

# ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA LIDAR NA MELHORIA DA PRECISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS DADOS NO CADASTRO IMOBILIÁRIO

## *Bibliometric Study of the Application of LiDAR Technology in Improving the Accuracy and Updating of Real Estate Cadastre Data*

### ERISON ROSA DE OLIVEIRA BARROS

Centro de Tecnologia e Geociências - CTG  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - PPGCGTG  
Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - 2º andar, DECart - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife/PE, Brasil  
[erison.barros@ufpe.br](mailto:erison.barros@ufpe.br)

### GUSTAVO DE PAULA GOMES

**Universidade Federal de Pernambuco**  
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - PPGCGTG  
Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - 2º andar, DECart - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife/PE, Brasil  
[gustavo.paula@ufpe.br](mailto:gustavo.paula@ufpe.br)

### SIMONE SAYURI SATO

**Universidade Federal de Pernambuco**  
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - PPGCGTG  
Av. Acad. Hélio Ramos, s/n - 2º andar, DECart - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife/PE, Brasil  
[simone.sato@ufpe.br](mailto:simone.sato@ufpe.br)

#### Resumo:

Este artigo apresenta uma análise bibliométrica sobre a aplicação da tecnologia LiDAR em cadastros imobiliários. A abordagem da pesquisa é por meio de uma revisão sistemática bibliográfica utilizando ferramentas e softwares como: VOSviewer, Mendeley, Bibliometrix (Script), RStudio e a plataforma de inteligência artificial Scispace para a coleta, organização e análise da literatura relevante. Na metodologia se aplicou o VOSviewer para a visualização das redes de citação e co-citação, enquanto Mendeley e Bibliometrix foram utilizados para a gestão e análise dos dados bibliográficos. O RStudio possibilitou análises estatísticas avançadas, e o Scispace integrou insights baseados em inteligência artificial, aprimorando a interpretação dos dados. Um comparativo do uso do Scispace e da plataforma scopus e clarivate é realizada. A revisão demonstrou que essas ferramentas foram eficazes na identificação dos autores e publicações de maior impacto, proporcionando uma análise detalhada e atualizada da aplicação do LiDAR em cadastros imobiliários. Os resultados evidenciam uma crescente utilização do LiDAR para mapeamentos e finalidades de cadastros imobiliários. A combinação das ferramentas de pesquisa bibliométrico apresentadas neste artigo, possibilitou uma abordagem sistemática e direcionada, facilitando o acesso aos objetivos da pesquisa e promovendo uma compreensão do impacto do LiDAR em cadastros imobiliários.

**Palavras-chave:** LiDAR. Cadastro Imobiliário. Bibliometria. Modelagem 3D. Georeferenciamento.

## Abstract:

This article presents a bibliometric analysis of the application of LiDAR technology in the real estate registry. The research approach is based on a systematic bibliographic review using tools and software such as VOSviewer, Mendeley, Bibliometrix (Script), RStudio and the artificial intelligence platform Scispace to collect, organize and analyze the relevant literature. VOSviewer was used to visualize citation and co-citation networks, while Mendeley and Bibliometrix were used to manage and analyze bibliographic data. RStudio enabled advanced statistical analysis, and Scispace integrated insights based on artificial intelligence, improving data interpretation. The review showed that these tools were effective in identifying the authors and publications with the highest impact, providing a detailed and up-to-date analysis of the application of LiDAR in real estate registers. The results show a growing use of LiDAR for mapping and real estate cadastre purposes. The combination of bibliometric research tools presented in this article enabled a systematic and targeted approach, facilitating access to the research objectives and promoting an understanding of the impact of LiDAR on land registers.

**Keywords:** LiDAR. Real Estate Cadastre. Bibliometrics. 3D modeling. Georeferencing.

## 1 INTRODUÇÃO

A condução de uma revisão sistemática exige o envolvimento de, no mínimo, dois pesquisadores que, de maneira independente, irão avaliar a qualidade metodológica de cada estudo selecionado. Para garantir a consistência e a precisão na avaliação, esses pesquisadores seguirão um protocolo de pesquisa bem definido. Esse processo colaborativo e metódico assegura a integridade e a confiabilidade dos resultados da revisão (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014). Assim, existem vários bancos de dados possíveis de serem selecionados para efetuar a avaliação (Portal de Periódicos da Capes, Web Of Science, Scopus, Scielo, google academico, entre outros), com o desenvolvimento da inteligência artificial (IA), surgem novas ferramentas que auxiliam nesta busca de artigos científicos e facilitam a revisão sistemática e bibliométrica, como o Scispace. A bibliometria se configura como uma ferramenta valiosa para a análise acadêmica, permitindo a identificação de autores influentes, palavras-chave relevantes e as bibliografias de maior impacto. Neste estudo, optou-se por analisar o uso da tecnologia LiDAR no cadastro imobiliário, dado que esse tema tem impactos significativos quando se discute o cadastro 3D, como também pode apresentar resultados expressivos em mudanças de paradigmas quanto a forma de mapeamento cadastral.

As primeiras versões dos sistemas de sensoriamento remoto a laser eram mais voltadas para a pesquisa científica e o protótipo do que para instrumentos comerciais para fins topográficos, mas, na década de 1980, os primeiros esforços comerciais envolviam o uso de perfiladores a laser para gerar um perfil de linha única do solo sob uma aeronave. No entanto, foi somente na década de 1990 que o desenvolvimento das tecnologias capacitadoras atingiu um grau de sofisticação para uso preciso no ar, (Renslow, 2012).

Ao longo dos anos, a tecnologia de escaneamento a laser aerotransportado evoluiu e se aperfeiçoou. Os sistemas modernos de laser aéreo (ALS) são capazes de gerar densidades de pontos mais elevadas e oferecer maior acurácia (BUI; GLENNIE, 2023). Atualmente, o escaneamento LiDAR é uma das formas mais acuradas e confiáveis para coletar dados do terreno. Normalmente, um sistema LiDAR é composto

por três partes principais: o instrumento LiDAR, os receptores GNSS e a unidade de medição inercial (IMU). O instrumento LiDAR registra informações de distância, que são então combinadas com dados de trajetória fornecidos pela IMU e pelo GPS. O resultado final é uma nuvem de pontos bem organizada e georreferenciada (FOWLER; KADATSKIY, 2011). O LiDAR é um sistema de sensoriamento ativo (K; M C, 2022) que gera seus próprios pulsos de luz e detecta os reflexos desses pulsos (muito semelhante ao radar e ao sonar), (Renslow, 2012), que coleta informações tridimensionais da superfície de um objeto por meio de pulsos a laser. Os sistemas aerotransportados fornecem, portanto, informação 3D da superfície da Terra, o que inclui modelos de superfície do terreno, características da vegetação e recursos criados pelo homem. Dependendo da aplicação específica, a aquisição de dados e o tipo de sistema LiDAR empregado são personalizados para capturar elementos específicos que levam à classificação dos dados e, por fim, ao mapeamento de produtos cartográficos específicos (Renslow, 2012).

No entanto, os dados obtidos no mapeamento LiDAR, podem ser afetados por erros sistemáticos, (YAN et al., 2012) o que compromete a precisão esperada e pode gerar discrepâncias entre as faixas sobrepostas. Dessa forma, é importante garantir uma calibração adequada do sistema, pois isso influencia diretamente a qualidade da nuvem de pontos e sua precisão absoluta (KIM et al., 2022), (GONG et al., 2024) A atenção constante à calibração é fundamental para minimizar essas discrepâncias e assegurar a confiabilidade dos dados (HABIB; BANG; KERSTING, 2010), especialmente em contextos como o cadastro imobiliário, onde a acurácia dos dados é fundamental para a gestão e o planejamento urbano.

No âmbito do cadastro imobiliário e planejamento urbano, o LiDAR demonstra um valor considerável ao proporcionar um mapeamento detalhado e preciso do terreno. A geração de Modelos Digitais do Terreno (MDTs) e Superfícies (MDSs) possibilita uma análise abrangente e um planejamento eficiente, facilitando a visualização de variações topográficas e das estruturas subjacentes (ALI et al., 2021). Além disso, a utilização dos dados LiDAR para a análise do uso da terra permite a identificação de características críticas do terreno, como áreas verdes e corpos d'água, áreas de encostas, fornecendo informações para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável (CHAURASIA, 2020). A tecnologia também se destaca na detecção e mapeamento de estruturas, incluindo edifícios, estradas e outras infraestruturas existentes, sendo fonte de dados no planejamento urbano e a integração de novos projetos com a infraestrutura existente. Para (LI; ROTTENSTEINER; HEIPKE, 2019).o LiDAR oferece uma maneira eficiente e confiável para o levantamento de cenários urbanos em grande escala. A extração de edificações das nuvens de pontos LiDAR é fundamental para muitas aplicações, como planejamento urbano, resposta a emergências e navegação de veículos. (LI; ROTTENSTEINER; HEIPKE, 2019).

A segmentação dos dados LiDAR possibilita a extração de informações tridimensionais do terreno. Algoritmos de segmentação são empregados para distinguir entre áreas de solo e não-solo, facilitando a identificação acurada das características do terreno. Na detecção automática de edifícios, a segmentação é utilizada para isolar e extrair principalmente as manchas planas que se encontram acima do nível do solo. Além disso, a filtragem de dados é aprimorada, pois pontos não planares são identificados e classificados como outliers, permitindo uma análise mais limpa e precisa (AL-DURGHAM

M; HABIB A, 2012).

Em (GRIFFITH-CHARLES; SUTHERLAND, 2020), propõe a necessidade de cadastros 3D em assentamentos urbanos de baixa renda, e densamente estruturados. Ele testa a capacidade de um conjunto de dados LiDAR existente junto com ortoimagens, derivadas para serem de baixo custo. Segundo o autor, os cadastros 3D podem ser mostrados não apenas para auxiliar a gestão de terras em áreas urbanas de alto valor, mas também para fornecer administração de terras pró-pobres e adequada para o propósito em ambientes urbanos informais densos.

Dessa forma, a análise do uso da tecnologia LiDAR para o cadastro imobiliário, realizada através de uma revisão sistemática bibliométrica, utilizando softwares livres, demonstrou ser uma ferramenta eficaz para entender as tendências e oportunidades na área da pesquisa. Os dados obtidos nos artigo reforçam a relevância da temática e oferece uma base sólida para futuras pesquisas e práticas através da bibliometria.

## 2 OBJETIVOS

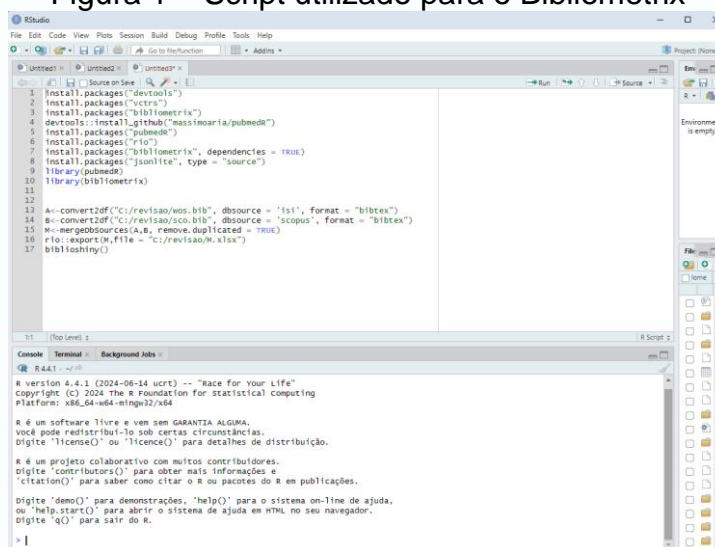
Este artigo tem uma abordagem de revisão sistemática e bibliométrica do uso da tecnologia LiDAR no cadastro imobiliário. A revisão busca analisar a evolução e as principais aplicações do LiDAR, destacando as inovações tecnológicas e metodológicas do seu uso na área do cadastro territorial, foco no imobiliário.

## 3 METODOLOGIA

A análise deste estudo foi conduzida por meio de uma abordagem bibliométrica, utilizando os softwares VOSviewer, Mendeley, Bibliometrix (Script), RStudio e a plataforma de inteligência artificial (IA) Scispace.

Inicialmente, foram realizadas buscas nas bases de dados Web of Science e Scopus, empregando palavras-chave relacionadas ao tema com a finalidade de compilar um conjunto substancial de artigos para análise. As palavras-chave utilizadas inicialmente foram "Use of LiDAR" e "Register State", resultando na identificação de 81 artigos na base Web of Science e 41 artigos na base Scopus. Após a coleta dos artigos, todos os arquivos foram exportados no formato BibTeX e renomeados conforme sua origem: "wos.bib" para os artigos da Web of Science e "sco.bib" para os artigos da Scopus. Esses arquivos foram então organizados em uma pasta criada no Disco Local do computador, denominada "revisao". Em seguida, esses arquivos foram unificados e processados por meio de um script no ambiente do software Rstudio, conforme figura 1, quando importados para o Bibliometrix, se consolidou todos os dados de forma ordenada, cujo o processamento resultou na geração de um arquivo no formato com extensão XLSX. Nele, são apresentadas as informações extraídas dos arquivos BibTeX, tais como título, DOI, autores, co-autores, ano de publicação, palavras-chave mais frequentes, ordem cronológica de publicação e os periódicos e congressos com maior número de citações e publicações.

Figura 1 – Script utilizado para o Bibliometrix



```
1 install.packages("devtools")
2 install.packages("rctm")
3 install.packages("bibliometrix")
4 devtools::install_github("massimaria/pubmedr")
5 install.packages("pubmedr")
6 install.packages("r10")
7 install.packages("bibliometrix", dependencies = TRUE)
8 install.packages("jsonlite", type = "source")
9 library(pubmedr)
10 library(bibliometrix)
11
12
13 A<-convert2df("c:/revisao/wos.bib", dbsource = "isi", format = "bibtex")
14 B<-convert2df("c:/revisao/sco.bib", dbsource = "scopus", format = "bibtex")
15 B<-mergeSources(A,B, remove.duplicates = TRUE)
16 r10::export(X.file = "c:/revisao/X.xlsx")
17 biblioshiny()
```

Fonte: Autor (2024)

Para a análise bibliométrica, o estudo focou em publicações de maior impacto em revistas, considerando autores mais citados e influentes, com base nas palavras-chave. Dentre os 122 artigos inicialmente identificados, 78 foram selecionados com o auxílio do software Mendeley para uma análise detalhada do objetivo de cada artigo, visando verificar e garantir uma revisão sistemática do uso da tecnologia LiDAR no cadastro imobiliário.

Foi realizada uma nova busca utilizando a plataforma de inteligência artificial Scispace com as mesmas palavras-chave, resultando na identificação de 12 artigos. Embora o número de artigos encontrados tenha sido menor em comparação com outras bases de dados, os resultados foram mais precisos e coerentes com a temática da pesquisa. A plataforma forneceu todas as informações necessárias diretamente, sem a necessidade de baixar todos arquivos adicionais e repetir o processo de coleta de dados.

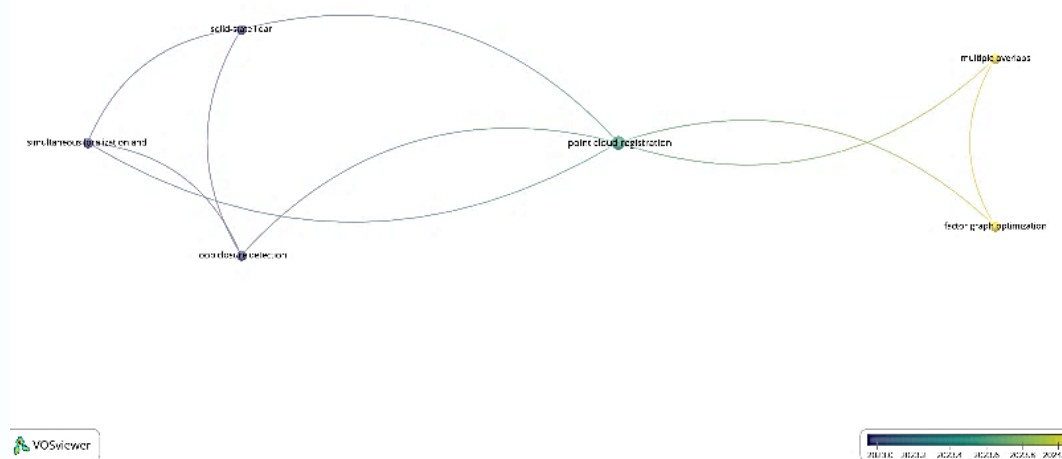
Os artigos obtidos na Scispace foram importados para o Mendeley, onde foram organizados em dois grupos distintos: um para os artigos provenientes da Web of Science e Scopus, e outro para aqueles obtidos na Scispace. Essa organização visou facilitar a gestão dos artigos. Em seguida, para integrar e unificar a revisão bibliométrica, os grupos de artigos selecionados foram analisados no VOSviewer.

## 4 RESULTADOS

O uso do software VOSviewer possibilitou a análise das conexões entre as palavras-chave dos artigos das bases Web of Science e Scopus. Como resultado da base nos arquivos inseridos, foi gerado um gráfico que ilustra essas relações, permitindo a avaliação do impacto de cada palavra-chave a partir de seus autores ao longo do tempo, conforme demonstrado na Figura 2 e 3, nelas, pode-se observar que há uma relação entre as palavras-chave representadas nas diferentes cores. No lado esquerdo, em

lilás, estão as palavras-chave relacionadas a artigos de períodos mais antigos, a partir do ano de 2013. A cor verde representa palavras-chave associadas a publicações mais recentes, entre o período de 2015 a 2018, enquanto a cor amarela indica um período ainda mais atual, até o período de 2023.

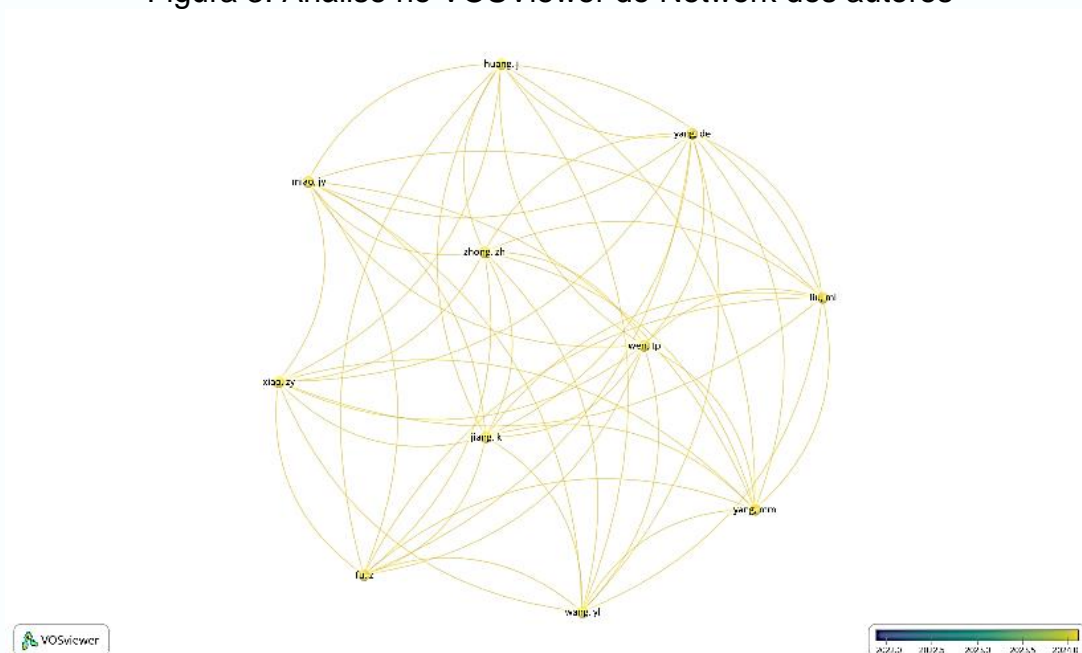
Figura 2: Análise no VOSViewer das bases Web of Science e Scopus



Fonte: Autor (2024)

Na Figura 3, resulta da análise dos autores de maior influência encontrado em toda pesquisa, sendo mostrado aqueles que tem maior proximidade em relação as palavras-chave, portanto, os autores exibido, são aqueles que possuem maior afinidade ao tema da pesquisa, amostrando a conexão que há entre cada autor, onde se percebe que além da conexão, as publicações que os mesmos possuem relação, são recentes, estando assim representado todo o gráfico gerado na cor amarela, que são as publicações que estão no período de 2023.

Figura 3: Análise no VOSViewer do Network dos autores



Fonte: Autor (2024)

Na plataforma de inteligência artificial Scispace, como ilustrado nas Figuras 4 e 5, os resultados foram mais detalhados e informativos. A Figura 4 mostra um número significativamente maior de palavras-chave, organizadas por cores que representam diferentes períodos de publicação, entre 2013 e 2023. As palavras-chave em lilás correspondem mais antigas, a partir de 2013, enquanto as em verde representam uma fase intermediária, que são as encontradas no período entre 2015 e 2018. Já as palavras-chave em amarelo indicam pesquisas mais recentes, do ano de 2023.

A Figura 5 segue a mesma organização temporal, mas foca na interação entre os autores sobre o tema. À esquerda da figura, observa-se uma predominância de publicações individuais em períodos mais antigos, embora haja alguma interação entre os autores. No entanto, à direita, nota-se que, no período mais recente, um autor se destaca claramente, evidenciando um aumento na colaboração e na influência individual sobre o tema.



dos artigos por base de dados, permitindo uma análise aprofundada dos fatores que mais influenciam a aplicação da tecnologia LiDAR no cadastro imobiliário. Com base nesse processo, foram selecionados 44 artigos para servir como revisão bibliográfica para este estudo, garantindo uma base sólida e relevante para a pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

A abordagem bibliométrica empregada neste estudo demonstrou ser uma ferramenta eficaz para mapear e compreender o impacto e as tendências na literatura sobre o uso da tecnologia LiDAR no cadastro imobiliário. A análise detalhada dos dados coletados das bases Web of Science, Scopus e Scispace, bem como a aplicação de softwares especializados como VOSviewer e Mendeley, permitiu uma visão abrangente das conexões entre palavras-chave e a evolução das publicações na área. Os resultados revelaram uma concentração significativa de pesquisas em periódicos especializados, apresentando resultados em uma ordem cronológica do período entre 2006-2023, e identificaram tendências emergentes e áreas de impacto dentro do campo. A inclusão dos artigos obtidos na Scispace complementou e especificou ainda mais a revisão, permitindo uma análise mais precisa e atualizada.

A elaboração do dicionário de dados e a seleção de 44 artigos para a revisão bibliográfica garantiram uma base sólida para a pesquisa, fornecendo insights valiosos sobre os fatores que afetam a aplicação da tecnologia LiDAR, entre esses fatores, destacam-se a qualidade dos dados obtidos, a resolução espacial e temporal dos sensores LiDAR, os métodos de processamento e análise dos dados, e as práticas e padrões de calibração utilizados. Este estudo oferece uma visão aprofundada sobre os fatores que influenciam a aplicação da tecnologia LiDAR. Além de promover a ampliação sobre o uso do LiDAR no cadastro imobiliário, ele propõe um modelo sólido que pode orientar futuras pesquisas. As descobertas sugerem novas direções e áreas promissoras para exploração contínua no campo.

## Referências

AL-DURGHAM M; HABIB A. **A PROCEDURE FOR THE REGISTRATION AND SEGMENTATION OF HETEROGENEOUS LIDAR DATA.** [s.l: s.n.].

BUI, L. K.; GLENNIE, C. L. Estimation of LiDAR-based gridded DEM uncertainty with varying terrain roughness and point density. **ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 7, 1 jan. 2023.

CHAURASIA, K. Integration of LiDAR data in topographical feature extraction from very high-resolution aerial imagery. **Lecture Notes in Civil Engineering**, v. 51, p. 39–44, 2020.

ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. DE; ALCOFORADO, C. L. G. C. Integrative review versus systematic review. **Reme: Revista Mineira de Enfermagem**, v. 18, n. 1, 2014.

FOWLER, A.; KADATSKIY, V. **ACCURACY AND ERROR ASSESSMENT OF TERRESTRIAL,**

**MOBILE AND AIRBORNE LIDAR.** [s.l: s.n.].

GONG, Z. et al. Drift-aware and correction on-the-fly: Airborne LiDAR and RGB cameras online calibration in natural environments. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 131, n. March, p. 103937, 2024.

GRIFFITH-CHARLES, C.; SUTHERLAND, M. 3D cadastres for densely occupied informal situations: Necessity and possibility. **Land Use Policy**, v. 98, n. November 2019, 2020.

HABIB, A.; BANG, K.-I.; KERSTING, A. P. **LIDAR SYSTEM CALIBRATION: IMPACT ON PLANE SEGMENTATION AND PHOTOGRAMMETRIC DATA REGISTRATION.** [s.l: s.n.].

KIM, M. et al. Absolute Accuracy Assessment of LiDAR Point Cloud Using Amorphous Objects. **Remote Sensing**, v. 14, n. 19, 1 out. 2022.

YAN, W. Y. et al. Improving classification accuracy of airborne LiDAR intensity data by geometric calibration and radiometric correction. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 67, n. 1, p. 35–44, 2012.