CHAPTER III

EVOLUTION OF RESEARCH ON DIGITAL TERRAIN MODELS IN SOIL TILLAGE MONITORING

EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS EM MODELOS DIGITAIS DE TERRENO NO MONITORAMENTO DO PREPARO DO SOLO

DOI: 10.51859/amplla.sset.3225-3

Lucas Gabryel Maciel dos Santos [1]
Lucas Santos Santana [2]
Carmem Lúcia da Silva Surmani [3]
Josiane Maria da Silva [4]
Marcos David dos Santos Lopes [5]
Adelson Pereira dos Santos [6]

[1] Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – UFVJM. ORCID: 0000-0003-3276-0007
[2] Professor Adjunto de Engenharia Agrícola e Ambiental – UFVJM. ORCID: 0000-0001-7489-3225
[3] Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFVJM. ORCID: 0009-0001-9652-9413
[4] Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – UFVJM. ORCID: 0009-0005-1813-8731
[5] Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFVJM. ORCID: 0009-0002-1493-6515
[6] Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – UFVJM. ORCID: 0009-0001-5169-7333.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado, a key region for national agricultural production, faces increasing soil degradation due to intensified human activities. Technologies such as mechanized operations and unmanned aerial vehicles (UAVs) have emerged as promising solutions for land restoration and agricultural modernization. This study analyzed 378 scientific papers (2004-2024) from Scopus and Web of Science using bibliometric analysis, focusing on digital elevation models for soil preparation in Minas Gerais' Cerrado. Results showed an annual growth rate of 12.74% in scientific output, with emphasis on remote sensing and precision agriculture. Approximately 10.05% of studies featured international collaboration, and the most cited papers highlight these technologies' role in soil monitoring and management. The findings demonstrate that these tools contribute to sustainable strategies for soil conservation and agricultural development in the Cerrado biome.

Keywords: Remote Sensing. Spatial Analysis. Geoprocessing. Agricultural Mechanization.

RESUMO

O Cerrado brasileiro, essencial para a produção agrícola nacional, enfrenta degradação do solo devido à intensificação das atividades humanas. Tecnologias como mecanização e veículos aéreos não tripulados (VANTs) surgem como soluções para recuperação de áreas e modernização agrícola. Este estudo analisou 378 artigos científicos (2004-2024) da Scopus e Web of Science, utilizando análise bibliométrica, com foco em modelos digitais de elevação no preparo do solo no Cerrado mineiro. Verificou-se um crescimento anual de 12,74% na produção científica, destacando sensoriamento remoto e agricultura de precisão. Cerca de 10,05% dos estudos tiveram colaboração internacional, e os mais citados reforçam a importância dessas tecnologias no monitoramento e manejo do solo. Conclui-se que essas ferramentas impulsionam estratégias sustentáveis para conservação do solo e desenvolvimento agrícola no Cerrado.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Análise Espacial. Geoprocessamento. Mecanização Agrícola.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Cerrado tem sido objeto de estudo em virtude de sua importância agrícola e dos desafios relacionados à degradação dos solos. Este bioma, representa cerca de 23,3% do território brasileiro, estendendo-se por uma área de 1.983.017 km² (IBGE, 2019). Demonstra-se como a região brasileira que mais desenvolveu-se nos últimos anos, correspondendo a 40% da produção agrícola nacional, entretanto estudos apontam que aproximadamente 45% da vegetação natural do bioma foi convertida para usos antrópicos (Bolfe et al., 2020).

Este desafio pode ser contornado em aplicações eficientes de manejo de solo. As operações mecanizadas vêm se consolidando como uma estratégia promissora na recuperação de solos degradados e no aumento da eficiência das práticas agrícolas (Boni, 2021). Aumentando a produtividade e contribuindo para redução de abertura de novas para plantio (Machado et al., 2018).

As dificuldades em monitorar a qualidade do plantio e avaliar o impacto das operações mecanizadas têm sido um dos principais desafios na busca por maior eficiência no manejo agrícola (Santana et al., 2021). Nesse contexto, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) se destacam por sua alta resolução espacial, permitindo a obtenção de dados detalhados e precisos sobre a superfície do solo (Bento et al., 2024). Essa capacidade é essencial para identificar variações micro-topográficas e outras características importantes que influenciam diretamente a qualidade do plantio e a eficácia das práticas de manejo (Santana et al., 2024).

O uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) mostra-se eficiente no ganho de tempo na etapa de levantamento de dados a campo (Barata et al., 2024). Este equipamento com o auxílio de técnicas para geração de imagens ortorretificadas e georreferenciamento de alvos a partir de imagens multiespectrais, possibilita-se o monitoramento preciso da qualidade do solo com Modelos Digitais de Elevação (MDE), auxiliando na tomada de decisões sobre as práticas de manejo (Roque et al., 2023). Essas inovações tecnológicas permitem a implementação da agricultura de precisão, visando a otimização das operações mecanizadas e a minimização de impactos ambientais (Ferraz et al., 2022).

Operações de preparo de solo e tecnologias emergentes como ARPs ainda são pouco pesquisadas, essas abordagens surgem em contextos e aplicações diferentes, sendo indispensável a verificação sobre possíveis aplicações em conjunto.

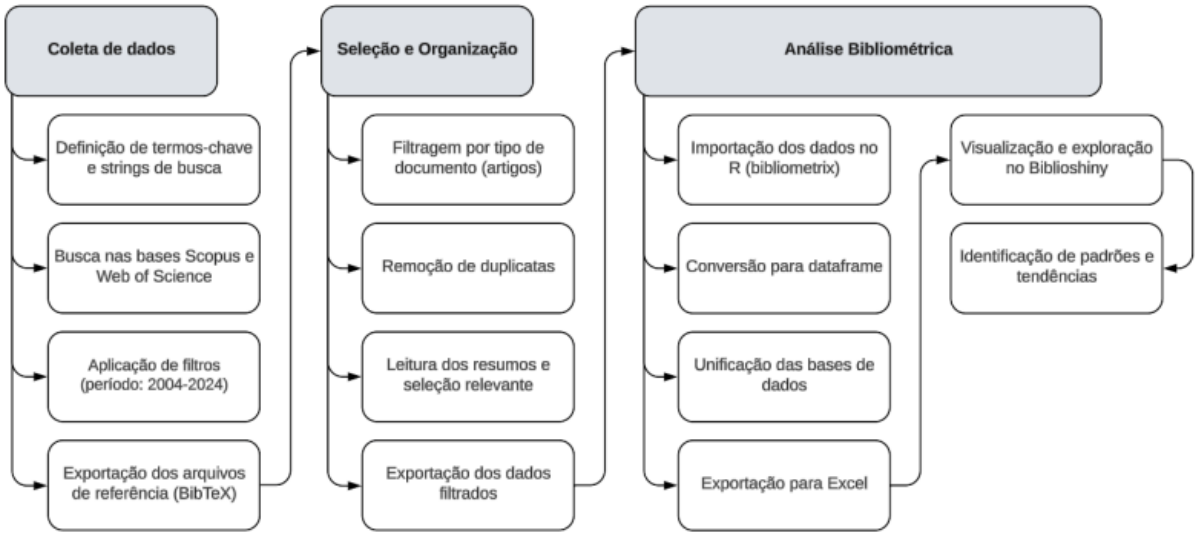
Nesse contexto, a análise bibliométrica torna-se uma ferramenta valiosa para mapear o desenvolvimento científico na área, identificar tendências emergentes e lacunas de pesquisa (Pessin et al., 2022). Ao analisar a produção acadêmica sobre o uso de operações mecanizadas no Cerrado mineiro, evidencia-se a importância da qualidade dessas tecnologias na otimização dos processos agrícolas. Essa análise aprofunda a compreensão do impacto das tecnologias e práticas no cenário atual, ao mesmo tempo em que evidencia tendências e direcionamentos relevantes para futuras pesquisas. Os resultados também oferecem subsídios fundamentais para a formulação de políticas públicas e estratégias de manejo voltadas à preservação e recuperação dos recursos naturais da região, reconhecida por sua importância ambiental e econômica (Sawyer et al., 2018).

Este estudo busca, portanto, realizar uma análise bibliométrica da produção científica entre os anos de 2004 e 2024, com o objetivo de identificar as principais contribuições, autores, colaborações internacionais e as tendências de pesquisa relacionadas à recuperação de solos degradados por meio da mecanização agrícola e tecnologias de sensoriamento remoto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada nesta revisão bibliométrica seguiu um fluxo estruturado em três etapas principais: (1) definição da estratégia de busca, (2) seleção e organização dos artigos, e (3) análise bibliométrica. O processo metodológico está representado no fluxograma abaixo:

Figura 1 – Sistematização dos processos para análise bibliométrica



Fonte: Autoria própria.

A revisão bibliométrica foi conduzida com base em buscas realizadas nas bases de dados Scopus e Web of Science (WOS), utilizando termos-chave relacionados ao uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) no monitoramento do preparo de solo. As estratégias de busca foram estruturadas para abranger estudos publicados entre 2004 e 2024, sem restrições de área acadêmica ou idioma. Para a base Scopus, a string de busca utilizada foi (KEY("Digital Elevation Models (DEM)") AND KEY ("Precision Agriculture" OR "Soil Recovery" OR "Soil Quality Monitoring" OR "Agricultural Machinery" OR "Geographic Information Systems (GIS)" OR "Remote Sensing" OR "UAV" OR "Light Detection and Ranging (LiDAR)")) AND PUBYEAR > 2004 AND PUBYEAR < 2024. Já na Web of Science, utilizou-se a string TS=("Digital Elevation Models (DEM)") AND TS=("Precision Agriculture" OR "Soil Recovery" OR "Soil Quality Monitoring" OR "Agricultural Machinery" OR "Geographic Information Systems (GIS)" OR "Remote Sensing" OR "UAV" OR "Light Detection and Ranging (LiDAR)"). Apenas artigos científicos que continham os termos-chave no título, resumo ou palavras-chave foram considerados para análise.

Os resultados das buscas retornaram 383 artigos na Scopus e 207 na Web of Science. Após a filtragem para manter apenas artigos científicos, foram contabilizados 233 artigos da Scopus e 154 da Web of Science, totalizando 387 artigos. A seleção dos documentos foi realizada em três etapas. Inicialmente, foram identificados e eliminados 9 artigos duplicados. Em seguida, os resumos dos artigos foram lidos para

avaliar sua relevância em relação ao tema proposto. Por fim, aqueles que não apresentavam alinhamento com o escopo da pesquisa foram excluídos, resultando em um conjunto final de 378 artigos para análise.

A análise bibliométrica foi conduzida utilizando o software R e o pacote bibliometrix. Inicialmente, os arquivos de referências bibliográficas exportados das bases de dados, "scopus.bib" e "savedrecs.bib", foram importados e convertidos para um dataframe por meio da função convert2df(). Em seguida, as duas bases de dados foram unificadas utilizando a função mergeDbSources(), garantindo a consolidação dos registros e a remoção de duplicatas. Para facilitar a organização e visualização dos dados, o conjunto consolidado foi exportado para um arquivo .xlsx utilizando o pacote openxlsx. Posteriormente, a ferramenta biblioshiny foi empregada para a análise visual das métricas bibliométricas, permitindo a identificação de tendências de publicação, colaborações científicas e impacto das pesquisas na área de Modelos Digitais de Elevação e preparo do solo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados da pesquisa bibliométrica realizada no período de 2004 a 2024, com base em 190 fontes e 378 documentos analisados. Os dados revelam um crescimento anual de 12,74% na produção científica, refletindo o aumento expressivo do interesse pelo tema ao longo dos anos. Observa-se, ainda, uma média de idade dos documentos de 8,11 anos e uma média de 30,69 citações por documento, o que destaca o impacto acadêmico das publicações no campo de estudo.

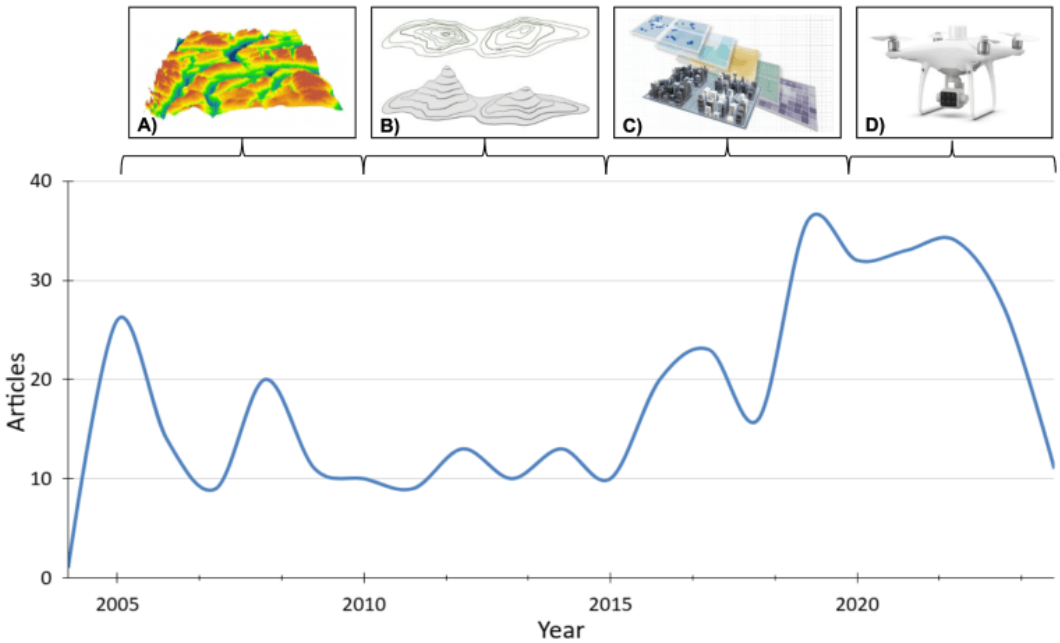
Figura 2 – Informações principais

Fonte: Autoria própria.

Conforme observados na Figura 2, foram identificados 2383 termos-chave e 1352 palavras-chave atribuídas pelos autores, refletindo a diversidade temática. Dos 1418 autores, apenas 11 publicaram individualmente, destacando a prevalência de colaborações, com 10,05% dos documentos envolvendo coautoria internacional. A maioria das publicações são artigos revisados por pares (369), reforçando a credibilidade e a tendência de crescimento contínuo na produção científica.

A Figura 3 ilustra a análise da produtividade científica anual, evidenciando uma evolução expressiva no volume de publicações ao longo do período analisado. O crescimento teve início de forma modesta em 2004, com apenas um artigo publicado, mas já em 2005 observa-se um salto para 26 publicações, refletindo o aumento do interesse por tecnologias emergentes, como a agricultura de precisão.

Figura 3 – Evolução anual da produção científica. Produção científica anual, segmentada por períodos de destaque: A) Modelos Digitais de Elevação, B) Mapeamento Topográfico, C) SIG e D) UAVs

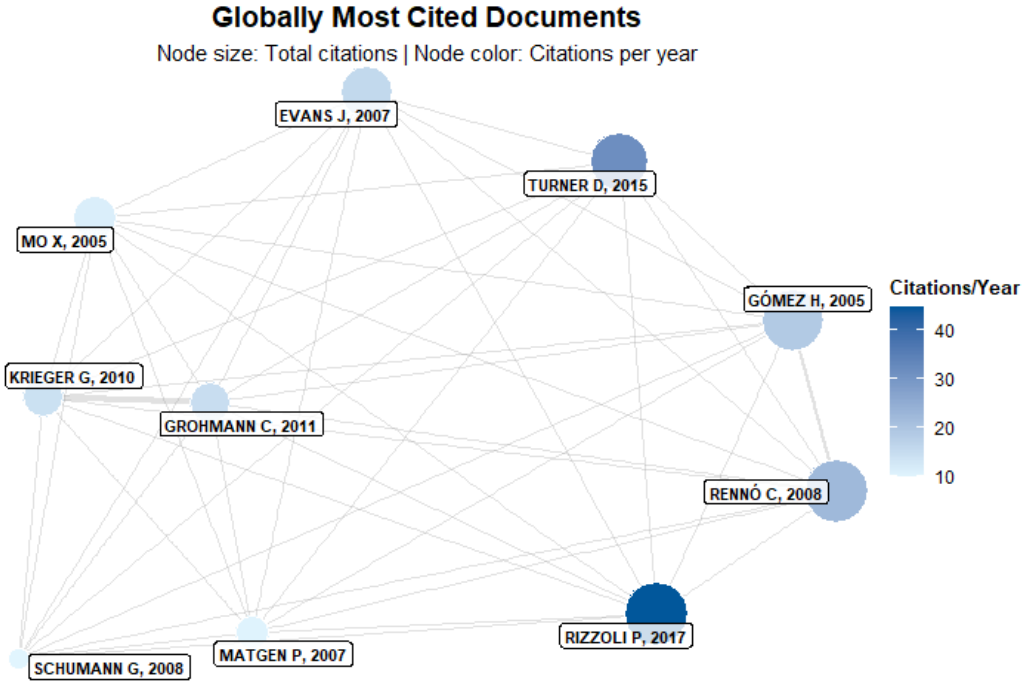


Fonte: Autoria própria.

Conforme ilustrado na Figura 3, após variações com períodos de menor atividade como em 2007 e 2011, com apenas 9 artigos , a produção científica estabilizou-se entre 10 e 20 publicações anuais até 2016. A partir desse ano, observou-se um crescimento contínuo, alcançando o pico de 36 artigos em 2019, impulsionado pelos avanços tecnológicos e pela incorporação de ferramentas como Modelos Digitais de Elevação e Aeronaves Remotamente Pilotadas. Mesmo com a

pandemia de COVID-19, a produtividade permaneceu elevada em 2020 e 2021 (32 e 33 artigos, respectivamente), evidenciando a adaptação ao trabalho remoto e ao uso de tecnologias digitais. Em 2022, consolidou-se esse alto desempenho com 34 publicações, embora os anos de 2023 e 2024 tenham registrado uma leve redução (27 e 11 artigos), sugerindo uma possível estabilização do ciclo de crescimento acelerado.

Figura 4 – Documentos mais citados globalmente

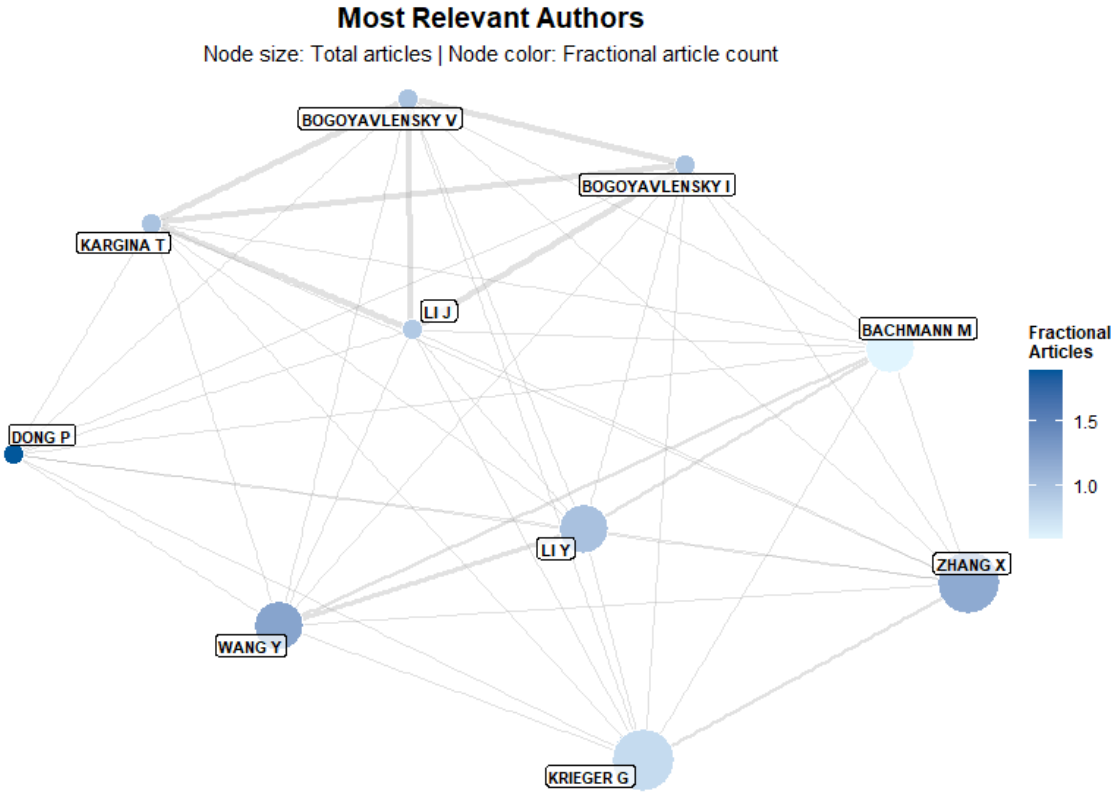


Fonte: Autoria própria.

Como pode ser observado na Figura 4, a análise dos documentos mais citados globalmente, destaca os principais trabalhos que influenciaram o desenvolvimento do campo. Entre eles, o artigo de Rizzoli P (2017), publicado no ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, figura como o mais influente, com 402 citações totais, média anual de 44,67 e o maior valor de citação normalizada (9,60), evidenciando sua relevância contínua. Rennó C (2008), publicado no Remote Sensing of Environment, também alcança 402 citações, mas com média anual de 22,33 e citação normalizada de 6,25, indicando um impacto expressivo, embora menos consistente ao longo do tempo. Gómez H (2005), no Engineering Geology, contabiliza 392 citações, média de 18,67 por ano e citação normalizada de 6,01, refletindo um impacto relevante, porém inferior aos anteriores. Outros autores, como Turner D (2015), no Remote Sensing, destacam-se por uma alta taxa anual de 31,55 citações e citação normalizada de 5,88. Já Evans J (2007), Mo X (2005), Krieger G (2010),

Grohmann C (2011), Matgen P (2007) e Schumann G (2008) apresentam contribuições importantes, com valores de citação normalizada entre 2,00 e 4,75. Apesar do menor impacto quantitativo, esses trabalhos permanecem relevantes em áreas como sensoriamento remoto, geociências e observação da Terra, contribuindo para o avanço do conhecimento científico.

Figura 5 – Autores mais relevantes



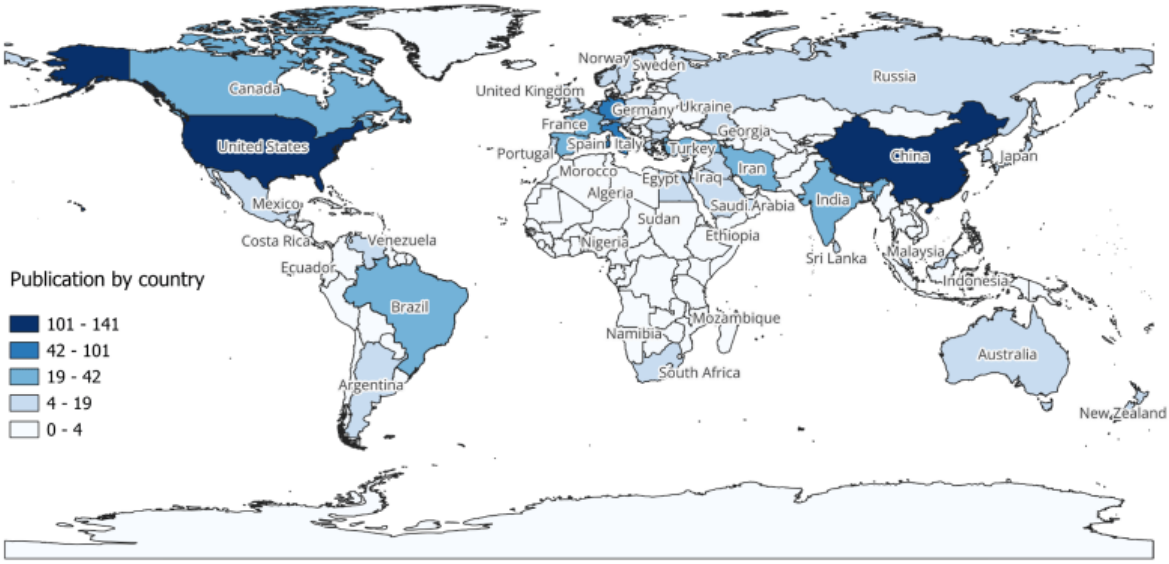
Fonte: Autoria própria.

Na análise bibliométrica dos autores mais relevantes (Figura 5), Zhang X e Krieger G se destacam com seis publicações cada. Zhang X apresenta o maior valor fracionado (1,18), refletindo liderança em estudos que aplicam Modelos Digitais de Elevação (MDEs) em contextos como deslizamentos e contaminação atmosférica, com destaque para aplicações práticas em ambientes urbanos e montanhosos. Krieger G, por sua vez, concentrou sua produção em torno da missão TanDEM-X, sendo referência em interferometria SAR e na geração do modelo altimétrico global de alta resolução, com um valor fracionado de 0,79, indicando colaboração com autores como Bachmann M (5 publicações, 0,59), também envolvido na calibração e avaliação do TanDEM-X.

Outros autores relevantes incluem Wang Y (5 publicações, 1,23), com foco em análise geomorfológica e mudanças costeiras via UAV e satélites; Li Y (5 publicações,

0,99), com contribuições sobre interpolação e rugosidade do terreno; e Dong P (4 publicações, 1,90), com destaque na análise de falhas geológicas usando UAVs. Já os autores Bogoyavlensky I, Bogoyavlensky V e Kargina T (todos com 4 publicações e valores fracionados entre 0,93 e 0,98) concentram-se no monitoramento de crateras por explosões de gás no Ártico, enquanto Li J (4 publicações, 0,93) atua na integração de tecnologias como GPS, SAR e LiDAR aplicadas ao mapeamento geológico e vegetal.

Figura 6 – Produção científica por país



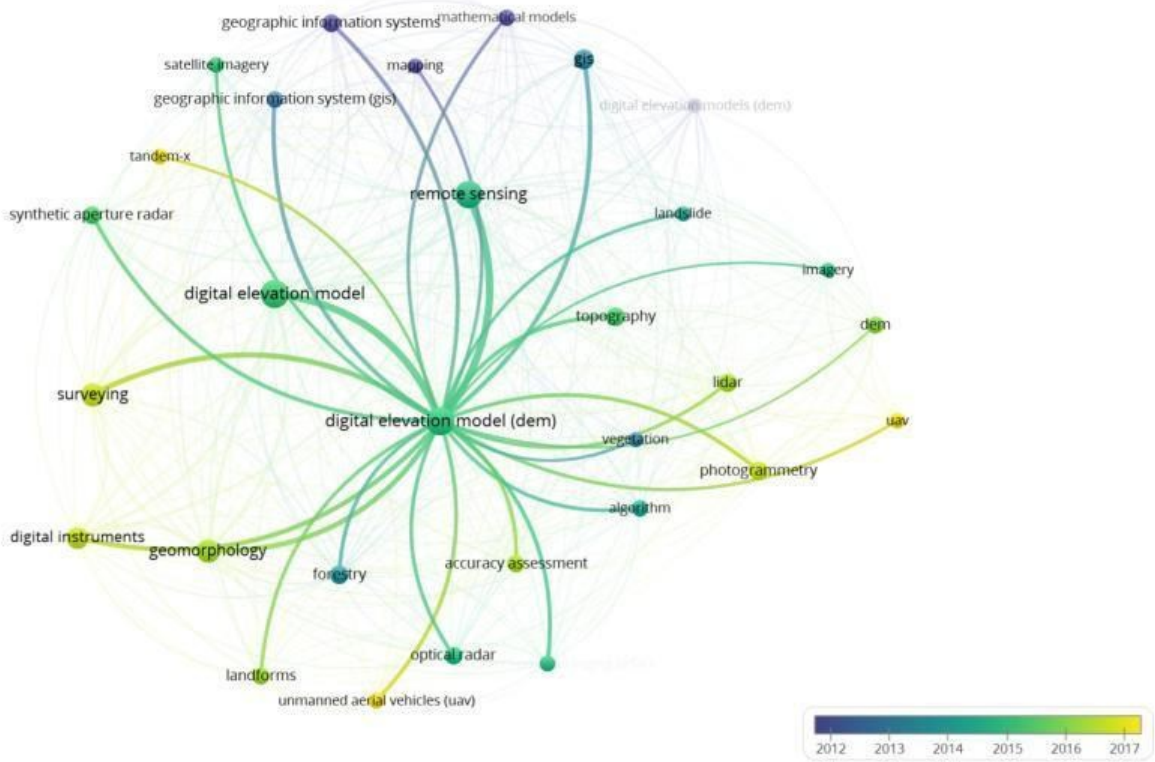
Fonte: Autoria própria.

A análise bibliométrica revela uma distribuição geográfica diversificada na produção científica sobre cultivo de precisão (Figura 6), com destaque para países desenvolvidos e emergentes. A China lidera com 141 publicações, refletindo seu forte investimento em pesquisa e inovação tecnológica, especialmente em agricultura de precisão e sensoriamento remoto. Esse aumento está em consonância com as iniciativas estratégicas do país voltadas para a modernização da agricultura, busca por maiores níveis de produtividade e mitigação da pressão sobre a exploração de novas áreas agrícolas (Kendall et al., 2022). Os Estados Unidos aparecem em segundo lugar, com 101 publicações, destacando-se pela tradição em pesquisa agrícola e tecnologias como SIG e sensoriamento remoto. A Itália, com 75 publicações, surge como um dos principais produtores na Europa, focando em agricultura sustentável e monitoramento ambiental. Alemanha (42 publicações) e Brasil (37 publicações) seguem na lista, com a Alemanha destacando-se em fotogrametria e geoprocessamento, e o Brasil em sensoriamento remoto e manejo

sustentável, especialmente no Cerrado. Canadá (33 publicações) e Índia (31 publicações) também têm contribuições relevantes, com o Canadá investindo em agricultura sustentável e a Índia explorando soluções para desafios agrícolas. Outros países, como Espanha (30 publicações), França (26 publicações) e Turquia (23 publicações), também desempenham papéis importantes, investindo em tecnologias para enfrentar mudanças climáticas e otimizar recursos agrícolas.

A Figura 7 ilustra a rede de co-ocorrência de termos, evidenciando os principais clusters temáticos que estruturam a produção científica nas áreas de sensoriamento remoto, fotogrametria e Modelos Digitais de Elevação (MDE). Dentre os grupos identificados, o Cluster 3 se destaca como o mais relevante, tendo o termo digital elevation model (MDE) como núcleo, com a maior betweenness centrality (305,033) e um PageRank de 0,114, indicadores de sua importância na conexão entre temas como geomorfologia, planejamento florestal e mapeamento topográfico. Ainda neste cluster, o termo remote sensing (sensoriamento remoto) apresenta uma betweenness de 177,009, reforçando seu papel essencial em estudos que integram MDEs, LIDAR e fotogrametria no monitoramento ambiental e agrícola. Já no Cluster 4, termos como surveying (levantamento topográfico) e geomorphology (geomorfologia) se sobressaem, com valores de betweenness de 64,997 e 58,239, respectivamente, evidenciando sua relevância em pesquisas voltadas à análise de terrenos e estudos geoespaciais.

Figura 7 – Rede de co-ocorrência



Fonte: Autoria própria.

O Cluster 2, por sua vez, inclui "photogrammetry" (fotogrametria) e "LIDAR", com betweenness mais baixos (23,807 e 19,335), mas fundamentais em aplicações práticas, como a criação de MDEs e levantamentos de alta precisão. Outros termos relevantes incluem "digital instruments" (instrumentos digitais), com betweenness de 34,659, e "optical radar" (radar óptico), com PageRank de 0,027, indicando seu crescente uso em sensoriamento remoto. O termo "forestry" (florestal), no Cluster 3, embora com betweenness mais modesto (8,591), está fortemente associado ao uso de MDEs e sensoriamento remoto para monitoramento florestal. Esses clusters evidenciam a interconexão entre tecnologias e aplicações, com os MDEs e o sensoriamento remoto atuando como eixos centrais da pesquisa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica entre 2004 e 2024 evidenciou um crescimento expressivo na produção científica sobre o uso de tecnologias de sensoriamento remoto, Modelos Digitais de Elevação (MDE) e operações mecanizadas no Cerrado mineiro, com uma taxa média anual de 12,74% de aumento nas publicações. Os MDEs e o sensoriamento remoto destacaram-se como ferramentas centrais, com alta

centralidade nas redes de co-ocorrência, confirmando seu papel essencial no monitoramento do solo e na gestão agrícola de precisão.

As evidências indicam que tais tecnologias vêm sendo amplamente empregadas no desenvolvimento de estratégias para recuperação de áreas degradadas, particularmente por meio da caracterização do relevo e da otimização de operações mecanizadas. A colaboração internacional foi significativa, com destaque para China e Estados Unidos como principais produtores de conhecimento. No Brasil, o Cerrado mineiro emergiu como área de interesse estratégico, com enfoque em práticas agrícolas sustentáveis. Autores como Krieger G, Zhang X e Bachmann M destacaram-se pela produtividade, enquanto estudos como os de Rizzoli P (2017) e Rennó C (2008) consolidaram-se como referências fundamentais na área.

REFERÊNCIAS

Barata, R. A. P., Ferraz, G. A. e S., Bento, N. L., Santana, L. S., Marin, D. B., Mattos, D. G., Schwerz, F., Rossi, G., Conti, L., & Bambi, G. (2024). UAV-Based Vegetation Indices to Evaluate Coffee Crop Response after Transplanting Seedlings Grown in Different Containers. Agriculture, 14(3), 356. https://doi.org/10.3390/agriculture14030356

Bento, N. L., Silva Ferraz, G. A. e, Santana, L. S., de Oliveira Faria, R., da Silva Amorim, J., de Lourdes Oliveira e Silva, M., Silva, M. M. A., & Alonso, D. J. C. (2024). Soil compaction mapping by plant height and spectral responses of coffee in multispectral images obtained by remotely piloted aircraft system. Precision Agriculture, 25(2), 729–750. https://doi.org/10.1007/s11119-023-10090-0

Bogoyavlensky, V., Bogoyavlensky, I., Nikonov, R., Kargina, T., Chuvilin, E., Bukhanov, B., & Umnikov, A. (2021). New Catastrophic Gas Blowout and Giant Crater on the Yamal Peninsula in 2020: Results of the Expedition and Data Processing. Geosciences, 11(2), 71. https://doi.org/10.3390/geosciences11020071

Bogoyavlensky, V. I., Bogoyavlensky, I. V., Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Kargina, T. N., & Oil and Gas Research Institute of RAS. (2021). Catastrophic gas blowout in 2020 on the Yamal Peninsula in the Arctic. Results of comprehensive analysis of aerospace RS data. Arctic: Ecology and Economy, 11(3), 362–374. https://doi.org/10.25283/2223-4594-2021-3-362-374

Bogoyavlensky, V. I., Bogoyavlensky, I. V., Oil and Gas Research Institute of RAS, Nikonov, R. A., Oil and Gas Research Institute of RAS, Kargina, T. N., & Oil and Gas Research Institute of RAS. (2022). Monitoring of the Mordyyakha gas explosion object development on Yamal on the basis of Earth remote sensing data. Arctic: Ecology and Economy, 12(4), 513–523. https://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-4-513-523

Bolfe, É. L., Sano, E. E., & Campos, S. K. (2020). Dinâmica agrícola no cerrado: Análises e projeções. (Vol. 1). Embrapa. http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1121716

Boni, T. S. (2021). Recuperação de áreas severamente degradadas no Cerrado: Atributos do solo e respostas das plantas [Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista (Unesp)]. http://hdl.handle.net/11449/216071

Evans, J. S., & Hudak, A. T. (2007). A Multiscale Curvature Algorithm for Classifying Discrete Return LiDAR in Forested Environments. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(4), 1029–1038. https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.890412

Ferraz, M. A. J., Pereira, J. L. de A. R., Ferraz, G. A. J., & Santos, N. L. R. C. (2022). Determinação de altura de plantas de milho através da análise de imagens aéreas obtidas com ARP / Determination of height of corn plants through the analysis of aerial images obtained with ARP. Brazilian Journal of Development, 8(1), 6900–6917. https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-465

Gómez, H., & Kavzoglu, T. (2005). Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. Engineering Geology, 78(1), 11–27. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.10.004

Grohmann, C. H., Smith, M. J., & Riccomini, C. (2011). Multiscale Analysis of Topographic Surface Roughness in the Midland Valley, Scotland. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 49(4), 1200–1213. https://doi.org/10.1109/TGRS.2010.2053546

IBGE. (2019). Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: Compatível com a escala 1:250 000 (Relatórios metodológicos No. v. 45; p. 164). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101676

Kendall, H., Clark, B., Li, W., Jin, S., Jones, Glyn. D., Chen, J., Taylor, J., Li, Z., & Frewer, Lynn. J. (2022). Precision agriculture technology adoption: A qualitative study of small-scale commercial “family farms” located in the North China Plain. Precision Agriculture, 23(1), 319–351. https://doi.org/10.1007/s11119-021-09839-2

Krieger, G., Hajnsek, I., Papathanassiou, K. P., Younis, M., & Moreira, A. (2010). Interferometric Synthetic Aperture Radar (SAR) Missions Employing Formation Flying. Proceedings of the IEEE, 98(5), 816–843. https://doi.org/10.1109/JPROC.2009.2038948

Machado, J., Padilha, M. do R. de F., Lira, F. P. de, Oliveira, J. G. de, Silva, R. S. da, & Caetano, M. B. C. (2018). Agricultura de Precisão e abertura de novas fronteiras no Brasil | Precision agriculture and opening new frontiers in Brazil. Revista Geama, 49–53.

Mo, X., Liu, S., Lin, Z., Xu, Y., Xiang, Y., & McVicar, T. R. (2005). Prediction of crop yield, water consumption and water use efficiency with a SVAT-crop growth model using remotely sensed data on the North China Plain. Ecological Modelling, 183(2), 301–322. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.07.032

Pessin, V. Z., Yamane, L. H., & Siman, R. R. (2022). Smart bibliometrics: An integrated method of science mapping and bibliometric analysis. Scientometrics, 127(6), 3695–3718. https://doi.org/10.1007/s11192-022-04406-6

Rennó, C. D., Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Soares, J. V., Hodnett, M. G., Tomasella, J., & Waterloo, M. J. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. Remote Sensing of Environment, 112(9), 3469–3481. https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018

Rizzoli, P., Martone, M., Gonzalez, C., Wecklich, C., Borla Tridon, D., Bräutigam, B., Bachmann, M., Schulze, D., Fritz, T., Huber, M., Wessel, B., Krieger, G., Zink, M., & Moreira, A. (2017). Generation and performance assessment of the global TanDEM-X digital elevation model. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 132, 119–139. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.08.008

Roque, A. A. de O., Brunetto, S. C. do N., & Santos, G. B. dos. (2023). AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA) NO AUXÍLIO A PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 20, 1808–1811. https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/aeronave-remotamente-pilotada-rpa-no-auxilio-a-projeto-de-recuperacao-de-vocoroc?lang=en

Santana, L. S., Ferraz, G. A. e S., Cunha, J. P. B., Santana, M. S., Faria, R. de O., Marin, D. B., Rossi, G., Conti, L., Vieri, M., & Sarri, D. (2021). Monitoring Errors of Semi-Mechanized Coffee Planting by Remotely Piloted Aircraft. Agronomy, 11(6), 1224. https://doi.org/10.3390/agronomy11061224

Santana, L. S., Ferraz, G. A. e S., Santana, M. S., Bento, N. L., Silva, J. M. da, & Faria, R. de O. (2024). Residual Ash Mapping and Coffee Plant Development Based on Multispectral RPA Images. Remote Sensing, 16(11), 1917. https://doi.org/10.3390/rs16111917

Sawyer, D., Mesquita, B., Coutinho, B., Almeida, F., Figueiredo, I., & Eloy, L. (2018). Ecosystem Profile: Cerrado Biodiversity Hotspot. Supernova.

Schumann, G., Hostache, R., Puech, C., Hoffmann, L., Matgen, P., Pappenberger, F., & Pfister, L. (2007). High-Resolution 3-D Flood Information From Radar Imagery for Flood Hazard Management. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(6), 1715–1725. https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.888103

Schumann, G., Matgen, P., Cutler, M. E. J., Black, A., Hoffmann, L., & Pfister, L. (2008). Comparison of remotely sensed water stages from LiDAR, topographic contours and SRTM. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 63(3), 283–296. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2007.09.004

Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. Information, 10(11), 349. https://doi.org/10.3390/info10110349

Turner, D., Lucieer, A., & De Jong, S. M. (2015). Time Series Analysis of Landslide Dynamics Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Remote Sensing, 7(2), 1736–1757. https://doi.org/10.3390/rs70201736