

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE EVENTOS DE INUNDAÇÕES NOS MUNICÍPIOS FLUMINENSES COM BASE NAS OCORRÊNCIAS REGISTRADAS NO PERÍODO DE 1991 A 2024**

*Daniele Pereira B. Amaral<sup>1</sup>; Fernanda Spitz Dias<sup>2</sup>; Izabela Andrade Barcellos<sup>3</sup>; Thiago Henrique Z. Pereira<sup>4</sup>; Rafael Porto da Silva Gomes<sup>5</sup>; Milena Alves da Silva<sup>6</sup> & Cauê Bielschowsky<sup>7</sup>*

#### **Abstract:**

This study presents an analysis of flood events frequency in the municipalities of the State of Rio de Janeiro, Brazil, based on quantitative data collected from official documents and publications in the period of 1991 to 2024. The objective is to assess and classify the criticality and susceptibility of each municipality in relation to flood occurrence, employing a systematic methodology described in this study. Despite inherent data limitations and methodological assumptions, the findings demonstrate strong correlation with known municipal conditions and offer valuable insights for policymakers. These results should support decision-making processes at various government levels and foster the development of both preventive and corrective flood management strategies across the state.

#### **Resumo:**

O presente trabalho aborda a análise da frequência de eventos de inundações, baseada em dados quantitativos, a partir de documentos, publicações e informações relativas à ocorrência de inundações nos municípios do Estado do Rio de Janeiro disponíveis no período entre 1991 e 2024. A pesquisa buscou avaliar a criticidade dos municípios, ponderando o número de ocorrências de cada município em relação ao total estadual para cinco indicadores (estudos), somando esses pesos para obter uma pontuação total por município, ordenando-os de forma decrescente e classificando-os qualitativamente. Apesar das limitações dos dados disponíveis, os resultados se apresentaram promissores e coerentes com a realidade observada nos municípios fluminenses, e poderão fornecer subsídios para tomada de decisão pelo poder público, nas diferentes esferas, e fomentar a execução de ações preventivas e corretivas no Estado.

**Palavras-Chave:** Inundações; Planejamento Urbano; Análise de Frequência.

1) Chefe do Serviço de Risco de Inundações e Segurança de Barragens do Instituto Estadual do Ambiente (Inea/RJ). Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar - CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: danielpba.inea@gmail.com

2) Gerente de Segurança Hídrica do Inea/RJ. Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar – CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: fernandasd.inea@gmail.com

3) Chefe do Serviço de Informação Hidrológica do Inea/RJ. Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar - CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: izabelaab.inea@gmail.com

4) Graduando em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e estagiário do Inea/RJ. Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar – CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: thiagopereira.inea@gmail.com

5) Graduando em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e estagiário do Inea/RJ. Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar – CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: rafaelporto.inea@gmail.com

6) Diretora Adjunta de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental do Inea/RJ. Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar - CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: milena.inea@gmail.com

7) Diretor de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental do Inea/RJ. Av. Marechal Floriano, 45 – 14º andar - CEP: 20.080-901- Rio de Janeiro – RJ - E-mail: caue.inea@gmail.com.

## 1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos hidrológicos extremos têm sido um dos principais deflagradores de desastres naturais nas últimas décadas no Brasil. O número de eventos associados a inundações tem se elevado a cada ano, tanto pela ocorrência de precipitações mais intensas quanto pelas suas consequências, atreladas a diversos fatores, principalmente aqueles relacionados ao crescimento desordenado das cidades.

A questão torna-se ainda mais delicada quando se tratam de pequenas bacias hidrográficas em regiões de densa urbanização, visto que o aumento de áreas impermeáveis altera as condições de escoamento natural nos terrenos, diminuindo o tempo de concentração nas bacias de drenagem e aumentando progressivamente as vazões e os danos ocasionados pelas inundações.

Nesse aspecto, o estado do Rio de Janeiro (ERJ) figura entre os estados brasileiros com maior ocorrência de desastres naturais por chuvas intensas (CEPED-UFSC, 2013). A alta ocorrência de inundações no ERJ se deve, em grande parte, aos elevados índices de pluviosidade, ao relevo acidentado e às particularidades da sua hidrografia, composta por muitos rios e córregos com alta declividade, que drenam grandes volumes de água para as baixadas.

Além disso, os impactos das inundações são potencializados pela ocupação desordenada das margens de rios e das planícies de inundação, pela degradação dos taludes e pelo assoreamento dos rios, tornando-se um grave problema socioambiental do estado (CEPED-UFSC, 2013).

Nesse contexto, diante da recorrência e gravidade desses eventos, a Gerência de Segurança Hídrica (GERSEG), vinculada à Diretoria de Segurança Hídrica e Qualidade Ambiental (DIRSEQ) do Instituto Estadual do Ambiente (Inea), desenvolveu o presente trabalho visando contribuir para uma atuação mais eficaz e assertiva do Poder Público nas esferas estadual e municipal. Este trabalho avaliou a frequência de eventos extremos relacionados a inundações nos municípios fluminenses, identificando aqueles com maior criticidade a esses tipos de eventos. A avaliação baseou-se em ocorrências registradas entre 1991 e 2024 e seguiu a metodologia apresentada a seguir, visando subsidiar a priorização de ações para prevenção, mitigação e controle das inundações.

## 2 METODOLOGIA

Em uma análise preliminar, foi realizado um levantamento para identificar os documentos, publicações e informações disponíveis relativas à ocorrência de inundações nos municípios fluminenses. Neste levantamento foram elencados dados dos seguintes estudos e/ou bases de dados: Adapta Brasil (MCTI, 2024), Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA, 2014), Atlas Digital de Desastres no Brasil (SEDEC/MIDR, 2024), Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação (SGB/CPRM, 2024) Histórico de Inundações - registros de reportagens e notícias (Inea)<sup>8</sup>, Mapas de Suscetibilidade a Inundações no ERJ (CEPEDEC/RJ, 2019), Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR (CASA CIVIL, 2023), Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ, 2014), Programa Limpa Rio<sup>9</sup>, Projetos elaborados e/ou em desenvolvimento pelo Inea<sup>10</sup> e Sistema de Alerta de Cheias (INEA, 2024).

Após análise detalhada, os dados foram classificados como “qualitativos” ou “quantitativos”. Os dados foram considerados “qualitativos” quando os estudos e/ou bases de dados de origem já apresentavam uma classificação qualitativa da magnitude da suscetibilidade ou vulnerabilidade a

8) Dados levantados pela GERSEG/DIRSEQ

9) Dados obtidos junto à Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

10) Dados de projetos executados ou em execução pela GERSEG/DIRSEQ e DIRRAM

inundações. São exemplos destas fontes (bases): Adapta Brasil (MCTI, 2024), Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA, 2014), Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação (SGB/CPRM, 2024), Mapas de Suscetibilidade a Inundações no ERJ (CEPEDEC/RJ, 2019), Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR (CASA CIVIL, 2023) e Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ, 2014).

Os dados foram classificados como “quantitativos” quando dispunham de registros de ocorrências e/ou ações para mitigação dos problemas associados a eventos de inundações como, por exemplo, registros de transbordamentos de rios, registros de ocorrências de enxurradas e/ou inundações, quantitativo de ações e projetos desenvolvidos etc. Exemplos de estudos (bases) “quantitativos”: Atlas Digital de Desastres no Brasil (SEDEC/MIDR, 2024), Histórico de Inundações - registros de reportagens e notícias (Inea), Programa Limpa Rio (Inea), Projetos elaborados e/ou em desenvolvimento (Inea) e Sistema de Alerta de Cheias (INEA, 2024).

Considerando que o objetivo principal do estudo consistiu na avaliação com base na frequência, que está relacionada a um número de ocorrências ou eventos, foram utilizados apenas os dados classificados como “quantitativos”. Portanto, nos itens a seguir, serão apresentadas as informações sobre os estudos e/ou bases de dados contemplados na presente análise, doravante intitulados “indicadores”, contribuindo para a classificação dos municípios fluminenses quanto à criticidade em relação aos eventos de inundação no período de estudo.

## 2.1 Atlas Digital de Desastres no Brasil - SEDEC/MIDR

Desenvolvido pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), o Atlas tem como principal objetivo fornecer informações sistematizadas relacionadas às ocorrências de desastres e aos danos e prejuízos decorrentes destes eventos. Os dados utilizados para desenvolvimento do Atlas foram extraídos pela SEDEC do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e estão disponibilizados no âmbito municipal, podendo ser pesquisado por estados, tipo de desastre e categoria de impactos.

Considerando as diferenças conceituais entre alagamentos, enxurradas e inundações, o presente estudo avaliou os municípios mais críticos em relação à frequência de eventos de inundações, levando em conta apenas os registros classificados como “enxurradas” e “inundações” no Atlas Digital de Desastres. Os dados disponíveis até o fechamento deste estudo abrangeram o período de 1991 a 2023, durante o qual foram registrados 269 eventos classificados como enxurradas e 234 como inundações no estado do Rio de Janeiro, totalizando 503 eventos desta natureza no período.

Segundo dados do Atlas, o município de Bom Jesus do Itabapoana é o que possui o maior número de registros de eventos desta natureza (29) no período de dados disponível, seguido de Campos dos Goytacazes (25), Aperibé (17) e Silva Jardim (17). Os municípios de Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Cantagalo, Duas Barras e Volta Redonda não possuem registros de inundações e enxurradas no período analisado, entretanto, isso não significa, necessariamente, que não ocorreram inundações nestes municípios, visto que os eventos podem não ter sido notificados no sistema e/ou podem ter sido registrados como outro tipo de ocorrência (exemplo: alagamento ou ainda associado a deslizamento).

## 2.2 Histórico de Inundações / Registros de Reportagens e Notícias - Inea

O banco de dados com o histórico de ocorrência de inundações é uma iniciativa da GERSEG/DIRSEQ, desenvolvido com o intuito de registrar os eventos de chuvas intensas que provocaram inundações e repercutiram na mídia. Neste histórico são registradas as informações dos eventos, como data de ocorrência, município e locais atingidos, corpos hídricos afetados, estações de

monitoramento próximas, fotos e/ou vídeos, quando disponíveis, e as fontes destas informações. O levantamento foi iniciado no ano de 2020 e, no período entre 2020 e 2024, foram computadas 212 ocorrências associadas a chuvas intensas e inundações relevantes no ERJ nesta base de dados.

O município de Petrópolis é o que possui o maior número de notícias veiculadas sobre o tema (9) no período de dados disponível, seguido de Angra dos Reis (7) e Volta Redonda (7). Não foram identificados registros de notícias na mídia, no período de dados computados, para os municípios de Bom Jardim, Comendador Levy Gasparian, Pinheiral, Quissamã, Rio das Flores e São José de Ubá, entretanto, isso não significa, necessariamente, que não ocorreram chuvas intensas e inundações nessas áreas, uma vez que os dados são baseados em reportagens acessadas ou informações de autoridades locais, podendo haver eventos não noticiados, especialmente em regiões rurais ou pouco urbanizadas, ou ainda notícias não acessadas.

### 2.3 Programa Limpa Rio - Inea

O Programa Limpa Rio é uma iniciativa do Governo do Estado do Rio de Janeiro, executado pelo Inea, que visa a limpeza e o desassoreamento de rios, canais, córregos e lagos. A iniciativa visa mitigar as inundações decorrentes do transbordamento de corpos hídricos, que acontecem principalmente no período chuvoso, proporcionando a melhoria da qualidade de vida das comunidades ribeirinhas e levando segurança ambiental.

Os dados provenientes do Programa Limpa Rio foram consolidados por município, tendo sido observado um total de 627 corpos hídricos contemplados pelo programa no período de 2019 a 2024, correspondendo a ações em 78 municípios fluminenses.

O município de Petrópolis possui o maior número de ações do Programa (53) no período de dados disponível, seguido de Duque de Caxias (51), Rio de Janeiro (47) e Belford Roxo (41). Os municípios Bom Jardim, Cardoso Moreira, Comendador Levy Gasparian, Duas Barras, Engenheiro Paulo de Frontin, Macuco, Maricá, Miracema, São José de Ubá, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Varre-Sai e Volta Redonda não possuem registros de ações do Programa Limpa Rio no período avaliado, o que não significa, necessariamente, a ausência de chuvas intensas e inundações nestes municípios, visto que a iniciativa consiste na execução de ações preventivas e corretivas, principalmente em regiões urbanizadas e, portanto, regiões com baixa densidade de ocupação podem não ter sido contempladas no período analisado. Ressalta-se ainda que uma nova fase do Programa foi implementada no final de 2023, visando estender os serviços de limpeza e desassoreamento de rios e canais a todos os 92 municípios fluminenses. Portanto, é possível que a ausência de registros para os municípios supramencionados se deva ao fato de o estudo ter contemplado dados disponíveis até agosto de 2024.

### 2.4 Projetos elaborados e/ou em desenvolvimento - Inea

O Inea tem como uma das suas atribuições o desenvolvimento de estudos e projetos e execução de obras para prevenção e mitigação de inundações em todo o território fluminense. No presente estudo foi realizado um levantamento dos projetos contratados pela instituição, executados ou em desenvolvimento pela GERSEG/DIRSEQ e Diretoria de Recuperação Ambiental (DIRRAM), cujos dados foram consolidados por município, tendo sido levantado um total de 128 projetos em 30 municípios do estado no período de 2011 a 2024.

Os municípios de Duque de Caxias e Nova Friburgo lideram com o maior número de projetos (14) no período de dados disponível, seguidos por Petrópolis (12), Teresópolis (11) e Rio de Janeiro (10). Segundo esta base de dados, 62 (sessenta e dois) municípios não possuem registros de projetos executados ou em desenvolvimento no período avaliado, no entanto, isso não significa,

necessariamente, que não ocorreram chuvas intensas e inundações nestes municípios e que não estejam previstos estudos e projetos desta natureza para os próximos anos.

Cabe destacar que a maioria dos projetos executados pelo Inea está concentrada na Região Serrana do ERJ, principalmente em virtude do desastre natural que ocorreu na região em janeiro de 2011. Ressalta-se também que as intervenções ocorrem mediante disponibilidade orçamentária para contratação dos projetos e execução das respectivas obras.

## 2.5 Sistema de Alerta de Cheias - Inea

O Sistema de Alerta de Cheias foi criado pelo Inea para informar as autoridades e população sobre a possibilidade de chuvas intensas e inundações graduais (cheias) que possam causar perdas humanas e materiais. A rede hidrometeorológica é composta por estações dos tipos pluviométricas, plu-fluviométricas e meteorológicas, complementadas pelo monitoramento hidrometeorológico, em tempo real, realizado pela rede de radares do Estado do Rio de Janeiro, composta por dois radares meteorológicos banda-S, dotados de tecnologia *doppler* e dupla-polarização, que permitem a identificação de tempestades, não somente em todo o território estadual, como também na totalidade das suas bacias hidrográficas. Quando há previsão de chuvas fortes ou possibilidade de transbordamento dos rios para a região monitorada, o Inea contata os agentes da Defesa Civil, que enviam alertas para a população cadastrada.

Atualmente a rede de estações de monitoramento hidrometeorológico conta com 105 estações, sendo que 79 são dotadas de equipamentos que monitoram os níveis dos rios. O período de dados disponível corresponde a 2009 a 2024, tendo sido computado um total de 523 transbordamentos.

Dentre os municípios monitorados e no período de dados disponível, Petrópolis possui o maior número de registros de transbordamentos em seus rios (148), seguido por Duque de Caxias (55) e Macaé (43). Segundo estes dados, 65 (sessenta e cinco) municípios não possuem estações da rede de monitoramento hidrometeorológico do Inea, no entanto, ressalta-se que existem estudos e propostas em andamento para ampliação da rede de estações no ERJ.

## 2.6 Consolidação dos Dados

Conforme mencionado anteriormente, considerando que o objetivo principal do estudo apresentado consiste na avaliação dos municípios com maiores ocorrências de eventos associados a inundações, foram utilizados apenas os dados classificados como "quantitativos". Dessa forma, a metodologia do presente trabalho consistiu na ponderação do número de registros de ocorrências de cada município em relação ao quantitativo total de registros para o ERJ, para cada um dos 5 (cinco) indicadores contemplados no estudo, onde foram calculados seus pesos equivalentes.

Em seguida, foi realizado o somatório simples dos pesos equivalentes de cada município, dos cinco indicadores, resultando em uma pontuação total para cada município. Após a obtenção da pontuação total para cada município do ERJ, foi procedida uma ordenação decrescente, isto é, do município com maior para o de menor pontuação, de modo que pudessem ser identificados os municípios mais críticos em relação à ocorrência de inundações com base nos dados utilizados.

Na sequência, foi procedida uma avaliação para classificação qualitativa da criticidade, com base nos pesos ( $p$ ), da seguinte forma: muito alta ( $p > 0,10$ ); alta ( $0,04 < p \leq 0,10$ ); média ( $0,02 < p \leq 0,04$ ); baixa ( $0,01 < p \leq 0,02$ ); e muito baixa ( $0,00 < p \leq 0,01$ ). Ressalta-se que os dados classificados como "qualitativos" foram utilizados como apoio na determinação dos pesos para a classificação da criticidade, contribuindo para a verificação quanto à coerência e consistência da classificação de

alguns municípios identificados como mais críticos no que tange à frequência de eventos de inundações com as bases disponíveis.

### 3 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Após a aplicação da metodologia para cada município, foi obtida uma lista dos municípios, classificados em ordem decrescente, de acordo com seus respectivos pesos, segundo sua criticidade em relação aos registros de ocorrências de inundações. Petrópolis destacou-se com a maior pontuação, liderando, assim, a lista de municípios com maior frequência de eventos de inundações com base nos dados disponíveis.

Apesar das limitações dos dados utilizados como referência, os resultados se mostraram aderentes à realidade conhecida pelo Poder Público e pela população, com o município de Petrópolis ocupando o primeiro lugar na relação de municípios com maior frequência de eventos de inundações e os demais municípios da Região Serrana e alguns das Baixadas Fluminense e Campista sendo também classificados com criticidade “muito alta”. É notório que Petrópolis, Nova Friburgo e Teresópolis figuram entre os municípios que registram altas ocorrências de eventos de inundações no ERJ, em virtude das suas características fisiográficas, geológicas e geográficas, associadas à ocupação desordenada das Faixas Marginais de Proteção (FMPs).

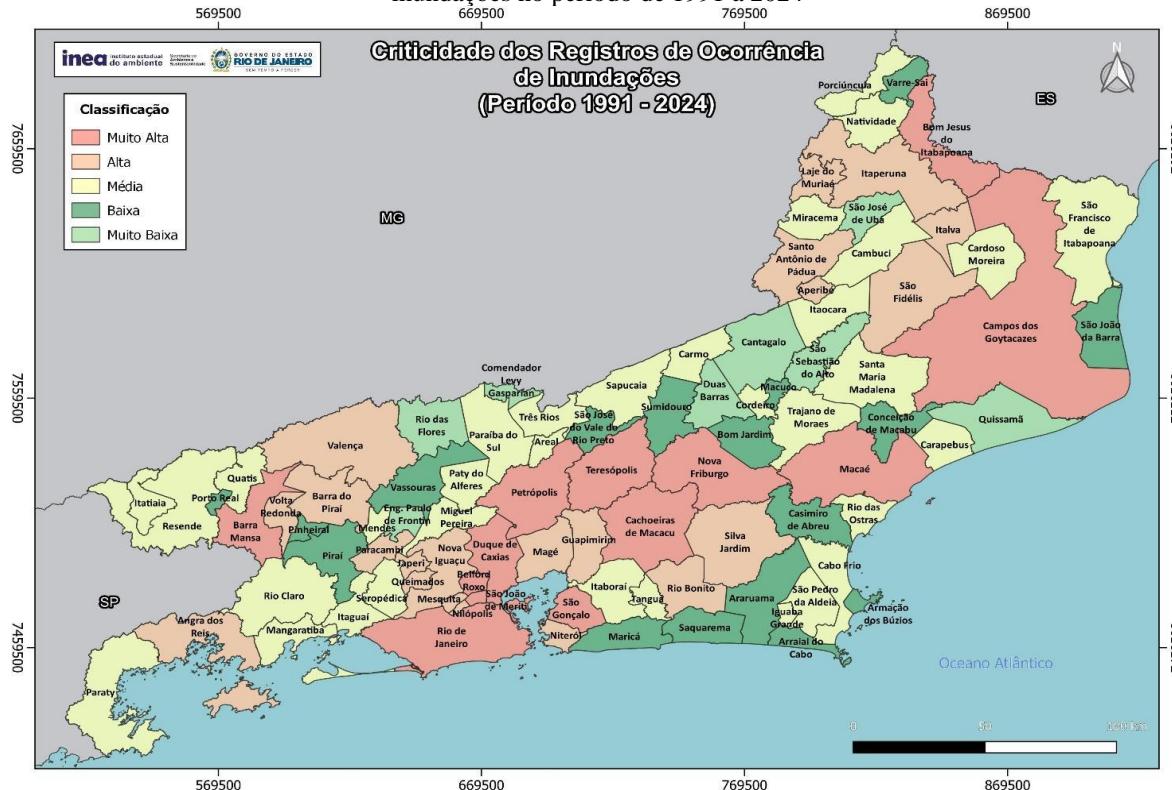
Da mesma forma, é consistente que Duque de Caxias, Belford Roxo e São João de Meriti, situados na Baixada Fluminense, estejam entre os 10 municípios com maior número de registros de inundações, visto suas características de planícies densamente ocupadas. Os municípios de Bom Jesus do Itabapoana e Campos dos Goytacazes, situados na Baixada Campista, também integram a lista dos 10 municípios com maior frequência de eventos de inundações, devido às suas características fisiográficas e à complexidade dos seus sistemas de canais, diques e lagoas, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Disposição dos primeiros 10 municípios segundo a criticidade em relação aos registros de ocorrências de inundações (1991 a 2024)

POSIÇÃO	MUNICÍPIO	POSIÇÃO	MUNICÍPIO
1	Petrópolis	6	Teresópolis
2	Duque de Caxias	7	Bom Jesus do Itabapoana
3	Belford Roxo	8	São João de Meriti
4	Nova Friburgo	9	Barra Mansa
5	Rio de Janeiro	10	São Gonçalo

A Figura 1 consolida em um mapa o resultado da classificação dos municípios do ERJ com base na ocorrência de eventos associados a inundações no período de 1991 a 2024, a partir dos indicadores utilizados no presente estudo.

Figura 1 – Mapa com a classificação dos municípios do ERJ com base na ocorrência de eventos associados a inundações no período de 1991 a 2024



Vale salientar algumas considerações sobre os indicadores e dados utilizados, uma vez que os resultados de alguns municípios podem ter sido subestimados em virtude de algumas limitações e qualidade dos dados disponíveis. Dessa forma, devido aos períodos de dados disponíveis dos indicadores não serem coincidentes, alguns eventos podem não ter sido contemplados no presente estudo, principalmente os mais antigos (anteriores a 2010).

Considerando ainda, que muitos municípios não possuem órgãos de proteção e defesa civil estruturados e, quando os têm, por vezes enfrentam uma alta rotatividade nas equipes técnicas, atrelados ainda à ausência de políticas públicas municipais, é possível que um dado registro possa ter sido classificado com outra nomenclatura (exemplo: evento cadastrado como “deslizamento” no sistema, no entanto, o evento foi composto de deslizamentos e inundações), influenciando nos resultados obtidos, visto que, no presente estudo, foram considerados apenas eventos classificados como “enxurradas” e “inundações”. Cabe ressaltar, também, que as informações divulgadas no Atlas Digital de Desastres são provenientes de registros de ocorrências e/ou decretações de emergências cadastrados no sistema S2iD pelas defesas civis municipais e, portanto, caso o ente responsável não tenha realizado o devido preenchimento das ocorrências no sistema, podem ocorrer subnotificações e os dados divulgados podem não retratar a realidade do município.

Além disso, o indicador Histórico de Inundações (Inea), que consiste em um registro de reportagens e notícias catalogados pelo Inea, representa um curto e recente período (2020 a 2024), e como se baseia em reportagens e notícias veiculadas na mídia e dependem do porte do evento e do(s) veículo(s) de divulgação, registra-se a ressalva de que alguns eventos associados a inundações, principalmente em municípios menores e do interior, com forte aptidão agrícola, podem não ter sido levantados quando da construção deste indicador e, portanto, assim como para o Atlas Digital de Desastres, pode ter havido subnotificação de eventos.

Já para o indicador do Programa Limpa Rio (Inea), destaca-se que foi contabilizada apenas a quantidade de cursos hídricos onde foram realizadas intervenções, em uma dada ação, não tendo sido contabilizada sua extensão. Cada intervenção do Limpa Rio contou como um evento e, na análise dos dados deste indicador, foi considerada a quantidade de eventos em um dado município, independentemente da quantidade e extensão de rios e córregos contemplados na ação.

Em relação ao indicador Projetos Elaborados e/ou em Desenvolvimento (Inea), ressalta-se que não houve separação de outras ações distintas das relacionadas aos problemas de inundações. Por exemplo, um determinado projeto previa outra intervenção mais relevante não diretamente associada a problemas de inundações, correspondendo ao maior montante de recursos conferido ao projeto, no entanto, por haver uma ação associada a um problema de inundações, o referido projeto foi considerado na presente avaliação.

Por último, no contexto do Sistema de Alerta de Cheias (Inea), cabe destacar que a expansão da rede de monitoramento hidrometeorológico do Inea foi gradativa, com bastante influência de grandes eventos de chuvas intensas e inundações ocorridos no ERJ como, por exemplo, a tragédia na Região Serrana em 2011, por esta razão há uma grande densidade de estações nos municípios da região, enquanto alguns têm uma densidade menor e, outros, neste momento, não possuem estações fluviométricas em seus rios de maior porte ou de maior relevância.

Ressalta-se ainda, que a quantidade de registros de transbordamentos está diretamente relacionada à densidade de estações fluviométricas existente em um dado município e, portanto, pode haver casos de ocorrência de inundações não registradas pelo Sistema de Alerta de Cheias em virtude da ausência de estações de monitoramento.

## 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A ocorrência de eventos hidrológicos extremos tem preocupado cada vez mais as instituições públicas e privadas, no Brasil e no mundo, uma vez que as inundações vêm causando, anualmente, elevados prejuízos à população, infraestrutura e aos serviços localizados nas áreas de risco. Nesse contexto, o presente estudo apresentou a análise da frequência de eventos de inundações nos municípios fluminenses, realizada a partir da avaliação das ocorrências e registros de inundações, mediante uma abordagem quantitativa e a partir de dados produzidos no Inea e outros dados públicos disponíveis.

Apesar da utilização de uma metodologia simplificada, os resultados se mostraram bastante satisfatórios e, no caso de boa parte dos municípios fluminenses, de modo geral, coerentes com as bases consideradas no presente trabalho como “qualitativas” e, portanto, poderão subsidiar a elaboração de outros estudos mais aprofundados e orientar o planejamento de políticas públicas, programas e projetos para prevenção, controle e mitigação de inundações.

A seguir são apresentadas algumas conclusões específicas baseadas nos resultados obtidos neste estudo.

- Volta Redonda, apesar de não ter nenhum registro no Atlas Digital de Desastres (1991 a 2023), é um dos municípios com mais registros de eventos associados a inundações em notícias e reportagens veiculadas na mídia (2020 a 2024), o que reforça a consideração apresentada anteriormente de que é comum a subnotificação de eventos hidrológicos e climáticos.
- Todos os municípios indicados como “sem informação” no Atlas Digital de Desastres (1991 a 2023) possuem pelo menos 1 (um) registro na mídia sobre evento de inundações no período de 2020 a 2024.

- Nota-se uma convergência dos municípios com mais notícias veiculadas na mídia com os que foram objeto do maior número de ações do Programa Limpa Rio (Petrópolis e Duque de Caxias).
- Todos os municípios fluminenses tiveram ao menos 1 (um) registro de evento associado a inundações em pelo menos 1 (um) dos indicadores utilizados no presente estudo.

Recomenda-se que, oportunamente, este estudo seja atualizado com o detalhamento de algumas informações que porventura não tenham sido contempladas nesta primeira análise como, por exemplo, a extensão dos trechos onde ocorreram ações do Programa Limpa Rio, os quantitativos de pessoas, infraestruturas e áreas afetadas em cada evento, casos estes dados estejam disponíveis para os indicadores utilizados. Neste sentido, é importante que contemplem também ações, estudos e projetos de outros órgãos e instituições, uma vez que, no indicador relacionado a projetos, foram consideradas apenas iniciativas executadas pelo Inea.

Ressalta-se que mesmo em alguns municípios classificados neste estudo com criticidade “baixa” ou “muito baixa”, há relatos do Poder Público Municipal sobre intensificação da ocorrência de eventos associados a chuvas intensas e inundações nos últimos anos, como o município de Engenheiro Paulo de Frontin, cenário que vem sendo observado em diversas regiões do país.

Cabe ainda destacar que os resultados obtidos neste estudo retratam a disponibilidade (período e qualidade) dos dados até a data das análises e, portanto, está diretamente associado às limitações de cada indicador apresentado.

Portanto, os resultados deste trabalho podem não refletir a realidade dos municípios fluminenses nos próximos meses, anos ou décadas, em virtude das tendências que vêm sendo observadas no ERJ e no Brasil, como o aumento da vulnerabilidade antrópica e ambiental, a crescente frequência e intensidade de eventos hidrológicos extremos e a maior incerteza perante esses eventos, o que evidencia a urgente necessidade de adaptação e fortalecimento da resiliência hídrica.

Dessa forma, recomenda-se a revisão deste estudo de forma recorrente, através da incorporação de novos dados nos indicadores utilizados, prevendo-se ainda a possibilidade de utilização de novos indicadores, no intuito de analisar e antecipar as eventuais alterações na frequência de ocorrência de eventos desta natureza em municípios que eventualmente possam ter sido classificados com “baixa” ou “muito baixa” criticidade nesta primeira análise e, até mesmo, viabilizar uma análise mais aprofundada dos impactos da implementação de medidas para controle e mitigação de inundações em municípios que tenham sido classificados com “alta” ou “muito alta” criticidade a inundações.

Devido à heterogeneidade das fontes e categorias dos dados, este estudo não incluiu uma análise estatística, sendo a validação realizada a partir de dados qualitativos. Para trabalhos futuros, recomenda-se a normalização dos dados a fim de viabilizar estudos estatísticos, visando conferir maior confiabilidade à definição dos pesos e faixas, fortalecendo a validação analítica da classificação proposta.

Por fim, visando a redução do número de municípios com ausência de informações para os indicadores utilizados neste estudo, recomenda-se aos entes responsáveis: a constante notificação e registro de todos os eventos hidrológicos e climáticos ocorridos em seus territórios no sistema S2iD; o fomento à divulgação consistente e amplificada de notícias sobre os eventos ocorridos em veículos de médio a grande alcance; a ampliação da rede de estações de monitoramento hidrometeorológico, de modo que possa alcançar os municípios fluminenses mais impactados pelas inundações nos próximos anos; a expansão das intervenções para desassoreamento de cursos d’água em municípios classificados no presente estudo como “média”, “alta” e “muito alta” criticidade dos registros de ocorrências de inundações e que, porventura, ainda não tenham sido contemplados pelo Programa Limpa Rio; e a intensificação de ações e projetos para prevenção, mitigação e controle de inundações nos municípios considerados mais críticos.

## REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Atlas de Vulnerabilidade a Inundações*. 2014.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento. Secretaria Adjunta VI – Recursos Hídricos. *Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR*. Brasília, 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy\\_of\\_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR\\_SEI\\_00042.000497\\_2023\\_74.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf). Acesso em: 30 de agosto de 2024.
- CAMARGO, L. DE S. et al. *Identificação de áreas susceptíveis a inundações no Estado do Rio de Janeiro com uso do método AHP e Sistemas de Informações Geográficas*. SEDERJ-RJ. 2019.
- CASA CIVIL. *Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR*. Brasília. Presidência da República. 2023. Disponível em: <[https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy\\_of\\_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR\\_SEI\\_00042.000497\\_2023\\_74.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf)>. Acesso em: 28 de julho de 2024.
- CEPED UFSC. *Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012* / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. 126 p. rev. ampl. – Florianópolis, 2013.
- CEPEDEC/RJ – Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil – Rio de Janeiro. *Identificação de áreas susceptíveis a inundações no Estado do Rio de Janeiro com uso do método AHP e Sistemas de Informações Geográficas*. 2019. Disponível em: <[https://www.defesacivil.rj.gov.br/images/CEPEDEC/RELATORIOS/Relatrio---Mapa-de-Susceptibilidade-a-Inundaes-no-ERJ---MAR\\_2019.pdf](https://www.defesacivil.rj.gov.br/images/CEPEDEC/RELATORIOS/Relatrio---Mapa-de-Susceptibilidade-a-Inundaes-no-ERJ---MAR_2019.pdf)>.
- INEA - Instituto Estadual do Ambiente. *Nota Técnica GERSEG/INEA nº 002/2024*. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade. Rio de Janeiro. 2024.
- INEA - Instituto Estadual do Ambiente. *Sistema de Alerta de Cheias*. Rio de Janeiro. 2024. Disponível em: <<http://alertadecheias.inea.rj.gov.br>> Acesso em: 20 de agosto de 2024.
- MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. *AdaptaBrasil. Sistema de Informações e Análises sobre impactos das Mudanças do Clima*. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE. Disponível em: <<https://adaptabrasil.mcti.gov.br>>. Acesso em: 12 de agosto de 2024.
- PERHI-RJ. *Plano Estadual de Recursos Hídricos – Rio de Janeiro*. COPPETEC/UFRJ. 2014. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/plano-estadual-de-recursos-hidricos/>>.
- SEDEC/MIDR - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil/Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Atlas Digital de Desastres no Brasil*. 2024. Disponível em: <<https://atlasdigital.mdr.gov.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.
- SGB/CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Cartografia de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – Rio de Janeiro*. Disponível em: <<https://www.sgb.gov.br/web/guest/rio-de-janeiro-cartas-de-susceptibilidade>>. Acesso em: 30 de agosto de 2024.