



BASE DE DADOS DE EVENTOS HIDROLÓGICOS NO RIO GRANDE DO SUL: UM CONTRIBUTO PARA A GESTÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO

Susana da Silva Pereira¹
Anderson Augusto Volpato Scoti²
Luis Eduardo de Sousa Robaina³
Carlos Valdir de Meneses Bateira⁴
Romário Trentin⁵
Andréa Valli Nummer⁶

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a distribuição espaço-temporal dos eventos hidrológicos registrados no RS entre 1980 e 2020. Em termos metodológicos, um evento de desastre hidrológico foi definido como uma ou mais ocorrências que partilham o mesmo processo desencadeante no tempo, representados por uma extensão espacial ampla (um ou mais municípios afetados) e uma certa magnitude. Os eventos hidrológicos registrados entre 1980 e 2005 foram obtidos a partir de consulta e seleção na base de dados de Reckziegel (2007) sobre desastres climáticos e hidrogeomorfológicos para o estado do RS baseada no jornal diário Zero Hora, em decretos de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública (2006-2020) na Defesa Civil e no Diário Oficial do Estado. As pesquisas e análise documental no jornal diário Zero Hora foram estendidas até 2020. A base de dados estrutura-se em duas partes: (i) características do evento com dados sobre o tipo (inundação, enxurrada e alagamento), data (década, ano, mês e dia), localização (municípios afetados, bacia hidrográfica); (ii) danos humanos e materiais referidos nas fontes: número de mortos, número de feridos, número de desabrigados, número de desalojados, número de unidades habitacionais, instituições públicas de saúde e ensino, instituições públicas prestadoras de outros serviços e de uso comunitário e obras de infraestrutura pública danificadas e destruídas. Entre 1980 e 2020 foram identificados 399 eventos, dos quais 49,9% são inundações, 36,6% enxurradas, 11% alagamentos e os restantes 2,5% são eventos complexos. Com este trabalho caracterizamos a distribuição temporal dos eventos e os danos humanos de mortos e afetados (anual, mensal e a probabilidade anual) e a sua distribuição espacial ao município. Destacam-se os municípios com maior número de inundações: São Borja (Oeste, rio Uruguai), Alegrete (Centro-Oeste, rio Ibirapuitã), Lajeado e Estrela (Centro-Leste, rio Taquari). Nas enxurradas e alagamentos, sobressaem Pelotas (Sul) e Porto Alegre (Leste, Lago Guaíba).

¹ Professora Auxiliar, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto - UP, sspereira@letras.up.pt;

² Professor, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, anderson.sccoti@ufsm.br;

³ Professor, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, lesrobaina@yahoo.com.br;

⁴ Professor Associado, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto - UP, carlosbateira@gmail.com;

⁵ Professor, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, romario.trentin@gmail.com;

⁶ Professora, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, a.nummer@gmail.com



INTRODUÇÃO

Na atualidade, o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas têm tido grande importância diante dos efeitos negativos consequentes das intervenções antrópicas, baseadas em uma concepção de domínio e controle da natureza, associadas a um modelo econômico de exploração desordenada dos recursos naturais.

O artigo 171 da Constituição do Rio Grande do Sul instituiu um modelo sistêmico para a gestão das águas no estado. A Lei Estadual 10.350/1994 regulamentou esse artigo, criando os Comitês de Bacia e definindo três Regiões Hidrográficas (R.H.): Uruguai, Guaíba e Litoral. Posteriormente, o Decreto nº 53.885/2018 subdividiu essas regiões em 25 Bacias Hidrográficas. As Bacias hidrográficas do RS originaram-se de processos de evolução da atividade geotectônica e mudanças climáticas no decorrer do tempo geológico. É reconhecida a evolução do relevo por meio de soerguimentos sucessivos da Plataforma Sul-Americana desde o Cretáceo até ao Cenozoico, quando o continente sul-americano teria sido arrasado por erosão continental duradoura (AB'SÁBER, 1988).

No Rio Grande do Sul, nas porções norte e oeste, os rios drenam em direção ao rio Uruguai, formando a bacia do Rio Uruguai. A formação da Bacia do Rio Uruguai está relacionada à instalação do canal fluvial em uma depressão tectônica entre os arcos de Ponta Grossa, ao norte, e do Rio Grande, ao sul, conhecida como Alinhamento do Rio Uruguai-Zona de Fratura de Florianópolis ou Alinhamento Torres-Posadas. O soerguimento da Serra do Mar na porção leste originou um fluxo da drenagem em direção ao centro do continente que vai desembocar no Rio de La Plata (VERDUM, et al., 2012).

No centro e nordeste do estado, a drenagem forma a R.H. da Bacia do Guaíba, em que o Rio Jacuí é o canal principal de escoamento, desembocando no Lago Guaíba. No sul e sudeste, os rios da R.H. das Bacias Litorâneas desembocam na Laguna do Patos ou no Oceano Atlântico. Os corpos lagunares do leste do RS, o Lago Guaíba e a Laguna dos Patos, formaram-se associados à evolução geológica da Planície Costeira do RS.

No RS existem uma série de áreas urbanas próximas aos grandes rios. Durante a formação territorial do estado, os rios tiveram um papel fundamental, pois permitiam o deslocamento de pessoas e cargas por via fluvial, além do abastecimento de água. Com passar dos anos e o crescimento desordenados das cidades, moradias e pessoas passaram a ser expostas aos processos fluviais (ROBAINA et al., 2024).

Segundo a base de dados EM-DAT, no período entre 1980 e 2024, os riscos hidrológicos no estado do Rio Grande do Sul (RS) foram responsáveis por 26 eventos,



450 mortes e 3,86 milhões de afetados. O evento de maio de 2024 representa 62% do total de afetados e o valor mais elevado dentre os registrados em termos de danos totais (7 mil milhões US\$). Neste contexto, é importante conhecer os eventos extremos de inundação para melhorar a prevenção e gestão dos desastres hidrológicos.

O principal objetivo deste trabalho é analisar a distribuição espácio-temporal dos eventos hidrológicos registrados no estado do Rio Grande do Sul entre 1980 e 2020.

Os objetivos específicos deste estudo consistem em:

1. Definir conceitualmente os eventos hidrológicos, estabelecendo critérios claros para a sua identificação e classificação.
2. Caracterizar as fontes de informação e os procedimentos metodológicos utilizados na recolha de dados relativos a eventos hidrológicos.
3. Descrever a estrutura da base de dados geográfica desenvolvida, incluindo os atributos associados aos eventos registrados.
4. Examinar a distribuição temporal dos eventos, considerando a sua frequência anual e mensal, de modo a evidenciar tendências sazonais e interanuais.
5. Realizar uma análise da distribuição espacial dos eventos ao nível municipal, com o objetivo de identificar padrões de ocorrência e áreas de maior perigosidade.

METODOLOGIA

Em termos metodológicos, um evento hidrológico foi definido como uma ou mais ocorrências que partilham o mesmo processo desencadeante no tempo, representados por uma extensão espacial ampla (um ou mais municípios afetados) e uma certa magnitude. O critério de admissão de um evento hidrológico baseou-se na condição de gerar no mínimo 1 dano humano ou material.

Os eventos hidrológicos registrados entre 1980 e 2005 foram obtidos a partir de consulta e seleção na base de dados de RECKZIEGEL (2007) sobre desastres climáticos e hidrogeomorfológicos realizada para o estado do Rio Grande do Sul (RS), baseada no jornal diário Zero Hora entre 1980 e 2005. Posteriormente, as pesquisas e análise documental dos eventos hidrológicos no jornal diário Zero Hora foram estendidas até 2020. Além das fontes hemerográficas foram consultados online os decretos de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública (2006-2020) na Defesa Civil e no Diário Oficial do Estado (Figura 1). A Situação de Emergência corresponde ao reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres,

causando danos superáveis pela comunidade afetada. Por outro lado, o Estado de Calamidade Pública é o reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade ou à vida de seus integrantes (Lei Nº 12.608, de 10 de Abril de 2012).

A base de dados geográfica estrutura-se em duas partes: (i) características do evento com dados sobre o tipo (inundação, enxurrada e alagamento), data de ocorrência (década, ano, mês e dia), localização (municípios afetados, bacia hidrográfica); (ii) danos humanos e materiais referidos nas fontes: número de mortos, número de feridos, número de desabrigados, número de desalojados, número de unidades habitacionais, instituições públicas de saúde e ensino, instituições públicas prestadoras de outros serviços e de uso comunitário e obras de infraestrutura pública danificadas e destruídas.

Os eventos de destres hidrológicos foram agrupados por município para a sua hierarquização em termos de número de eventos, número de mortos e desabrigados para o período em análise, recorrendo ao software SIG ArcGIS Pro.

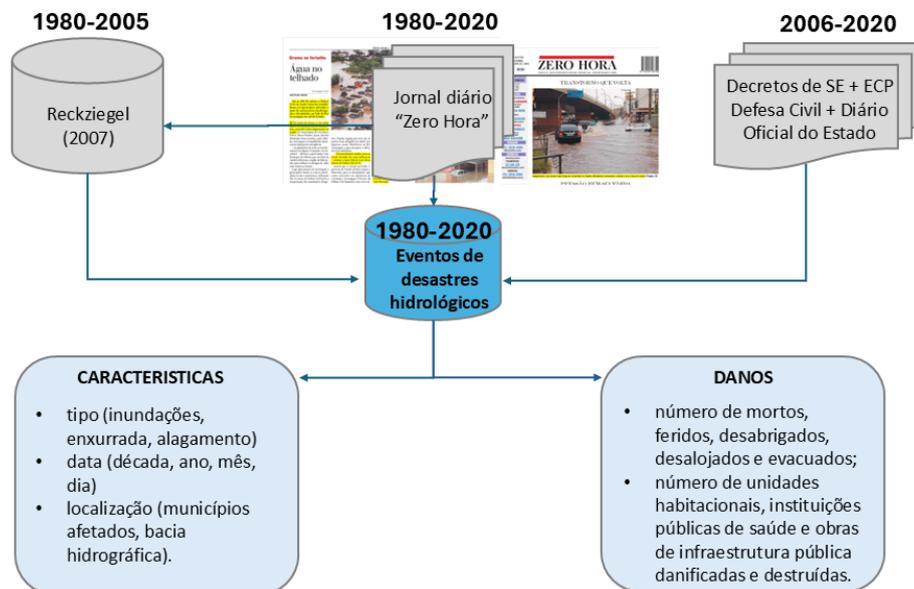


Figura 1 – Esquema metodológico da base de dados sobre os eventos hidrológicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre 1980 e 2020 foram registados 399 eventos hidrológicos no estado do RS, totalizando 147 mortos, 3.868 evacuados, 68.488 desalojados e 433.558 desabrigados.



a) Eventos hidrológicos mais danosos

Em termos de tipo de inundação, 50% dos eventos estão associados a inundações, 37% enxurradas, 11% a alagamentos e 2% a eventos complexos. As inundações em grandes bacias hidrográficas causaram o maior número de municípios afetados ao longo do período em análise (Tabela 1), sobretudo na R.H. do Guaíba e Uruguai.

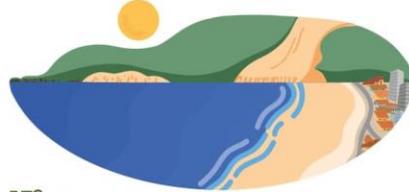
No total, 173 eventos geraram desabrigados, 32 eventos geraram desalojados e 65 eventos geraram mortos, portanto os desabrigados ocorreram em 43,3% dos eventos. Analisando o tipo de danos gerados pelos eventos hidrológicos, 56% registaram danos humanos e materiais, enquanto 44% dos eventos registam apenas danos materiais.

b) Evolução temporal

No período em análise destaca-se o evento de 2013/08/24 que afetou o maior número de municípios (38), gerando 18 269 desabrigados e 3 mortos nas bacias hidrográficas dos Rio Sinos, Caí, Gravataí, Taquari-Antas e Jacuí. Com mais de 30 municípios afetados destaca-se também o evento de 2015/12/23 que afetou a R.H. do Uruguai no centro-oeste do estado e a R.H. do Guaíba no centro-leste do estado, tendo gerado 1 236 desabrigados e 9 mortos (Tabela 1). Em ambos os casos foi declarada situação de Emergência pela Defesa Civil.

Os 10 eventos com maior número de municípios afetados por eventos hidrológicos no RS entre 1980 e 2020 concentraram-se entre 2007 e 2019 (2007, 2008, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2017 e 2019). Os anos de 2007, 2009, 2014 e 2015 registou-se uma incidência do El Niño e em 2011 La Niña.

Em termos de evolução anual do número de eventos (Figura 2), entre 1980 e 2020, verifica-se uma sequência de anos extremos, com mais de 15 eventos (1990, 1998, 2001, 2002 e 2009). Nos últimos 5 anos do período em análise verifica-se uma redução do número de eventos e de mortos. Em termos da mortalidade associada aos eventos hidrológicos destacam-se o anos de 2001, 2007, 2009 e 2010 com mais de 10 mortos por ano.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

Tabela 1 – Os 10 eventos com maior número de municípios afetados por eventos hidrológicos no RS entre 1980 e 2020.

ID Evento	Data	N.º Município	Regiões hidrográficas	Tipo de evento	Mortos	Desabrigados	Desalojados
365	2013/08/24	38	R. H. do Guaíba – região central, metropolitana e parte do nordeste (Rio Sinos, Caí, Gravataí, Taquari-Antas, Jacuí).	inundação	3	18.269	-
379	2015/12/23	32	R. H. do Uruguai - noroeste, oeste e centro-oeste do estado; R. H. do Guaíba - centro-leste.	inundação	9	1.236	-
300	2007/09/22	26	R. H. do Uruguai – noroeste e parte do norte do estado; R. H. do Guaíba – região central, metropolitana e parte do nordeste; R. H. do Litoral – ocupa a faixa litorânea do estado.	inundação	4	2.182	3.295
334	2010/01/03	25	R. H. do Uruguai – noroeste e parte do norte do estado; R. H. do Guaíba – região central, metropolitana e parte do nordeste (Rio Jacuí e Taquari-Antas).	inundação	7	3.903	30
351	2011/07/20	23	R. H. do Uruguai – noroeste e parte do norte do estado; R. H. do Guaíba – região central, metropolitana e parte do nordeste.	inundação	-	5.900	9
394	2019/10/29	23	R. H. do Uruguai – centro-oeste e oeste do estado; R. H. do Guaíba – cobre a região centro-leste e metropolitana; R. H. do Litoral – faixa litorânea do estado sul e sudeste, próximos à Lagoa dos Patos.	inundação	58	395	
369	2014/06/26	18	R. H. do Uruguai – noroeste e parte do norte do estado (rios Uruguai, Ijuí, Ibicuí, Santa Maria); R. H. do Guaíba – região centro-leste do estado.	inundação	3	14.673	26.593
386	2017/05/26	17	R. H. do Uruguai – noroeste e parte oeste do estado; R. H. do Guaíba – região centro-leste e metropolitana; R. H. do Litoral – faixa litorânea do estado (lagoa Mirim).	inundação	-	446	7.451
312	2008/10/25	16	R. H. do Uruguai – noroeste e parte do norte do estado; R. H. do Guaíba – região central, metropolitana e parte do nordeste.	inundação	2	2.903	903
375	2015/07/13	16	R. H. do Guaíba - região metropolitana de Porto Alegre e municípios do Vale do Sinos, Caí e Taquari-Antas; R. H. do Uruguai - noroeste e oeste do estado, rios Uruguai, Ijuí, Ibicuí e Santa Maria.	inundação	-	3.184	3.600

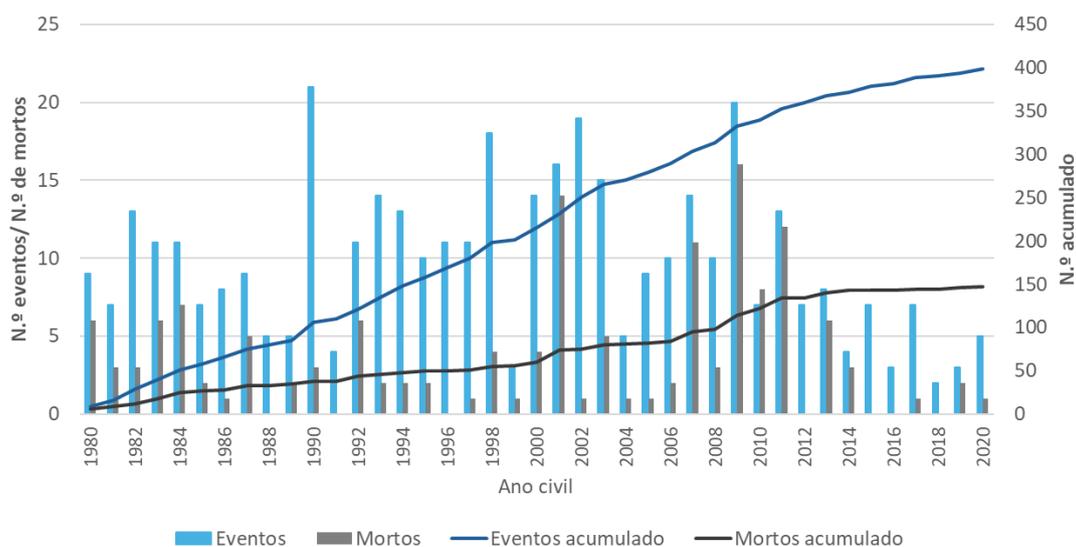


Figura 2 – Número anual de eventos hidrológicos, número de mortos associados e respectivos valores acumulados entre 1980 e 2020 no RS.

No estado do RS, os processos hidrológicos podem ocorrer em todos os meses do ano (Figura 3), com o predomínio das inundações e enxurradas. Em termos gerais predominam os eventos hidrológicos no mês de janeiro (44 eventos, dos quais 20 foram enxurradas e 15 inundações), seguido do mês de setembro (40 eventos, dos quais 27 foram enxurradas). Em seguida, destacam-se os meses de fevereiro (verão), maio (outono) e outubro (primavera) com mais de 35 eventos no período em estudo. Estes meses correspondem, de uma forma geral, aos meses de mudança de estação com a passagem do inverno para a primavera, ou do outono para o inverno. Os eventos de chuvas diárias severas são mais comuns na primavera e verão.

c) Distribuição espacial

O município de Porto Alegre na B.H. do Lago Guaíba destaca-se com o maior número de eventos (73) entre 1980 e 2020, seguindo-se Alegrete (B.H. do Ibicuí) e Pelotas (B.H. Mirim São Gonçalo) com 35 e 30 eventos, respectivamente (Figura 4). A B.H do rio Taquari-Antas destaca-se pela maior frequência de ocorrência de eventos hidrológicos no período em estudo (ROBAINA et al., 2024).

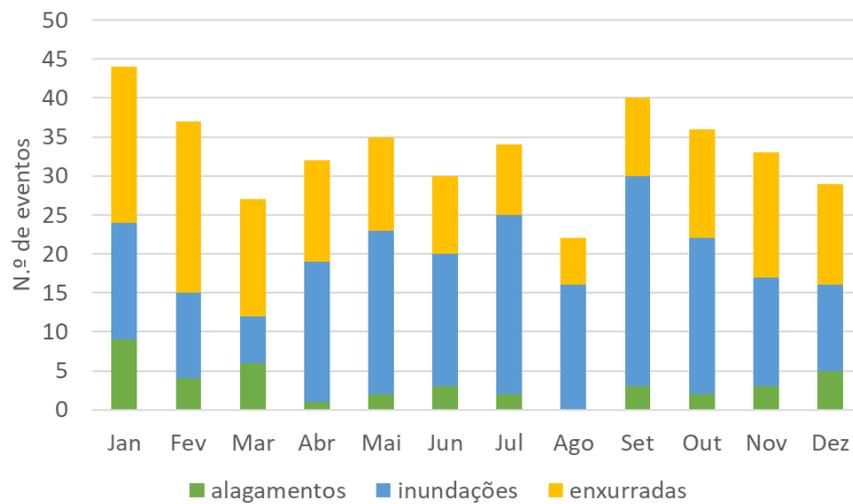


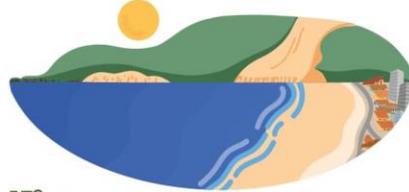
Figura 3 – Número mensal de eventos de inundações, enxurradas e alagamentos registrados entre 1980 e 2020 no RS.

Os eventos de inundações foram mais frequentes nos municípios São Borja, no Oeste do estado, associado ao rio Uruguai, Alegrete, no Centro-Oeste associado ao rio Ibirapuitã, e os municípios de Lajeado e Estrela, localizados no Centro-Leste junto ao rio Taquari. Nas enxurradas e alagamentos destacam-se os municípios de Pelotas, localizado no Sul do estado e Porto Alegre, localizada na região Leste junto ao Lago Guaíba.

Porto Alegre registou o maior número de mortos associados a eventos hidrológicos (12), seguido de Pelotas (9) e São Lourenço do Sul (8) entre 1980 e 2020. Nas mortes associadas aos eventos hidrológicas destacam-se as B.H. de Camaquã, Laguna dos Patos, Taquari-Antas e Sinos, associadas a enxurradas e alagamentos.

O maior número de desabrigados foi registrado nos municípios do interior oeste (Alegrete, Itaqui, Uruguiana e São Borja), na região metropolitana de Porto Alegre (Porto Alegre e São Leopoldo) Rolante e São Sebastião do Caí. Ao longo dos 40 anos em análise, o município de Alegrete registou o maior número de desabrigados (73 767), associado ao Rio Ibicuí.

A CREPDEC 1 (Metropolitana) apresenta o maior número de municípios com muita alta probabilidade de desastres hidrológicos. Porto Alegre, São Leopoldo e Novo Hamburgo são os mais representativos (ROBAINA et al., 2024). Estes municípios estão localizados na Bacia Sinos-Caí e Bacia Gravataí-Lago Guaíba. Os rios que afetam diretamente são o Rio dos Sinos, Caí e Gravataí. Os municípios localizados junto ao Rio



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Uruguai e Rio Taquari também são muito afetados. Além desses, se destaca o município de Alegrete nas margens do Rio Ibirapuitã.

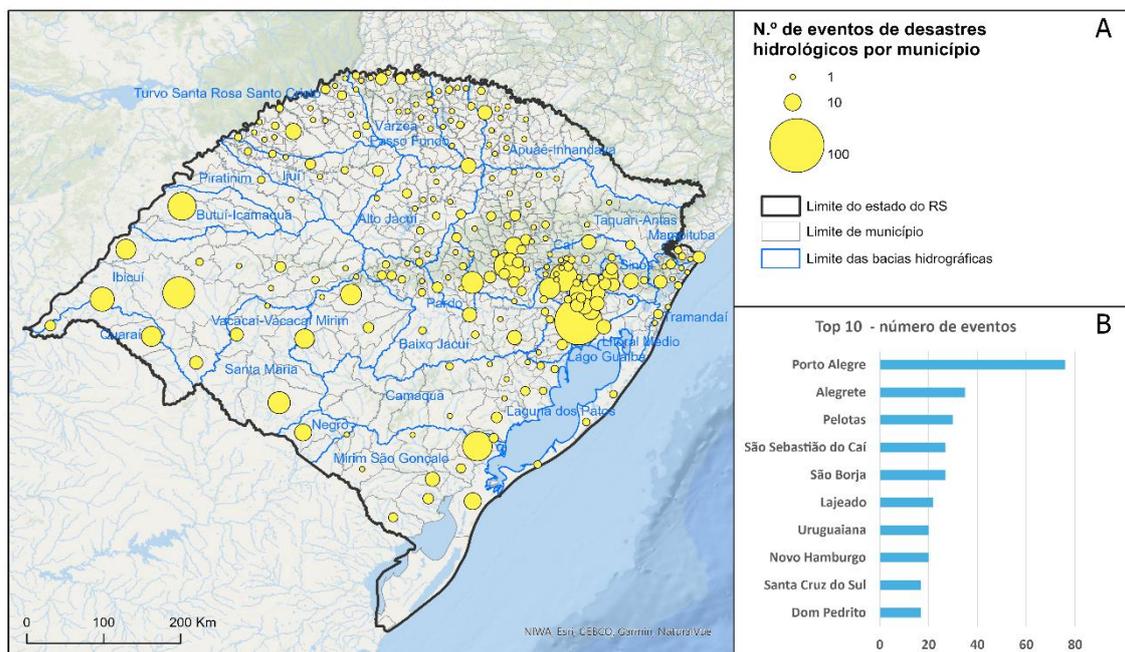


Figura 4 – Número de eventos de eventos hidrológicos por município (A) e Top 10 dos municípios com o maior número de eventos (B) entre 1980 e 2020 no RS.

Ao analisar a porcentagem de eventos de desastres que geraram decretos de Estado de Calamidade Pública ou de Situação de Emergência observa-se que no final da primavera e início do verão mais de 65% dos municípios afetados decretaram Situação de Emergência.

As características socioeconômicas dos municípios (Percentual de Receitas de Fontes Externas, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e o PIB per capita) condicionam a respostas dos municípios em relação aos danos causados pelos processos hidrológicos. Observou-se que os municípios com relativa melhor condição socioeconômica apresentam menor número de decretos de emergência, devido às condições mais favoráveis para enfrentar os danos causados pelos processos hidrológicos. Os municípios com menor condição socioeconômica têm decretos em mais de 60% dos eventos danosos. Portanto, o processo perigoso, que ocorre em áreas urbanas, expõe a vulnerabilidade social e territorial das comunidades que enfrentam o desastre.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho identifica áreas prioritárias para a implementação de estratégias de redução do risco, com base na integração dos dados espaciais e temporais, visando apoiar a tomada de decisão em contextos de planejamento territorial e proteção civil a nível regional e municipal. Contribui ainda para os objetivos do Marco de Sendai, disponibilizando informação credível recolhida de forma sistemática contribuindo para a implementação de estratégias de redução do risco de desastre.

Os resultados deste trabalho levantam a necessidade da realização de novas pesquisas sobre a identificação dos fatores justificativos dos desastres hidrológicos de ordem natural (morfometria e morfologia das B.H, evolução do grau de impermeabilização, aumento da exposição das áreas inundáveis) e de natureza sócio-económica (vulnerabilidade sócio-económica das populações, capacidade de resposta dos municípios aos desastres, meios de apoio e proteção civil).

Palavras-chave: Risco de inundação, Rio Grande do Sul, base de dados.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. *Espaço territorial e proteção ambiental*. Terra Livre, n. 3, 1988. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/issue/view/7>.

ROBAINA, L. E. et al. (org.). *Desastres hidrológicos: levantamento para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil*. Mérida: Mérida Publishers, 2024. ISBN 978-65-88270-42-4. Disponível em: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-88270-42-4>.

RECKZIEGEL, B. W. *Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005*. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Santa Maria, 2007.

VERDUM, Roberto; BASSO, Luis Alberto; SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes (org.). *Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação*. 2. ed. Porto Alegre: Editora, 2012.