

Ricardo Henrique BUENO* 

Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil

buenogeography@gmail.com

Mauro PAROLIN* 

Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil

mauroparolin@gmail.com

Adriana FANALI* 

Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil

dri.fanali.bittiol@gmail.com



PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE DRONES NO BRASIL

Overview of Scientific Production on Drones in Brazil

Panorama de la Producción Científica sobre Drones en Brasil

RESUMO

Este estudo apresenta um levantamento bibliométrico sobre a produção científica brasileira relacionada às Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), também conhecidas como *drones*, entre 2013 e 2024. A pesquisa utilizou as bases de dados da CAPES e do Google Acadêmico®, selecionando 93 artigos revisados por pares. Os dados foram organizados conforme critérios como ano de publicação, área de estudo, periódicos, instituições responsáveis e enfoque metodológico. O mapeamento geográfico das publicações foi realizado no software *Quantum GIS*®, evidenciando a concentração regional da pesquisa. Os resultados apontam um crescimento contínuo da produção científica sobre drones no Brasil, impulsionado pelo aumento do interesse e investimento na área. A versatilidade e eficiência dessas aeronaves foram destacadas em diversas aplicações, especialmente em Ciências Ambientais, Ciências Agrárias, Geociências e Geografia. O estudo contribui para o entendimento da evolução das pesquisas sobre drones no país e fornece subsídios para investigações futuras.

Palavras-chave: geotecnologia; bibliométrico; ARPs.

* Professor da Rede Estadual de Educação Básica do Paraná e doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão (FECILCAM), Especialização em Geografia, Ensino e Meio Ambiente pela mesma instituição, e Mestrado em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá.

** Professor Associado do Colegiado de Geografia da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR) - Campus de Campo Mourão e Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado) da Universidade Estadual de Maringá. Coordenador do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam/Lepafe Unespar, Campo Mourão desde 2008.

*** Doutoranda e Mestra em Análise Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (UEM). Voluntária no projeto de extensão UMDT-UEM. Licenciatura Plena em Geografia pela Faculdade Estadual de Educação, Ciências e Letras de Paranavaí-(FAFIPA). Pesquisadora do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) da Universidade Estadual de Maringá.

ABSTRACT

This study presents a bibliometric survey on Brazilian scientific production related to Remotely Piloted Aircraft (RPAs), also known as *drones*, between 2013 and 2024. The research utilized CAPES and Google Scholar® databases, selecting 93 peer-reviewed articles. The data were organized according to criteria such as year of publication, field of study, journals, responsible institutions, and methodological approach. The geographical mapping of publications was conducted using *Quantum GIS®* software, highlighting the regional concentration of research. The results indicate a continuous growth in scientific production on drones in Brazil, driven by increasing interest and investment in the field. The versatility and efficiency of these aircraft have been emphasized in various applications, particularly in Environmental Sciences, Agricultural Sciences, Geosciences, and Geography. This study contributes to understanding the evolution of drone research in the country and provides insights for future investigations.

Keywords: geotechnology; bibliometric; ARPs.

RESUMEN

Este estudio presenta un levantamiento bibliométrico sobre la producción científica brasileña relacionada con las Aeronaves Pilotadas Remotamente (APRs), también conocidas como *drones*, entre 2013 y 2024. La investigación utilizó las bases de datos de CAPES y Google Académico®, seleccionando 93 artículos revisados por pares. Los datos se organizaron según criterios como año de publicación, área de estudio, revistas, instituciones responsables y enfoque metodológico. El mapeo geográfico de las publicaciones se realizó con el software *Quantum GIS®*, destacando la concentración regional de las investigaciones. Los resultados indican un crecimiento continuo de la producción científica sobre drones en Brasil, impulsado por el creciente interés e inversión en esta tecnología. La versatilidad y eficiencia de estas aeronaves se evidenciaron en diversas aplicaciones, especialmente en Ciencias Ambientales, Ciencias Agrarias, Geociencias y Geografía. Este estudio contribuye al entendimiento de la evolución de las investigaciones sobre drones en el país y ofrece bases para futuras investigaciones.

Palabras clave: geotecnología; bibliometría; drones.

INTRODUÇÃO

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), também designados como Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) ou *Remotely Piloted Aircraft* (RPAs), e popularmente conhecidos como drones, consolidaram-se como ferramentas estratégicas em múltiplos campos do conhecimento. Estudos como os de Figueira e Volotão (2013), Sousa e Figueira (2014), Silva, Araújo e Rebouças (2018) e Buffon *et al.* (2017) evidenciam seu papel central na aquisição de dados geoespaciais com elevada precisão e agilidade, reduzindo custos operacionais e simplificando etapas em relação aos métodos tradicionais de aerolevantamento (Andrade Junior *et al.*, 2022).

No Brasil, a terminologia foi regulamentada em 2017 pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que adotaram oficialmente o termo ARP para designar esse tipo de aeronave, em consonância com a sigla internacional RPA (Castilho, 2019). O uso popular do termo “*drone*”, por sua vez, carrega tanto uma dimensão cultural — associada ao som característico desses equipamentos — quanto histórica, remontando ao uso de aeronaves não tripuladas como a “*Queen Bee*” pela Marinha Real Britânica na década de 1930.

Entre as principais contribuições dessa tecnologia, destaca-se a capacidade de gerar produtos cartográficos de alta resolução — ortomosaicos georreferenciados, nuvens densas de pontos, modelos hipsométricos e Modelos Digitais de Elevação —, amplamente aplicáveis no planejamento urbano, no monitoramento ambiental e em análises territoriais diversas (Silva; Borges; Rodrigues, 2020). Essa versatilidade, aliada ao avanço de *softwares* e sensores embarcados, reforça a relevância dos *drones* como instrumentos de investigação científica e suporte à gestão territorial.

A aplicação das ARPs no contexto nacional tem se expandido para setores como o monitoramento ambiental, segurança pública, construção civil, engenharia agrícola e florestal, geologia, cartografia e agrimensura (Cunha; Neto, 2017; Formaggio; Sanches, 2017; Gaya *et al.*, 2019; Molin; Amaral; Colaço, 2015; Moraes, 2024; Munaretto, 2020; Oliveira; Silva, 2019; Queiroz *et al.*, 2021; Vieira, Lima e Silva, 2022). Esse crescimento reflete não apenas o avanço tecnológico, mas também um aumento significativo do interesse acadêmico e alocação de recursos para o desenvolvimento e aplicação dessa geotecnologia.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo caracterizar, de forma sistemática, a distribuição geográfica e temporal da produção científica brasileira sobre drones no período de 2013 a 2024, identificando padrões regionais e institucionais que condicionam o desenvolvimento dessa área no país. Busca-se compreender como fatores estruturais — como a concentração de

infraestrutura técnico-científica, a densidade de redes acadêmicas e o acesso a recursos financeiros — influenciam a localização e a intensidade das pesquisas, bem como avaliar em que medida esses elementos contribuem para manter ou reduzir as desigualdades regionais na produção de conhecimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para responder à problemática proposta, a pesquisa foi conduzida por meio de um estudo bibliométrico, cuja principal função é proporcionar conhecimento aplicado. Segundo Araújo (2006), a bibliometria é uma das abordagens mais importantes para promover diversos tipos de análise sobre citações, permitindo identificar e sistematizar informações científicas relevantes. Embora a bibliometria, por si só, possa não gerar resultados conclusivos, ela é eficaz para apontar tendências em pesquisas, temas emergentes e os periódicos e autores mais referenciados.

De acordo com Silveira e Lorenzetti (2021), trabalhos que utilizam a abordagem de "estado da arte" destacam-se pela capacidade de gerar resultados como o mapeamento do conhecimento, a identificação de tendências e inovações em determinada área de estudo, o fornecimento de dados para políticas públicas, a avaliação do impacto científico e a possibilidade de direcionar investimentos em áreas promissoras.

Considerando a necessidade de transparência e replicabilidade que caracteriza estudos bibliométricos de qualidade, o presente levantamento foi conduzido de forma sistematizada conforme Öztürk, Kocaman e Kanbach (2024). Inicialmente, foram escolhidos o Portal de Periódicos da CAPES e o *Google Acadêmico®* como fontes de dados, por serem amplamente utilizados em revisões de literatura no Brasil (Bittiol; Parolin; Stevanato, 2022; Stevanato *et al.*, 2021). Reconhece-se, contudo, que a utilização do *Google Acadêmico®*, embora amplamente difundida em estudos de revisão, apresenta limitações metodológicas relevantes.

Além da ausência de filtros avançados e da restrição a 1 000 resultados visíveis, a base agrupa literatura cinzenta como relatórios institucionais, teses e documentos não revisados por pares, o que pode introduzir vieses e comprometer a consistência dos achados (Haddaway *et al.*, 2015). Para mitigar tais limitações, optou-se por empregar o *Google Acadêmico®* apenas como fonte complementar, assegurando que todos os registros selecionados correspondessem a artigos publicados em periódicos científicos e validados em bases indexadoras consolidadas, como a CAPES. Essa estratégia visou garantir maior rigor científico e confiabilidade dos resultados obtidos.

A estratégia de busca combinou descritores em português e inglês utilizando operadores booleanos (*OR/AND*) e truncamentos para cobrir diferentes denominações de drones: “ARP*” OR “VANT*” OR “drone*” e, em inglês, “RPA*” OR “UAS” OR “UAV” OR “drone*”. Foram consideradas publicações entre 2013 e 2024, escritas em português ou inglês, e restritas a artigos revisados por pares.

Excluíram-se teses, dissertações, anais de congresso, relatórios técnicos e outras formas de literatura cinzenta. A busca inicial retornou 1 472 registros no Portal CAPES e 15 548 no *Google Acadêmico®*. Todos os resultados foram exportados e tratados em uma planilha de controle; duplicidades entre as bases foram eliminadas com auxílio de *software* bibliográfico. Em seguida, realizou-se uma triagem por título e resumo para verificar aderência temática às Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs); nessa etapa, foram excluídos estudos que apenas mencionavam *drones* sem utilizá-los como objeto central. Restaram 432 artigos para leitura integral. Desses, 93 cumpriram plenamente os critérios de inclusão (ano, idioma, tipo de documento, foco em drones) e foram selecionados para leitura crítica e codificação.

Os dados extraídos de cada artigo selecionado seguiram os critérios propostos por Stevanato et al. (2021):

- i) ano de publicação;
- ii) periódico;
- iii) instituição responsável;
- iv) área de estudo;
- v) estado e região de realização;
- vi) abordagem metodológica (quantitativa, qualitativa ou mista).

Para garantir transparência e rastreabilidade, todos os códigos de busca, combinações de descritores e planilhas contendo as etapas de filtragem foram arquivados e organizados em conformidade com o protocolo PRISMA¹, estando disponíveis mediante solicitação. Esse procedimento assegura a replicabilidade da pesquisa e possibilita a auditoria metodológica por outros pesquisadores. Além disso, o processo de seleção dos artigos foi representado em fluxograma, conforme recomendações internacionais, detalhando o percurso desde a identificação inicial dos registros até a inclusão final dos 93 estudos analisados.

¹ O PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) é um protocolo internacional de padronização de revisões sistemáticas, cujo objetivo é assegurar a transparência, a rastreabilidade e a reproduzibilidade dos processos de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos (Moher et al., 2009).

Por fim, realizou-se o mapeamento geográfico das publicações utilizando o *software* Quantum GIS®, o que permitiu não apenas visualizar a distribuição espacial das pesquisas sobre ARPAs no Brasil, mas também relacioná-la a fatores estruturais, como a concentração de infraestrutura científica em determinadas regiões, políticas públicas de fomento e a presença de programas de pós-graduação consolidados.

PANORAMA DA PRODUÇÃO BRASILEIRA SOBRE RPS/RPAS/VANTS/DRONES

Todos os artigos selecionados para a leitura e caracterização da produção acadêmica foram listados na tabela 01 por ano de publicação, autoria, título da publicação e o periódico.

As regiões Sudeste e Sul do Brasil concentram a maior parte das publicações científicas sobre ARPAs, RPAs, VANTs e *drones*. Na Região Sudeste, foram identificados 51 artigos, seguida pela Região Sul, com 21 publicações. A Região Nordeste contabilizou 11 artigos, enquanto as Regiões Centro-Oeste e Norte apresentaram 5 artigos cada.

Observou-se que as Regiões Sudeste e Sul mantêm uma posição predominante na execução de pesquisas científicas relacionadas ao tema. A elevada concentração de publicações nessas regiões, assim como em parte da Região Centro-Oeste, pode ser atribuída à presença de grandes centros urbanos, que abrigam importantes instituições de ensino e pesquisa, como Institutos Federais e Universidades. No estado de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul por exemplo, encontram-se várias dessas instituições, que desempenham um papel fundamental no avanço das pesquisas em áreas de inovação e tecnologia (Fig. 1).

Conforme Sidone, Haddad e Mena-Chalco (2016), ocorreu um crescimento acelerado da produção científica no Brasil entre os anos de 1992 e 2009. Durante esse período, observou-se também uma intensificação da colaboração entre pesquisadores em diferentes regiões do país, o que contribuiu diretamente para o aumento do número de publicações científicas.

A Tabela 01 sintetiza a produção científica nacional sobre ARPAs no período de 2013 a 2024. Observa-se um crescimento consistente, com destaque para os anos de 2017 a 2020, quando houve maior concentração de publicações em áreas como Geociências, Ciências Ambientais e Agrárias. As aplicações se diversificaram, incluindo desde aerolevantamentos e fotogrametria até monitoramento agrícola, urbano e ambiental. A tabela completa com os 93 artigos analisados encontra-se disponível no Apêndice, garantindo transparência e rastreabilidade metodológica.

O período inicial (2013–2016) concentrou apenas nove artigos, voltados a aplicações Cartográficas e em Geociências. Entre 2017 e 2019 houve expansão significativa, com 33 publicações distribuídas em Ciências Ambientais, Agrárias e Geociências. Nos anos de 2020 e 2021

foram registrados 28 estudos, destacando-se aplicações em índices de vegetação, monitoramento florestal e inspeções urbanas. Por fim, entre 2022 e 2024 foram identificados 23 artigos, com ênfase em agricultura de precisão, políticas públicas e usos multidisciplinares, confirmado a consolidação do tema no cenário nacional.

Tabela 01 – Artigos sobre ARPs, RPAs, VANTs e drones em periódicos brasileiros

Período	Nº de artigos	Áreas mais frequentes	Exemplo de aplicação
2013 – 2016	9	Geografia, Geociências, Cartografia	Aerolevantamentos, uso e cobertura da terra, modelagem geométrica
2017 – 2019	33	Ciências Ambientais, Agrárias, Geociências	Fotogrametria de alta resolução, monitoramento costeiro, mapeamento urbano, segurança cibernética
2020 – 2021	28	Geociências, Ciências Ambientais, Agrárias.	Índices de vegetação (NDVI), análise urbana, florestal, inspeções em edificações, agricultura de precisão
2022 – 2024*	23	Agrárias, Ambientais, Multidisciplinar.	Agricultura de precisão, monitoramento de incêndios, políticas públicas, segurança do trabalho, ajuda humanitária

*Dados coletados até abril de 2024.

Fonte: Dados da pesquisa.

O crescimento da produção científica no Brasil foi particularmente expressivo nas Regiões Sul e Sudeste, onde a concentração de universidades de excelência, como USP, UNESP, UFPR e UFRGS, associada à infraestrutura laboratorial e à consolidação de programas de pós-graduação, exerce papel decisivo na formação de redes de pesquisa e na difusão do conhecimento. Esse avanço está alinhado a políticas públicas voltadas à expansão e internacionalização da pós-graduação, que não apenas reconfiguraram os critérios de avaliação acadêmica (Souza; De-Filippo; Casado, 2018), mas também estimularam o fortalecimento de áreas emergentes, entre elas o uso de ARPs em aplicações ambientais, agrícolas e de mapeamento. A centralidade das universidades dessas regiões, ancorada em investimentos em ciência e tecnologia, contribui diretamente para o desenvolvimento de pesquisas sobre drones, favorecendo tanto a inovação metodológica quanto a aplicação prática de geotecnologias em diferentes setores.

O processo de desconcentração espacial da produção científica no Brasil, evidenciado por Sidone, Haddad e Mena-Chalco (2016), também se reflete nas pesquisas com aeronaves remotamente pilotadas (ARPs). Esse movimento ampliou a participação de pesquisadores de regiões historicamente menos tradicionais, como o Sul e o Nordeste, contribuindo para uma maior diversidade geográfica das publicações. Apesar de a produção no interior do país ainda permanecer incipiente, a expansão das redes de colaboração interinstitucionais e o fortalecimento de novas

universidades têm delineado um cenário mais promissor, favorecendo a difusão de pesquisas tecnológicas avançadas em escala nacional.

Essa dinâmica pode ser interpretada à luz da abordagem de Meusburger (2008) sobre os milieux de conhecimento, compreendidos como ecossistemas institucionais e territoriais de alta densidade acadêmica e tecnológica. Tais ambientes concentram capital humano qualificado, infraestrutura laboratorial avançada, rotinas administrativas especializadas e mecanismos de circulação de informação que reduzem custos de coordenação e ampliam a eficiência científica. No Brasil, as universidades públicas desempenham papel central nesse processo, atuando como âncoras de inovação e cooperação interdisciplinar, o que potencializa a atração de recursos e parcerias estratégicas. Entretanto, esse acúmulo de ativos reforça a desigualdade regional, na medida em que os benefícios obtidos por esses polos retroalimentam sua capacidade competitiva.

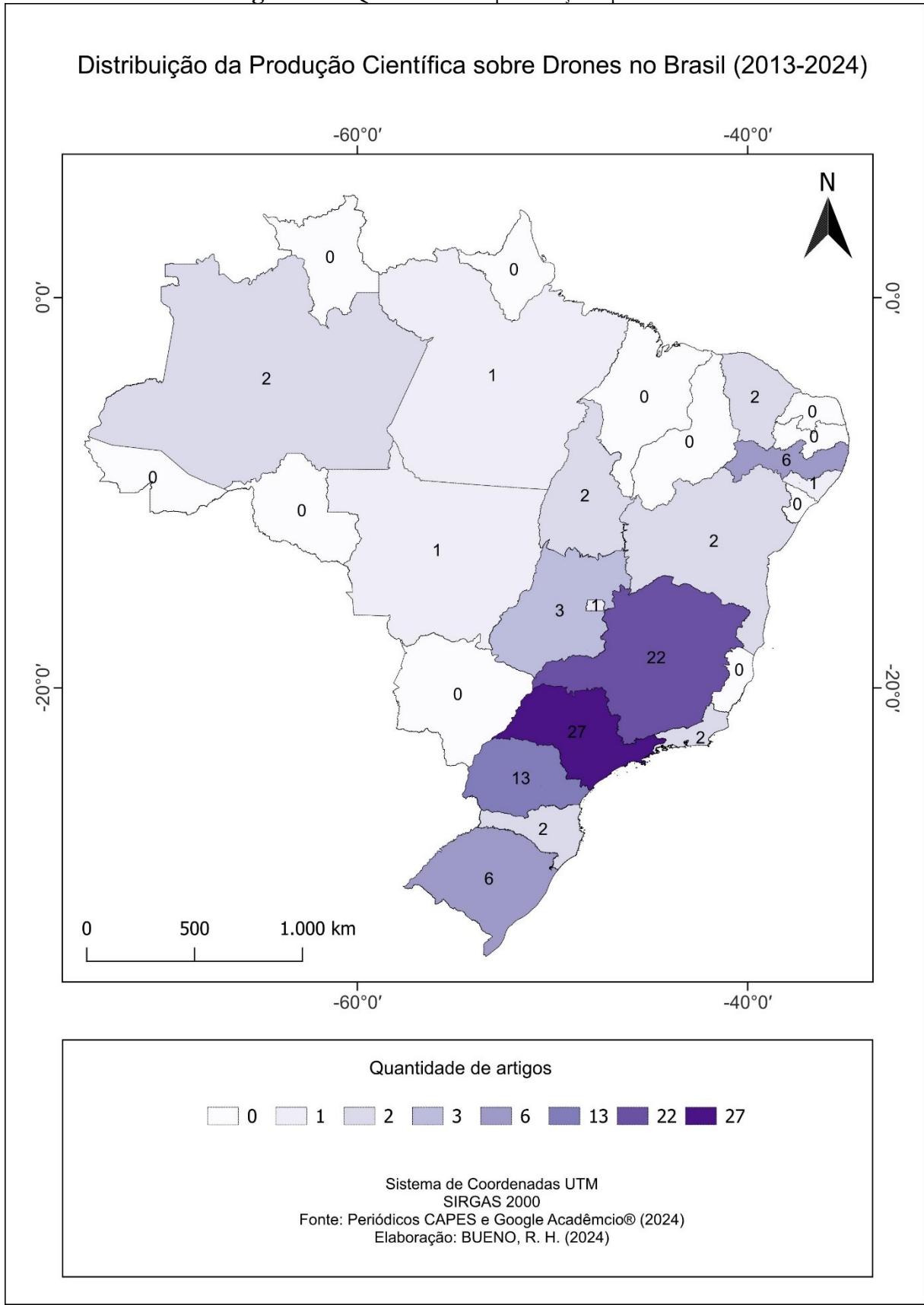
Sob a perspectiva de Santos (2006), essa concentração pode ser explicada pela articulação entre fixos e fluxos no meio técnico-científico-informacional. Os fixos — laboratórios especializados, bibliotecas, edifícios universitários, redes digitais e equipamentos de alta tecnologia — criam a base material que sustenta os fluxos, representados pelo intercâmbio de dados, publicações, projetos e recursos financeiros. Onde há maior densidade e sofisticação desses fixos, os fluxos tendem a ser mais intensos, seletivos e especializados, consolidando circuitos superiores de ciência e tecnologia e reforçando a centralidade territorial no sistema científico nacional.

No caso específico das pesquisas com drones, essa lógica é particularmente evidente, dado tratar-se de uma tecnologia intensiva em infraestrutura — desde laboratórios de fotogrametria e geoprocessamento até softwares especializados, hardware de alto desempenho e áreas de teste regulamentadas — e fortemente dependente de fluxos de dados, algoritmos e parcerias multi-institucionais. Não surpreende, portanto, que os polos de excelência e a maior parte da produção bibliográfica recente se concentrem no Sudeste e no Sul (Fig. 1), onde universidades públicas dispõem das condições necessárias para sustentar e expandir esse tipo de pesquisa. Tal concentração não decorre apenas da dimensão populacional ou econômica dessas regiões, mas do acúmulo histórico de ativos científicos, capital humano e redes de cooperação que as posicionam como nós estratégicos no sistema nacional de ciência e tecnologia.

Essa relação entre infraestrutura concentrada e produção científica é exemplificada no estudo de Marotta *et al.* (2015), que analisou o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) em aerolevantamentos e evidenciou como o acesso a laboratórios equipados, como os da USP e da UNESP, permite a obtenção de dados mais precisos e confiáveis. Tais recursos viabilizam aplicações mais eficientes de geotecnologias, refletindo diretamente no crescimento da produção científica nessas áreas.



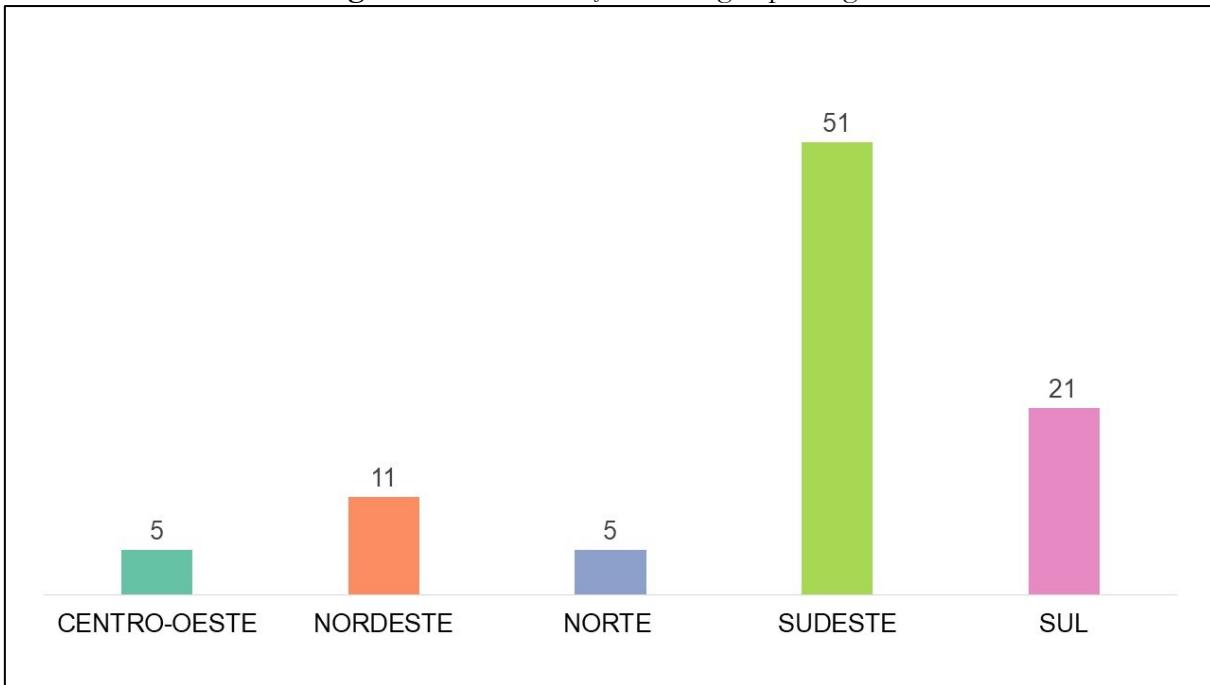
Figura 01 – Quantidade de publicações por Estado



Fonte: Elaborado pelo autor de Periódico CAPES e Google Acadêmico® (2024).

A distribuição espacial das publicações (Fig. 2) ilustra de forma clara a assimetria regional discutida. À luz do conceito de campo científico de Bourdieu (1983; 2004), essa configuração expressa a desigual distribuição de capital científico entre regiões: centros consolidados detêm maior legitimidade e poder para definir agendas de pesquisa, enquanto áreas periféricas permanecem com participação reduzida. Mais do que um dado numérico, o gráfico revela a estrutura de forças que sustenta a centralidade dos polos consolidados e aponta os desafios para ampliar a inserção de regiões emergentes no sistema científico nacional.

Figura 02 – Distribuição de artigos por região



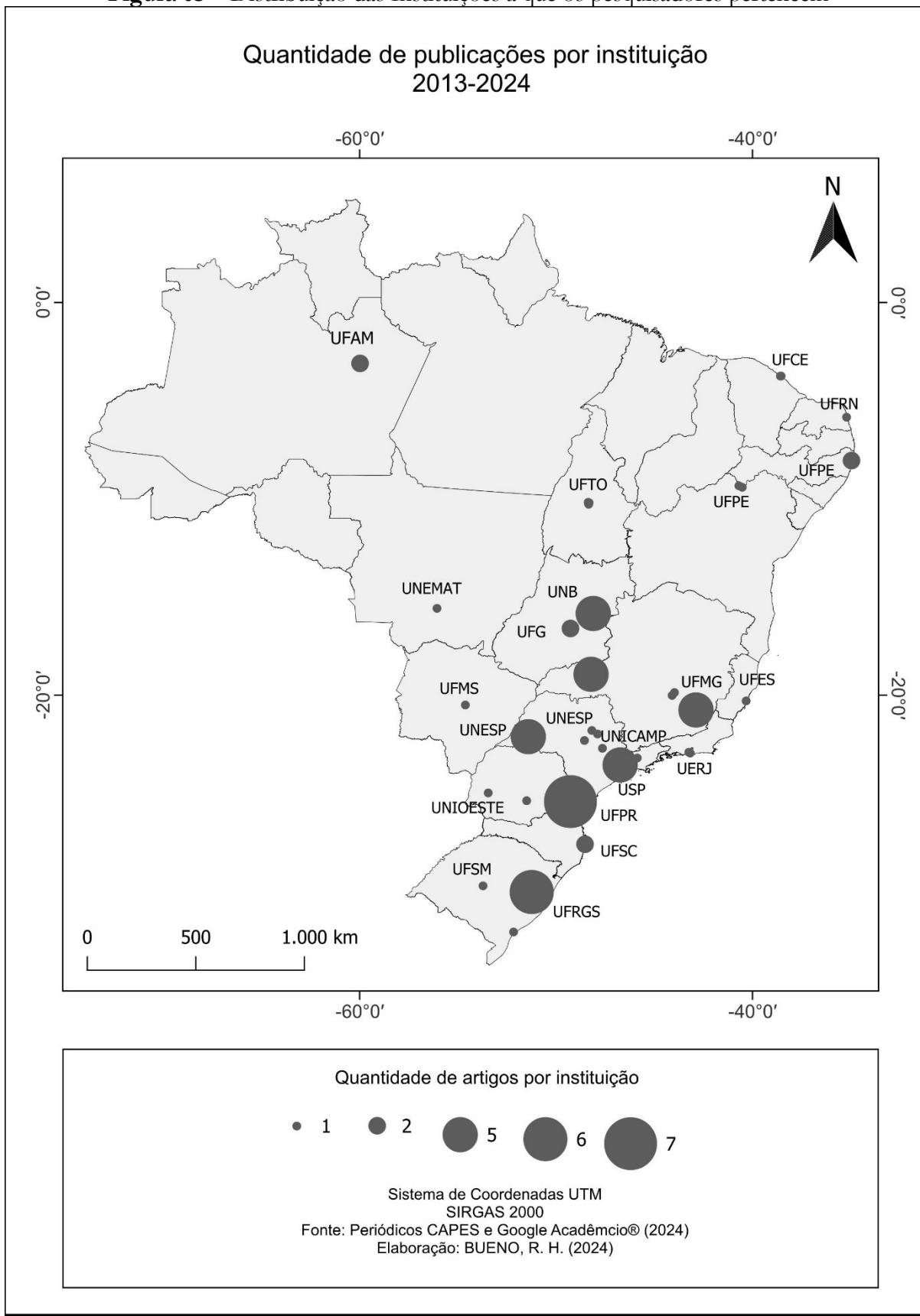
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pesquisas desenvolvidas em universidades públicas brasileiras demonstram a relevância da infraestrutura institucional na consolidação das investigações com aeronaves remotamente pilotadas (ARPs). Silva et al. (2018), a partir da Universidade Federal do Paraná (UFPR), evidenciam como programas de pós-graduação bem estruturados em geociências contribuem para a formação de novos pesquisadores e para a inovação tecnológica, resultando em publicações de impacto no campo do sensoriamento remoto e da cartografia. De modo semelhante, Buffon et al. (2017) utilizaram drones para o mapeamento de áreas vulneráveis, destacando a importância de grupos especializados em sensoriamento remoto, cuja atuação é potencializada pelo acesso a laboratórios e equipamentos de alta precisão. Esses exemplos ilustram como a infraestrutura acadêmica robusta se traduz em pesquisas de maior qualidade metodológica e em resultados aplicáveis a diferentes áreas do conhecimento.

O levantamento realizado evidencia que as universidades federais constituem o núcleo central da produção científica sobre ARPs, RPAs, VANTs e drones no Brasil, com 47 artigos identificados no período. A UFPR lidera esse cenário, com sete publicações, seguida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com seis. Na Região Sudeste, a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual Paulista (UNESP), a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) aparecem em posição de destaque, cada uma com cinco publicações. Já no Centro-Oeste, a Universidade de Brasília (UnB) também se consolidou como polo emergente, com cinco estudos registrados (Fig. 3). Esse panorama confirma o papel estratégico das universidades públicas, sobretudo nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, onde se concentram os principais centros de excelência científica e tecnológica do país.

No que se refere às áreas de conhecimento, Geografia, Ciências Ambientais, Ciências Agrárias e Geociências lideram em número de publicações, especialmente em pesquisas voltadas para aerolevantamentos e mapeamento do uso e cobertura da terra. Trabalhos como os de Sousa e Ferreira (2014); Marotta *et al.* (2015); Silva, Araújo e Reboouças (2018); Silva, Borges e Rodrigues (2020); Oliveira *et al.* (2017); Buffon, Paz e Sampaio (2019); Oliveira Sobrinho *et al.* (2018); Gaya *et al.* (2019); Paz e Sampaio (2019); Simões *et al.* (2019); Rademann e Tretin (2020); Souza *et al.* (2020); Simõesa e Oliveira (2020); Sampaio *et al.* (2020); Almeida *et al.* (2020); Barros, Candeias e Tavares Junior (2021); Taglierini *et al.* (2021); Magalhães e Moura (2021); Oliveira Neto e Carmo (2021); Andrade Junior *et al.* (2022) e Vieira, Lima e Silva (2022) exemplificam a diversidade temática e metodológica que tem impulsionado a consolidação da pesquisa com ARPs no Brasil. Esses estudos não apenas demonstram a aplicabilidade da tecnologia em diferentes contextos, mas também contribuem para o crescimento contínuo da produção bibliográfica no período analisado (Fig. 3 e 4).

A centralidade das universidades federais na produção científica sobre ARPs evidencia o caráter estratégico dessas instituições para o avanço tecnológico no Brasil. Ao reunir infraestrutura de ponta, redes de cooperação interinstitucionais e políticas de incentivo à pós-graduação, elas não apenas concentram a maior parte das publicações, mas também assumem protagonismo na definição de agendas de pesquisa. Essa concentração de ativos reforça o papel das universidades como catalisadoras de inovação e como elementos-chave na difusão de metodologias avançadas de sensoriamento remoto e cartografia.

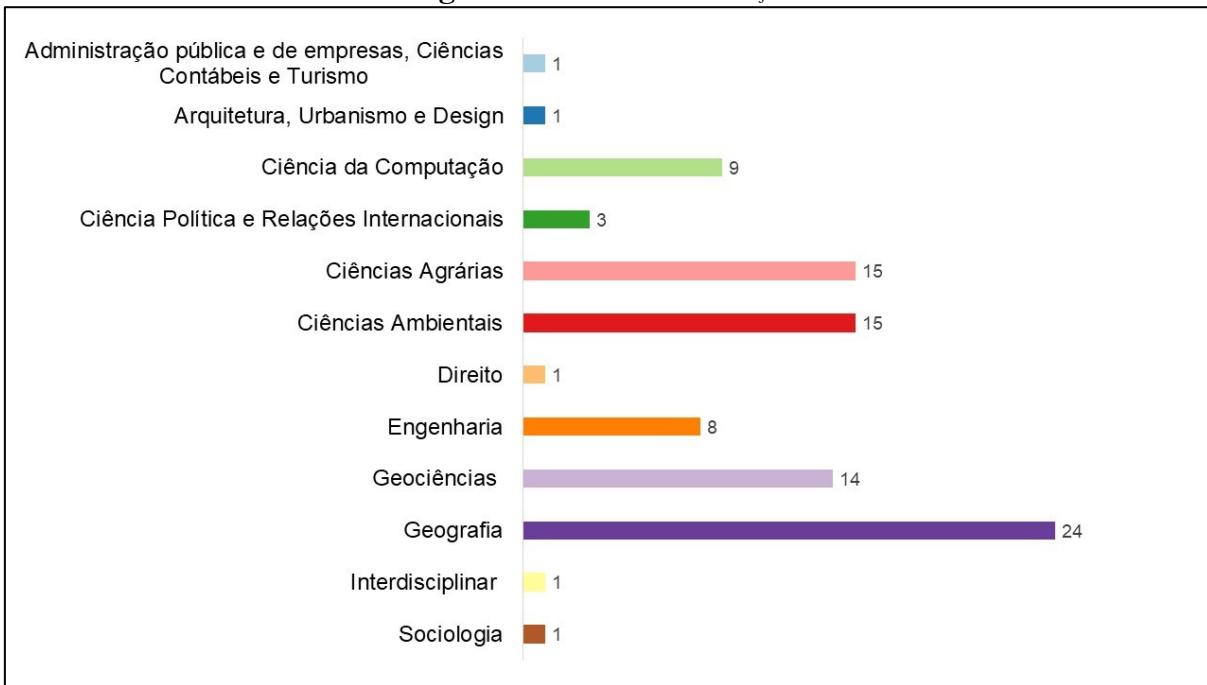
Figura 03 – Distribuição das Instituições a que os pesquisadores pertencem

Fonte: Elaborado pelo autor de Periódico CAPES e Google Acadêmico® (2024).

Apesar dos avanços, a distribuição espacial das pesquisas com drones no Brasil permanece marcada por forte concentração nas Regiões Sul e Sudeste, onde instituições como USP, UNESP, UNICAMP, UFPR e UFRGS concentram o maior número de publicações (Fig. 3). Em contraste, universidades do Norte, Nordeste e interiores do Centro-Oeste, como UFAM, UFTO, UNEMAT e UFMS, apresentam participação reduzida, ainda que relevante para a expansão da rede de colaboração científica. Esse padrão revela desigualdades significativas no sistema científico nacional e reforça o desafio de ampliar a capilaridade da produção, garantindo a interiorização da pesquisa. Políticas de ciência e tecnologia voltadas à descentralização, associadas ao fortalecimento de programas interdisciplinares, podem favorecer um cenário mais equilibrado e ampliar a inserção de novas instituições, consolidando o Brasil como referência internacional na aplicação de ARPs em estudos ambientais, agrícolas e territoriais.

Assim, além das desigualdades regionais, observa-se também uma forte concentração temática nas áreas que tradicionalmente estruturam a pesquisa em geotecnologias. Essa distribuição por áreas de conhecimento é detalhada na Fig. 4, que evidencia a predominância da Geografia, Ciências Ambientais, Ciências Agrárias e Geociências na produção científica com ARPs.

Figura 04 – Áreas de avaliação.



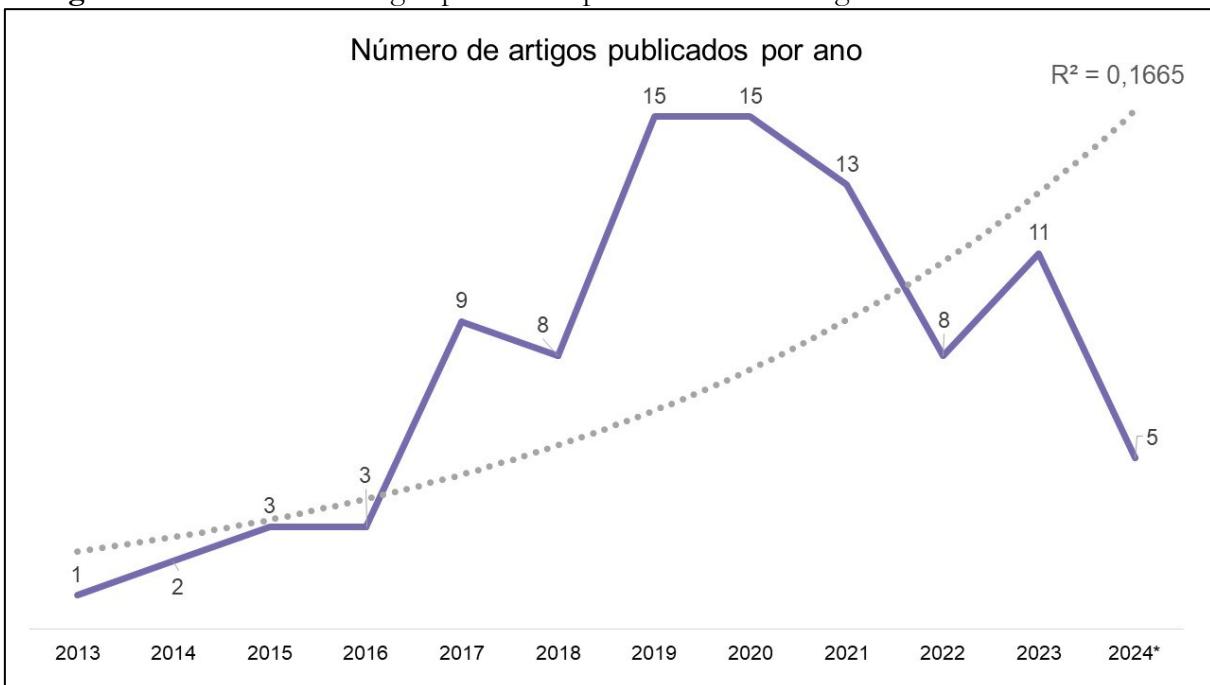
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Observou-se um crescimento gradual no número de publicações ao longo do período analisado, iniciando-se com apenas um artigo em 2013 e alcançando nove em 2017. Os anos de 2019 e 2020 representaram o auge da produção, com 15 artigos cada, seguidos por uma leve

redução em 2021 (13) e uma queda mais acentuada em 2022 (8). Em 2023, houve retomada com 11 artigos, enquanto em 2024 foram identificadas cinco publicações até o momento de encerramento da coleta, considerando que o ano ainda estava em curso.

Esse movimento reflete o crescente interesse acadêmico na utilização de ARPs como ferramenta metodológica para coleta de dados, associado ao avanço tecnológico e ao caráter inovador dessa geotecnologia. O recurso tem se mostrado fundamental para a obtenção de informações precisas e detalhadas, com custos relativamente inferiores aos métodos tradicionais de aerolevantamento. A linha de tendência pontilhada evidencia uma trajetória ascendente, mesmo diante de oscilações anuais, enquanto o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,1665$) indica uma tendência de crescimento de longo prazo, embora de intensidade moderada. Assim, a análise sugere que a pesquisa com drones se consolida progressivamente como um campo em expansão no Brasil (Fig. 5).

Figura 05 – Número de artigos publicados por ano e tendencia geral de crescimento



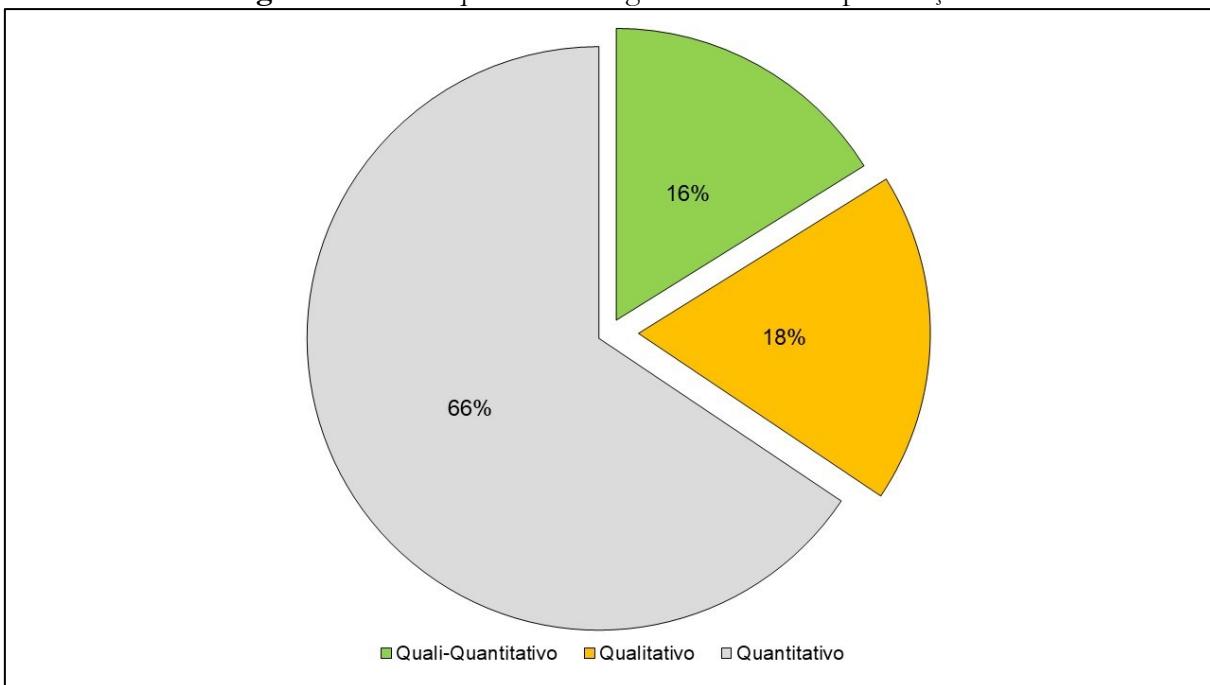
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A oscilação no número de publicações também pode ser interpretada à luz de fatores externos que impactaram diretamente a dinâmica da produção científica no Brasil. A redução observada em 2021 e, sobretudo, em 2022 coincide com os efeitos da pandemia da COVID-19, que restringiu atividades de campo, limitou o acesso a laboratórios e redirecionou recursos de pesquisa para áreas prioritárias em saúde. Além disso, oscilações nos investimentos públicos em ciência e tecnologia, especialmente nas agências de fomento nacionais, influenciam a capacidade

de manutenção de projetos contínuos. Em contrapartida, o crescimento retomado em 2023 sugere tanto a reabertura das atividades acadêmicas quanto o fortalecimento da adoção de drones como ferramenta consolidada, impulsionada pela rápida evolução tecnológica e pelo aumento da disponibilidade de equipamentos mais acessíveis. Esses elementos revelam que a curva de crescimento não reflete apenas tendências endógenas da pesquisa científica, mas também está condicionada a fatores políticos, econômicos e conjunturais que moldam o sistema de ciência e tecnologia brasileiro.

No presente estudo, verificou-se que o enfoque metodológico predominante nas publicações sobre ARPAs é quantitativo, correspondendo a 66% dos trabalhos analisados (Fig. 6).

Figura 06 – Enfoque Metodológico adotado nas publicações



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 6 evidencia o predomínio das abordagens quantitativas (66%) nas pesquisas com ARPAs, confirmando a ênfase do campo em mensurações técnicas, testes de precisão e geração de dados confiáveis para aplicações em sensoriamento remoto, geociências e cartografia. As metodologias qualitativas (18%) e quali-quantitativas (16%) apresentam menor representatividade, mas desempenham papel complementar ao aprofundar a compreensão de aspectos sociais, educacionais e ambientais do uso de drones, além de ampliar a capacidade interpretativa ao integrar dados numéricos e análises descritivas. Esse panorama metodológico revela que, embora o caráter técnico ainda seja hegemônico, há espaço crescente para abordagens híbridas e interdisciplinares que fortalecem a aplicabilidade científica e prática da tecnologia.

Os resultados apresentados demonstram que a pesquisa com drones no Brasil está em processo de consolidação, caracterizada por concentração espacial em universidades públicas do Sul e Sudeste, predomínio temático em áreas como Geografia, Ciências Ambientais e Agrárias, crescimento gradual no número de publicações e hegemonia metodológica das abordagens quantitativas. A análise crítica mostra que esse cenário, embora marcado por desigualdades regionais e temáticas, revela avanços significativos na institucionalização da tecnologia no meio acadêmico. As evidências sugerem que a consolidação de redes de colaboração, a diversificação metodológica e a interiorização da produção científica são caminhos estratégicos para reduzir assimetrias e posicionar o Brasil como referência internacional na aplicação de ARPs em pesquisas ambientais, agrícolas e territoriais.

Nesse contexto, a concentração observada reforça o papel das políticas públicas como elemento decisivo para superar desigualdades históricas no sistema científico nacional. A produção limitada nas regiões Norte, Nordeste e parte do Centro-Oeste não se explica pela ausência de demandas ambientais e territoriais relevantes, mas pela escassez de investimentos continuados, infraestrutura laboratorial e redes interinstitucionais consolidadas. Como argumentam Cassiolato e Lastres (2005), a formação de sistemas de inovação e arranjos institucionais depende diretamente da presença de políticas de fomento que estimulem a criação de redes locais e a valorização de capacidades regionais. Essa lógica dialoga com a crítica de Boaventura de Sousa Santos (2006) sobre a “sociologia das ausências”, ao evidenciar que a marginalização de certas regiões no campo científico decorre mais da falta de reconhecimento e investimento do que da ausência de potencial acadêmico. Nesse sentido, a expansão da pesquisa com drones no Brasil depende não apenas do dinamismo já existente nos centros consolidados, mas também da formulação de políticas capazes de descentralizar recursos e fortalecer novos polos científicos, como sugerem os estudos de Schwartzman (1993) sobre a concentração estrutural da ciência no país.

Ao mesmo tempo, a regulação sobre o uso de ARPs, conduzida por órgãos como (ANAC) e (DECEA), precisa ser acompanhada de políticas de fomento que incentivem aplicações estratégicas em setores como agricultura de precisão, monitoramento ambiental e gestão de riscos. Como destaca Dagnino (2008), a tecnologia não é neutra, mas resultado de escolhas sociais e institucionais que moldam tanto o acesso quanto a aplicabilidade de inovações. Programas de financiamento que integrem universidades consolidadas e instituições emergentes podem potencializar a interiorização da ciência e reduzir a dependência de poucos centros de excelência, permitindo que o uso de drones seja incorporado a agendas científicas e territoriais mais diversificadas. Iniciativas recentes, como a chamada MCTI/FINEP/FNDCT – PROINFRA Desenvolvimento Regional – NNECO (2024), que destinou R\$ 600 milhões às regiões Norte,

Nordeste e Centro-Oeste, exemplificam esforços de política pública voltados a reduzir assimetrias estruturais no sistema científico brasileiro.

Dessa forma, os achados deste estudo mostram que a consolidação da pesquisa com drones no Brasil deve ser compreendida não apenas como resultado do avanço tecnológico, mas também como produto de escolhas políticas e institucionais que ampliam ou restringem o acesso às geotecnologias. A superação das desigualdades regionais depende de mecanismos de fomento contínuos, regulação estratégica e fortalecimento das redes interinstitucionais, capazes de democratizar a produção científica e permitir que diferentes regiões do país se beneficiem dos potenciais ambientais, agrícolas e territoriais associados às Aeronaves Remotamente Pilotadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a produção científica sobre Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) no Brasil apresenta trajetória ascendente, com maior concentração nas Regiões Sul e Sudeste, reflexo da infraestrutura acadêmica e tecnológica disponível nesses territórios. Embora esse crescimento evidencie a consolidação dos drones como ferramenta estratégica em geociências, monitoramento ambiental e planejamento territorial, a concentração regional também revela desigualdades que precisam ser enfrentadas por meio da interiorização da pesquisa e do fortalecimento de centros emergentes.

Os resultados confirmam que o uso de ARPs tem ampliado a precisão, a eficiência e a economicidade na obtenção de dados espaciais, tornando-se um recurso indispensável para investigações aplicadas e inovadoras. Mais do que evidenciar avanços tecnológicos, o panorama identificado aponta para a necessidade de investimentos contínuos em capacitação, infraestrutura e políticas públicas que democratizem o acesso a essas tecnologias.

Assim, este estudo pode contribuir para a compreensão crítica do cenário científico das ARPs no Brasil, oferecendo subsídios para futuras investigações que explorem não apenas aplicações técnicas, mas também desafios regulatórios, ambientais e sociais. Nesse sentido, busca-se fortalecer a pesquisa com drones e não apenas expandir a produção científica, mas também consolidar o país como referência internacional em inovação tecnológica aplicada à análise espacial.

AGADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado (Processo nº 141231/2023-8), que viabilizou a realização deste trabalho. O segundo autor agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo nº 308093/2023-2). A terceira autora agradece ao CNPq pela bolsa de Doutorado (Processo nº 88887.901226/2023-00) e pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo nº 308093/2023-2).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. RBAC - Regulamentos

Brasileiros da Aviação Civil. Brasília, DF: ANAC, 2016. Disponível em:

<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>. Acesso em: 11 abr. 2024.

ALMEIDA, Julia Carballo Dominguez de; ALBUQUERQUE, Miguel da Guia; ALVES, Deivid Cristian Leal; ESPINOZA, Jean Marcel de Almeida. Uso de aeronave remotamente pilotada (ARP) no estudo da geomorfometria de Sangradouro: estudo de caso do Balneário Cassino, RS. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 53, n. 2, p. 61-69, 2020. Edição Especial. DOI: <http://dx.doi.org/10.32360/acmar.v53.supl.42680>

ANDRADE JUNIOR, Aderson S. de; SILVA, Silvestre P. da; SETÚBAL, Ingrid S.; SOUZA, Henrique A. de; VIEIRA, Paulo F. M. J. Remote detection of water and nutritional status of soybeans using UAV-based images. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. e20210177, 2022.

ARAÚJO, Carlos A. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11–32, 2006.

BARROS, José Érico do N.; CANDEIAS, Ana Lúcia B.; TAVARES JUNIOR, João R. Failure analysis of sugarcane cultivation from images of Remotely Piloted Aircraft. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 11, n. 4, p. 204-212, 2021.

BITTIOL, Adriana F.; PAROLIN, Mauro; STEVANATO, Mayra. Pesquisas sobre atingidos por barragens no Brasil: o que se tem feito. **Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 18, p. 1-14, 2022.

BUFFON, Elaiz Aparecida Mensch; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da; SAMPAIO, Tony Vinícius Moreira. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento das vulnerabilidades à inundação urbana: referenciais e bases de aplicação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p. 180-189, 2017. Volume Especial. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132547>

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 34-45, 2005.

CASTILHO, José Roberto Fernandes. **Legislação de aerolevantamento e drones.** São Paulo: Editora Pilares, 2019.

DAGNINO, Renato. **Ciência e tecnologia no Brasil:** o processo decisório e a não neutralidade da ciência e da tecnologia. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO - DECEA. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/drone/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

FIGUEIRA, Nina Machado; VOLOTÃO, Carlos Frederico de Sá. Detecção do contorno de alvos em imagens adquiridas por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 65, p. 643-650, 2013. ISSN: 1808-0936

FORMAGGIO, Antonio Roberto; SANCHES, Ieda Del'Arco. **Sensoriamento remoto em agricultura.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2017.

GAYA, João Paulo; CÓRDOVA JÚNIOR, Luiz Carlos dos Santos; SANTOS, Marcos Leandro dos; ALVES, Thiago Pereira. Utilização de Veículos Aéreos Não Tripulado no monitoramento da dinâmica sedimentar de praias expostas. **Metodologias e Aprendizado**, São Francisco do Sul, v. 2, n. 1, p. 25-28, 2019.

HADDAWAY, Neal Robert; COLLINS, Alexandra Mary; COUGHLIN, Deborah; KIRK, Stuart. The role of Google Scholar in evidence reviews and its applicability to grey literature searching. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 9, p. e0138237, 2015.

LORENZETTI, Leonir; SILVEIRA, Dieison Prestes da. Estado da arte sobre a educação ambiental crítica no Encontro Pesquisa em Educação Ambiental. **Praxis & Saber**, Boyacá, v. 12, n. 28, p. 1-15, 2021.

MAGALHÃES, Danilo Marques de; MOURA, Ana Clara Mourão. Análise da morfologia de modelos digitais de superfície gerados por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 73, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14393/revbrascartogr>

MAROTTA, Giuliano S.; FERREIRA, Alexandre Moreno Richwin; ROIG, Henrique Lhacer; ALMEIDA, Tati de. Avaliação Geométrica de câmara de pequeno formato transportada por veículo aéreo não tripulado para uso em aerolevantamentos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 67, n. 3, p. 591-601, ago. 2015.

MEUSBURGER, Peter. Knowledge environments. In: MEUSBURGER, Peter; LIVINGSTONE, David N.; JÖNS, Heike (org.). **Knowledge and space**. Dordrecht: Springer, 2008. v. 1, p. 67-86.

MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS Medicine**, San Francisco, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009.

MOLIN, José P.; AMARAL, Lucas Rios do; COLAÇO, André F. **Agricultura de precisão.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2015.

MORAES, Lucas Rodrigues de; ARAÚJO NETO, Lourivaldo Torres de; GARCIA, Luiz Henrique de Azevedo; MENDONÇA, Marcos André B.; SANTOS, Rafahell Rodrigues dos; CABRAL NETO, Otávio. Benefícios, desafios e legislações para utilização de drones na

produção agrícola: uma revisão da literatura. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Teófilo Otoni, v. 3, p. 01-13, 2024.

OLIVEIRA NETO, Vicente Pontes; CARMO, Judite de Azevedo do. Ocupações irregulares em Áreas de Preservação Permanente de córregos urbanos no município de Terra Nova do Norte - Mato Grosso. **Revista Cerrados**, Montes Claros, MG, v. 19, n. 2, p. 343-372, jul./dez. 2021.

OLIVEIRA SOBRINHO, Marcos Fidêncio de; CORTE, Ana Paula Dalla; VASCONCELLOS, Bruna Nascimento de; SANQUETTA, Carlos Roberto; REX, Franciel Eduardo. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para mensuração de processos florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, 117-129, 2018.

OLIVEIRA, Diondetson Rocha de; CICERELLI, Rejane Ennes; ALMEIDA, Tati de; MAROTTA, Giuliano Sant'Anna. Geração de modelo digital do terreno a partir de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 69, n. 6, p. 1143-1151, jun. 2017.

OLIVEIRA, Willian Vieira; SILVA, Claudio Ribeiro da. Identificação e extração automática de indivíduos de Ipê-Amarelo em imagens obtidas por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 71, n. 4, p. 934-959, out./dez. 2019.

ÖZTÜRK, Oğuzhan; KOCAMAN, Rıdvan; KANBACH, Dominik K. How to design bibliometric research: an overview and a framework proposal. **Review of Managerial Science**, Heidelberg, v. 18, n. 1, p. 3333-3361, 2024.

PAZ, Otacílio Lopes de Souza da; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. Geração de Modelo Digital do Terreno e extração de parâmetros geomorfométricos a partir de dados coletados por Aeronaves Remotamente Pilotadas. **Revista Cerrados**, Montes Claros, MG, v. 17, n. 2, p. 247-264, jul./dez. 2019.

RADEMANN, Lucas Krein; TRETIN, Romario. Novas geotecnologias aplicadas ao estudo geomorfológico: um exemplo da morfometria da Voçoroca do Aeral, Cacequi-RS. **GeoTextos**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 209-230, 2020.

SAMPAIO, H. S.; BOURScheidt, Vandoir; SARRACINI, L. H.; JORGE, Lúcio André de Castro; BETTIOL, Giovana M.; BERNARDI, Alberto C. de Campos. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e satélite. **Revista Brasileira de Engenharia e Biossistemas**, Tupã, SP, v. 14, n. 2, p. 111-124, 2020.
 DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n2p111-124>

SANTOS, Boaventura de Sousa. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

SCHWARTZMAN, Simon. **Ciência e tecnologia no Brasil**: uma nova política para um mundo global. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1993.

SIDONE, Otávio José Guerci; HADDAD, Eduardo Amaral; MENA-CHALCO, Jesús Pascual. A ciência nas regiões brasileiras: evolução da produção e das redes de colaboração científica. **TransInformação**, Campinas, SP, v. 28, n. 1, p. 15-32, jan./abr. 2016.

SILVA, Giliander Allan da; BORGES, Matheus dos Santos; RODRIGUES, Silvio Carlos. Avaliação geomorfométrica de campo de murundus no Chapadão do Diamante, Serra da

Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 30, n. Especial 1, p. 36-51, 2020.

SILVA, José Roselito Carmelo; ARAUJO, Charles Silva de; REBOUÇAS, Darler Júnior Pereira. O uso de aeronave remotamente pilotada nas aulas práticas de estudo do relevo e de impactos ambientais. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 4, n. 8, p. 307-325, nov. 2018.

SIMÕES, Sílvio Jorge Coelho; ANDRADE, Marcio Roberto Magalhães de; MENDES, Tatiana Sussel Gonçalves; MENDES, Rodolfo Moreira; GOMES, Luciene; BORTOLOZO, Cassiano Antonio. Modelagem 3D e geovisualização aplicada a desastres naturais. Uma proposta de laboratório de ensino e pesquisa para monitoramento e previsão de escorregamentos. **Terrae Didática**, Campinas, SP, v. 15, p. 1-9, 2019.

SIMÕESA, Rodrigo Silva; OLIVEIRA, Ulisses Rocha. Monitoramento mensal da linha de costa no Balneário Mostardense - RS entre 2016/2017 utilizando dados de VANT. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 1-18, 2020.

SOUZA, Silvio Braz; FERREIRA, Laerte Guimarães. Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto óptico multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, MG, v. 66, n. 2, p. 321-336, mar./abr. 2014.

SOUZA, Cláudia Daniele; DE FILIPPO, Daniela; CASADO, Elias Sanz. Crescimento da atividade científica nas universidades federais brasileiras: análise por áreas temáticas. **Avaliação**, Campinas, SP, v. 23, n. 1, p. 126-156, mar. 2018.

SOUZA, Ilgor Viana; DUARTE, Victor Braga Rodrigues; SILVA, Francisca Cássia Silva da; SILVA, Marcos Cardoso; SOUSA, H. G. A.; GOMES, J. N. N.; GONGO, M.; BATISTA, A. C. Veículos aéreos não tripulados e sensores remotos: ferramentas para o gerenciamento dos recursos florestais. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Palmas, v. 8, n. 2, p. 148-157, 2020.

STEVANATO, Mayra; PAROLIN, Mauro; CAMARGO FILHO, Mauricio; PAROLIN, Eloisa Silva de Paula. Paleossolos brasileiros – o estado da arte. **Revista da ANPEGE**, Recife, v. 17, n. 33, p. 128-145, 2021.

VIEIRA, Antônio Fábio Sabbá Guimarães; LIMA, Carla Maria Rodrigues de; SILVA, Gabriela Mendonça da. Caracterização das voçorocas da área urbana de Rio Preto da Eva (AM), Norte do Brasil. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, SP, v. 22, n. 4, p. 95-107, dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v22-195101>

Recebido em: fevereiro de 2025

Aceito em: setembro de 2025