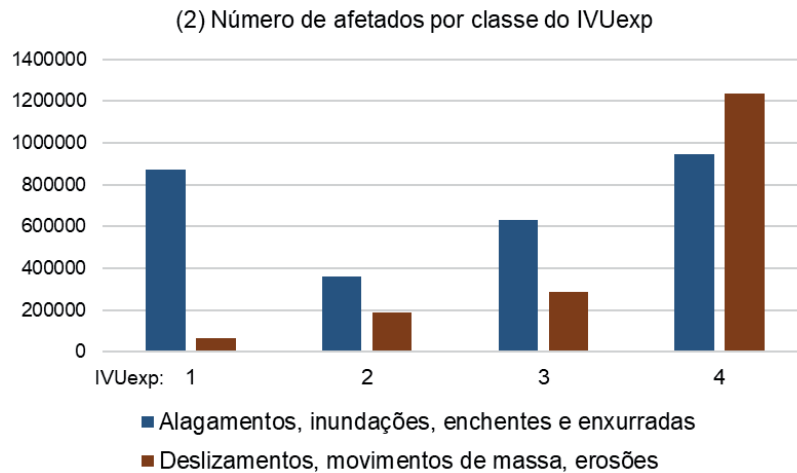
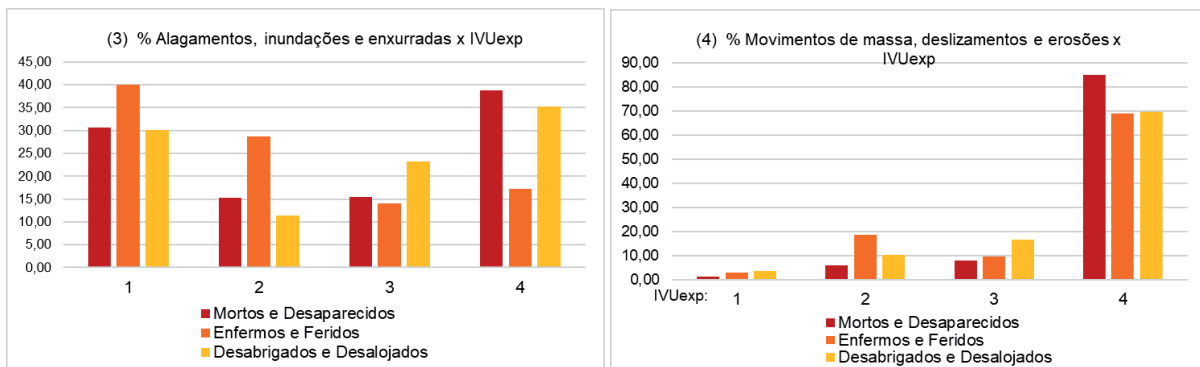


Figura 6 | Afetados, por classe de IVUexp.

Fonte: Elaboração própria.

O número de afetados cresce à medida que aumenta a vulnerabilidade e exposição, representada pelas classes de 1 a 4 do IVUexp, com exceção de afetados por alagamentos, inundações e enxurradas na Classe 1, de menor vulnerabilidade e exposição. Analisando os dados na microescala, esse resultado se explica pelo grande registro de alagamentos em municípios pequenos, 63% deles com menos de 20.000 habitantes, confirmando as análises de Saito et al. (2020) de que nem sempre as áreas mais densas são as mais expostas, e que é necessária atenção especial aos municípios pequenos.

Os percentuais de afetados por desastres, segundo a classificação do Cenad: mortos e desaparecidos; enfermos e feridos; desabrigados e desalojados, são apresentados nas figuras 7 e 8, divididos por classe de IVUexp.



Figuras 7 e 8 | Percentual de afetados, por categoria de desastre e classe IVUexp

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 7 mostra que as maiores concentrações de mortos ou desaparecidos em decorrência de alagamentos, inundações ou enxurradas ocorrem nas classes 1 e 4 do IVUexp. A Classe 1 de IVUexp está relacionada aos pequenos municípios. Já a Classe 4 de IVUexp são os assentamentos informais presentes nas grandes cidades (MARICATO, 2009), e alta taxa de impermeabilização das cidades brasileiras (RASCH, 2016). Na Figura 8 é clara a relação entre vulnerabilidade urbana, exposição e percentual de afetados por desastres.

As maiores concentrações de afetados ocorrem majoritariamente nos municípios mais vulneráveis, de maior exposição, que também são as capitais e regiões metropolitanas, como nos resultados expostos por Hummell et al. (2016). O resultado também se alinha ao trabalho da análise das áreas de risco de Saito et al. (2019, 2020), com exceção do Norte, principalmente pela baixa densidade populacional. O

resultado corrobora também as projeções do IPCC (2019) que, no relatório especial *Climate Change and Land*, aponta para maior ocorrência de desastres do tipo *landslides* em cidades com “planejamento pobre”, ou seja, com alta concentração de assentamentos informais, favelas e núcleos habitacionais (MARICATO, 2009).

Por fim, constata-se que um índice onde quatro de oito variáveis referem-se à infraestrutura urbana mostra aderência aos desastres já observados, e que são diretamente relacionados aos serviços de saneamento ambiental.

3.1 CENÁRIOS FUTUROS DE CLIMA

Quando plotadas as vulnerabilidades a enchentes, enxurradas e deslizamentos de terra usando os índices de Debortoli et al. (2017), as áreas de alto risco (Figura 9 – *Baseline* em azul e amarelo) são o Sudeste, Sul, norte do Nordeste, Amazônia do leste e na foz do Rio Amazonas (que é uma área de inundação permanente), assim como a zona costeira do leste do Nordeste. Essas regiões são similares àquelas mapeadas por Debortoli et al. (2017) que no *Baseline*, para enchentes e inundações repentinas, as regiões mais sensíveis são as regiões Sul e Sudeste do Brasil, bem como as seções leste dos estados do Nordeste do Brasil. A Amazônia apresenta áreas com risco de enxurradas, mas os municípios onde esse risco se apresenta têm baixa densidade populacional e assim a vulnerabilidade e exposição não são altas. Essas regiões são qualitativamente similares às áreas afetadas por esses desastres hidrológicos apontadas pelo Ceped (2013).

Para escorregamentos e deslizamentos de terra (Figura 9, em amarelo), os locais mais vulneráveis no *Baseline*, segundo Debortoli et al (2017) e o Atlas Ceped (2013), coincidem com municípios que costumam estar vinculados às áreas afetadas por extremos de chuva intensa, como as regiões metropolitanas de São Paulo e Santos; o litoral norte de São Paulo; a fronteira entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Cunha, São José do Barreiro e Angra dos Reis); a região da Serra da Mantiqueira, sul e sudeste de Minas Gerais; a região serrana do Rio de Janeiro e próximo à serra do Caparaão. Quando associados os registros de ocorrência de inundação, enxurrada e alagamento com os indicadores climáticos de extremos de chuva atuais sugerem um aumento na vulnerabilidade das áreas urbanas no Sul, Sudeste, partes do Nordeste, e particularmente na Mata Atlântica, o bioma mais povoado.

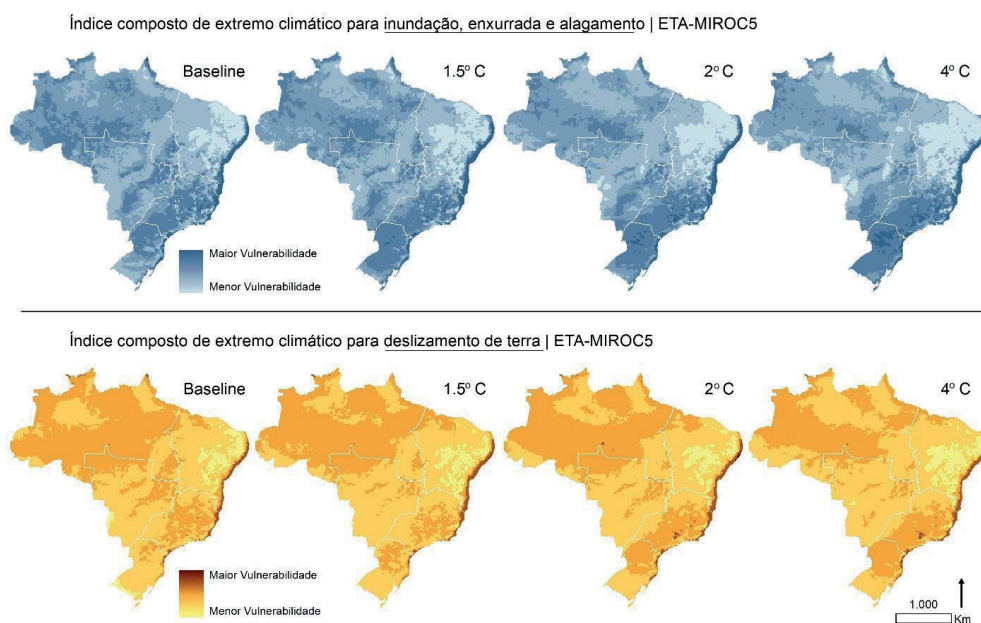


Figura 9 | Índices compostos de extremos climáticos.

Fonte: Debortoli et al. (2017). Elaborado por Perez (2020) para a QCN Brasil UNFCCC.

As projeções para vários níveis de aquecimento (Figura 9, em azul) mostram que, devido ao aumento nas chuvas intensas no Sudeste e Sul projetadas pelos modelos, no futuro esse risco de enxurradas, inundações e alagamentos pode aumentar, além da zona costeira dos estados do Nordeste e em algumas áreas da Amazônia. O risco de apresentar aumento na ocorrência desse tipo de desastre é maior quando o aquecimento global supera os 2°C.

No semiárido o risco de desastres hidrológicos é menor devido às projeções que mostram redução de chuvas total e intensas, com o aquecimento superando 2°C. No cenário RCP 4.5, a região central do Brasil, o Pantanal, e o semiárido do Nordeste apresentaram diminuição da vulnerabilidade. Por outro lado, todo o Sul e Sudeste do País, assim como a zona costeira do leste do Nordeste do Brasil, sofre um aumento considerável do risco de desastres hidrológicos.

A mesma associação para os deslizamentos de terra (Figura 9, em amarelo) mostra que principalmente para os cenários SWL 2°C e 4°C, para o RCP 4.5, as chuvas extremas que causam os deslizamentos devem aumentar ainda mais no Sul e Sudeste do País e em áreas do litoral do Nordeste. Isso aumenta o risco de deslizamentos de terra nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, leste do Paraná, costa nordeste de São Paulo e na região da Serra da Mantiqueira, especialmente próxima à divisa com Minas Gerais. Esses lugares foram caracterizados como locais prováveis para recorrentes cenários de desastres de deslizamento de terra no presente e mostram fortes evidências de intensificação ocorrendo no futuro. Por outro lado, o índice de vulnerabilidade diminui na região central do País devido à tendência declinante de eventos extremos de chuvas, especificamente nos estados do Centro-Oeste e no semiárido do Nordeste.

De acordo com a análise do índice para o presente, algumas áreas já sofrem com desastres. Assim, a vulnerabilidade nessas áreas pode se tornar mais frequente e severa no futuro devido a fortes evidências de que eventos extremos de chuva de magnitude aumentarão em frequência. Nossos resultados e os de Debortoli et al. (2017) corroboram os resultados do AR5 (IPCC, 2014), de que os eventos extremos de chuva que causam desastres devem aumentar nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, mas principalmente na Zona Costeira, onde se concentram grande parte das capitais estaduais brasileiras e grande parte da população do País.

Ressalta-se que, no litoral, os riscos de desastres podem ser potencializados por eventos associados a sobre-elevações do nível do mar, como as marés de tempestade, fenômenos que podem ser da mesma forma influenciados pelas mudanças climáticas, principalmente na área da foz do Rio Amazonas até o litoral maranhense, em toda a costa sul e sudeste e nas capitais nordestinas, conforme Almeida et al. (2016), que ao medirem também as capacidades de resposta e de adaptação dos municípios a esse impacto, mostram que o Norte e Nordeste concentram os municípios menos preparados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande concentração de desastres observados e dos *hotspots* de vulnerabilidade e exposição no Nordeste preocupa pela baixa qualidade da infraestrutura urbana regional e as projeções de aumento de chuvas extremas que causam inundações e enxurradas. No Sul e Sudeste, mesmo com uma melhor infraestrutura urbana, a alta densidade populacional e o grande número de assentamentos precários, aliados à mesma previsão de aumento das chuvas extremas no futuro, também acendem um alerta para o aumento na ocorrência de desastres hidrometeorológicos. O Centro-Oeste, apesar de apresentar os menores números de ocorrências, o número de afetados é da casa de dezenas de milhares. No Norte do País, o IVUexp falhou e não mostrou correlação espacial com os alagamentos ou inundações que afetaram um milhão de pessoas nos dez anos de dados analisados.

Entre as metas de redução de risco de desastres do governo federal brasileiro, a criação do Cemaden, a articulação do CPRM e IBGE para mapeamento e classificação das áreas de risco, e toda a cadeia de

defesa civil proposta já foram efetuadas. Mas a chave para a redução do risco de desastres no País passa também pelo desenvolvimento urbano (NOGUEIRA et al., 2014).

O principal instrumento de regulação, gestão, planejamento e melhoria das condições urbanas brasileiras é o Estatuto da Cidade (LF 10.257/2001), que regula o planejamento. Cabia ao agora extinto Ministério das Cidades (2003 - 2019) integrar as políticas urbanas entre os três entes federativos, além de dar suporte à regularização fundiária, provisão habitacional, saneamento e mobilidade, sendo a integração intergovernamental de extrema importância para os pequenos municípios que dependem de apoio técnico da União (PEREZ et al., 2017).

A descontinuidade de programas – como o de Redução e Erradicação de Riscos dentro do Programa Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários (ou simplesmente Urbanização de Favelas), que previa a destinação de recursos federais para obras de urbanização e redução de risco de desastres, criação de áreas verdes permeáveis, ou do programa Papel Passado, que disponibilizava capacitação técnica para implementação de regularização fundiária – fragilizam a adaptação urbana às mudanças climáticas.

A aplicação de instrumentos da Reurb (LF 13.465/2017), que possibilita executar e adequar as moradias à legislação, necessária para garantir a segurança socioambiental das famílias em risco, também fica enfraquecida sem o Ministério das Cidades. O Plano Diretor é o principal instrumento **municipal** da política urbana, e fundamental para a adaptação climática, mas, além de 75% das cidades brasileiras estarem dispensadas da obrigatoriedade de produzir esse planejamento, muitas das cidades possuem lei aprovada sem espacialização do ordenamento territorial (ALMEIDA et al., 2017).

A provisão habitacional, para que famílias de AGSN em risco sejam realocadas, caracterizada nos últimos anos pelo programa Minha Casa Minha Vida, não só deixou de existir como, quando em funcionamento, ampliou a periferização das comunidades de baixa renda (ROLNIK, 2015).

Por fim, o novo marco do saneamento (LF 14.026/2020) trata de competências sobre a gestão de serviços de água e esgoto, sem considerar as mudanças climáticas ou o aumento de extremos chuvosos que causam os desastres hidrometeorológicos, portanto, não especifica regras para redimensionamento dos sistemas de manejo das águas pluviais ou a utilização de infraestruturas verdes ou azuis para aumento da resiliência urbana e mitigação de emissões.

As articulações interinstitucionais e entre esferas da Federação são condição essencial para a redução do risco de desastres, e sem uma política urbana que atinja a urbanização de assentamentos precários, saneamento ambiental universalizado e sustentável implantação de infraestruturas verdes e azuis, o papel dos entes de monitoramento de risco e de defesa civil continuará falho na prevenção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q.; WELLE, T.; BIRKMAN, J. Disaster risk indicators in Brazil: a proposal based on the world risk index. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, n. 17, p. 251-272, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.04.007>

ALMEIDA, G. M. et al. **A política nacional de regularização fundiária**: capacidades institucionais dos municípios na implementação do Programa Federal Papel Passado e suas implicações na gestão do território. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL – ENANPUR, XVII, 2017. São Paulo, 2017.

ALVALÁ, R. et al. Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 41, 2019. 101326.

BARCELLOS, C.; HACON, S. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para

- o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, Brasília, 2009.
- BARTIKO, D. et al. Spatial and seasonal patterns of flood change across Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 64, n. 9, p. 1071-1079, 2019. DOI: 10.1080/02626667.2019.1619081
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Regularização fundiária sustentável: conceitos e diretrizes**. Brasília, 2007.
- BURIAN, S.; EDWARDS, F. Historical Perspectives of Urban Drainage. **Ninth International Conference on Urban Drainage**. 2012. [https://doi.org/10.1061/40644\(2002\)284](https://doi.org/10.1061/40644(2002)284)
- CALDERIA, T. **Cidades de muros: crime e segregação na metrópole**. EdUSP: São Paulo, 2000.
- CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. Drought and water policies in Northeast Brazil: backgrounds and rationale. **Water policy**, v.10, p. 425-38, 2008.
- CENAD. **Registro de ocorrência de desastres naturais 2005-2015**. Dados gentilmente cedidos pela Coordenação de Análise de Risco do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres, 2018.
- CEPED. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais On-line**. 2020.
- CHOU, S. et al. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, p. 512-527, 2014.
- DEBORTOLI, N. et al. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disaster in the context of climate change. **Natural hazard**, v. 8, n. 2, 2017.
- DIAS, M. C. A. et al. Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 31, Oct. 2018.
- DUNN, R. J. H. et al. Development of an updated global land in situ-based data set of temperature and precipitation extremes: HadEX3. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 125, 2020 e2019JD032263. <https://doi.org/10.1029/2019JD032263>
- FONSECA, P. A. M. **Influência de variáveis hidroclimáticas na ocorrência de diarreias em menores de 5 anos na Amazônia ocidental**. Manaus: [s.n.], 2018.
- FREITAS, C. M. et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, 2014.
- HACON, S. S.; OLIVEIRA, B. F. A.; SILVEIRA, I. Climate Change Risks in Brazil: a review of the health sector impacts of 4°C or more temperature rise. NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Org.). **Impacts of 4°C or more Temperature Risk**. UK: Springer, 2018.
- HARDOY, J.; PANDIELLA, G. Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. **Environment and Urbanization**, v. 21, n. 1, p. 203-224, 2009.
- HUMMELL, B.; CUTTER, S.; EMRICH, C. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 7, n. 2, 2016. doi: 10.1007/s13753-016-0090-9.
- IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2020.
- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: ago. 2020.
- IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Munic 2013**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: ago. 2020.
- IDEB. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica**. 2011. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado/>>. Acesso em: ago. 2020.

IDSUS. **Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde**. 2010. Disponível em: <<http://idsus.saude.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2020.

IPCC. **Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. BARROS, V. R. et al. (Ed.). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014.

IPCC. **Special Report: climate change and land**. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2019.

IPEA. **Índice de Vulnerabilidade Social**. 2015. Disponível em: <<http://ivs.ipea.gov.br>>.

KITA, S. M. Urban vulnerability, disaster risk reduction and resettlement in Mzuzu city, Malawi. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 22, 2017.

KOKS, E. E. et al. Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. **Environmental Science & Policy**, n. 47, p. 45-52, 2015.

LITRE, G.; BURSZTYN, M. Percepções e adaptação aos riscos climáticos e socioeconômicos na pecuária familiar do bioma Pampa. **Ambiente & Sociedade**, v. XVIII, n. 3, p. 55-80, 2015.

MARENGO, J. O futuro do clima no Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25-32. São Paulo, 2014.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **Int. J. Climatol.** v. 36, p. 1033-1050, 2016. doi: 10.1002/joc.4420

MARENGO, J. A. et al. **Changes in climate and land use over the amazon region**: current and future variability and trends. **Front. Earth Sci.** v. 6, p. 228, 2018. doi: 10.3389/feart.2018.00228

MARENGO, J. A. et al. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Ann. N.Y. Acad. Sci.** p. 1-16, 2020a. doi: 10.1111/nyas.14307

MARENGO, J. A. et al. Changing Trends in Rainfall Extremes in the Metropolitan Area of São Paulo: causes and impacts. **Front. Clim.** v. 2, n. 3, 2020b. doi: 10.3389/fclim.2020.00003

MARENGO, J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**. São Paulo, n. 106, p. 31-44 julho/agosto/setembro 2015.

MARENGO, J.; ALVES, L. M. The 2011 intense rainfall and floods in Rio de Janeiro. In: State of the Climate in 2011. **Bulletin of American Meteorological Society**, 93, p. S175-S177, 2012.

MARENGO, J. et al. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 02, n. 02, p. 87-96, 2013a.

MARICATO, E. Conhecer para resolver a cidade ilegal. CASTROLA, L. (Org.) **Urbanização Brasileira**. Ed. C/Arte: São Paulo, 2003.

_____. MetrÓpole, legislação e desigualdade. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, p. 151, 2003b.

_____. Informalidade Urbana no Brasil: a lógica da cidade fraturada. In: **A cidade de São Paulo, relações internacionais e gestão pública**. WANDERLEY, L. E.; RAICHELIS, R. (Org). Ed Educ, 2009.

_____. The future of global peripheries cities. **Latin America Perspective**, v. 44, n. 2, p. 18-37, 2017. doi:10.1177/0094582X16685174

MIKOSZ, L. **Sendai Framework Indicators for Disaster Risk Reduction in Brazil**: initial conditions, feasibility analysis, and understanding the risk. National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS): Tokyo, Japan, 2017.

NOGUEIRA, F.; OLIVEIRA, V.; CANIL, K. Políticas Públicas Regionais para Gestão de Riscos: o processo de implementação no ABC, SP. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. XVII, n. 4, p. 177-194, out.-dez. 2014.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Caderno Metrópoles**, v. 15, n. 29, p. 35-54. São Paulo, 2013.

PBMC. **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional**: impactos, vulnerabilidade e adaptação. v. 2. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Governo Federal, Brasília, 2016.

PEREZ, L. P. et al. Spatial data in the Global South: a case study of alternative land management tools for cities with limited resources. In: **2017 IEEE - GHTC**: California, 2017.

PNUD. **Atlas Brasileiro do Desenvolvimento Humano nos Municípios Brasileiros**. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: ago. 19.

RASCH, R. Income Inequity and Urban Vulnerability to Flood Hazard in Brazil. **Social Science Quarterly**, v. 98, n. 1, p. 299-325, 2017.

ROLNIK, R. O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cad. Metrop.** São Paulo, v. 17, n. 33, p. 127-154, May 2015.

RUFAT, S. et al. Social vulnerability to floods: review of case studies and implications for measurement. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 14, p. 4, 2015.

SAITO, S. M. et al. Disaster risk areas in Brazil: outcomes from an intra-urban scale analysis. **International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment**. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2020-0008>

SAITO, S. M. et al. População urbana exposta aos riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 31, 29 nov. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Relatório de Defesa Civil**. 2019. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/defesa-civil-do-estado-atualiza-situacao-na-baixada-santista/>>. Acesso em: ago. 2020.

SILVA, D. X.; BARCELLOS, C.; BACURI, R. **Vulnerabilidade e efeitos das mudanças climáticas na saúde pública em Manaus**. Project report on Guidance for Conducting Assessments of Health Vulnerability and Public Health and Health Care Interventions to Address Climate Change, funded by the Pan-American Health Organisation, 2010.

TOMINAGA, L.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. Instituto Geológico: São Paulo, 2009.

TRAVASSOS, L.; TORRES, P.; GIULIO, G. et al. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. **International Journal of Urban Sustainable Development**. 2020. DOI:10.1080/19463138.2020.1762197

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Revista Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, São Paulo, 2008.

UFMG. **Podcast da UFMG**: as chuvas de BH, 2020. Disponível em: <<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/planejamento-equivocado-transforma-chuva-em-inimiga>>. Acesso em: ago. 2020.

UNISDR. **Economic losses, poverty & disasters**: 1998-2017. Author(s) WALLEMACQ, P.; ROWENA, H. 2018.

UNDRR. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. Geneva, Switzerland. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 2019. eISBN: 978-92-1-004180-5