

REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS APLICADAS À DETECÇÃO DE ESPÉCIES DE ÁRVORES POR MEIO DE IMAGENS CAPTURADAS POR VANTs: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO NA APICULTURA

Lucas Anderson Ribeiro (Universidade de Brasília)
lucas.and.rib@gmail.com

Sanderson Macedo Barbalho (Universidade de Brasília)
sandersoncesar@unb.br

Díbio Leandro Borges (Universidade de Brasília)
dibio@unb.br



O objetivo do presente trabalho é elaborar, compor e organizar estudos bibliográficos e bibliométricos, por meio de uma revisão sistemática da literatura, a fim de desenhar o atual estado da arte e compreender lacunas e avanços relativos ao desenvolvimento, treinamento, teste e manutenção de uma rede neural convolucional aplicada à geração de um modelo capaz de tratar e analisar um banco de imagens capturadas por veículos aéreos não tripulados, visando à detecção de espécies de árvores por intermédio do sensoriamento geoespacial. Objetiva-se também, mediante informações coletadas, fornecer dados que auxiliem nas previsões e análises da distribuição das espécies em determinado ambiente, além de futuras investigações de regiões de potencial apícola, recorrendo à visão por computador e práticas de deep learning.

Palavras-chave: Bibliometria, Redes Neurais Convolucionais, Detecção de Objetos, Flora, Potencial Apícola.

1. Introdução

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs), bem como o de tecnologias envolvidas pela visão computacional, tem ganhado crescente destaque na área de sensoriamento remoto para monitoramento ambiental e gestão florestal. Quantitativa e qualitativamente, a distribuição de espécies de plantas em territórios de difícil acesso vem sendo realizada por meio do uso de redes neurais convolucionais para detecção de objetos e da análise de imagens provenientes de drones. Sendo a detecção de espécies um importante processo no planejamento de manejo florestal e na preservação ambiental, uma vez que permite identificar e mapear áreas de interesse e a distribuição geográfica das espécies, além de, no contexto da apicultura orgânica, contribuir para o acompanhamento da saúde de abelhas e tomada de medidas preventivas, busca-se compreender as principais tendências, lacunas e avanços na área de interseção dessas temáticas por meio de uma análise sistemática da literatura científica disponível.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma análise bibliométrica sobre o planejamento do processo de produção baseado em redes neurais convolucionais aplicadas à detecção de espécies de árvores por meio de imagens de VANTs, buscando compreender e explorar as diversas arquiteturas e modelos que abrangem o desenvolvimento, treinamento, validação e manutenção de uma rede neural convolucional capaz de detectar objetos específicos de uma flora local por meio do sensoriamento geoespacial. Atingir-se-á tal objetivo com o auxílio da condução de uma revisão sistemática guiada por estudos bibliográficos, bibliométricos e estatísticos, a fim de embasar os procedimentos envoltos na aplicação de uma rede neural para a reconhecimento de objetos vinculados à flora potencialmente apícola.

Espera-se que esse estudo bibliométrico desenhe o estado da arte atual, relativo ao uso de visão por computador aplicada à detecção de espécies de plantas em geral, e contribua para o avanço do conhecimento na área, identificando novas abordagens a serem utilizadas para aprimorar o monitoramento da distribuição de espécies de plantas, principalmente aquelas com potencial apícola, mediante a detecção automática em imagens aéreas. Além disso, o estudo poderá fornecer subsídios para o desenvolvimento de novas pesquisas e projetos na área de visão computacional aplicada ao reconhecimento de objetos, com relevância diante dos contextos da gestão florestal e da apicultura orgânica, visando o aumento da produtividade no cenário apícola e meliponícola e a preservação do meio ambiente, destacando a importância do tema em estudo, não apenas para o campo do sensoriamento remoto e manejo ambiental, mas também para a preservação natural das espécies.

2. Metodologia

Buscando garantir a credibilidade e a confiabilidade dos resultados apresentados no transcorrer das pesquisas bibliográfica e bibliométrica, a priori, foram definidas as bases de dados a serem utilizadas, nomeadas *Scopus* e *Web of Science*, de dados públicos e comprovadamente qualificadas de acordo com a coleção de materiais que armazenam. Nesta etapa, fez-se importante a definição de palavras-chave a serem empregadas na pesquisa, sendo elas “*deep learning*”, “*object detection*”, “*convolutional neural network*”, “*tree*” e “*UAV*”, garantindo o correto afunilamento de artigos para o escopo do estudo proposto.

Definidas as bases de dados e palavras-chave, tornou-se imperioso o estabelecimento de critérios para a seleção de artigos, incluindo anos de publicação, idiomas, tipos de documento, áreas do conhecimento abrangidas, entre outros, a fim de garantir a precisão e a relevância do estudo, tornando-se crucial a definição de critérios de exclusão, com o intuito de desconsiderar artigos que não possuísem informações pertinentes ao tema proposto ou não fossem considerados efetivamente atuais.

Com os artigos selecionados e corretamente afunilados, foram extraídas informações de interesse estatístico, como autores, instituições dos autores, periódicos de publicação, ano de publicação, país de origem, entre outros dados capazes de contribuir com o estudo bibliométrico. É importante ressaltar que o processo de extração de informações da coletânea de artigos foi automatizado, devido ao volume de dados consumidos, sendo essa automação implementada por meio da programação de *scripts* de consulta nas linguagens de programação *Structured Query Language* (SQL) e *Python*.

Refinadas as informações necessárias, os dados coletados passaram por análises quantitativas e qualitativas, utilizando-se do software VOSviewer, a fim de gerar mapas de densidade e de conexões, correlacionando trabalhos e autores presentes na coletânea de artigos. Tal análise auxiliou na identificação de padrões e tendências nos dados, destacando as informações mais relevantes, como tópicos populares e autores ou publicações mais influentes. Essas descobertas, obtidas por intermédio da exploração de mapas bibliométricos, foram utilizadas para orientar a pesquisa e promover tomadas de decisões no campo de estudo em questão, fornecendo uma análise detalhada dos resultados e destacando as principais tendências e lacunas no segmento de estudo, contribuindo, em última instância, para o avanço, desenvolvimento e propagação do conhecimento na área do âmbito de visão computacional.

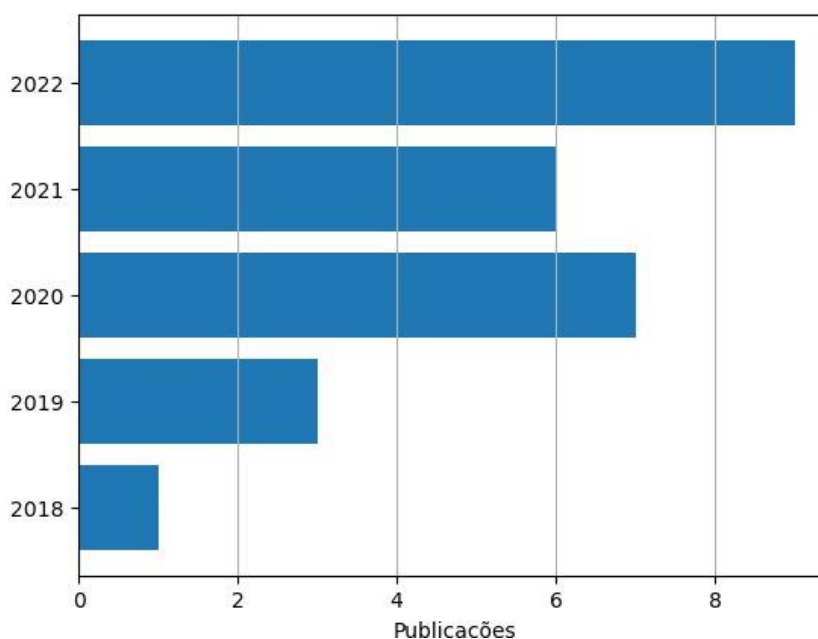
3. Resultados

Os resultados da pesquisa forneceram informações quantitativas e qualitativas sobre o tema em estudo, abordando sua desenvoltura no contexto científico ao longo dos últimos cinco anos, isto é, de 2018 a 2022. Nesta seção são apresentados e analisados esses achados.

3.1. Análise das publicações por ano

Recorrendo a uma análise estatística, por intermédio das *strings* de busca, quantificou-se a produção científica devidamente publicada em periódicos reconhecidos, segregando as divulgações por ano, no período de 2018 a 2022, contemplando, portanto, estudos e publicações à fronteira do conhecimento, totalizando 26 artigos. Constatou-se que houve uma tendência de aumento no número de publicações ao longo dos anos, sendo o maior número atribuído ao ano de 2022, com um total de 9. No entanto, observou-se que elas foram escassas nos anos iniciais do período estudado e que houve um aumento considerável a partir de 2019, com uma leve queda no ano de 2021, seguida de um aumento mais significativo em 2022. Esse aumento pode ser atribuído a vários fatores, como o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias, a crescente colaboração entre pesquisadores e instituições, assim como a maior disponibilidade de projetos integrados à visão computacional. A Figura 1 elucida, graficamente, a distribuição estatística das publicações no período estudado.

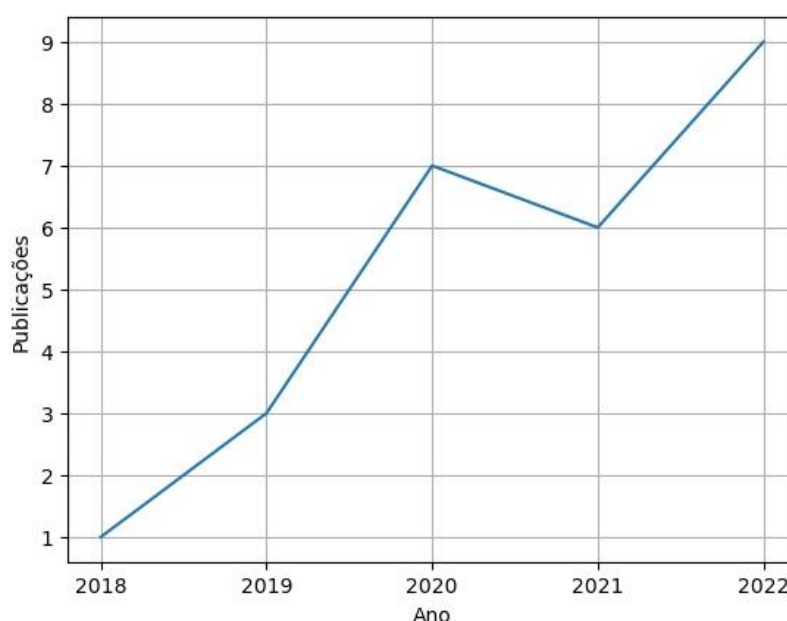
Figura 1 - Distribuição das publicações por ano



Fonte: Autores

A fim de não apenas reconhecer a distribuição estatística, mas também destrinchar a evolução das publicações no transcorrer dos últimos cinco anos, a Figura 2 ilustra, cronologicamente, que o intervalo entre os anos de 2020 e 2021 foi o único a registrar uma queda no número de publicações na área de visão computacional aplicada à detecção de espécies de árvores, sendo, portanto, os intervalos anteriores e posteriores a este, de crescimento na quantidade de publicações registradas. Destaca-se, também, que a linha de evolutiva indica o intervalo entre os anos de 2019 e 2020, possuindo o aumento mais significativo até o presente momento, registrando 7 novas publicações, um aumento de 75% em relação ao ano anterior.

Figura 2 - Evolução das publicações por ano

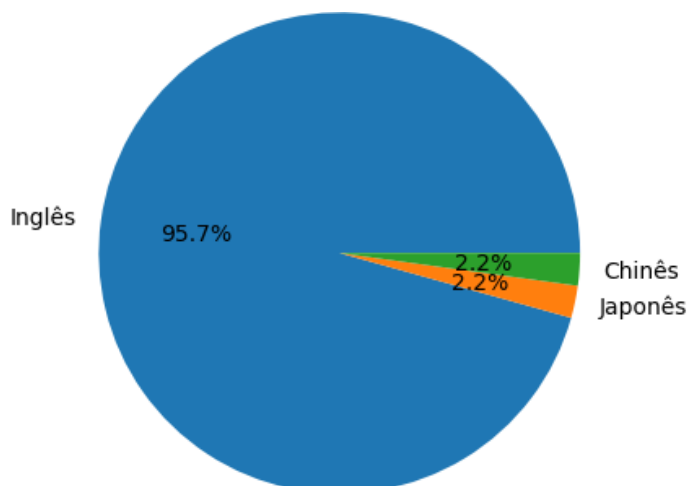


Fonte: Autores

3.2. Análise das publicações por idioma

A análise do idioma das produções científicas, por sua vez, revelou que a grande maioria das pesquisas é realizada em inglês, com uma representatividade de 95.7%. Esse resultado sugere que o inglês é o idioma dominante na comunicação científica internacional e que pesquisadores da área que desejam se comunicar e colaborar com colegas de outros países devem estar aptos a se comunicar nesse idioma. Em contrapartida, as publicações em japonês e chinês somaram 4.4%, tendo uma representatividade de apenas 2.2% cada, o que pode ser um indicativo de que a produção científica nessas línguas pode estar menos presente ou menos influente na área estudada. A Figura 3 ilustra graficamente a distribuição por idioma das publicações presentes na coletânea de artigos.

Figura 3 - Distribuição das publicações por idioma

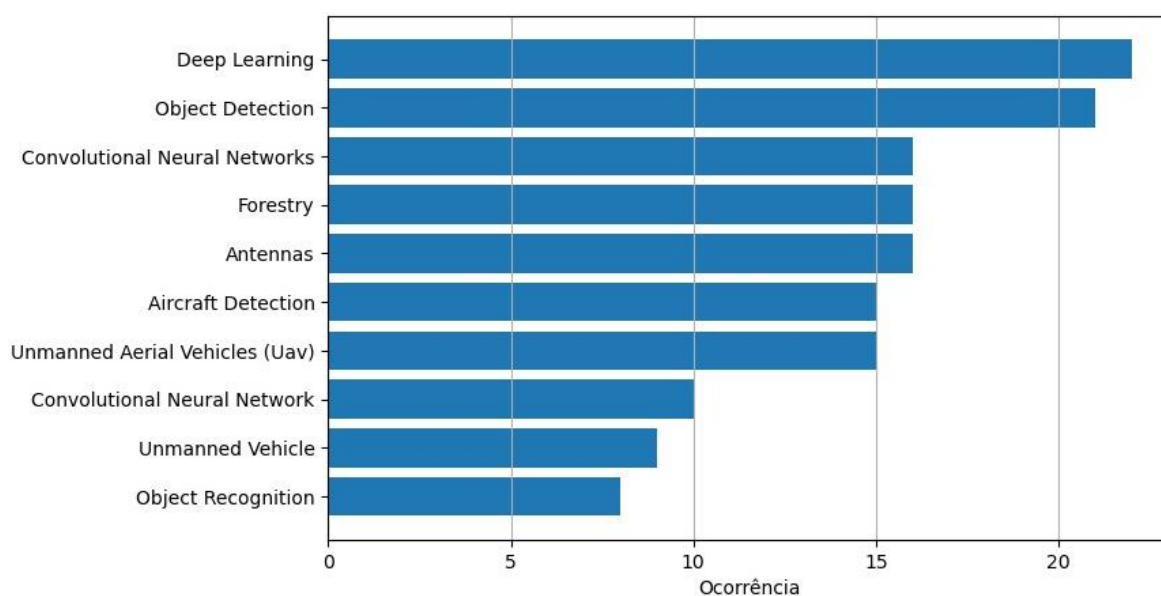


Fonte: Autores

3.3. Análise das publicações por ocorrência de palavras-chave

A análise das palavras-chave mais frequentes nas publicações científicas na área de visão computacional aplicada à detecção de espécies revelou que "*deep learning*" é o conceito-chave mais comum, com 24 ocorrências, seguida de "*object detection*", com 22, e "*convolutional neural network*", com 17. A Figura 4 ilustra a distribuição quantitativa de ocorrências das 10 palavras-chave mais frequentes nas publicações.

Figura 4 - Ocorrência de palavras-chave



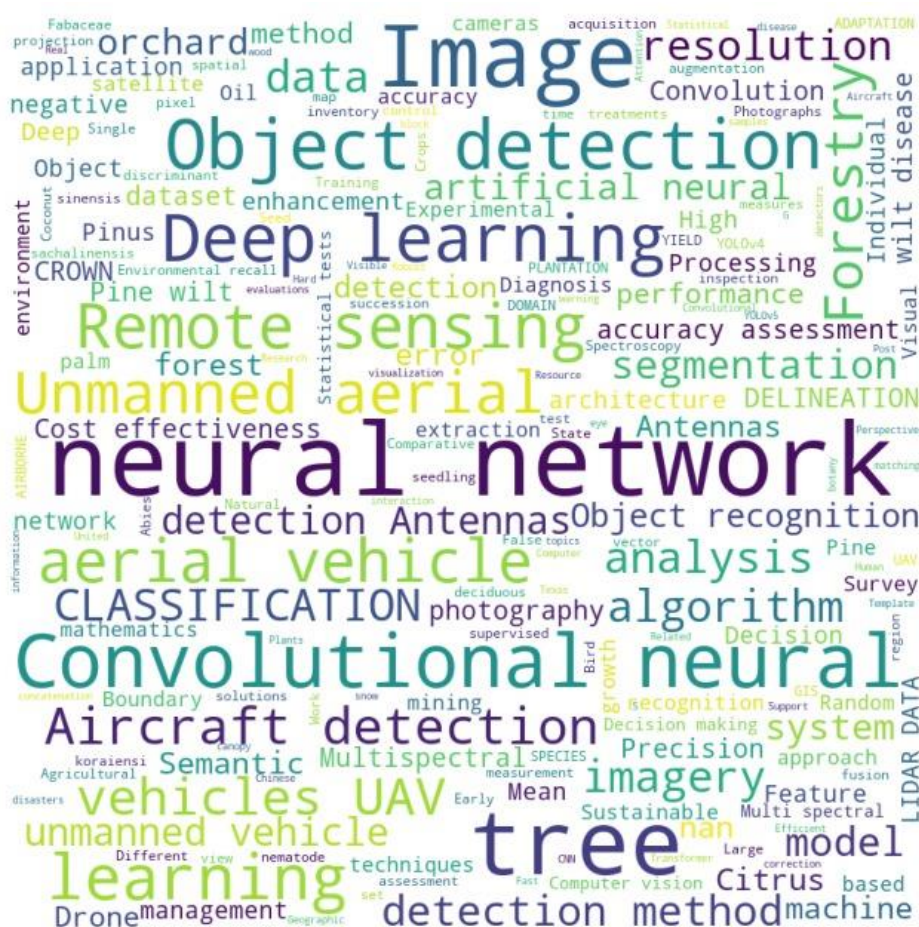
Fonte: Autores

Esses resultados sugerem que o uso de algoritmos de aprendizado profundo, em especial aqueles baseados em redes neurais convolucionais, é uma área de grande interesse nas pesquisas envolvidas pelo tema em estudo. Além disso, é possível inferir que a detecção de

objetos é uma aplicação importante para essas técnicas, possivelmente indicando que os pesquisadores estão trabalhando no desenvolvimento de soluções mais eficientes e precisas de detecção de objetos. Em conjunto, essas palavras-chave sugerem que as pesquisas estão focadas em explorar o potencial do aprendizado profundo para resolver problemas complexos por meio do reconhecimento de objetos aplicados em imagens provenientes de veículos aéreos não tripulados.

Extrapolando a análise de palavras-chave, esboçou-se um mapa da rede das palavras mais frequentes nos objetivos e títulos das publicações, revelando a estrutura conceitual subjacente à pesquisa, permitindo identificar as áreas mais ativas e os conceitos-chave do montante das publicações. A Figura 5, portanto, ilustra o mapa de rede das palavras mais recorrentes no corpo das publicações, destacando-se “*neural network*”, “*image*”, “*deep learning*”, “*object detection*” e “*tree*”, porém, explorando-se palavras além daquelas envoltas pelas *strings* de busca, destacam-se “*detection method*”, “*model*”, “*segmentation*” e “*resolution*”, indicando uma pluralidade de arquiteturas, modelos e métodos de segmentação para as redes neurais.

Figura 5 - Mapa de relevância das palavras-chave

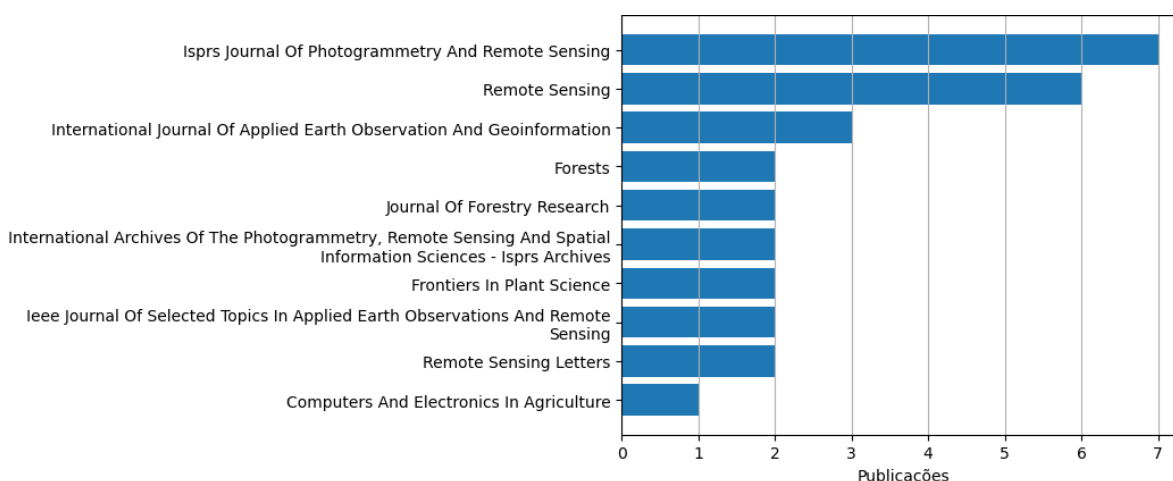


Fonte: Autores

3.4. Análise das publicações por periódico

Estatisticamente, a análise bibliométrica aponta o periódico *"IRPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing"* com maior relevância, com 7 publicações, seguido da revista *"Remote Sensing"*, com 6 e o periódico *"International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation"*, com 3, indicando que essas revistas são as mais renomadas e de maior prestígio no campo de estudo em questão, enquanto os periódicos subsequentes possuem apenas 2 publicações cada. Essa distribuição indica que essas revistas estão mais propensas a publicar artigos relacionados ao tema em estudo, o que pode influenciar a escolha do periódico pelos autores. A Figura 6 ilustra, graficamente, o número de publicações por periódico, apontando os 10 mais relevantes dentre o montante de documentos capturados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*.

Figura 6 - Distribuição das publicações por periódico



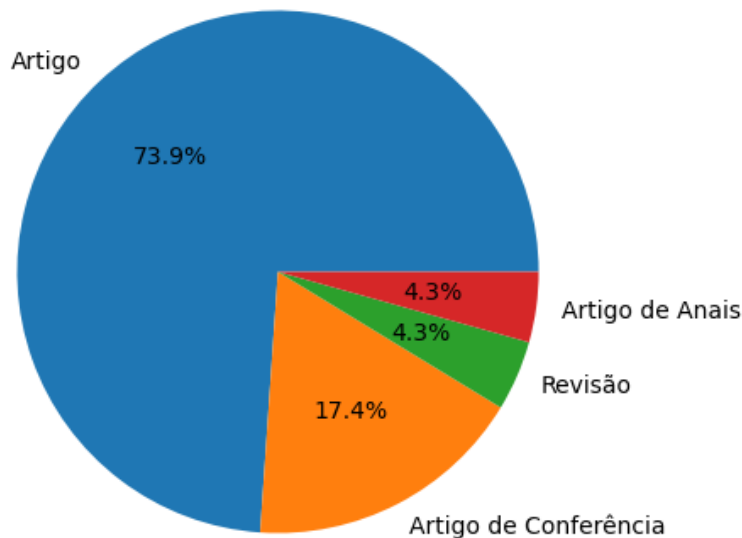
Fonte: Autores

3.5. Análise das publicações por tipo de documento

A análise bibliométrica revelou que a maioria das publicações encontradas no campo de estudo em questão são artigos, com um total de 73,9%. Isso sugere uma valorização do formato de artigo para o compartilhamento de descobertas e resultados de pesquisa. Em segundo lugar, estão os artigos apresentados em conferências, com 17,4%, revelando que as conferências são eventos importantes para a comunicação de ideias e trabalhos em andamento, além de ser uma oportunidade para apresentar pesquisas em um fórum científico. Em contraste, as revisões e documentos apresentados em anais tiveram menor presença,

somando 8,6%, com uma representatividade de apenas 4,3% cada. A Figura 7 elucida, portanto, a distribuição das publicações por tipo de documento.

Figura 7 - Distribuição das publicações por tipo de documento



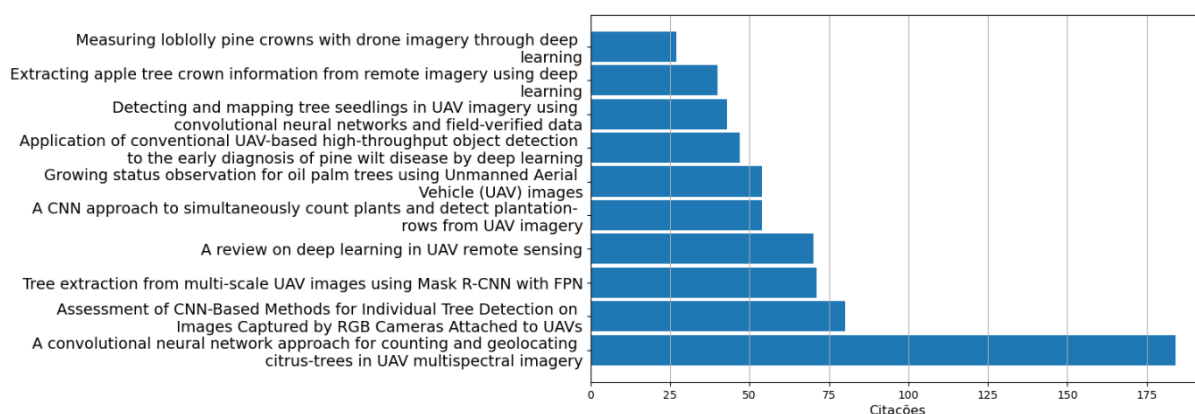
Fonte: Autores

3.6. Análise das publicações por citação

Por meio da análise bibliométrica das publicações, segregando-as e ordenando-as de forma decrescente de citação, constatou-se que o artigo “*A Convolutional Neural Network Approach for Counting and Geolocating Citrus-trees in UAV Multispectral Imagery*” (OSCO, Lucas Prado et al.) é o mais relevante no campo de estudo em questão, com 180 citações, seguido pelo artigo “*Assessment of CNN-based methods for Individual Tree Detection on Images Captured by RGB Cameras Attached to UAVs*” (SANTOS, Anderson Aparecido dos et al.), com 177 citações. Esses números podem indicar a contribuição significativa desses artigos para o avanço do conhecimento na área, uma vez que foram amplamente citados por outros pesquisadores. Além disso, é importante destacar que a relevância dos artigos também pode estar relacionada à sua abrangência e generalidade. Nesse sentido, é possível que estes dois artigos sejam mais generalistas, abordando tópicos amplos e relevantes no campo de estudo, enquanto os artigos “*The Extraction from Multi-scale UAV Images Using Mask R-CNN with FPN*” (OCER, Nuri Erkin et al.) e “*A Review on Deep Learning in UAV Remote Sensing*” (OSCO, Lucas Prado et al.), com 72 e 71 citações, respectivamente, sejam mais específicos, com foco em temas mais restritos. Além disso, o primeiro desses dois últimos apresenta a aplicação de uma técnica computacionalmente mais custosa, utilizando máscaras para o aprendizado da rede neural, enquanto o segundo busca explicitar uma revisão das aplicações

de aprendizagem profunda baseadas em imagens de veículos aéreos não tripulados. Essa análise pode, por conseguinte, ajudar a identificar tendências de pesquisa e temas mais relevantes e atuais no campo, como também contribuir para a seleção de referências bibliográficas importantes em estudos futuros. A Figura 8 pontua graficamente a quantidade de citações e, assim, a relevância diante da comunidade acadêmica das dez publicações mais citadas no montante de artigos englobados pelo estudo.

Figura 8 - Distribuição das publicações por citação



Fonte: Autores

Complementando a disposição das informações da Figura 8, a Tabela 1 distribui as publicações por citação, apresentando, quantitativamente, o número de citações dos 5 trabalhos mais citados, bem como sua proporção diante do montante. Nota-se a relevância desses trabalhos, somando-se o percentual de citações, totalizando 70,9% diante de todas as publicações envolvidas pelo estudo.

Tabela 1 - Distribuição das publicações por citação

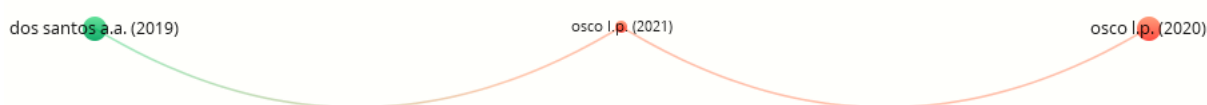
Título da publicação	Citações	Percentual
A Convolutional Neural Network Approach for Counting and Geolocating Citrus-trees in UAV Multispectral Imagery	180	23,1%
Assessment of CNN-based methods for Individual Tree Detection on Images Captured by RGB Cameras Attached to UAVs	177	22,7%
Tree Extraction from Multi-scale UAV Images Using Mask R-CNN with FPN	72	9,2%
A Review on Deep Learning in UAV Remote Sensing	71	9,1%
A CNN Approach to Simultaneously Count Plants and Detect Plantation-rows from UAV Imagery	53	6,8%

Fonte: Autores

3.7. Mapa de rede das publicações por citação

Ao transcorrer da pesquisa, o primeiro método de análise aplicado aos mapas de rede e densidade trata do número de citações das obras do acervo. Este é um método comumente utilizado em estudos bibliométricos para medir o impacto e a influência de documentos científicos. Filtrando a visualização das publicações por um número mínimo de 5 citações, a Figura 9 ilustra a análise realizada com o software VOSviewer, apontando o *cluster*, ou seja, o conjunto de documentos interconectados, de maior relevância diante do tema estudado.

Figura 9 - Mapa de rede das publicações por citações



Fonte: Autores

Por meio desta visualização em rede, valendo-se dos documentos como unidade de análise, é possível observar que os autores dos artigos “Assessment of CNN-based methods for Individual Tree Detection on Images Captured by RGB Cameras Attached to UAVs” (SANTOS, Anderson Aparecido dos et al.), “A Convolutional Neural Network Approach for Counting and Geolocating Citrus-trees in UAV Multispectral Imagery” (OSCO, Lucas Prado et al.) e “A CNN Approach to Simultaneously Count Plants and Detect Plantation-rows from UAV Imagery” (OSCO, Lucas Prado et al.) representam um *cluster* de citações com grande expressividade para a detecção de objetos em tempo real através de redes neurais convolucionais.

3.8. Mapa de rede das publicações por cocitação

A fim de enriquecer os métodos de análise aplicados aos mapas de rede e densidade, o segundo método foca nas citações que dois ou mais artigos possuem em comum. A análise de cocitação, um método bibliométrico que identifica artigos frequentemente citados de forma conjunta, indica que esses artigos se relacionam a um tema, área ou ecossistema de pesquisa em comum. Diante destes critérios, filtrando a visualização das publicações por um número mínimo de 3 cocitações, a Figura 10 aponta o *cluster* referente à análise de cocitações, utilizando as referências citadas em cada documento como unidade de análise e baseando-se no montante de publicações acerca da detecção de espécies de árvores em tempo real por intermédio de redes neurais convolucionais.

Figura 10 - Mapa de rede das publicações por cocitações



Fonte: Autores

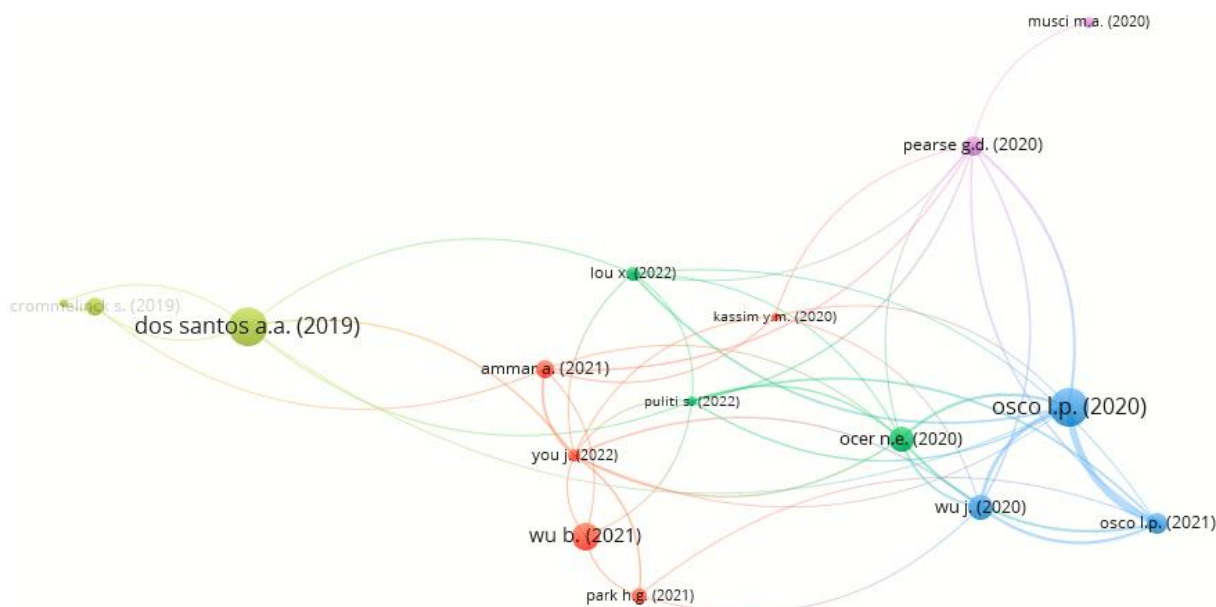
Por meio desta visualização em rede, é possível, portanto, extrair as publicações e autores comumente citados de maneira conjunta, constituindo-se um *cluster* de maior relevância a ser analisado em conjunto, sendo eles, “*Deep learning in agriculture: A survey*” (KAMILARIS, Andreas), “*Identification of citrus trees from unmanned aerial vehicle imagery using convolutional neural networks.*” (CSILLIK, Ovidiu et al.), “*Deep learning based oil palm tree detection and counting for high-resolution remote sensing images*” (LI, Weijia et al.) e “*Individual tree-crown detection in RGB imagery using semi-supervised deep learning neural networks*” (WEINSTEIN, Ben G. et al.).

3.9. Mapa de rede das publicações por acoplamento bibliográfico

Como último recurso de análise aplicada aos mapas de rede e densidade, a fim de quantificar as melhores referências sobre o assunto, foi abordado o método de análise de acoplamento bibliográfico, buscando as referências mais citadas em artigos científicos. Baseia-se na ideia de que os artigos que citam referências iguais ou semelhantes provavelmente estão relacionados entre si em termos de tópico ou área de pesquisa. A Figura 11, por conseguinte, ilustra o mapa de rede da análise de acoplamento bibliográfico, filtrando a visualização das publicações por um número mínimo de 3 citações e segregando-as em um *cluster* de maior relevância, apontando, novamente, os trabalhos desenvolvidos por (OSCO, Lucas Prado et al.)

e (SANTOS, Anderson Aparecido dos et al.) como os mais significativos, indicando que a consulta aos trabalhos destes autores torna-se mandatória para condução de estudos relacionados ao tema.

Figura 11 - Mapa de rede das publicações por acoplamento bibliográfico



Fonte: Autores

4. Conclusão

Com base na análise bibliométrica realizada, conclui-se que o uso de redes neurais convolucionais para a detecção de espécies de árvores por meio de imagens capturadas por veículos aéreos não tripulados é uma área de crescente interesse e pesquisa na comunidade científica. A aplicação dessas técnicas tem como objetivo gerar modelos capazes de analisar e tratar grandes volumes de dados de imagens de forma eficiente e precisa, fornecendo informações relevantes para a previsão e análise da distribuição das espécies em determinado ambiente.

Os resultados obtidos na revisão sistemática da literatura indicam que a utilização de redes neurais convolucionais apresenta um grande potencial para o desenvolvimento de soluções de reconhecimento de espécies de árvores, visto que essas técnicas são capazes de aprender características complexas de imagens e reconhecer padrões de forma eficiente e precisa. Valendo-se dos principais autores identificados através do estudo, serão identificadas e analisadas abordagens da visão computacional capazes de performar o reconhecimento de espécies vegetais, destacando-se algoritmos utilizados para tal e as características das imagens

de VANTs utilizadas para o estudo, pois para o desenvolvimento de planejamento da produção apícola algumas características devem ser consideradas, como o reconhecimento de espécies para as quais o ciclo de produção de pólen e néctar é previamente conhecido.

Além disso, este reconhecimento pode contribuir para futuras investigações de regiões de potencial apícola, uma vez que a distribuição das espécies de árvores é um fator importante na identificação e localização de potenciais áreas de produção de mel. Essa aplicação, portanto, pode ser relevante para o desenvolvimento de estratégias de preservação e exploração sustentável de recursos naturais.

Em síntese, os estudos bibliométricos realizados no presente trabalho indicam que a utilização de redes neurais convolucionais para a detecção de espécies de árvores por meio de imagens capturadas por VANTs é uma área em expansão e que apresenta grande potencial para contribuir com pesquisas de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável, seja identificando diretamente espécies que têm crescido ou decrescido sua presença em área de interesse, ou indiretamente, como pelo mapeamento de áreas com flora potencialmente apícola e meliponícola, em ambos os casos impactando positivamente na preservação de fauna e flora. Com base nessas informações, é possível direcionar futuros passos da pesquisa em desenvolvimento, além de iniciativas similares, promovendo o estudo de soluções que explorem ainda mais o potencial das redes neurais convolucionais para o processamento e análise de imagens, valendo-se de recursos e conceitos elucidados pela visão computacional e aprendizagem profunda.

REFERÊNCIAS

- OSCO, Lucas Prado et al. **A convolutional neural network approach for counting and geolocating citrus-trees in UAV multispectral imagery**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 160, p. 97-106, 2020.
- SANTOS, Anderson Aparecido dos et al. **Assessment of CNN-based methods for individual tree detection on images captured by RGB cameras attached to UAVs**. Sensors, v. 19, n. 16, p. 3595, 2019.
- OCER, Nuri Erkin et al. **Tree extraction from multi-scale UAV images using Mask R-CNN with FPN**. Remote sensing letters, v. 11, n. 9, p. 847-856, 2020.
- OSCO, Lucas Prado et al. **A review on deep learning in UAV remote sensing**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 102, p. 102456, 2021.
- WU, Jintao et al. **Extracting apple tree crown information from remote imagery using deep learning**. Computers and electronics in agriculture, v. 174, p. 105504, 2020.

PEARSE, Grant D. et al. **Detecting and mapping tree seedlings in UAV imagery using convolutional neural networks and field-verified data.** ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 168, p. 156-169, 2020.

WU, Bizhi et al. **Application of conventional UAV-based high-throughput object detection to the early diagnosis of pine wilt disease by deep learning.** Forest Ecology and Management, v. 486, p. 118986, 2021.

ZHENG, Juepeng et al. **Growing status observation for oil palm trees using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) images.** ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 173, p. 95-121, 2021.

OSCO, Lucas Prado et al. **A CNN approach to simultaneously count plants and detect plantation-rows from UAV imagery.** ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 174, p. 1-17, 2021.

KAMILARIS, Andreas; PRENAFETA-BOLDÚ, Francesc X. **Deep learning in agriculture: A survey.** Computers and electronics in agriculture, v. 147, p. 70-90, 2018.

CSILLIK, Ovidiu et al. **Identification of citrus trees from unmanned aerial vehicle imagery using convolutional neural networks.** Drones, v. 2, n. 4, p. 39, 2018.

LI, Weijia et al. **Deep learning based oil palm tree detection and counting for high-resolution remote sensing images.** Remote sensing, v. 9, n. 1, p. 22, 2016.

WEINSTEIN, Ben G. et al. **Individual tree-crown detection in RGB imagery using semi-supervised deep learning neural networks.** Remote Sensing, v. 11, n. 11, p. 1309, 2019.

PULITI, Stefano et al. **A comparison of UAV laser scanning, photogrammetry and airborne laser scanning for precision inventory of small-forest properties.** Forestry: An International Journal of Forest Research, v. 93, n. 1, p. 150-162, 2020.

LOU, Xiongwei et al. **Measuring loblolly pine crowns with drone imagery through deep learning.** Journal of Forestry Research, p. 1-12, 2021.

AMMAR, Adel; KOUBAA, Anis; BENJDIRA, Bilel. **Deep-learning-based automated palm tree counting and geolocation in large farms from aerial geotagged images.** Agronomy, v. 11, n. 8, p. 1458, 2021.

UDALI, Alberto et al. **Assessing the potential for forest residue classification and distribution over clear felled areas using UAVs and Machine Learning: a preliminary case study in South Africa.** In: 2022 IEEE Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor). IEEE, 2022. p. 160-163.

PARK, Hae Gwang et al. **Multichannel object detection for detecting suspected trees with pine wilt disease using multispectral drone imagery.** IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 14, p. 8350-8358, 2021.