XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE FLUXO DE DETRITOS NO SUL DO BRASIL

Laura Lahiguera Cesa [1]; Alex Becker Bobsin [2] & Maurício Andrades Paixão [3]

Abstract: Debris flow is a type of mass movement with high destructive power and ecological, economic, and, in some cases, fatal consequences. In Brazil, these events occur mostly in steep slop areas or mountainous regions. Therefore, this study aims to conduct a systematic review of debris flow in Southern Brazil, based on the PRISMA method. The search criteria were equated, and from the results obtained in Scopus and Google Scholar, 22 articles were selected that adequately addressed the research topic. Even with a greater number of publications from 2018 onwards, the highest number of articles published in a single year was only four, in 2022. The detailed analysis of these 22 publications resulted in a summary table with the main research data: title, authors, study location, and publication highlights. It was noted that most studies were quantitative and focused on regional or local analyses. Among the states of Southern Brazil, Paraná was the most studied, particularly in the Serra do Mar region. Finally, knowledge gaps were identified by the limited number of publications on the topic, despite the frequency of debris flows events and their socioeconomic impacts in Southern Brazil.
Keywords – Disasters; Sediments; Mass movement.

Resumo: Fluxo de detritos são movimentos de massa de alto poder destrutivo com consequências ecológicas, econômicas e, alguns casos, fatais. No Brasil, esses eventos acontecem predominantemente em áreas íngremes de encostas ou regiões montanhosas. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo fazer uma revisão sistemática sobre fluxos de detritos no Sul do Brasil baseado no método PRISMA. Os critérios de busca foram equacionados e, a partir das publicações encontradas no Scopus e no Google Acadêmico, selecionaram-se 22 artigos que abordavam de forma adequada o tema da pesquisa. Mesmo com um maior número de publicações a partir de 2018, o pico de artigos publicados foi de, apenas, quatro artigos por ano, em 2022. A análise detalhada das 22 publicações resultou em uma tabela síntese com os principais dados da pesquisa: título, autoria, local de estudo e destaque da publicação. Verificou-se que as pesquisas são predominantemente quantitativas e voltadas a análises regionais ou locais. Dentre os estados da região sul, o Paraná foi o mais estudado, com foco na região da Serra do Mar. Por fim, evidenciou-se lacunas de conhecimentos influenciados pelo pequeno número de publicações sobre o tema, mesmo diante da frequência de fluxos de detritos e de seus prejuízos socioeconômicos causados no Sul do Brasil.
Palavras-Chave – Desastres; Sedimentos; Movimentos de Massa.

INTRODUÇÃO

Fluxos de detritos são movimentos de massa compostos pela mistura de água, ar e sedimentos. Eles se deslocam pela ação da gravidade e apresentam elevado poder destrutivo devido às longas distâncias que podem percorrer e à destruição que podem causar ao longo do seu caminho (Iverson,

[1]) Bolsista de mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: laura.lahiguera.c@gmail.com
[2]) Bolsista de graduação, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: alexbecker071107@gmail.com
[3]) Professor, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: mauricio.paixao@ufrgs.br

1997; Hilker *et al.*, 2009; Hungr *et al.*,2013; Chen *et al.*, 2014; Thouret *et al.*, 2020). Os fluxos de detritos estão entre os fenômenos naturais mais catastróficos, atraindo o interesse de pesquisadores, engenheiros e órgãos governamentais (Trujillo-Vela *et al.*, 2022). Segundo Takahashi (2007), fluxos de detritos podem se iniciar a partir de i) deslizamentos que convergem para o canal e se propagam em fluxos; ii) rompimento de barragens; ou iii) remobilização de sedimentos do leito. No entanto, o mecanismo de ocorrência desse fenômeno ainda não é plenamente conhecido (Paixão et al., 2021).

Kobiyama *et al.* (2015) relatam eventos históricos no Brasil com um número significativo de ocorrências registradas no Sul do país. Aproximadamente 9 em cada 100 pessoas no Brasil vivem em áreas suscetíveis a desastres, sendo os deslizamentos e os fluxos de detritos associados ao maior número de fatalidades por evento (Kahn, 2005 e Alcántara-Ayala, 2019). Entre 2000 e 2010, esses eventos causaram aproximadamente 1.700 mortes no país, afetaram quase 8 milhões de pessoas e provocaram perdas econômicas de 1,5 bilhão de dólares (Bastos *et al.* 2015), ou seja, cerca de 8,3 bilhões de reais. Em ambientes montanhosos, esses fenômenos são frequentes (Kobiyama *et al.*, 2015), com especial destaque para as regiões Sul e Sudeste. No desastre ocorrido em 2024 no Rio Grande do Sul, por exemplo, IGEO e CEPSRM (2024) mapearam mais de 16 mil ocorrências de movimentos de massa, muitas das quais se converteram em fluxos e provocaram expressiva destruição.

Dessa forma, é imprescindível que haja um esforço da comunidade científica para compreender os mecanismos de ocorrência desse fenômeno, bem como é necessário avaliar em que estágio se encontra o conhecimento científico local. Isso é fundamental para reduzir os danos causados pelos fluxos de detritos nas comunidades brasileiras. Portanto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de estudos relacionados a fluxos de detritos na região Sul do Brasil usando como base o método PRISMA. Para tal, foi estabelecida uma equação de busca com critérios de elegibilidade para facilitar a procura. O conteúdo dos artigos selecionadas foi sintetizado e analisado em termos de número de trabalhos, tipo de análise, estado onde foi realizado o estudo, escala de análise e, por fim, lacunas de conhecimento.

METODOLOGIA

Segundo Galvão e Pereira (2014), as revisões sistemáticas são consideradas estudos secundários, que têm sua fonte de dados nos estudos primários, que são os artigos científicos. Neste caso, utilizou-se o método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) que tem como objetivo auxiliar os autores a melhorarem o relato de revisões sistemáticas e meta-análises (PRISMA, 2015). Com base nessa metodologia, foi estruturado o processo de busca e seleção das publicações sobre fluxos de detritos no Sul do Brasil, conforme o passo a passo apresentado a seguir.

1. Escolha das bases de dados para as buscas;
2. Equacionamento dos critérios de busca de publicações;
3. Avaliação dos resumos das publicações e exclusão daquelas que não contemplavam o objetivo da pesquisa;
4. Listagem das publicações selecionadas para análise.

Duas bases de dados foram analisadas: Scopus e Google Acadêmico. Considerando as possibilidades de pesquisa avançada disponíveis em cada plataforma, optou-se por localizar os termos diretamente no título dos artigos.

O termo fluxo de detritos (*debris flow*) pode ser empregado de diferentes formas com o mesmo significado. Para selecionar o maior número possível de pesquisas sobre o tema, foram utilizados sinônimos e termos relacionados. Como as buscas foram realizadas em inglês, os termos empregados

foram: *debris flow*, *debris-flow*, *debris avalanche*, *debris slide*, *debris torrent*, *sediment-laden flow, mass flow*, *rapid mass movement*, *mudflow*, *hyperconcetrated flow*, *sallow landslide*, *shallow-landslide* e *colluvial flow*. Por se tratar de uma pesquisa focada no Sul do Brasil, foram utilizados os termos: *Brazil*, BR, Rio Grande do Sul, RS, Santa Catarina, SC, Paraná, PR e *Southern Brazil*.

Os operadores booleanos empregados foram: *AND*, para restringir e combinar os termos, e *OR*, para ampliar a busca ao incluir sinônimos. Destaca-se a utilização das aspas para assegurar a busca por termos compostos e de parênteses para organizar a combinação dos operadores.

Finalmente, a equação aplicada nas buscas das bases de dados foi: ("*Debris-flow*" *OR* "*Debris flow*" *OR* "*Debris avalanche*" *OR* "*Debris slide*" *OR* "*Debris torrent*" *OR* "*Sediment-laden flow*" OR "Mass *flow*" *OR* "*Rapid mass movement*" *OR* "*Mudflow*" *OR* "*Hyperconcentrated flow*" *OR* "*Shallow landslide*" *OR* "*Shallow-landslide*" *OR* "*Colluvial flow*") *AND* ("*Brazil*" *OR* "BR" OR "Rio Grande do Sul" *OR* "RS" *OR* "Santa Catarina" *OR* "SC" *OR* "Paraná" *OR* "PR" *OR* "*Southern Brazil*").

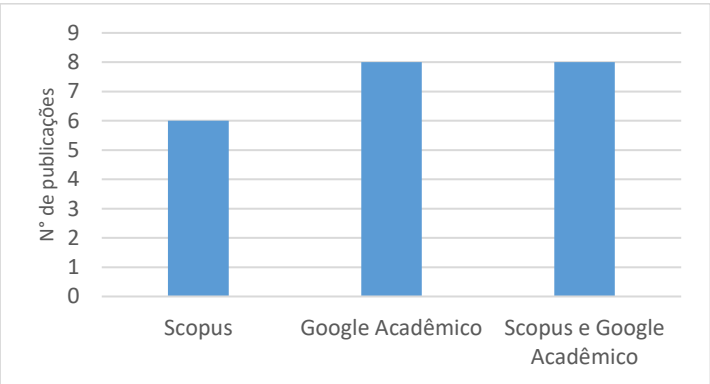
O equacionamento dos termos permitiu identificar as possíveis publicações de interesse. A partir da leitura dos resumos, foram selecionados os artigos que, de fato, estavam alinhados com objetivo do presente trabalho. Nem todos os artigos selecionados possuíam o texto completo disponível gratuitamente em alguma plataforma. Por esse motivo, optou-se por considerar prioritariamente as informações contidas nos resumos. Ainda assim, quando possível, foram analisados os trabalhos completos.

Nos artigos selecionados, foram analisadas as informações: i) título; ii) autoria; iii) ano de publicação; iv) destaque do artigo, elaborado a partir do objetivo geral, da metodologia aplicada e das principais conclusões do estudo; v) local de estudo na região Sul do Brasil; vi) escala do estudo, classificada como local (uma bacia específica, uma área de estudo específica ou apenas um município), regional (mais de uma bacia, mais de um município ou uma unidade geomorfológica), nacional (mais de um estado) ou internacional (Brasil mais outro país); vii) tipo de análise, classificada como qualitativa, quantitativa ou quali-quantitativa; e viii) lacunas de conhecimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A busca no Scopus identificou 57 publicações, das quais 14 foram selecionadas por estarem alinhadas com o objetivo do estudo. Já a pesquisa no Google Acadêmico resultou em 64 publicações, com 16 selecionadas. Entre as publicações selecionadas nas duas bases, oito correspondiam a duplicatas. Assim, 22 artigos foram considerados para compor a presente revisão sistemática sobre fluxos de detritos no Sul do Brasil (Figura 1).

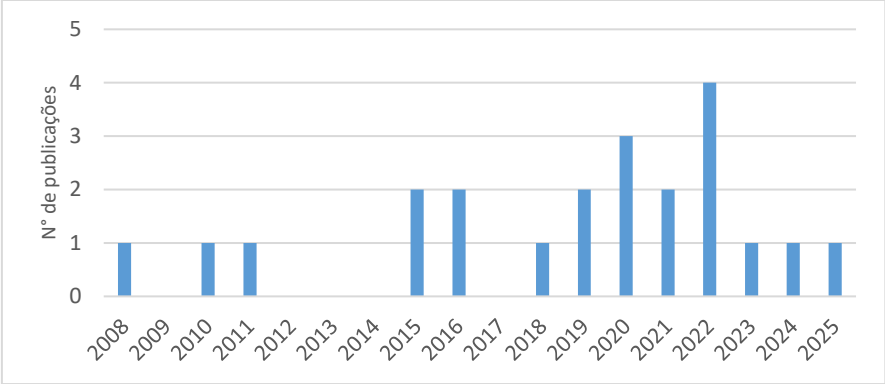
Figura 1 – Número de publicações por base de dados



Por meio da avaliação temporal (Figura 2), nota-se que o primeiro artigo foi publicado no ano de 2008, seguido de um ritmo muito baixo de produção, com no máximo uma publicação por ano até

2014. Entre 2015 e 2016 se observa um leve aumento, com duas publicações em cada ano, sinalizando um maior interesse no tema. A partir de 2018, tem-se uma tendência mais consistente de crescimento do número de publicações. O pico é atingido em 2022 com quatro publicações, representando o ano de maior produção até o momento registrado (junho de 2025). Nos anos subsequentes, observa-se uma redução no número de publicações, chegando a zero em 2024. Felizmente, o ano de 2025 já apresenta um trabalho publicado, podendo sinalizar continuidade do interesse na temática.

Figura 2 – Número de publicações por ano



De forma geral, observa-se uma evolução gradual do número de pesquisas ao longo dos 18 anos analisado. Todavia, o volume de estudos ainda é modesto diante das marcantes consequências que os fluxos de detritos já causaram no país.

As 22 publicações selecionados foram analisados e os principais dados do artigo foram sintetizados na Tabela 1. Os estudos abrangeram de diferentes formas o fluxo de detritos, também denominado fluxo de lama em alguns casos. Verificam-se, principalmente, pesquisas voltadas a modelos computacionais para identificação de áreas suscetíveis a fluxos, quantificações de parâmetros, análise de fatores deflagradores, comparação entre eventos, evolução histórica do tema, proposições de medidas para gestão e análise de registros fósseis.

Tabela 1 – Síntese das 22 publicações selecionadas

TÍTULO	AUTORIA	LOCAL DE ESTUDO	DESTAQUE DA PUBLICAÇÃO
Modeling the geomorphologic susceptibility to debris flow initiation with geomorphometric parameters and fuzzy logic in the mountainous region of Serra do Mar (state of Paraná, Brazil)	Silveira e Silveira (2025)	Serra da Prata, Serra do Mar (PR)	Desenvolveu um modelo para mapear áreas suscetíveis à iniciação de fluxos de detritos em regiões montanhosas tropicais úmidas.
The consequences of debris flows in Brazil: a historical analysis based on recorded events in the last 100 years	Cabral *et al.* (2023)	Brasil	Quantificou as consequências socioeconômicas dos fluxos de detritos ocorridos entre 1920 e 2021, evidenciando a maior probabilidade de eventos fatais no Brasil em comparação com China, Japão e Itália.
The effects of debris flow on structural sediment connectivity: case studies in the Italian Alps and in Southern Brazil	Paul *et al.* (2023)	Bacia Revolver (SC) e Bacia *Stolla* (Itália)	Modelou fluxos de detritos em duas bacias, evidenciando que as mudanças topográficas influenciam a conectividade sedimentar e o comportamento dos fluxos.
Susceptibility to the Development of Debris Flows in the Territory of the Caminhos Dos Cânions Do Sul Geopark in Southern Brazil	Sugiyama e Gomes (2022)	Geoparque, Caminhos dos Cânions do Sul (RS e SC)	Identificou alta ou muito alta suscetibilidade ao desenvolvimento de fluxos de detritos em 12 das 25 bacias analisadas, localizadas especialmente onde há geossítios.
Geomorphic analyses of two recent debris flows in Brazil	Dias e Vieira (2022)	Bacia do Tingidor (PR) e Bacia do Guarda-Mão (SP)	Investigou e comparou os fatores deflagradores e as características geomórficas de dois eventos, evidenciando o impacto do *entrainment* (incorporação de material ao longo do fluxo).

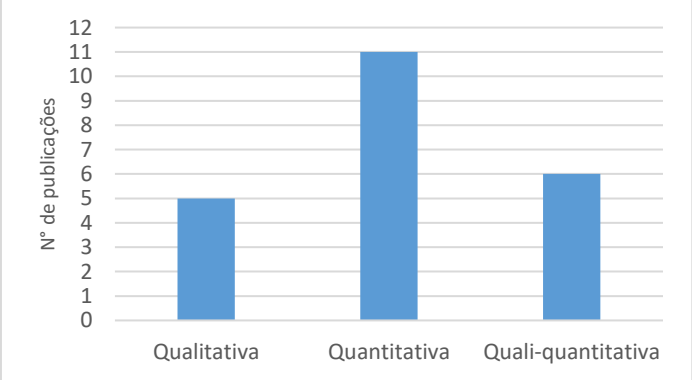
Differences in the occurrence of debris flows in tropical and temperate environments: field observations and geomorphologic characteristics in Serra do Mar (Brazil) and British Columbia (Canada)	Dias *et al.* (2022)	Bacia do Tingidor (PR), Bacia do Guarda-Mão (SP) e *Lillooet* (Canadá), *Mount Currie* (Canadá)	Comparou as características geomorfológicas e as assinaturas morfométricas de diferentes fluxos, mostrando-se semelhantes apesar das diferenças climáticas e ambientais das bacias.
Regional Scale Mapping of Debris-Flow Susceptibility in the Caminhos dos Cânions do Sul GeoPark, Southern Brazil	Sugiyama *et al.* (2022)	Geopark, Caminhos dos Cânions do Sul (SC)	Comparou duas metodologias de mapeamento regional a suscetibilidade a fluxos de detritos. Em comparação com inventários, ambas precisam ser recalibradas para o local.
Characterization of a landslide-triggered debris flow at a rainforest-covered mountain region in Brazil	Cabral *et al.* (2021)	Bacia da Pedra Branca, Guaratuba (PR)	Analisou os fatores meteorológicos e geomorfológicos que causaram um fluxo de detritos, quantificando sua magnitude, descarga e velocidade.
Post-glacial Permian debris flow deposits and their paleoclimatic implications (Mariana Pimentel paleovalley, southern Paraná Basin)	Coitinho *et al.* (2021)	Vale Paleoglacial de Mariana Pimentel (PR)	Demonstrou que os depósitos de diamictitos formados por fluxos de detritos registram o impacto da transição pós-glacial no clima, marcada pelo aumento da temperatura e da umidade
Standard Countermeasures Studies for Debris Flow Disasters in Brazil	Costa *et al.* (2020)	Blumenau (SC) e Nova Friburgo (RJ)	Desenvolveu um manual de medidas de contenção de fluxos de detritos no Brasil, baseado no modelo japonês, demonstrando sua viabilidade através de 2 projetos-piloto.
Magnitude estimation of a landslide-triggered debris flow in the Serra do Mar Mountain Range, Brazil	Cabral *et al.* (2020)	Bacia do Pedra Branca (PR)	Estimou a magnitude de um fluxo de detritos, calculando o volume total de material mobilizado e de sedimentos acumulados no leito, com potencial para remobilização em eventos futuros.
Debris flow in Serra do Mar/PR, Brazil, in 2017: Damages to right of way, recovery and protection actions	Piedade *et al.* (2019)	Faixa de dutos OSPAR, BR-376, Serra do Mar (PR)	Descreveu o evento que afetou a faixa de dutos da Petrobras. As ações emergenciais foram eficazes para restabelecer a área e uma estrutura de proteção foi projetada para suportar futuros fluxos sem barrar ou dissipar sua energia.
Debris-flow hazard investigation with Kanako-2D in a rural basin, Alto Feliz municipality (Brazil)	Kobiyama e Michel (2019)	Alto Feliz (RS)	Modelou cenários de fluxo de detritos em uma pequena bacia rural, evidenciando o risco de impacto em uma residência e os padrões típicos de erosão no talvegue, com deposição associada a variações na declividade.
Proposal of Debris Flow Disasters Management in Brazil Based on Historical and Legal Aspects	Kobiyama *et al.* (2019)	Brasil	Realizou uma pesquisa documental e propôs medidas para gestão de desastres por fluxo de detritos com base em aspectos históricos e legais.
Identification and analysis of areas susceptible to debris flow in the basin Taquari-Antas river, RS	Oliveira *et al.* (2018)	Bacia do Taquari-Antas (RS)	Modelou áreas suscetíveis a fluxos de detritos na bacia, identificando cerca de 30% da sua área como suscetível, mais localizadas em regiões de escarpas erosivas.
Debris flow hazard zonation in Serra da Prata range, Paraná State, Brazil: Watershed morphometric constraints	Picaço *et al.* (2016)	Serra da Prata, Serra do Mar (PR)	Mapeou a suscetibilidade a fluxos de detritos em 11 bacias com base em parâmetros morfométricos, identificando que apenas três delas atenderam aos limiares típicos para ocorrência do processo.
Historical views and current perspective of debris flow disaster management in Brazil	Kobiyama *et al.* (2016)	Brasil	Analisou a evolução histórica da gestão de desastres por fluxo de detritos no Brasil e identificou escassez de publicações e propôs medidas para aprimorar o gerenciamento de riscos.
Historical analyses of debris flow disaster occurrences and of their scientific investigation in Brazil	Kobiyama *et al.* (2015)	Brasil	Analisou historicamente os desastres por fluxos de detritos no Brasil, destacando o aumento de publicações após 1990, mas ainda com escassez de trabalhos em periódicos científicos.
Análise geológica-geotécnica dos saprolitos envolvidos no *mudflow* do Morro da Caixa d´Água em Antonina (PR)	Cardoso *et al.* (2015)	Morro da Caixa d'Água, Antonina, Serra do Mar (PR)	Caracterizou os solos saprolíticos envolvidos em um fluxo de lama, destacando a suscetibilidade da área a fluxos rápidos com influência de fatores antrópicos.

Study of a large landslide and mudflow at Gaspar, SC, Brazil	Heidemann e Brassani (2011)	Gaspar (SC)	Analisou um grande deslizamento seguido de fluxo de lama, destacando o papel da perda de resistência ao cisalhamento do solo residual na liquefação e mobilidade do fluxo.
Debris flow occurrences in Rio dos Cedros, Southern Brazil: Meteorological and geomorphic aspects	Kobiyama *et al.* (2010)	Rio dos Cedros (SC)	Analisou dois eventos e evidenciou que a principal causa foi a chuva acumulada e que a topografia e a vegetação também influenciaram o comportamento deposicional dos fluxos.
Predicting debris flow susceptible areas through GIS modelling in Aparados da Serra (Brazil)	Strieder *et al.* (2008)	Aparados da Serra (RS)	Apresentou resultados de modelagem com boa correlação com eventos reais, indicando áreas suscetíveis a fluxos desencadeados por tempestades convectivas concentradas.

A ocorrência e a abrangência de eventos de movimentos de massa muitas vezes só são conhecidas após o mapeamento das cicatrizes do evento, que podem ser identificadas com o auxílio de imagens de satélite, principalmente em áreas de difícil acesso, conforme apontam Okida (1996), Sestini (1999), Marcelino (2003), Lopes (2006) e Riffel *et al.* (2016). Desta forma, o sensoriamento remoto configura-se como uma ferramenta importante utilizada na maioria dos artigos selecionados. Além disso, os estudos de campo e as pesquisas documentais se mostraram fundamentais ao fornecer informações que possibilitaram validação de dados e compreensão mais aprofundada dos processos ocasionados nos eventos.

Com relação ao tipo de análise (Figura 3), é perceptível o predomínio de trabalhos quantitativos, voltados para modelagem ou cálculo de parâmetros de interesse. O número de publicações qualitativas e quali-quantitativas foram similares. Enquanto as quali-quantitativas buscaram relacionar dados simulados com informações descritivas, as qualitativas concentraram-se na análise documental e na gestão de desastres.

Figura 3 – Número de publicações por tipo de análise



Visando à abrangência no Sul do Brasil, a presente revisão contabilizou a quantidade de estudos realizados em cada estado (Figura 4). Destaca-se que, em artigos que estudavam mais de uma região ou o Brasil como um todo, cada um dos estados foi contabilizado individualmente. Em primeiro lugar, o estado com maior número de estudos foi o Paraná, com foco na região da Serra do Mar. Em segundo lugar, Santa Catarina, com publicações voltadas para duas regiões do estado: Vale do Itajaí e região dos Cânions. Por fim, em terceiro lugar, o estado do Rio Grande do Sul, com estudos localizados nas regiões da Serra Gaúcha e na fronteira com Santa Catarina.

Também foi analisada a escala dos estudos, classificados como locais, regionais, nacionais ou internacionais (Figura 5). Entre as 22 publicações, a maioria se concentrou em estudos locais ou regionais, que abordam áreas e bacias específicas ou, então, uma determinada região. Ainda assim, medidas de prevenção e redução de riscos associados a desastres receberam maior destaque nas

publicações de abrangência nacional. Já as análises internacionais realizaram comparações entre eventos registrados no Brasil e em outros países.

Figura 4 – Número de publicações por estado estudado

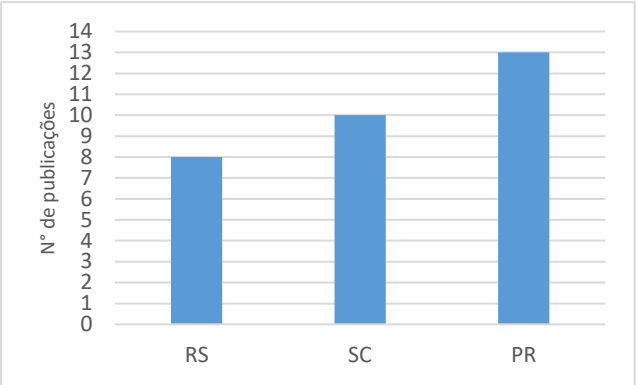
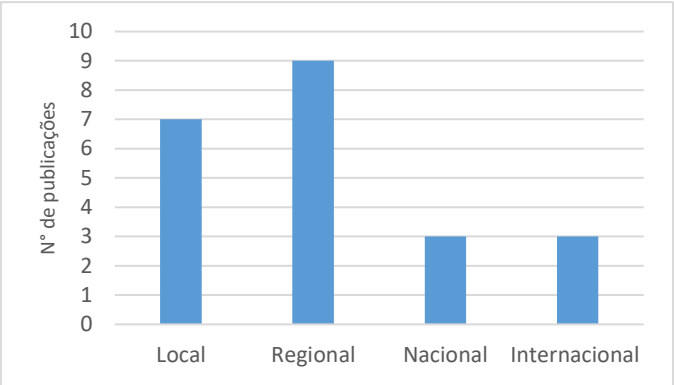


Figura 5 – Número de publicações por escala de análise



A análise dos 22 artigos evidencia importantes lacunas de conhecimento sobre o tema. A modelagem, baseada em atributos específicos, carece de critérios bem definidos e de metodologias de mapeamento padronizadas (Oliveira *et al.*, 2018). O uso de modelos digitais de elevação (MDE) é essencial, porém sua qualidade afeta diretamente os resultados obtidos (Silveira e Silveira, 2025) e as simulações permanecem limitadas ao tamanho da matriz utilizada (Kobiyama e Michel, 2019).

Durante os eventos, o conhecimento detalhado dos solos e de suas áreas de influência, especialmente quanto ao potencial de liquefação, é crucial e demanda maior aprofundamento (Cardoso *et al.*, 2015). Além disso, fatores adicionais no desencadeamento de fluxos de detritos, como cobertura do solo, geologia do substrato rochoso e precipitação antecedente, também devem ser considerados (Dias *et al.*, 2022). As características geotécnicas, a hidrologia da encosta e a cobertura vegetal (Kobiyama *et al.*, 2010; Cardoso *et al.*, 2015), bem como a frequência de fluxos (Cabral *et al.*, 2021), são aspectos que merecem mais atenção nas pesquisas.

Para a previsão, a ampliação dos sistemas de monitoramento hidrometeorológico e topográfico são ações urgentes (Kobiyama *et al.*, 2019). Já para a análise de eventos que já ocorreram, destaca-se a necessidade de mapeamento com descrição detalhada do fenômeno imediatamente após o evento, tendo em vista remobilização de sedimentos e modificações ambientais (Dias *et al.*, 2022; Kobiyama *et al.*, 2019).

A educação sobre fluxos de detritos deve ser incentivada por meio do uso de materiais didáticos, da implantação de bacias-escola e da realização de treinamentos voltados tanto para residentes quanto para visitantes (Kobiyama *et al.*, 2019, Kobiyama *et al.*, 2015). Por fim, de modo a ampliar os conhecimentos sobre fluxo de detritos, essa ciência deve ser mais difundida em todos os níveis de ensino no Brasil (Kobiyama *et al.*, 2015).

CONCLUSÃO

O presente trabalho realizou uma revisão sistemática sobre fluxo de detritos no Sul do Brasil por meio de duas bases de dados: Scopus e Google Acadêmico. Foi elaborada uma equação de busca específica que resultou na identificação de 57 publicações no Scopus e 64 no Google Acadêmico. Dentre essas 121 publicações, 32 correspondiam a duplicatas. Assim, a partir da leitura dos resumos dos artigos, 22 publicações foram selecionadas por estarem alinhadas com o objetivo da presente revisão.

Os resultados indicaram que as publicações sobre o tema tiveram início em 2008, alcançando maior regularidade a partir de 2018, o que sinaliza um crescente interesse na área. O pico de publicações foi observado no ano de 2022, com quatro artigos. Nos anos seguintes, verificou-se uma redução no número de trabalhos, evidenciando a necessidade de maior atenção para a área de fluxo de detritos.

Com relação ao tipo de análise, observou-se predominância de pesquisas quantitativas, seguidas pelas quali-quantitativas e qualitativas. De forma mais detalhada, a revisão sistemática revelou que os estudos se concentram em: modelos computacionais para mapeamento de áreas suscetíveis a fluxos, cálculo de consequências socioeconômicas, cálculo de parâmetros de fluxos, classificação de características morfométricas, estudo de fatores deflagradores de eventos, estudo do comportamento dos fluxos, comparação de eventos, estudo de depósitos formados por fluxos de detritos, caracterização dos solos envolvidos em fluxos, análise da evolução histórica destes desastres, desenvolvimento de manual de medidas de contenção, e proposição de medidas para área de gestão de desastres.

O Paraná foi o estado do Sul mais estudado, com Santa Catarina e Rio Grande do Sul na sequência. As regiões mais investigadas foram as de montanha, onde os fluxos de detritos ocorrem com maior frequência, com destaque para a Serra do Mar (PR), o Vale do Itajaí (SC), a região dos Cânions (SC e RS) e a Serra Gaúcha (RS). Verificou-se maior número de publicações com foco em análises regionais e locais. Ainda assim, foram analisados estudos com foco no contexto nacional, além de análises internacionais de comparação de eventos.

Por fim, os fluxos de detritos são recorrentes no Sul do Brasil, sendo responsáveis por destruição de paisagem, perdas econômicas e mortes. Apesar do aumento de publicações na última década, ainda persistem lacunas de conhecimento, especialmente quanto à padronização de critérios e metodologias de mapeamento. A carência de dados e de monitoramento sobre solos, vegetação e precipitação exigem maior desenvolvimento, visto que são dados essenciais para a realização de estudos. O mapeamento e a descrição detalhada de eventos passados são fundamentais para a compreensão desses processos e merecem mais atenção. Por isso, reforça-se a importância de ampliar e aprofundar as pesquisas, visando auxiliar a formulação de políticas de mitigação de riscos e a disseminação de informações às comunidades afetadas ou em áreas de riscos.

AGRADECIMENTOS à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela Concessão de Apoio Financeiro a Projetos de Pesquisa com o Termo de outorga: 24/2551-0002124-8, pelo Edital FAPERGS 06/2024 - Programa de pesquisa e desenvolvimento voltado a desastres climáticos.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. (2019). "*Time in a bottle: challenges to disaster studies in Latin America and the Caribbean*". Journal Disasters.

BASTOS, M.; BANDEIRA, R.; CAMPOS, V. (2015). "*Operações de resposta a desastres: proposta de um modelo de gestão e de um protótipo de banco de dados*". Revista Produção Online, pp. 482.

CABRAL, V. C.; D'AFFONSECA, F. M.; GRAMANI, M. F.; OGURA, A. T.; CORRÊA, C. S.; MENDOZA, C. M.; VELOSO, V.; REIS, F. V. (2020). "Magnitude estimation of a landslide-triggered debris flow in the Serra do Mar Mountain Range, Brazil" in Anais do EGU General Assembly, Online, May 2020.

CABRAL, V. C; REIS, F. A. G. V.; D'AFFONSECA, F. M.; LUCÍA, A.; CORRÊA, C. V. dos S.; VELOSO, V.; GRAMANI, M. F.; OGURA, A. T.; LAZARETTI, A. F.; VEMADO, F.; FILHO, A. J. P.; dos SANTOS, C. C. (2021). "*Characterization of a landslide-triggered debris flow at a rainforest-covered mountain region in Brazil*". Journal Springer Science and Business, pp. 3021-3043.

CABRAL, V; REIS, F; VELOSO, V; CORREA, C; KUHN, C; ZARFL, C. (2023). "*The consequences of debris flows in Brazil: a historical analysis based on recorded events in the last 100 years*". Journal Landslides, pp. 511-529.

CARDOSO, F. T. V.; PICAÇO, J. de L.; MESQUITA, M. J. (2015) "*Análise geológica-geotécnica dos saprolitos envolvidos no mudflow do Morro da Caixa d´Água em Antonina (PR)*" in Anais do 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Bento Gonçalves, Oct 2015.

CHEN, J.-G., CHEN, X.-Q., WANG, T., ZOU, Y.-H., ZHONG, W. (2014). "*Types and causes of debris flow damage to drainage channels in the Wenchuan earthquake area*". Journal Mt. Sci, pp. 1406–1419.

COITINHO, J. dos R.; KERN, H. P.; CAGLIARI, J.; LAVINA, E. L. C.; GIRELLI, T. J.; TEDESCO, J.; LANA, C.; da Silveira, A. S. (2021). "*Post-glacial Permian debris flow deposits and their paleoclimatic implications (Mariana Pimentel paleovalley, southern Paraná Basin)*". Journal of South American Earth Sciences.

COSTA, M. G.; RAMPINELLI, C. G.; BORGES, E. C.; MAIA, B. E. S.; MOTA, M. V. F.; FALCÃO, P. R. F.; SHIMODA, Y.; ZNAMENSKY, D. V. (2020). "*Standard Countermeasures Studies for Debris Flow Disasters in Brazil*". International Journal of Erosion Control Engineering, pp. 12-22.

DIAS, V. C.; MITCHELL, A.; VIEIRA, B. C.; MCDOUGALL, S. (2022). "*Differences in the occurrence of debris flows in tropical and temperate environments: field observations and geomorphologic characteristics in Serra do Mar (Brazil) and British Columbia (Canada)*". Brazilian Journal of Geology.

DIAS, V. C.; VIEIRA, B. C. (2022). "*Geomorphic analyses of two recent debris flows in Brazil*". Journal of South American Earth Sciences.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. (2014). "*Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração". Epidemiologia e Serviços de Saúde*".

HEIDEMANN, M.; BRESSANI, L. A. (2011). "*Study of a large landslide and mudflow at Gaspar, SC, Brazil*" in Anais do XIV Conference Pan-Americana CGS do Geotechnical Conference, Toronto, Oct 2011.

HILKER, N., BADOUX, A., HEGG, C. (2009). "*The swiss flood and landslide damage database 1972–2007*". Nat. Hazards Earth Syst. Sci., pp. 913.

HUNGR, OLDRICH; LEROUEIL, SERGE; PICARELLI, LUCIANO. (2013). "*The Varnes classification of landslide types, an update*". Journal Landslides, pp. 167–194.

IGEO/CEPSRM (2024). Nota Técnica Conjunta: Mapeamento das cicatrizes de movimentos de massa decorrentes do acumulado de chuva no RS entre 27/04 e 13/05 de 2024. 5p, 2024.

IVERSON, R.M., (1997). "*The physics of debris flows. Rev. Geophys*". 35, 245–296.

KAHN M. E. (2005). "*The death toll from natural disasters: the role of income, geography, and institutions*". Rev Econ Stat, pp. 271–284.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F.; CORRÊA, G. P.; MICHEL, G. P. (2010). "*Debris flow occurrences in Rio dos Cedros, Southern Brazil: Meteorological and geomorphic aspects*" in Anais do 3rd International Conference on Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense and Debris Flows, Apr 2010.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P. ELISIELE, C. E. ; PAIXÃO, M. A. (2015). "*Historical analyses of debris flow disaster occurrences and of their scientific investigation in Brazil*". Periódico Labor e Engenho.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. (2019). "*Proposal of Debris Flow Disasters Management in Brazil Based on Historical and Legal Aspects*". International Journal of Erosion Control Engineering, pp. 85-93.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. (2016). "*Historical views and current perspective of debris flow disaster management in Brazil*" in Anais do 12th International Symposium on Landslides, Napoli, Jun 2016, pp. 1189-1194.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, R. D. L. (2019). "*Debris-flow hazard investigation with Kanako-2D in a rural basin, Alto Feliz municipality (Brazil)*" in Anais do 7th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation.

LOPES, E. S. S. (2006). "*Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000*". Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 282 p.

MARCELINO, E.V. (2003). "*Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG*". Dissertação de Mestrado, Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 177 p.

OKIDA, R. (1996). "*Técnicas de sensoriamento remoto como subsídio ao zoneamento de áreas sujeitas a movimentos gravitacionais de massa e a inundações*". Dissertação de Mestrado, Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 147 p.

OLIVEIRA, G. G. de; GUASSELLI, L. A.; QUEVEDO, R. P.; RUIZ, L. F. C.; BRESSANI, L. A.; RIFFER, E. S. (2018). "*Identification and analysis of areas susceptible to debris flow in the basin Taquari-Antas river, RS*". Jornal Pesquisas em Geociencias.

PAIXÃO, M. A.; KOBIYAMA, M.; FUJITA, M.; NAKATANI, K. (2021). "*Sensitivity Analysis of Debris Flow Simulations Using Kanako-2D". International Journal of Erosion Control Engineering*, pp. 1–11.

PAUL, L. R.; SCORPIO, V.; MICHEL, G. P.; COMITI, F.; ZANANDREA, F.; SCHWARZ, H. (2023). "*The effects of debris flow on structural sediment connectivity: case studies in the Italian Alps and in Southern Brazil*" in Anais do EGU General Assembly, Vienna, Apr 2023.

PICAÇO, J. L.; TANAKA, H. S.; MESQUITA, M. J.; COSTA, V. V.; LUIZ, E. F. O.; LOPES, A. B. B.; AFONSO, F. K.; PIMENTA, V. (2016). "*Debris flow hazard zonation in Serra da Prata range, Paraná State, Brazil: Watershed morphometric constraints*" in Anais do 12th International Symposium on Landslides, Napoli, Jun 2016, pp. 4613-1679.

PIEDADE, C. R. C.; RIGO, M. L.; LANGONE, M. J.; da CRUZ, K. V.; de PAULA, H. X.; OLIVEIRA, H. R.; CORDEIRO, G. L. (2019). "*Debris flow in Serra do Mar/PR, Brazil, in 2017: Damages to right of way, recovery and protection actions*" in Anais do Rio Pipeline Conference and Exposition, Technical Papers, Rio de Janeira, Sep 2019.

RIFFEL, E. S.; RUIZ, L. F. C.; GUASSELLI, L. A. (2016). "*Mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos a partir de mineração de dados e do modelo SHALSTAB*". Revista Brasileira de Cartografia, São José dos Campos, pp. 1805-1818.

SESTINI, M. F. (1999). "*Variáveis geomorfológicas no estudo de deslizamentos em Caraguatatuba-SP utilizando imagens TM-Landsat e SIG*". Dissertação de Mestrado, Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 140 p.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. (2025). "*Modeling the geomorphologic susceptibility to debris flow initiation with geomorphometric parameters and fuzzy logic in the mountainous region of Serra do Mar (state of Paraná, Brazil)*". Journal Natural Hazards.

STRIEDER, A. J.; BUFFON, S. A., de QUADROS, T. F. P.; OLIVEIRA, H. R. (2008). "*Predicting debris flow susceptible areas through GIS modelling in Aparados da Serra (Brazil)*" in Anais do 2nd International Conference on Debris Flow, Jun 2008.

SUGIYAMA, M. T. de O.; GOMES, M. C. V. (2022). "*Susceptibility to the Development of Debris Flows in the Territory of the Caminhos Dos Cânions Do Sul Geopark in Southern Brazil*". Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, pp. 227-244.

SUGIYAMA, M. T. de OLIVEIRA; GOMES, M. C. V.; VIEIRA, B. C.; DIAS, V. C. (2022). "*Regional Scale Mapping of Debris-Flow Susceptibility in the Caminhos dos Cânions do Sul GeoPark, Southern Brazil*" in Anais do 10th International Conference on Geomorphology, Coimbra, Sep 2022.

TAKAHASHI, T. (2007). "*Debris Flow S Mechanics, Prediction and Countermeasures"*. Taylor & Francis/Balkema, 448p.

THOURET, J.-C., ANTOINE, S., MAGILL, C., OLLIER, C. (2020). "*Lahars and debris flows: Characteristics and impacts*". Earth Sci. Rev.

TRUJILLO-VELA, MARIO GERMÁN; RAMOS-CAÑÓN, ALFONSO MARIANO; ESCOBAR-VARGAS, JORGE ALBERTO; GALINDO-TORRES, SERGIO ANDRÉS. (2022). "*An overview of debris-flow mathematical modelling*". Rev. Earth-Science Reviews.