

## **Análisis bibliométrico del uso de herramientas SIG en escenarios de deslizamientos en Brasil**

Bibliometric analysis of the use of GIS tools in landslide scenery on Brazil

Análise bibliométrica do uso de ferramentas SIG em cenários de deslizamentos de terra no Brasil

*Arthur Pereira dos Santos<sup>1</sup>*  
*Universidade Estadual Paulista (UNESP)*

*Darllan Collins da Cunha e Silva<sup>2</sup>*  
*Universidade Estadual Paulista (UNESP)*

*Luis Armando De Oro Arenas<sup>3</sup>*  
*Universidade Estadual Paulista (UNESP)*

*Roberto Wagner Lourenço<sup>4</sup>*  
*Universidade Estadual Paulista (UNESP)*

- 1 Estudiante de doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Universidad Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), trabajando en la línea de investigación de Geoprocesamiento y Modelación Matemática Ambiental. Máster en Medio Ambiente y Calidad Ambiental por la Universidad Federal de Uberlândia (UFU) (2020) e Ingeniero Ambiental y Sanitario por la Universidad del Oeste Paulista (2018). E.mail: [arthur.p.santos@unesp.br](mailto:arthur.p.santos@unesp.br). <https://orcid.org/0000-0002-1913-3562>.
- 2 Es licenciado y máster en Ingeniería Ambiental por la Universidad Federal de Ouro Preto (UFOP) y doctor en Ciencias Ambientales por la UNESP - Campus Sorocaba. Actualmente es Profesor Asistente en la Universidad Estadual Paulista (UNESP), campus de Sorocaba, donde dicta clases de graduación en Ingeniería Ambiental. Instituto de Ciencia y Tecnología (ICT) – Universidad Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, São Paulo, Brasil. E.mail: [darllan.collins@unesp.br](mailto:darllan.collins@unesp.br). <https://orcid.org/0000-0003-3280-0478>.
- 3 Profesor de Doctorado (RDIDP - nivel MS-3.1) en el Instituto Sorocaba de Ciencia y Tecnología - UNESP, trabajando en el Departamento de Ingeniería Ambiental. Su investigación involucra las áreas de Instrumentación Electrónica y Ciencias de Datos aplicadas a Sistemas Ambientales, Medidores Inteligentes de Energía, Instituto de Ciencia y Tecnología (ICT) – Universidad Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, São Paulo, Brasil. E.mail: [luis.arenas@unesp.br](mailto:luis.arenas@unesp.br). <https://orcid.org/0000-0001-5160-606X>.
- 4 Graduado en Geografía por la UNESP (1995), con maestría y doctorado en Geociencias y Medio Ambiente obtenidos en 1998 y 2002 respectivamente, ambos por la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Trabajó como Postdoctorado en 2003 en el Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de Botucatu (UNESP).E.mail: [roberto.lourenco@unesp.br](mailto:roberto.lourenco@unesp.br). <https://orcid.org/0000-0002-5234-8944>.



### Resumen

Esta investigación consiste en una revisión sistemática de artículos que utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) como forma de mapear áreas propensas a deslizamientos en Brasil o que experimentaron esta situación. Se utilizaron los datos disponibles para el análisis en las colecciones de búsqueda Web Of Science y Scopus, y se utilizó el software VOSViewer. Se aplicó una metodología basada en filtros de exclusión, lo que permitió percibir un abordaje multidisciplinario de la temática y una concentración de trabajos publicados en zonas cercanas a la Serra do Mar. Los resultados indican un crecimiento notable en este tema, con más del 60% de los trabajos publicados en los últimos 5 años y que fueron impulsados por el crecimiento de la investigación que involucra predicciones de deslizamientos a través de herramientas de Inteligencia Artificial (IA).

**Palabras clave:** catástrofes medio ambientales; fenómenos climáticos; susceptibilidad a deslizamientos de tierra; sistemas de información geográfica (SIG).



### Abstract

This research consists of a systematic review of articles that used Geographic Information Systems (GIS) as a way to map landslide-prone areas in Brazil or that experienced this situation. Data available for analysis in the Web Of Science and Scopus search collections were used, and the VOSViewer software was used. A methodology based on exclusion filters was applied, which allowed us to perceive a multidisciplinary approach to the theme and a concentration of published works in areas close to Serra do Mar. The results indicate a remarkable growth in this topic, with more than 60% of the papers published in the last 5 years and which were driven by the growth of research involving landslide predictions through Artificial Intelligence (AI) tools.

**Keywords:** environmental catastrophes; weather events; susceptibility to landslides; geographic information systems (GIS).



### Resumo

Esta pesquisa consiste em uma revisão sistemática de artigos que utilizaram Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como forma de mapear áreas propensas a deslizamentos de terra no Brasil ou que vivenciaram essa situação. Foram utilizados dados disponíveis para análise nas coleções de busca Web Of Science e Scopus, e foi utilizado o software VOSViewer. Foi aplicada uma metodologia baseada em filtros de exclusão, o que permitiu perceber uma abordagem multidisciplinar do tema e uma concentração de trabalhos publicados em áreas próximas à Serra do Mar. Os resultados indicam um crescimento notável neste tema, com mais de 60% de os trabalhos publicados nos últimos 5 anos e que foram impulsionados pelo crescimento das pesquisas que envolvem previsões de deslizamentos por meio de ferramentas de Inteligência Artificial (IA).

**Palavras-chave:** Catástrofes ambientais; fenômenos climáticos; suscetibilidade a deslizamentos de terra; sistemas de informação geográfica (SIG).

## Introducción

Las respuestas del medio ambiente frente a las actividades humanas sin una planificación ambiental del uso apropiado de la tierra son conocidas por el hombre desde hace bastante tiempo. Sin embargo, a pesar de los graves impactos, especialmente en la salud y la economía de la población afectada, todavía son escasamente consideradas por las autoridades gubernamentales.

Dentro de ese contexto, [Lousada y Farias \(2014\)](#) señalan que los fenómenos considerados naturales, cuando causan impactos ambientales negativos a nivel socioambiental y económico, son catalogados por el ser humano como desastres ambientales derivados de los cambios climáticos, generando dificultades continuas y de duración indeterminada en la sociedad.

[Tominaga y otros \(2015\)](#) y [Barcellos y otros \(2016\)](#) indican que en Brasil estos eventos han acontecido cada vez más intensos a partir de la década de 1960. Según la síntesis del último informe del [Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático \(IPCC\) \(2023\)](#), se prevé un aumento en la frecuencia y gravedad de estos eventos en los próximos años. De esta manera, el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) reveló que el país tenía más de 8,2 millones de habitantes propensos a inundaciones y deslizamientos de tierra según [IBGE \(2018\)](#). Este escenario es considerado por [Matsuo y Silva \(2021\)](#) como la era de los riesgos y desastres.

Considerando lo descrito anteriormente, para [Welz y Krellenberg \(2016\)](#), [Rivera-Marin y otros \(2022\)](#), [Beillouin y otros \(2022\)](#), [Arumugam y otros \(2023\)](#), [Casagli y otros \(2023\)](#) es importante destacar que en la actualidad los temas relacionados con los cambios climáticos, sus efectos e intensidad, así como las posibles consecuencias del uso y ocupación de la tierra sin medidas adecuadas de planificación y remediación, tienen una amplia difusión científica, como lo han abordado estudios relacionados.

Sin embargo, surge aquí la pregunta: si las respuestas del entorno ante las actividades antropogénicas sin planificación son conocidas por el ser humano, ¿cuál es el motivo por el cual los posibles sucesos en zonas consideradas vulnerables no son tenidos en cuenta?

Esta pregunta, que es el asunto fundamental para tratar en este trabajo, no tiene una respuesta concreta, sino más bien hipótesis. A pesar de las negaciones gubernamentales en relación con factores vinculados al

desarrollo económico, los efectos de los avances en las políticas ambientales son visibles, pero persiste la incertidumbre: cuándo se trata de tragedias anuales relacionadas con el medio ambiente en Brasil, ¿estos cambios no llegan demasiado tarde?

De esta manera, y ante los numerosos problemas socioambientales que se observan en la actualidad, es importante destacar los desastres anunciados, como los deslizamientos de tierra, que ocurren de manera recurrente cada nuevo verano brasileño y que establecen conexiones con un pasado marcado por la ocupación de tierras inapropiadas, sin prácticas de prevención efectivas para los años subsiguientes.

Con el objetivo de analizar, prevenir y mitigar estos impactos, las geotecnologías y sus herramientas, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección (SR), se destacan al permitir un análisis temporal y dinámico, integrado y espacial a lo largo de la superficie terrestre, según estudios similares de [Haque y Basak \(2017\)](#), [Mejía \(2020\)](#), [Chen y Zhenwei \(2020\)](#), [Cruz-Muñoz \(2021\)](#) y [Hussain y otros \(2022\)](#).

Como base fundamental, las técnicas mencionadas se consideran esenciales para identificar y monitorear diversos fenómenos de origen antropogénico o natural. A partir del conocimiento obtenido con la información de datos geoprocesados, es posible comprender la interferencia del ser humano en la transformación del entorno natural, así como sus efectos y posibles mitigaciones, esto según [Oliveira y Cunha \(2007\)](#), [Girão y otros \(2018\)](#) y [Vieira y otros \(2021\)](#).

Sin embargo, en la mayoría de los casos en Brasil, la dirección tomada por los administradores públicos se opone a la del adecuado planeamiento urbano ambiental sugerido por la comunidad científica. A pesar de que las irregularidades en el uso y ocupación de la tierra son destacadas, rara vez se tienen en cuenta.

Además, según [Ribeiro y otros \(2022\)](#), en Brasil, se estima que más del 45% de la población vive en áreas con hasta 100.000 habitantes, en ciudades consideradas pequeñas a medianas y ocupadas de manera desordenada, con una gran extensión de zonas propensas a desastres, especialmente los deslizamientos.

Según lo relatado por el mismo autor, en un estudio que involucra 825 municipios brasileños, el 82% de ellos eran ciudades consideradas pequeñas y tenían la mayor proporción de su población expuesta a riesgos de

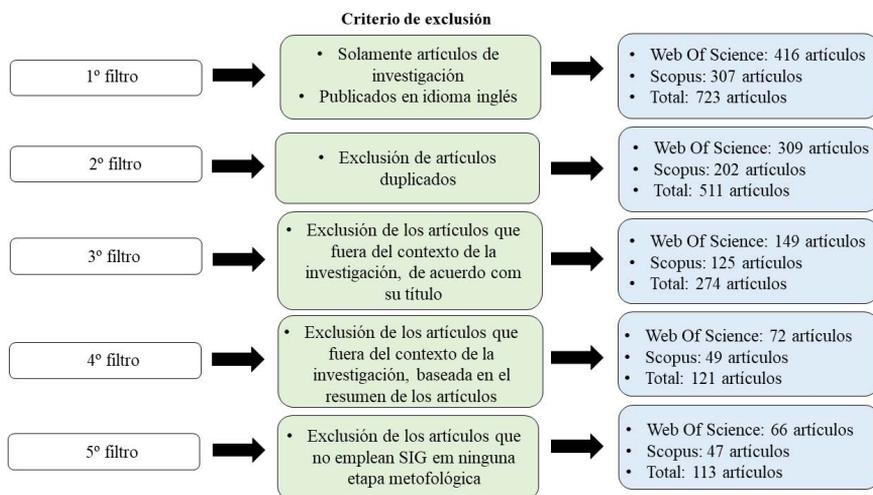
inundaciones y deslizamientos. Esto señala la importancia de reflexionar sobre la mala utilización de los recursos naturales y sus impactos negativos en diversas esferas sociales y económicas.

Finalmente, ante lo expuesto y considerando la necesidad de abordar la importancia de las herramientas SIG, su diagnóstico y posibles pronósticos en diversas maneras de uso y ocupación de la tierra, esta es la justificación de este trabajo. El presente estudio tiene como objetivo presentar un análisis bibliométrico de los artículos publicados en las bases de datos de Web of Science y Scopus que, de alguna manera, abordan el tema de deslizamientos de tierra en Brasil utilizando herramientas SIG.

### Metodología

La revisión bibliográfica sistematizada en formato electrónico involucró dos bases de datos científicas: Web of Science y Scopus, siguiendo el procedimiento representado por la Figura 1. Estas búsquedas se llevaron a cabo utilizando el software libre VOSViewer, desarrollado para la construcción y visualización de mapas bibliométricos a través de medidas probabilísticas de similitud, asignando asociaciones según el nivel de relación entre los objetos de estudio, de acuerdo con lo establecido por [Van Eck y Waltman \(2010\)](#).

**Figura 1.** Procedimiento metodológico de exclusión de los artículos



Elaboración propia.

El uso de las bases de datos Web of Science y Scopus para este análisis se justifica debido a que son los principales indexadores globales de revistas que abordan los temas de SIG y deslizamientos de tierra. De esa forma, inicialmente, se limitó la búsqueda a trabajos que difieron como palabras clave “Landslide” y “Brazil”, comprobando que los estudios se centraron en los deslizamientos de tierra en regiones del respectivo territorio nacional.

Es importante destacar que, con el fin de analizar la evolución de las investigaciones que abordan estos conceptos en Brasil, no se aplicó ningún filtro temporal, es decir, se consideraron todos los años de investigación disponibles en las bases de datos analizadas.

El primer filtro se utilizó para seleccionar únicamente artículos de investigación escritos en inglés, excluyendo así artículos técnicos e informes. Esta elección inicial tenía como objetivo principal comprender cómo se difunden globalmente los artículos en estas bases de datos. Esto se debe a que, las revistas indexadas por Web of Science y Scopus tienen alcance internacional y adoptan el inglés como idioma estándar de publicación, lo cual difiere de las revistas locales. Al optar por este enfoque, buscamos asegurar una muestra más representativa y accesible para la comunidad académica global, promoviendo así una difusión más amplia y efectiva de los resultados de la investigación sobre deslizamientos de tierra en Brasil.

Además, optar por artículos publicados en inglés proporciona una base de datos más homogénea y coherente para el análisis, ya que, al construir los mapas y formar los grupos de palabras, algunas frases en portugués sólo se relacionarían con expresiones escritas en el mismo idioma, no estableciendo correlaciones con palabras en inglés, que son la principal elección de este estudio.

El segundo filtro buscó identificar artículos duplicados en las bases de datos, que, luego de ser encontrados, pasaron por el procedimiento de intercalación, con el fin de mantenerlos en el análisis bibliométrico. Esta alternativa tenía como objetivo no excluir estos artículos duplicados. Es decir, en el primer artículo duplicado encontrado, se mantuvo solo en la base de datos de Web of Science; el segundo, solo en Scopus, y así sucesivamente.

En el tercer filtro, se excluyeron los artículos con títulos fuera del contexto de la investigación, estudios realizados en otros países o que trataban otras temáticas, por ejemplo:

- a) Estudios geotécnicos que investigaban los factores de inestabilidad del talud.
- b) Enfoques únicamente centrados en cuestiones sociales relacionadas con el uso y ocupación inadecuada de la tierra.

En el cuarto filtro, se eliminaron los artículos cuyos resúmenes no contenían elementos que cumplieran con el objetivo de esta revisión, ya que se encontraron trabajos fuera del alcance buscado por esta investigación. Finalmente, en el quinto filtro, después de leer los artículos integralmente, se excluyeron los trabajos que no utilizaban procedimientos relacionados con las herramientas SIG en ninguna etapa metodológica.

Finalmente, luego de aplicar los filtros de exclusión, los artículos seleccionados fueron inseridos en el software VOSViewer, el cual es capaz de revelar información importante de las investigaciones como, por ejemplo:

- a) La distribución espacial de los trabajos en cada Unidad Federativa (UF) de Brasil (Estados), con el objetivo de comprender cómo se aborda el tema de los deslizamientos en las diferentes regiones del territorio brasileiro, revelando variaciones en la incidencia de los deslizamientos, las políticas de prevención y el nivel de investigación científica en cada estado, e brindando subsidios para la formulación de políticas públicas y estrategias de mitigación de desastres.
- b) La localidad con la mayor concentración de publicaciones, con el fin de comprender dónde se concentra la investigación en este campo, siendo un indicio de las zonas geográficas más afectadas por este tipo de desastres, así como el interés e inversión en investigación por parte de instituciones académicas y gubernamentales en diferentes regiones del país.
- c) La base de datos con el mayor número de artículos de investigación publicados sobre deslizamientos de tierra en Brasil, con el objetivo de identificar las fuentes de información científica más relevantes sobre el tema, ayudando a los investigadores a acceder a los recursos más completos y confiables para respaldar sus estudios y contribuciones en el área de investigación.
- d) El porcentaje de trabajos que presentaron una metodología para analizar la vulnerabilidad de las áreas y aquellos que analizaron el sitio después de algún desastre, lo cual es crucial evaluar el estado de la

investigación en términos de enfoques metodológicos y aplicación práctica, permitiendo identificar brechas de conocimiento y priorizar áreas para futuras investigaciones.

- e) Las áreas de conocimiento de las revistas en las que se publicaron los artículos, para comprender la interdisciplinariedad en el tema de los deslizamientos de tierra, e identificar cómo diferentes disciplinas contribuyen al avance del conocimiento en esta área y facilitan la colaboración entre investigadores de otros campos.
- f) Los trabajos resultantes de investigaciones financiadas por alguna entidad de financiamiento, con el objetivo de comprender la inversión pública y privada en la investigación sobre deslizamientos de tierra, el apoyo institucional al tema y también el destino de los recursos para la investigación y las intervenciones prácticas.
- g) Las palabras clave más utilizadas por los autores, para proporcionar información clara sobre los principales temas y conceptos cubiertos en la investigación sobre deslizamientos de tierra, ayudar en la categorización y organización del conocimiento, facilitar la búsqueda y comprensión de la literatura existente sobre el tema.
- h) La formación de grupos de palabras clave según su frecuencia en los trabajos, para identificar temas y subtemas emergentes en la investigación de deslizamientos de tierra, reconocer áreas de interés y tendencias en la literatura científica, guiar investigaciones futuras y debates académicos.
- i) Las referencias más citadas por los autores, siendo esencial comprender las bases teóricas y metodológicas que sustentan la investigación sobre deslizamientos de tierra en Brasil, permitiendo identificar los estudios más influyentes y consolidados en el área, así como continuar la evolución de ideas y teorías en el tiempo.
- j) Las organizaciones que más trabajan en el tema, con el objetivo de comprender el escenario institucional y las asociaciones colaborativas en la investigación y gestión de desastres naturales, ya que facilita la cooperación entre instituciones y promueve el intercambio de conocimientos y recursos.
- k) La evolución, el diagnóstico y las perspectivas futuras para el área de investigación, con el fin de mantenerse al día con el progreso científico y las necesidades emergentes en este campo, ya que este resultado

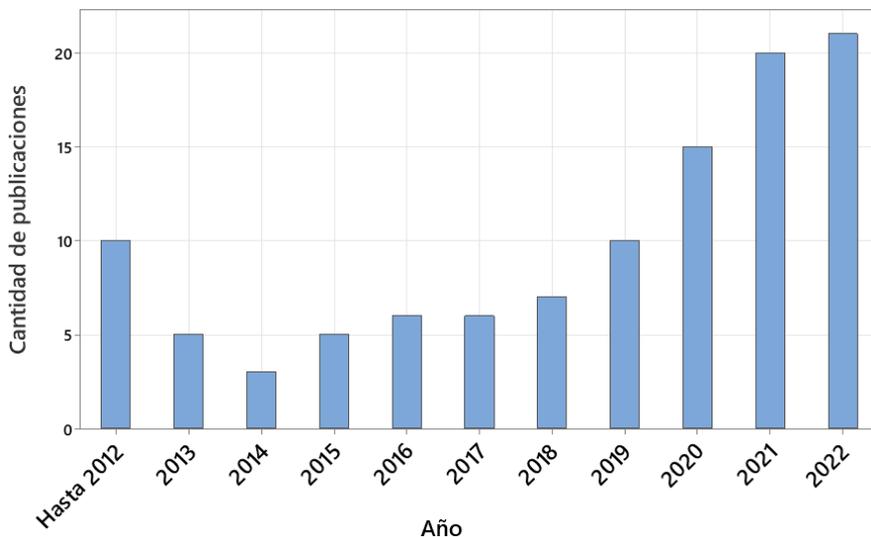
subsidia y orienta políticas y estrategias de investigación, además de promover la resiliencia y sostenibilidad de las comunidades vulnerables a este tipo de desastres.

## Resultados y discusión

### *Evolución histórica de las investigaciones analizadas*

La aplicación de filtros de exclusión seleccionó 113 artículos para realizar el análisis bibliométrico, de los cuales 66 están indexados en Web of Science y 47 en Scopus. A continuación, son presentados los análisis derivados de estos resultados. La Figura 2 ilustra la evolución histórica de las publicaciones de los artículos. Cabe destacar que, en esta etapa, no se consideraron los artículos publicados en el año 2023.

**Figura 2.** Evolución histórica de las investigaciones



Elaboración propia.

Los resultados del análisis histórico permiten una comprensión más profunda del avance científico sobre el tema tratado en este estudio, revelando importantes descubrimientos, cambios en los enfoques metodológicos y el surgimiento de nuevas tecnologías. Además, este análisis ayuda a contextualizar los resultados de estudios recientes dentro del contexto más

amplio de la investigación sobre deslizamientos de tierra, facilitando la interpretación y aplicación de nuevos trabajos.

Además, monitorear la evolución de las publicaciones es útil para identificar brechas que deben llenarse en relación con el tema abordado, siendo esencial para promover el avance del conocimiento, mejorar las prácticas de prevención y mitigación de desastres y contribuir a la seguridad y el bienestar de comunidades afectadas por deslizamientos de tierra.

Con base en los resultados, se ha observado que el tema abordado por esta investigación está siendo cada vez más buscado por los investigadores, con más del 60% de los trabajos publicados en los últimos cinco años. Cuando se analiza la última década (2012-2022), esta tendencia se intensifica aún más, con más del 90% de los trabajos publicados.

Este panorama de interés en el tema y de artículos publicados sobre deslizamientos de tierra en Brasil indica la importancia del asunto en un escenario no muy positivo para los próximos años, con el aumento de eventos climáticos extremos y el consiguiente incremento de áreas vulnerables.

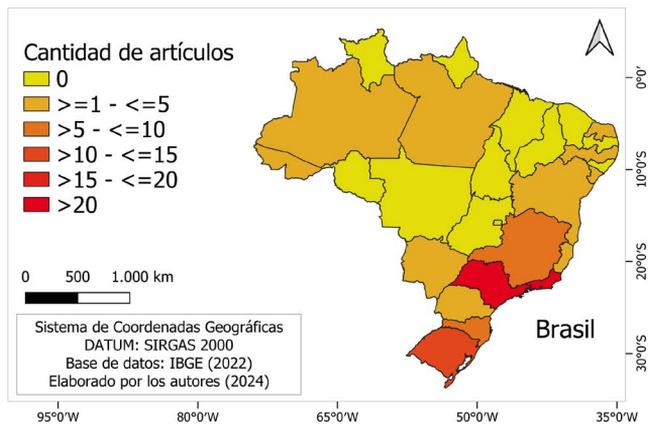
De esa forma, se cree que, con la influencia de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) y el mapeo automático de áreas susceptibles a deslizamientos de tierra, las autoridades públicas y los organismos de supervisión pueden considerar los avances científicos y establecer colaboraciones para enfrentar estos desafíos.

### *Caracterización de las investigaciones y concentración espacial de la ubicación de la publicación*

Inicialmente, se observó que el 75% de los artículos analizados propusieron una nueva metodología para evaluar áreas de riesgo y el nivel de susceptibilidad a deslizamientos de tierra, y el 25% se realizó en lugares en que habían ocurrido este tipo de desastre. Estos últimos se desarrollaron con fines de mitigación de los impactos, cuantificación de estos y análisis de las posibles causas.

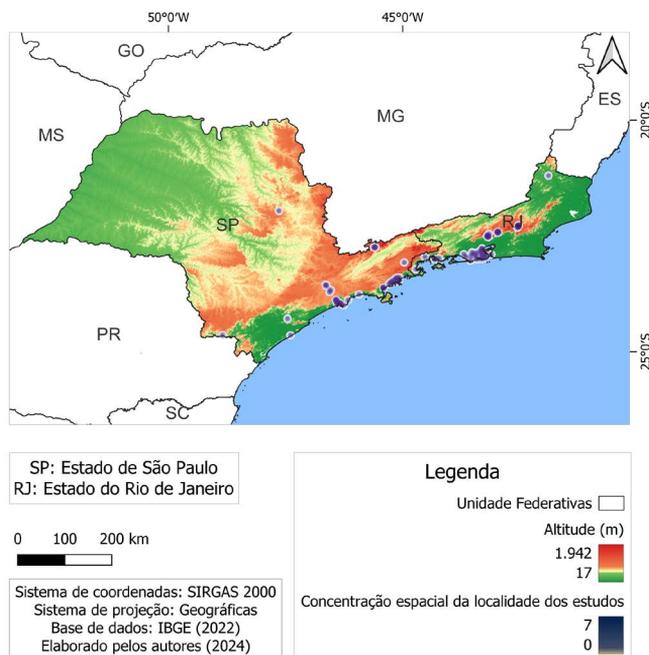
A continuación, en la Figura 3 se presenta la distribución espacial de la cantidad de artículos publicados por Unidad Federativa (UF) en Brasil (Estados), y en la Figura 4 se muestra el Modelo Digital de Elevación (MDE) y la concentración espacial a través de la densidad de Kernel de los estados que fueron objeto de estudio con mayor frecuencia: São Paulo (SP) y Río de Janeiro (RJ).

**Figura 3.** Disposición espacial de los artículos publicados en Brasil



Elaboración propia.

**Figura 4.** MDE y concentración espacial de las localidades abordadas en los artículos de los estados de São Paulo y Río de Janeiro



Elaboración propia.

Frente a estos resultados, es evidente que casi la mitad de los estados brasileños: Alagoas, Amapá, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Paraíba, Piauí, Rondônia, Roraima y Tocantins, no cuentan con investigaciones sobre esta temática según los filtros aplicados en las bases de datos analizadas. Cabe destacar que, en esta etapa, no se consideraron los trabajos a nivel nacional. Sin embargo, es notable que la concentración de los estudios se produce principalmente en el Centro-Sur del país, así como en los biomas correspondientes a esas localizaciones: Cerrado, Mata Atlántica y Pampa.

Este panorama puede estar relacionado con diversos factores, como la distribución de la población, el crecimiento de áreas ocupadas de manera informal, el uso del suelo, los patrones de lluvia y la topografía de la región, que influyen directamente en la vulnerabilidad de estas áreas y en el aumento de los riesgos asociados a los desastres ambientales, como los deslizamientos de tierra, como mencionado por [Jacobi y otros \(2022\)](#).

Con relación a los estados elegidos como áreas de estudio para la aplicación de herramientas SIG en la evaluación de escenarios de deslizamientos en Brasil, se observa que aproximadamente el 60% de los artículos analizados se centraron en la región Centro-Sur del país. Sin embargo, al analizar su distribución espacial, es evidente que existe una concentración de estudios en las proximidades de la Serra do Mar, una zona de elevada altimetría que presenta eventos recurrentes de deslizamientos de tierra.

En este contexto, es relevante destacar que, recientemente, entre diciembre de 2022 y abril de 2023, el estado de São Paulo registró casi 100 muertes debido a deslizamientos de tierra, según datos de la Defensa Civil estatal. Durante esa temporada de lluvias, se produjo una tragedia por deslizamientos de tierra en el Litoral Norte, donde perdieron la vida alrededor de 60 personas y más de 1,000 quedaron desplazadas tras las lluvias, consideradas las más intensas en la historia del país en un período de 24 horas, según [São Paulo \(2023\)](#).

[Coelho y Nunes \(2020\)](#) estipulan que, en relación con los eventos catastróficos en el estado de Río de Janeiro, es importante resaltar los ocurridos entre 2018 y 2019, donde deslizamientos de tierra causados por intensas lluvias con precipitación acumulada de 100 milímetros en 24 horas resultaron en alrededor de 200 muertes.

En este sentido, los deslizamientos de tierra ocurridos en el estado en 2010 marcaron un hito en el cambio de enfoque hacia la protección, prevención y respuesta ante desastres en Brasil, según presentado por [Dereczynski y otros \(2017\)](#), llevando a la creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN) en 2012.

*Bases de datos científicas, áreas del conocimiento de revistas e investigaciones financiadas*

Después de aplicar los filtros, la base de datos con el mayor número de artículos fue Web of Science, con un 58.40%, seguida por Scopus, con un 41.60%. En relación con el resultado final de la filtración de los artículos, ambas bases presentaron un comportamiento similar en el porcentaje final de investigaciones a ser analizadas, alrededor del 15% del total encontrado. En la Tabla 1 se presentan las áreas de conocimiento de las revistas en las que se publicaron los artículos.

**Tabla 1.** Área de conocimiento de las revistas

Web Of Science		
Área de conocimiento	Cantidad	Porcentaje (%)
Geosciences Multidisciplinary	37	23,6
Water Resources	22	14,1
Environmental Sciences	19	12,1
Meteorology Atmospheric Sciences	15	9,6
Engineering Geological	10	6,4
Remote Sensing	10	6,4
Geography Physical	6	3,8
Imaging Science Photographic Technology	6	3,8
Environmental Studies	4	2,6
Engineering Environmental	3	1,9
Multidisciplinary Sciences	3	1,9
Computer Science Information Systems	2	1,3
Geochemistry Geophysics	2	1,3
Geography	2	1,3
Geology	2	1,3
Green Sustainable Science Technology	2	1,3
Soil Sciences	2	1,3
Agronomy	1	0,6
Applied Geography	1	0,6
Computer Science Interdisciplinary Applications	1	0,6
Ecology	1	0,6

<b>Web Of Science</b>		
<b>Área de conocimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Engineering Eletrical Eletronic	1	0,6
Environmental Monitoring and Assessment	1	0,6
Geosciences	1	0,6
Regional Urban Planning	1	0,6
Sustainability	1	0,6
Urban Studies	1	0,6
<b>Scopus</b>		
<b>Área del conocimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Earth and Planetary Sciences	39	52
Environmental Science	20	26,7
Social Sciences	8	10,7
Engineering	3	4
Agricultural and Biological Sciences	2	2,7
Computer Science	1	1,3
Energy	1	1,3
Multidisciplinary	1	1,3

Elaboración propia.

Ante los resultados descritos en la Tabla 1, es posible observar el uso multidisciplinario de herramientas SIG para verificar escenarios de deslizamientos de tierra en Brasil, ya que, aunque la filtración de los artículos tenía como objetivo explorar exclusivamente el uso de herramientas SIG como método de análisis, diagnóstico, pronóstico y predicción de deslizamientos de tierra en Brasil, los artículos se publicaron en revistas que abarcan diversas áreas del conocimiento.

El enfoque multidisciplinario presente en este contexto se justifica por el amplio espectro de problemáticas que abordan los deslizamientos de tierra, que trascienden diferentes áreas del conocimiento, como las ciencias sociales, las ciencias ambientales, la ingeniería, la geología y, más recientemente, la informática.

Además, es posible inferir la receptividad de las revistas en relación con este tema, ya que, independientemente de la revista, el uso de herramientas SIG para evaluación, medición, diagnóstico y predicción se correlaciona, de alguna manera, con el área temática principal de la revista.

Adicionalmente, es importante destacar que en la actualidad abundan los trabajos que engloban técnicas relacionadas con los SIG, así como resultados que involucran la integración de distintas áreas del conocimiento,

con el propósito de brindar un diagnóstico y un posible pronóstico, denominado en esta revisión como “previsibilidad ambiental” del área analizada, así como los riesgos potenciales asociados a ello.

En este sentido, Bertotti (2016) habla sobre los estudios que emplean algún tipo de SIG, caracterizándolos como agentes de cambio en diversas actividades relacionadas con áreas del conocimiento como la geografía, agronomía, biología y todas las ramas de la ingeniería. Sin embargo, estos resultados se asocian en gran medida con otros campos, como la salud pública, la climatología, la meteorología y la planificación urbana, esto según Menezes y otros (2017).

Del punto de vista del financiamiento de las investigaciones encontradas en la base de datos de Web of Science, se observó que, de los 66 trabajos finales, 45 fueron financiados, lo que representa el 68,18% del total, destacándose las agencias de financiamiento de nivel federal. Es importante mencionar que algunas investigaciones recibieron financiamiento de más de una institución. En términos cuantitativos, la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES) financió 25 de estas investigaciones (37,87%), mientras que el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) respaldó 23 (34,84%). En cuanto a las instituciones estatales, es relevante mencionar la participación de la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de São Paulo (FAPESP), que financió 12 investigaciones. Estos resultados resaltan la contribución de las agencias de financiamiento en la producción científica en Brasil.

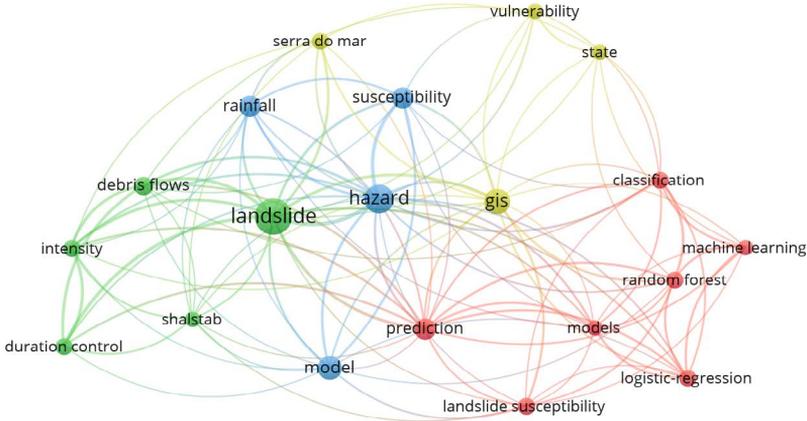
En relación con el financiamiento de las investigaciones presentadas en la base de datos de Scopus, se observó que, de los 46 trabajos finales, 29 fueron financiados, lo que representa el 63,04% del total, también con énfasis en las entidades federales CAPES y CNPq, que financiaron el 41% de estas investigaciones. En el ámbito estatal, se destaca la participación de FAPESP, la Fundación Carlos Chagas Filho de Apoyo a la Investigación de Río de Janeiro (FAPERJ) y la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Río Grande do Sul (FAPERGS), con 3 investigaciones financiadas cada una.

### **Análisis de las palabras clave**

En relación con las palabras clave utilizadas en los artículos, con el fin de visualizar mejor los resultados, se optó por trabajar con las palabras que se repiten al menos cinco veces. La Figura 5 presenta las conexiones

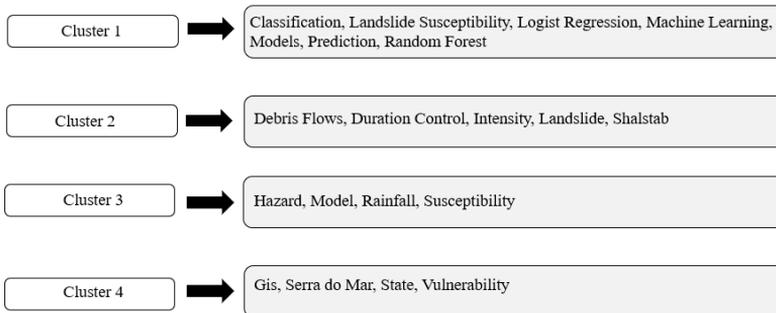
entre las palabras clave de Web of Science y la Figura 6 muestra la formación de los grupos de palabras clave.

**Figura 5.** Nube de palabras clave de la base de datos Web Of Science



Elaboración propia.

**Figura 6.** Cluster de palabras



Elaboración propia.

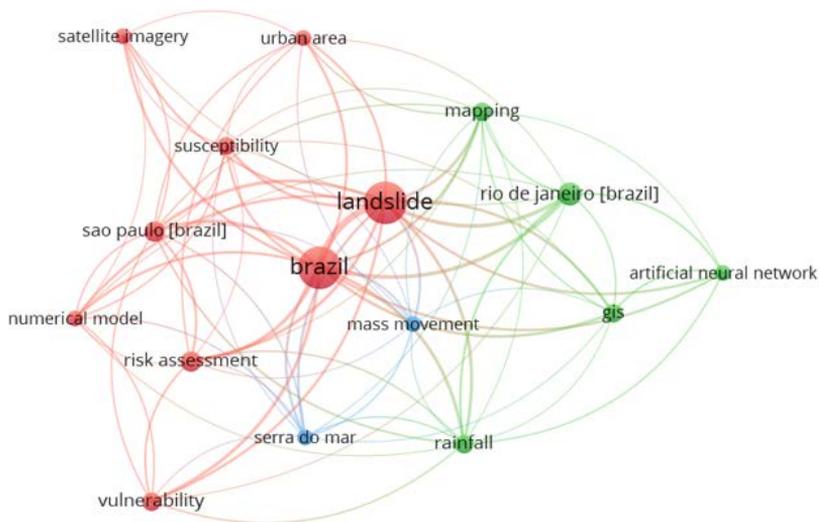
Ante estos resultados, es importante destacar las palabras clave formadas por el Cluster 1, que indican el uso de la IA en estudios que buscan predecir los deslizamientos de tierra y también las áreas susceptibles a

deslizamientos que deben ser monitoreadas. Esta aproximación es respaldada por [Phong y otros \(2021\)](#), quien confirma que el mapeo de la susceptibilidad a deslizamientos es una tarea importante para prevenir y abordar los problemas asociados a los deslizamientos.

Según el autor, es evidente que en los últimos años los métodos que involucran técnicas de IA se han aplicado de manera efectiva en la predicción espacial de la ocurrencia de deslizamientos a través del Aprendizaje Automático (Machine Learning, ML) y el Aprendizaje Profundo (Deep Learning, DL) descrito por [Hong y otros \(2019\)](#), [Pradhan \(2019\)](#), [Ullah y otros \(2022\)](#) y [Aslam y otros \(2023\)](#), logrando resultados favorables en comparación con los mapas utilizados por las autoridades públicas. Además, en este contexto, [Xu y otros \(2022\)](#) menciona que el mapeo automático de deslizamientos es crucial para una respuesta rápida en situaciones de desastre y para mejorar los modelos de susceptibilidad a deslizamientos.

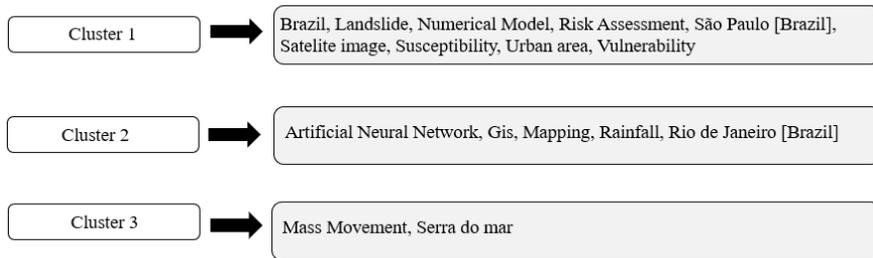
La Figura 7 muestra la nube de palabras clave de los artículos en la base de datos Scopus, mientras que la Figura 8 presenta la formación de los clusters.

**Figura 7.** Nube de palabras clave de la base de datos Scopus



Elaboración propia.

**Figura 8. Cluster de palabras**



Elaboración propia.

En relación con los Clusters de palabras clave utilizadas en los artículos de la base de datos Scopus, se puede observar que abarcan el uso de imágenes y técnicas SIG para modelar la susceptibilidad de deslizamientos en áreas urbanas, áreas ocupadas de manera inapropiada y en estados con mayor incidencia de estos eventos, como São Paulo (SP) y Rio de Janeiro (RJ). También es importante destacar el conjunto de palabras clave que conforman el Cluster 2, que indica el uso del mapeo mediante técnicas de IA, pero con un enfoque principalmente en el estado de RJ, lo cual muy probablemente se relaciona con la frecuencia de deslizamientos de tierra en la región.

### Referencias citadas por los autores

En lo que respecta a los artículos más citados por las investigaciones analizadas, los cuales se describen en la Tabla 2, se enfatiza que, para fines de visualización, solo se presentarán las primeras diez investigaciones.

**Tabla 2.** Artículos más citados por las investigaciones analizadas

Web Of Science			
Título del artículo y año de publicación	Autor (es)	Revista	Q*
1 - A physically based model for the topographic control on shallow landsliding, 1994	David R. Montgomery, William E. Dietrich	Water Resources Research	17
2 - Prediction of Surface Saturation Zones in Natural Catchments by Topographic Analysis, 1986	E. M. O'Loughlin	Water Resources Research	11
3 - Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives, 1999	P. Aleotti, R. Chowdhury	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	10

Web Of Science			
Título del artículo y año de publicación	Autor (es)	Revista	Q*
4 - Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy, 1999	Fausto Guzzetti, Alberto Carrara, Mauro Cardinali, Paola Reichenbach	Geomorphology	10
5 - Landslide inventory maps: New tools for an old problem, 2012	Fausto Guzzetti, Alessandro Mondini, Mauro Cardinali, Federica Fiorucci, Michele Santangelo, Kang-Tsung Chang	Earth-Science Reviews	10
6 - Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult?, 2006	C.J. van Westen, T.W.J. van Asch, R. Soeters	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	9
7 - A Distributed Slope Stability Model for Steep Forested Basins, 1995	Weimin Wu, Roy C. Sidle	Water Resources Research	9
8 - Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro, 2003	Renato Fontes Guimarães, David R. Montgomery, Harvey M. Greenberg, Nelson Ferreira Fernandes, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Osmar Abílio de Carvalho Júnior	Engineering Geology	8
9 - Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks, and Landscape Morphology Using a Digital Terrain Model, 1993	William E. Dietrich, Cathy J. Wilson, David R. Montgomery, James McKean	The Journal of Geology	7
10 - The Geology and geomorphology of Madagascar, and a comparison with eastern Africa, 1960	By Frank Dixey, C.M.G. O.B.E. D.S.C. F.R.S.F.G.S.	Journal of the Geological Society	7
Q*: Quantidade de trabalhos que citaram esses artigos			
Scopus			
Título del artículo y año de publicación	Autor (es)	Nombre del artículo e año de publicación	Autor (es)
1 - A comparative study of logistic model tree, random forest, and classification and regression tree models for spatial prediction of landslide susceptibility, 2017	Wei Chen, Xiaoshen Xie, Jiale Wang, Biswajeet Pradhan, Haoyuan Hong, Dieu Tien Bui, Zhao Duan, Jianquan Ma	CATENA	3
2 - Artificial Neural Networks applied to landslide susceptibility assessment, 2005	Leonardo Ermini, Filippo Catani, Nicola Casagli	Geomorphology	3

<b>Scopus</b>			
<b>Título del artículo y año de publicación</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Nombre del artículo e año de publicación</b>	<b>Autor (es)</b>
3 - Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale, 2005	Fausto Guzzetti, Paola Reichenbach, Mauro Cardinali, Mirco Galli, Francesca Ardizzone	Geomorphology	3
4 - A comparison of landslide susceptibility maps produced by logistic regression, multi-criteria decision, and likelihood ratio methods: a case study at Izmir, Turkey, 2012	Aykut Akgun	Landslides	2
5 - Issues with families and children in a disaster context: A qualitative perspective from rural Bangladesh	Syeda Rezwana Akhter, Ratan Kumar Sarkar, Mitul Dutta, Roxana Khanom, Nasima Akter, Md. Raihan Chowdhury, Mainus Sultan	International Journal of Disaster Risk Reduction	2
6 - Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives	P. Aleotti, R. Chowdhury	Bulletin of Engineering Geology and the Environment	2
7 - Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index	Lutiane Queiroz de Almeida, Torsten Welle, Jörn Birkmann	International Journal of Disaster Risk Reduction	2
8 - Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain, 1992	R. Anbalagan	Engineering Geology	2
9 - Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale, 2018	Mariane Carvalho Dias, Silvia Saito, Regina Célia Alvalá, Cláudio Stenner, Gustavo Pinho, Carlos Nobre, Maria Rita Fonseca, Camilla Santos, Pilar Amadeu, Dennis Silva, Cibele Lima, Julia Ribeiro, Frederico Nascimento, Clarissa Corrêa	International Journal of Disaster Risk Reduction	2
10 - The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan	Lulseged Ayalew, Hiromitsu Yamagishi	Geomorphology	2
Q*: Cantidad de investigaciones que citaron a los artículos			

Elaboración propia.

Frente a estos resultados, es importante destacar las revistas científicas “Water Resources Research”, “Geomorphology” e “International Journal of Disaster Risk Reduction”, las cuales han publicado artículos que se

han convertido en referencias para estas investigaciones. Estos resultados también respaldan la interdisciplinariedad del tema abordado en esta investigación y los resultados generados a partir de datos de SIG, siendo destacados en revistas que tratan no solo asuntos geocientíficos, sino también recursos hídricos, geomorfología y la reducción de riesgos de desastres.

Estos resultados también permiten identificar tendencias en el uso de referencias que abordan herramientas SIG en escenarios de deslizamientos de tierra en Brasil. Además, identifica a los autores más influyentes en este campo de investigación, así como las redes de colaboración entre estos investigadores, siendo fundamental para quienes deseen comprender el panorama actual de este tema, identificando oportunidades de investigación y colaboraciones.

Instituciones que más han trabajado con SIG, evolución histórica de las investigaciones, diagnóstico actual y escenarios futuros.

Dado el panorama de las instituciones que más han publicado sobre este tema, se presentan en la Tabla 3. Se enfatiza que, también con el objetivo de facilitar la visualización, solo se han incluido las diez primeras instituciones. En la plataforma Scopus, se ha tomado en cuenta la cantidad de referencias de cada grupo organizacional cuando el número de trabajos publicados era igual.

**Tabla 3.** Instituciones universitarias que más han investigado sobre el tema

Web Of Science	Scopus
1 – Universidade de São Paulo (USP)	1 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
2 – Universidade de Brasília (UnB)	2 – Universidade de São Paulo (USP)
3 – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	3 – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
4 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS)	4 – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN/MCTI)
5 – Universidade Federal de Viçosa (UFV)	5 – Universidade McGill
6 – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN/MCTI)	6 – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
7 – Universidade Federal do Paraná (UFPR)	7 – Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
8 – Universidade de Washington	8 – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
9 – Chengdu University of Technology	9 – Universidade Stuttgart
10 – Chinese Academy of Sciences	10 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Elaboración propia.

En un contexto general, se pudo observar la supremacía de la Universidad de São Paulo (USP) en ambas bases de datos. De manera individual, es relevante resaltar la presencia de institutos de investigación, como el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), lo que respalda su papel como centros de excelencia y referencia a nivel nacional e internacional en temas relacionados con el territorio brasileño.

Otro aspecto destacable es la presencia de instituciones internacionales que abordan este tema, lo cual abre oportunidades para la internacionalización y colaboración con instituciones educativas de Brasil, impulsando, en un contexto general, la ciencia del país. Esta colaboración puede impulsar ampliamente el avance de la ciencia en Brasil y fortalecer aún más la investigación y la prevención de deslizamientos de tierra en el país.

### **Conclusiones**

La mayoría de los 113 estudios analizados propusieron nuevas metodologías para evaluar áreas de riesgo y susceptibles a deslizamientos, mientras que los demás se centraron en localidades afectadas por estos eventos, con el objetivo de mitigar los impactos y analizar las posibles causas de estos.

Cabe destacar que existe una importante concentración de estudios en la región Centro-Sur del país, especialmente en los biomas de Cerrado, Mata Atlántica y Pampa, lo que refleja la vulnerabilidad de estas regiones debido a factores como la distribución poblacional, la ocupación informal del suelo y los patrones climáticos.

El análisis de palabras clave reveló una tendencia creciente en el uso de modelos de inteligencia artificial para predecir deslizamientos de tierra y mapear áreas susceptibles, especialmente con el uso de aprendizaje de máquina (*Machine Learning*) automatizado y profundo (*Deep Learning*). Vale la pena destacar que estos enfoques tienen como objetivo mejorar la predicción de la respuesta a desastres, ofreciendo una previsibilidad ambiental crucial para la mitigación de riesgos.

Las instituciones de investigación, especialmente la Universidad de São Paulo (USP), juegan un papel central en este avance científico, con el apoyo de agencias de financiamiento federal, como CAPES y CNPq, y la evolución histórica de las publicaciones evidencian un creciente interés en

este tema, con más del 60% de los estudios publicados en los últimos cinco años y más del 90% en la última década.

El aumento en el uso de herramientas SIG aplicados a temas de deslizamientos se correlaciona con la preocupación por el crecimiento de eventos climáticos extremos y el consecuente aumento de áreas vulnerables. En este contexto, la aplicación de IA y técnicas de mapeo automático ofrecen una oportunidad para la colaboración entre investigadores y autoridades en la prevención y respuesta a desastres, preparando al país para enfrentar futuros desafíos en esta área.

Finalmente, es evidente que la metodología utilizada, basada en filtros de exclusión, obtuvo resultados satisfactorios y puede ser utilizado para apoyar otros trabajos que pretendan abordar temáticas similares. Además, este estudio no sólo promueve el avance científico, sino que también proporciona resultados fundamentales para la formulación de políticas públicas y estrategias de gestión de riesgos, orientadas a la protección y el bienestar de las comunidades vulnerables.

### **Agradecimientos**

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)* - Código de Financiamento 001.

### **Referencias bibliográficas**

- Arumugam, T.; Kinattinkara, S.; Velusamy, S.; Shanmugamoothy, M.; Murugan, S. (2023). GIS based landslide susceptibility mapping and assessment using weighted overlay method in Wayanad: A part of Western Ghats, Kerala. *Urban Climate*, 49, s.p. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101508>
- Aslam, B.; Zafar, A.; Khalil, U. (2023). Comparative analysis of multiple conventional neural networks for landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*, 115(1), 673-707. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05570-x>
- Barcellos, P.; da Silva, F.; Vissirini, F.; Magalhães, C.; Terra, J.; Dutra, M.; do Amaral, I. (2016). Diagnóstico meteorológico dos desastres naturais ocorridos nos últimos 20 anos na cidade de Duque de Caxias. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(3), 319-329. <https://doi.org/10.1590/0102-778631320150146>

- Beillouin, D.; Cardinael, R.; Berre, D.; Boyer, A.; Corbeels, M.; Abigail, F.; Demenois, J. (2022). A global overview of studies about land management, land-use change, and climate change effects on soil organic carbon. *Global change biology*, 28(4), 1690-1702. <https://doi.org/10.1111/gcb.15998>
- Bertotti, L. (2016). Geotecnologias aplicadas à análise ambiental. *CINECA*. <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/handle/123456789/963>
- Casagli, N.; Intrieri, E.; Tofani, V.; Gigli, G.; Raspini, F. (2023). Landslide detection, monitoring and prediction with remote-sensing techniques. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(1), 51-64. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00373-x>
- Chen, H.; Shi, Z. (2020). A spatial-temporal attention-based method and a new dataset for remote sensing image change detection. *Remote Sensing*, 12(10), s.p. <https://doi.org/10.3390/rs12101662>
- Coelho, L.; Nunes, A. (2020). Eventos Recentes de Chuva Intensa na Cidade do Rio de Janeiro: Análise Sinótica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(03), 994-1012. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p994-1012>
- Cruz-Muñoz, F. (2021). Patrones de expansión urbana de las megaurbes latinoamericanas en el nuevo milenio. *EURE (Santiago)*, 47(140), 29-49. <http://dx.doi.org/10.7764/eure.47.140.02>
- Dereczynski, C.; Calado, R.; Barros, A. (2017). Chuvas extremas no município do Rio de Janeiro, histórico a partir do século XIX. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(2), 17-30. [http://dx.doi.org/10.11137/2017\\_2\\_17\\_30](http://dx.doi.org/10.11137/2017_2_17_30)
- Girão, Í.; Rabelo, D.; Zanella, M. (2018). Análise teórica dos conceitos: riscos socioambientais, vulnerabilidade e suscetibilidade. *Revista de Geociências do Nordeste*, 4, 71-83. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13273>
- Haque, I.; Basak, R. (2017). Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(2), 251-263. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.003>
- Hong, H.; Miao, Y.; Liu, J.; Zhu, A-Xing. (2019). Exploring the effects of the design and quantity of absence data on the performance of random forest-based landslide susceptibility mapping. *Catena*, 176, 45-64. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.035>

- Hussain, S.; Qin, S.; Nasim, W.; Bukhari, M.; Mubeen, M.; Fahad, S.; Raza, A.; Abdo, H.; Aqil, T.; Mousa, B.; Mumtaz, F.; Aslam, M. (2022). Monitoring the dynamic changes in vegetation cover using spatio-temporal remote sensing data from 1984 to 2020. *Atmosphere*, 13(10), 1609. <https://doi.org/10.3390/atmos13101609>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). População em áreas de risco no Brasil. *IBGE, São José dos Campos: CEMADEN*. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. *IPCC*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- Jacobi, P.; Tavares, M.; Pierro, B. (2022). *O Brasil e as tragédias ambientais anunciadas: a cultura do risco e suas consequências para as cidades brasileiras*. Boletín del Grupo de Trabajo Cambio ambiental global, metabolismo social local. [https://www.clacso.org/wp-content/uploads/2022/07/V1\\_Cambio-ambiental-global\\_N4-1.pdf](https://www.clacso.org/wp-content/uploads/2022/07/V1_Cambio-ambiental-global_N4-1.pdf)
- Lousada, G.; Frias, H. (2014). Desastres Ambientais, Prevenção e Mitigação: um estudo de caso na região de Angra dos Reis/ RJ. Continentes. *Revista de Geografia*, (5), 131-149. <https://revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/57>
- Mejía, V. (2020). Morfología urbana y proceso de urbanización en Ecuador a través de la imagen satelital nocturna de la Tierra, 1992-2012. *EURE (Santiago)*, 46(138), 191-214. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612020000200191>
- Matsuo, P.; Silva, R. (2021). Desastres no Brasil? Práticas e abordagens em educação em redução de riscos e desastres. *Educar em Revista*, 37, 1-22. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.78161>
- Menezes, S.; Ribeiro, C.; Lima, C.; Souza, M. (2017). Geotecnologias Aplicadas à Gestão Ambiental. *Diversidade e Gestão*, 1(1), 57-69. <http://costalima.ufrj.br/index.php/diversidadeegestao/article/view/845>
- Phong, T.; Phan, T.; Prakash I.; Singh, S.; Shirzadi, K.; Ly, Hai-Bang; Ho, L.; Quoc, N.; Pham, B. (2021). Landslide susceptibility modeling using different artificial intelligence methods: A case study at Muong Lay district, Vietnam. *Geocarto International*, 36(15), 1685-1708. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1665715>

- Oliveira, O.; Cunha, R. (2007). O Sig como ferramenta de análise da paisagem: o caso do mangue no bairro de São Domingos em Ilhéus – BA. *Revista Paisagem e ambiente*, (24), 39-48. <https://www.revistas.usp.br/paam/article/download/85675/88436/120695>
- Pradhan, B. (2019). Artificial Intelligence and Spatial Modelling in Natural Hazards and Environmental Applications. In: *El-Askary, H; Lee, S; Heggy, E; Pradhan, B. (eds) Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications. CAJG 2018. Advances in Science, Technology & Innovation. (Springer), Cham.* [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01440-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01440-7_3)
- Ribeiro, D.; Saito, S.; Dos Santos, A. (2022). Disaster vulnerability analysis of small towns in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 68, s.p. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102726>
- Rivera-Marin, D.; Dash, J.; Ogutu, B. (2022). The use of remote sensing for desertification studies: A review. *Journal of Arid Environments*, 206, s.p. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104829>
- São Paulo. (2023). *Litoral Norte de SP registrou maior acumulado de chuva da história*. Governo do Estado. Defesa Civil. <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/litoral-norte-de-sp-registrou-maior-acumulado-de-chuva-da-historia-2/>
- Tominaga, L.; Santoro, J.; Amaral, R. (2015). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico. Brazil.
- Ullah, I.; Aslam, B.; Shah, S.; Tariq, A.; Qim S.; Majeed, M.; Havenith, Hans-Balder. (2022). An integrated approach of machine learning, remote sensing, and GIS data for the landslide susceptibility mapping. *Land*, 11(8), s.p. <https://doi.org/10.3390/land11081265>
- Van Eck, N.; Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vieira, B.; Dos Santos, L.; Benini, S. (2021). Análise da detecção de mudança na paisagem ocasionada pela construção da Usina Hidrelétrica das Três Gargantas-Yiling, Hubei, China. *Revista Científica ANAP Brasil*, 14(34), s.p. <https://dokumen.tips/documents/anlise-da-dete-co-de-mudana-na-paisagem-ocasionada.html?page=1>

- Welz, J.; Krellenberg, K. (2016). Vulnerabilidad frente al cambio climático en la Región Metropolitana de Santiago de Chile: posiciones teóricas versus evidencias empíricas. *EURE (Santiago)*, 42(125), 251-272. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000100011>
- XU, G.; Wang, Y.; Wang, L.; Soares, L. (2022). Feature-based constraint deep CNN method for mapping rainfall-induced landslides in remote regions with mountainous terrain: An application to Brazil. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 2644-2659. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3161383>

