

CAPÍTULO 11

APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS POR MEIO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Edney Leandro da Vitória
André Luiz Oliveira Cirqueira

RESUMO

A pulverização de defensivos e fertilizantes agrícolas por meio de veículos aéreos não tripulados é uma importante tecnologia para fornecer aplicações eficientes e eficazes destes produtos. Por se tratar de uma tecnologia com potencial bastante elevado e diversificado, utilização destes veículos na agricultura tem aumentado consideravelmente. Por meio da bibliometria foi possível construir indicadores destinados a avaliar a produção científica ao longo dos anos. Foi realizada uma pesquisa na base de dados *Scopus* com os termos *Unmanned Aerial Vehicle*, *Unmanned Aircraft System*, *Remotely Piloted Aircraft* e *Drone*. Com intuito de restringir a pesquisa a termos relacionados a agricultura, utilizou-se os termos *Agriculture*, *Agricultural Engineering*, *Crops*, *Farm and Tillage*; e por fim os termos *Pesticides* e *Fertilizers*, restringindo às publicações relativas aos estudos com defensivos e fertilizantes agrícolas. Somente registros em inglês provenientes do período de 2012 e a 2022 foram selecionados e o *software VOSviewer* foi utilizado para as análises cientométricas. A utilização dos veículos aéreos não tripulados ainda passa por transformações e está diretamente relacionada ao avanço da tecnologia inserida nestes equipamentos. A análise bibliométrica apresenta resultados que indicam a necessidade de investimentos em pesquisas sobre a utilização dos VANTS na aplicações de defensivos e fertilizantes agrícolas em países em desenvolvimento, destaca-se o Brasil, por ter o setor agropecuário responsável por aproximadamente 33% do produto interno bruto e ser um dos maiores produtos agrícolas do mundo.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Aeronaves remotamente tripulados, Bibliometria Fertilização, Tecnologia de pulverização.

1-INTRODUÇÃO

A projeção apresentada nos anais da *Agriculture in 2050 Project* é de que a população mundial atingirá cerca de 10 bilhões em 2050. Sendo assim, a necessidade de produção de alimentos aumentará cerca de 70% (Hunter et al., 2017). Entretanto, há inúmeros desafios para atingir esta produção, entre elas as pragas e doenças que interferem na produtividade das diversas culturas agrícolas, além da necessidade de nutrição, seja foliar ou via solo.

A utilização de defensivos e fertilizantes agrícolas é parte integrante da agricultura moderna e contribui para a produtividade e qualidade da maioria dos produtos agrícolas. Estima-se que a utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes evitam perdas de 45% da oferta mundial de alimentos (Oerke, 2006).

O pulverizador costal, seja manual ou elétrico, ainda é o mais utilizado em todo mundo. A *World Health Organization* (WHO) estima mais de um milhão de casos de contaminação humana por manejo inadequado, além de causar danos ambientais em função de aplicações ineficientes. A fim de reduzir este riscos e danos ambientais, bem como para lidar com a escassez de mão de obra, a tecnologia de aplicação de defensivos e fertilizantes agrícolas é fundamental. A aplicação aérea tanto tripulada como não tripulada, é muitas vezes a mais método econômico e rápido para fornecer eficiente e eficaz para o controle de pragas de culturas e aplicação de nutrientes (Lan et al., 2017; Kestur et al., 2020; Sott et al., 2021; Wang et al., 2021; Li et al., 2021).

Dentre os avanços recentes na agricultura, destaca-se a utilização de veículos aéreos não tripulados em diferentes etapas, tais como fotogrametria e sensoriamento remoto, mapeamento e processamento de imagens, pesquisa meteorológica, manejo e utilização da água, rastreamento de animais, inventários florestais, monitoramento de incêndios, e aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes (Aditya e Kulkarni, 2016; Colomina e Molina, 2014). Neste último, em comparação com as aplicações aéreas tripuladas, as plataformas baseadas em VANTs tem menor custo operacional e permitem aplicações em altitudes mais baixas que podem ser mais convenientemente adaptados às pequenas e complexas áreas plantadas, como proximidade de matas, recursos hídricos e terrenos acidentados (Xiongkui, et al., 2018; Sarri et al., 2019).

Os Veículos aéreos não tripulados são aeronaves que voam sem um operador humano a bordo e foram primeiramente desenvolvidos para aplicações militares. Mas à medida que suas capacidades se expandiram, os VANTs foram empregados em diversos campos civis (Muchiri e Kimathi, 2016).

Além disso, a baixa taxa de voo sem carga e menos tripulação reduzem as despesas de operações e administração (Xiongkui, et al., 2017), possuem curto raio de viragem devido a pairar e virar flexivelmente no ar, que são adequados para trabalhar em terrenos acidentados e pequenas parcelas com alta eficiência (Qin, et al., 2016).

Por se tratar de uma tecnologia com potencial bastante elevado e diversificado, a utilização de VANTs na agropecuária e na silvicultura tem evoluído constantemente e novas aplicabilidades tem surgido a cada ano. Algumas técnicas como as análises bibliométrica e cientométrica, têm sido empregadas para se conhecer os temas das pesquisas realizadas, bem como a transformação ou desenvolvimento das aplicabilidades sobre os mais variados temas. No entanto, a bibliografia acadêmica ainda carece de uma

análise bibliométrica aprofundada das publicações sobre veículos aéreos não tripulados (Kotsemir, 2019).

Na literatura, o termo “bibliometria” foi definido como “a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros e outras mídias de comunicação”, e desde então, tem sido uma ferramenta eficaz para analisar as tendências de pesquisa de vários campos de estudo (Zhang et al., 2017). Enquanto isso, a “Cientometria” é definida como o estudo quantitativo da ciência, comunicação em ciência e política da ciência e inclui a medição do impacto da pesquisa, investiga o impacto de instituições e periódicos em um determinado campo de pesquisa e fornece uma compreensão mais profunda das citações científicas (Martinez et al., 2019).

Utilizando essas duas técnicas complementares, foi possível identificar neste artigo os autores, as revistas, os países e suas conexões em pesquisas publicadas que abordaram a utilização dos VANTs no cenário agrícola.

Nesse contexto, este artigo teve como objetivo fornecer uma visão geral estatística dos estudos da utilização de VANTs na agropecuária e na silvicultura por análise bibliométrica para revelar os padrões subjacentes nos resultados científicos, distribuição geográfica e descrição geral dos desenvolvimentos nesse campo de pesquisa.

O método empregado neste artigo foi a bibliometria, técnica que avalia produções científicas pertinentes a um assunto. De acordo com Café e Bräscher (2008), a bibliometria pode ser entendida como um método que agrega leis e princípios estatísticos cujo foco é o mapeamento de produtividade científica que envolve periódicos e autores. As principais leis que regem a bibliometria são Lei de Bradford, que relaciona a produtividade de periódicos; a Lei de Lotka, cujo foco é a produtividade de autores no âmbito científico; e a Lei de Zipf, que estipula a frequência de determinadas palavras, escolhidas pelo pesquisador (ARAUJO, 2006).

A revisão bibliométrica foi escolhida por ser um método planejado, e que possibilita coletar, selecionar e analisar criticamente os estudos. As fontes de um estudo de bibliometria são, portanto, artigos provenientes de estudos originais disponíveis em um banco de dados.

2-MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados *Scopus* foi consultada para a pesquisa bibliométrica por ser a principal fonte para a avaliação da produção científica do mundo por ter uma rede de cobertura multidisciplinar e internacional. Justifica-se a escolha da base de dados *Scopus* por ser mais completa que outras bases de dados, por exemplo, a *Web of Science*. A base de dados *Scopus* apresenta um sistema objetivo para identificadores exclusivos de autor nem indicadores de organização das informações pesquisadas, funcionalidade que não é oferecida pela base de dados *Web of Science* (Kotsemir e Shashnov, 2017; Vieira e Gomes, 2009).

O dicionário de sinônimos *thesaurus* foi consultado para verificar os sinônimos utilizados para se referir ao principal termo da pesquisa, os veículos aéreos não tripulados e os outros termos utilizados, assim como abreviações para estes termos sendo a coleta de dados realizada em fevereiro de 2022. Neste sentido, foram realizadas buscas dos termos nos títulos dos artigos, nos resumos e nas palavras-chave.

Os termos utilizados nas bases de pesquisas foram: *Unmanned Aerial Vehicle*, *Unmanned Aircraft System*, *Remotely Piloted Aircraft* e *Drone*. Com intuito de restringir a pesquisa a termos relacionados a agricultura, utilizou-se os termos *Agriculture*, *Agricultural Engineering*, *Crops*, *Farm and Tillage*; e por fim os termos *Pesticides* e *Fertilizers*, restringindo às publicações relativas aos estudos com defensivos e fertilizantes agrícolas. Um levantamento preliminar foi realizado sem restringir o período de investigação, observou-se que a partir de 2012 houve um aumento considerável nas publicações relativas ao tema, sendo assim, definiu-se o período de investigação entre os anos de 2012 e 2022.

Os operadores booleanos *OR* e *AND* foram utilizados para direcionar e restringir a pesquisa na base de dados ao tema de interesse. Assim, inseriu-se o código de pesquisa: (*TITLE-ABS-KEY* ("unmanned aerial vehicle") *OR* *TITLE-ABS-KEY* ("remotely piloted aircraft") *OR* *TITLE-ABS-KEY* ("UAV") *OR* *TITLE-ABS-KEY* ("RPA") *OR* *TITLE-ABS-KEY* (drone) *AND* *TITLE-ABS-KEY* (agricult*) *OR* *TITLE-ABS-KEY* ("agricultural engineering") *OR* *TITLE-ABS-KEY* (crops) *OR* *TITLE-ABS-KEY* (tillage) *OR* *TITLE-ABS-KEY* (farm*) *AND* *TITLE-ABS-KEY* (pest*) *OR* *TITLE-ABS-KEY* (fertilizers))

A fundamentação da análise bibliométrica apresenta a seguinte sequência lógica: recuperação dos dados, extração da rede de dados, inormalização e visualização e análise dos mapas temático e de conexões. Tal sequência foi utilizada na pesquisa na base *Scopus* para o pré-processamento dos dados e 749 documentos foram encontrados.

O *software* bibliométrico *VOSviewer* (<https://www.vosviewer.com/>) foi utilizado na análise com objetivo de identificar as possíveis conexões entre os dados bibliográficos (Van Eck e Waltman 2010). Os dados bibliográficos foram exportados da base de dados *Scopus*, em seguida foi realizado uma classificação de relevância dos termos encontrados no pré-processamento e analisou-se os grupos relacionados ao domínio de investigação das publicações (Waltman, Van Eck e Noyons 2010).

O *software* *VOSviewer*, organiza os dados bibliométrica em função das indicações e limitantes selecionadas durante o pré-processamento da rede de dados e gera mapas temáticos. Nestes, o tamanho dos rótulos circulares de um item é determinado por pesos sinápticos definimos a partir da relevância do ítem. Além disso, os grupos ou *clusters* gerados e organizados nos mapas são apresentados em diferentes cores. As linhas entre os itens representam conexões. Quanto mais forte for a conexão entre

dois itens, mais espessa é a linha utilizada para exibir a conexão no mapa temático (Van Eck e Waltman 2020).

Identificou-se os principais autores, coautores, tipos de documentos, instituições e os países de origem que são geradores de conhecimento sobre a temática de utilização de veículos aéreos não tripulados na aplicação de defensivos e fertilizantes na agricultura. Para analisar as conexões entre países e entre revistas científicas, realizou-se uma análise de coautoria; filtrando por um número mínimo de cinco documentos. Para a análise das palavras-chave, conduzimos uma análise de co-ocorrência, utilizando um número mínimo de limiar de ocorrência igual a 5 (cinco), ou seja, o número de vezes que uma palavra-chave deve estar presente no conjunto de dados a ser utilizado na análise.

Resumidamente, a sequência metodológica utilizada na análise bibliométrica foi a seguinte: análise de co-ocorrência de palavras-chave, análise das co-autoria entre autores, co-autoria entre países e análise das citações entre revistas. Para análise e desenvolvimento desta etapa, o software VOSviewer foi utilizado. A Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia proposta.

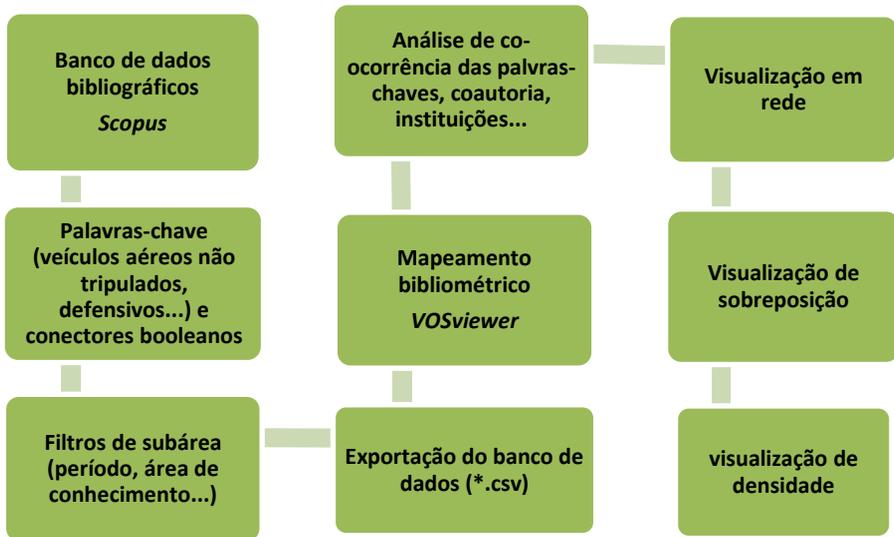


Figura 1. Fluxograma da metodologia adotada para a geração dos dados utilizados na pesquisa.

3- Resultados e Discussão

A amostra final, após as etapas metodológicas de processamento, investigação e filtragem manual, resultou em 749 publicações no período de

2012 a 2022. A média de publicações neste período foi de 68,1 por ano e desvio padrão de 71,1 documentos, a ano maior número de publicações foi 2021 com 195 documentos e 2015 foi o ano com menor número de publicações com três publicações. A partir de 2016, observa-se uma tendência de crescimento, vale ressaltar que os 20 documentos observados em 2022 se referem apenas o mês de janeiro de 2022, momento de coleta dos dados. O período de 2019 a 2022 compreende 66,9% das produções documentais realizadas no período de 10 anos de análise (Figura 2).

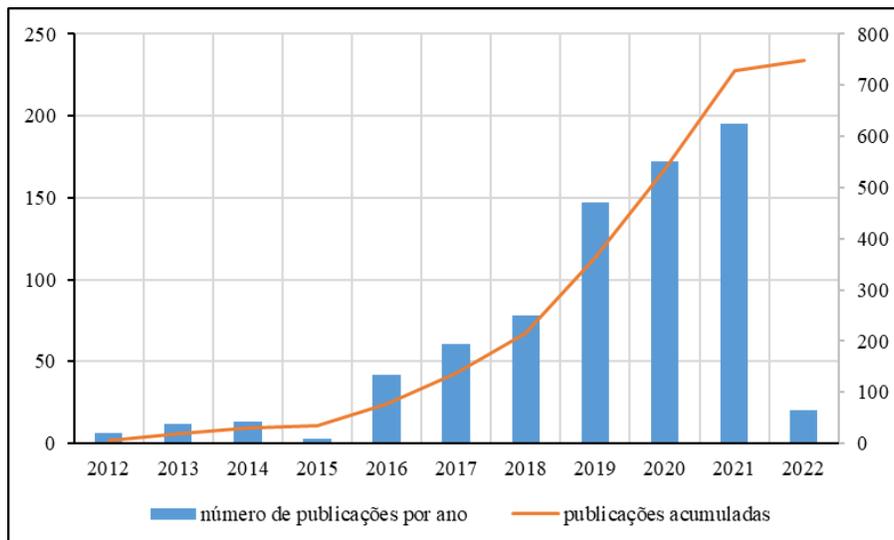


Figura 2. Representação gráfica da evolução anual das publicações.

É possível observar na escala temporal três períodos distintos. Nos primeiros quatro anos (2012 a 2015) a produção científica foi menor, inclusive com o menor registro em 2015. O segundo período, 2016 a 2018, é possível observar um aumento de 503% em relação ao primeiro período, totalizando 181 registros de publicações. Neste período, observa-se a tendência de crescimento das publicações sobre o tema. O último período, 2019 a 2022, o crescimento observado aumenta consideravelmente e comparação ao período anterior, são quase três vezes mais produções neste período, foram 534 documentos publicados neste último período.

Por meio análises bibliométricas realizadas identificou-se um incremento considerável no número de publicações de artigos científicos ao longo do período de 2016 a 2022, indicando uma tendência de crescimento para os próximos anos. Este incremento observado ao longo da série temporal analisada pode ser explicado pela crescente preocupação mundial com aplicação eficiente de defensivos e fertilizantes agrícolas, diminuição

possíveis danos ambientais, à saúde humana, além da escassez da mão de obra para trabalhos específicos (Xiangkui, 2018; Kestur et al., 2020).

Dez países concentram 85,1% dos documentos publicados, os documentos publicados sobre o tema de investigação, a China, os Estados Unidos, a Índia, o Brasil, a Alemanha, o Reino Unido, a Austrália, a Rússia, a Itália e a Espanha, totalizando 637 documentos publicados, sendo que a China e os Estados Unidos respondem por 361 destes documentos, cerca de 48,0% dos documentos publicados no período de 2012 a 2022. A média de documentos publicados por país é de 63,7 com desvio padrão de 65,8 publicações (Figura 3).

A soma total de países que publicaram artigos com o tema analisado resultou em 54, com uma média de 6,7 e desvio padrão de 13,0. Os Estados Unidos da América foi o país com maior número de artigos indexados (n=87), correspondendo a 23,9% do número total de publicações. Seguido pela Austrália com o segundo maior número (n=30), a França e o Reino Unido ambos com 24 artigos publicados cada um e o Brasil na quinta posição com um total de 20 publicações durante a série temporal analisada. Pode ser observado ainda que 21 países possuem apenas uma publicação cada.

A necessidade de aumento da produtividade agrícola entre os países que detêm a maior parte dos produtos agrícolas faz com que ocorra um maior fomento às pesquisas específicas relacionadas a diversas operações agrícolas. No caso específico da pulverização utilizando os veículos aéreos não tripulados, destacam-se China e Estados Unidos, países detentores do desenvolvimento das diversas tecnologias envolvidas com este tipo de veículo aplicador. Sott et al. (2021) discutem a importância do desenvolvimento da agricultura digital aplicada as tecnologias de aplicação de defensivos e fertilizantes agrícolas aplicados por meio de veículos aéreos não tripulados, destacando a importância da China entre o principal País fornecedor destas tecnologias.

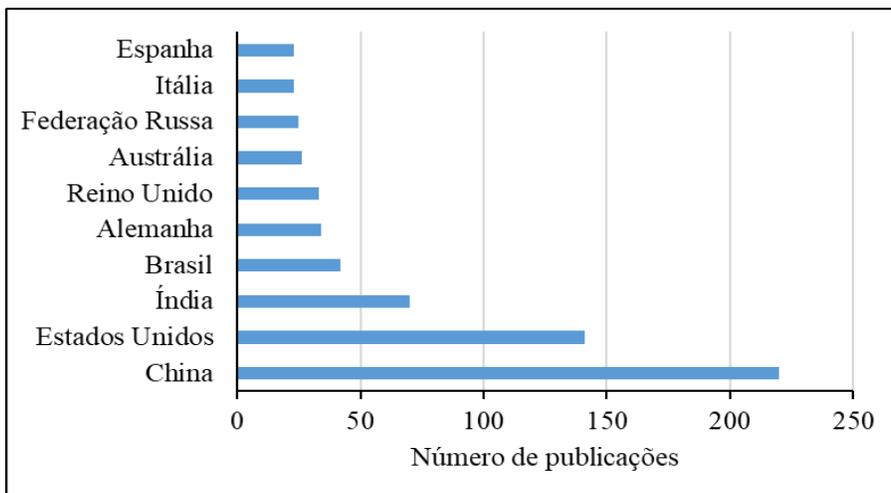


Figura 3. Representação gráfico do número de documentos publicados por País.

Um total de 163 instituições de ensino e/ou pesquisa foram identificadas. A média de documentos por instituição foi igual a 5,2 com desvio padrão 6,1. As 10 instituições que se destacam são apresentadas na Figura 4. Estas instituições detêm 11,8% do total de publicações, destaca-se a *South China Agricultural University* com um total de 35 publicações, em seguida *National Center for International Collaboration Research on Precision Agricultural Aviation Pesticides Spraying Technology* com 23 publicações.

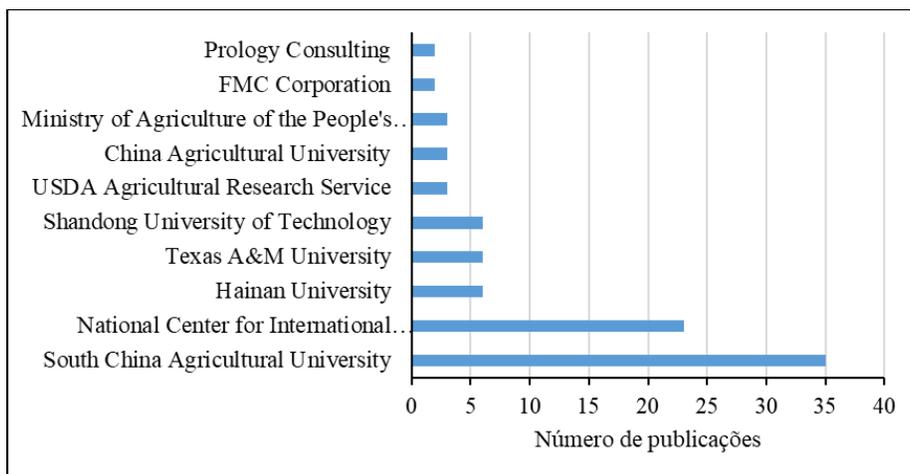


Figura 4. Instituições de ensino e/ou pesquisa que mais publicaram documentos.

Observando as Instituições de ensino e pesquisa é possível inferir os padrões e tendências de crescimento acerca de estudos que abordam a temática das tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes aplicados por meio de veículos aéreos não tripulados. Outro importante destaque é dado ao avanço científico e tecnológico que ocorreu em consonância com o surgimento de termos e ferramentas, em especial com a sustentabilidade das operações agrícolas.

Há uma evidente existência de lacunas do conhecimento científico acerca do tema em países em desenvolvimento, destaca-se o Brasil, em função do potencial agrícola apresentada. É imperioso a necessidade de investimento global, tanto no processo de pesquisas como no disseminação do conhecimento obtidos e desenvolvimento sobre os veículos aéreos não tripulados na agricultura (Rodrigues et al, 2021).

A Figura 5 apresenta a concentração percentual das publicações por área de conhecimento. A área de Ciências Agrárias e Biológicas concentra 34% das publicações, seguido pela área de Engenharias, ambas somam praticamente dois terços das publicações por área. O fato é explicado pelo grande potencial das áreas, a área de Engenharia é responsável pelo desenvolvimento das ferramentas e a área de ciências agrárias e biológicas possui um grande gama de soluções possíveis para melhoria do potencial produtivo (Li et al., 2021).

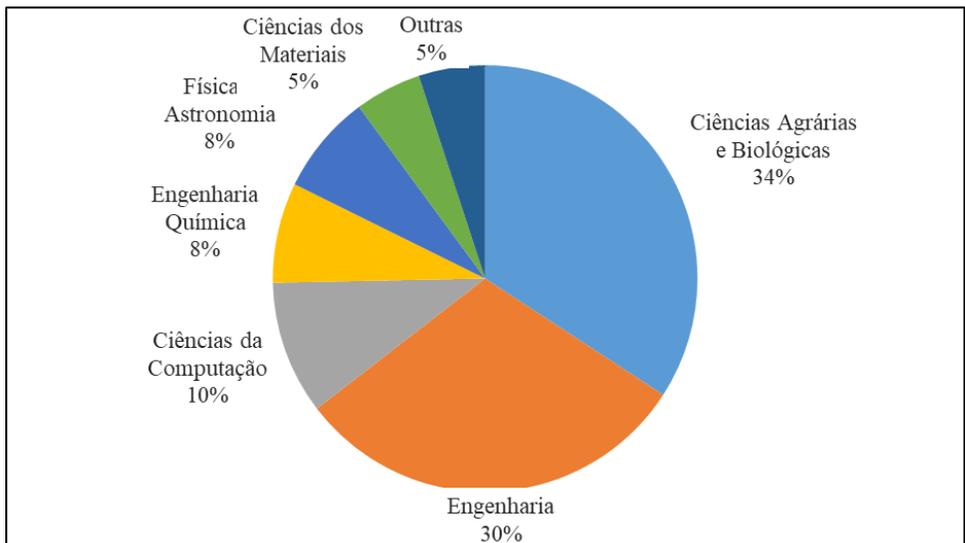


Figura 5. Representação gráfica da distribuição percentual dos documentos. Os 10 autores mais produtivos publicaram 97 documentos entre os anos de 2012 e 2022 (Figura 6), sendo o mais produtivo o autor Lan Y. com 40

publicações, o segundo Chen S. com 12 publicações, seguido de Wang G. com oito documentos publicados.

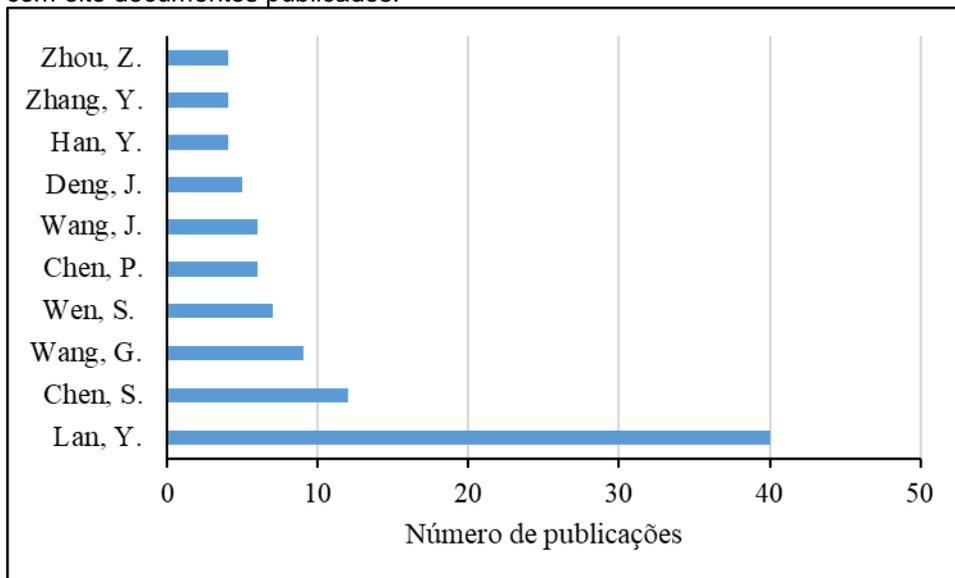


Figura 6. Quantidade de documentos publicados pelos 10 autores mais produtivos.

As palavras-chave são utilizadas para direcionar os principais assuntos abordados em um estudo e representam de forma direta o conteúdo das publicações. A partir do software *VOSviewer* foi criado um mapa capaz de demonstrar a relação entre os domínios encontrados nos artigos analisados. O tamanho dos círculos gerados é proporcional ao número de registros nas quais as palavras-chave foram mencionadas, enquanto que a distância entre as esferas indica o quão forte (menor distância) estas estão relacionadas (Figura 7).

Observa-se dois grupos (*clusters*) de citações de palavras-chave, o primeiro grupo (verde), a palavra dominante é *unmanned aerial vehicles (uav)*, a qual tem uma forte relação com as palavras *antenas*, *agriculture* e *spray nozzles*, o segundo grupo (rosa), destaca-se as palavras *drops*, *deposition* e *pesticides*.

Novas tecnologias foram incorporadas aos veículos aéreos não tripulados para aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e a variabilidade das pesquisas utilizando essas inovações tornou-se mais abrangente. Além disso, pesquisas de nível básico destacaram-se quando os VANTs começaram a ser utilizados para aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes com objetivo de elucidar questões referentes às pontas de pulverização utilizadas, deposição, tamanho de gotas, densidade de gotas, ou seja, eficiência da pulverização (Nawaz et al., 2016; Chen et al., 2021)

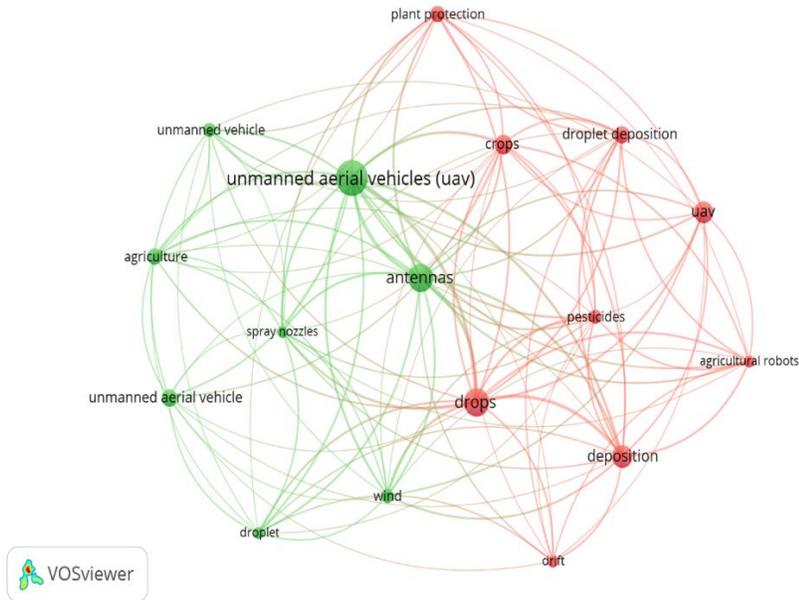


Figura 7. Rede de co-ocorrência das palavras-chave no período de 2012 a 2022.

Com o intuito de verificar a rede de conexão entre as citações dos autores, foi gerado um mapa considerando somente os que tiveram uma produção maior que 5 documentos e no mínimo 50 citações (Figura 8). O mapa criado permitiu perceber agrupamentos entre autores, sendo identificados pelas menores distâncias entre os círculos.

Os autores Huang, Li, Zhu e Chen destacam-se em um grupo, além de publicarem sobre o assunto também citam um aos outros, além de serem citados pelos outros grupos. Vale a pena ressaltar que todos são da mesma nacionalidade, todos chineses. A China é o principal País em pesquisas de desenvolvimento e aplicação de técnicas aplicadas na aplicação de defensivos e fertilizantes agrícolas aplicados por meio de veículos aéreos não tripulados (Kotsemir, 2019)

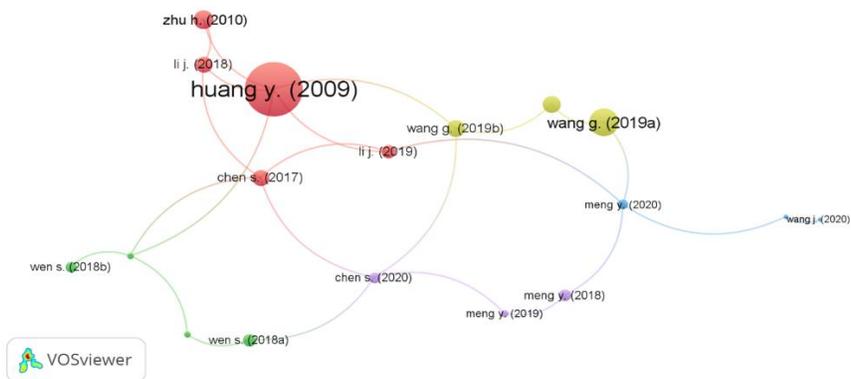


Figura 8. Rede de citações entre os autores com pelo menos 5 documento e 50 citações

Os três países que tiveram mais citações na pesquisa realizada foram China, Estados Unidos, Espanha e Austrália (Figura 9).

A China apresentou uma rede de conexões bem diversificada quanto às citações. Sua proximidade no mapa com Estados Unidos implica em forte relação de citação de trabalhos entre esses países. Em geral, Canadá, Estados Unidos, Austrália e Reino Unido apresentaram boa relação entre as citações dos artigos.

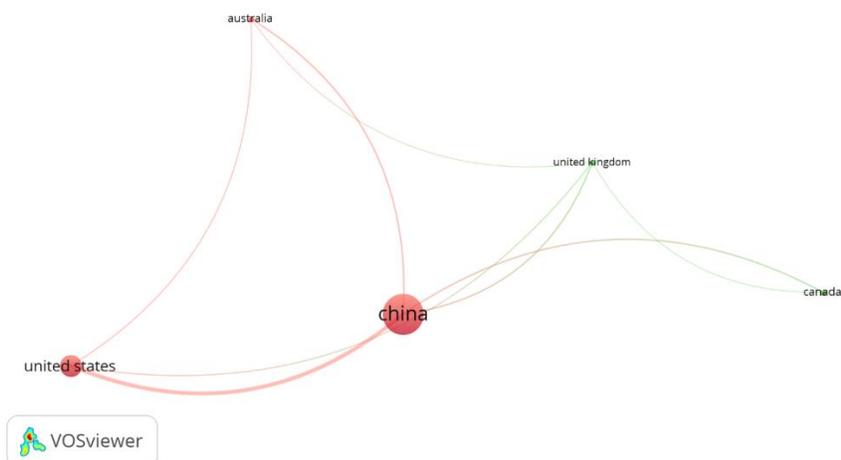


Figura 9. Rede de citações entre os países ao longo dos anos

Os cinco periódicos que mais se destacaram quanto às citações foram Remote Sensing of Environment, Computers and Electronics in Agriculture, Bioresource Technology, Precision Agriculture e Forests, conforme observado na Figura 10. Quanto maior a dimensão da esfera que representa o periódico, maior a quantidade de citações deste.

As proximidades das esferas no mapa indicou forte relação de citação de trabalhos entre Computers and Electronics in Agriculture e Precision Agriculture, indicando haver convergência de estudos publicados nessas duas revistas. Ficou evidenciado também a ocorrência de 5 agrupamentos, os quais apresentaram forte conexões com outros periódicos indicados sob mesma coloração. Essa interação que ocorre entre as citações de determinadas revistas pode ser considerada uma importante informação tanto para facilitar a pesquisa de temas similares por diferentes periódicos, bem como apontar quais revistas tendem a ter melhor aceitação de trabalhos de acordo com a temática dos mesmos.

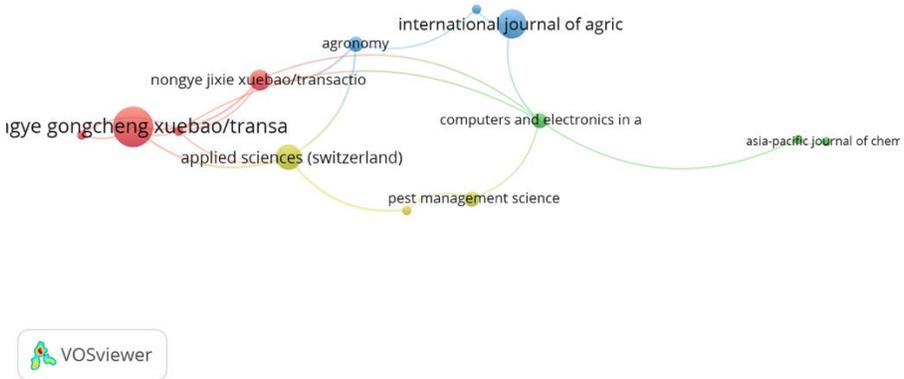


Figura 10. Rede citações entre periódicos

Por meio análises bibliométricas realizadas identificou-se um incremento considerável no número de publicações de artigos científicos ao longo do período de 2016 a 2022, indicando uma tendência de crescimento para os próximos anos. Este incremento observado ao longo da serie temporal analisada pode ser explicado pela crescente preocupação mundial com aplicação eficiente de defensivos e fertilizantes agrícolas, diminuição possíveis danos ambientais, à saúde humana, além da escassez da mão de obra para trabalhos específicos (Kestur et al., 2020; Sott et al., 2021; Wang et al., 2021; Li et al., 2021).

CONCLUSÃO

O uso de VANTs está se tornando cada vez mais frequente em aplicações relacionadas à tecnologia de aplicação de defensivos e fertilizantes agrícolas. A revolução em veículos aéreos não tripulados oferece novas oportunidades em diferentes aplicações devido à redução de riscos e menores custos envolvidos neste tipo de plataforma análise bibliométrica.

Esta pesquisa demonstrou a viabilidade de realizar o mapeamento científico utilizando o banco de dados bibliográfico *Scopus* e o *software* cientométrico *VOSviewer* em artigos científicos qualificados para fornecer informações interessantes e identificar tendências importantes.

A análise bibliométrica apresenta resultados que indicam a necessidade de investimentos em pesquisas sobre a utilização dos VANTs na aplicações de defensivos e fertilizantes agrícolas em países em desenvolvimento, destaca-se o Brasil, por ter o setor agropecuário responsável por aproximadamente 33% do produto interna bruto e ser um dos maiores produtos agrícolas do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

Muchiri, N., and Kimathi, S. (2016). A review of applications and potential applications of UAV. In *Proceedings of sustainable research and innovation conference*. 280-283.

Aditya S.N and Kulkarni, S.C. (2016). Adoption and Utilization of Drones for Advanced Precision Farming: A Review. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 4(5), 563 - 565.

Colomina, I., and Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 92, 79-97.

Zajkowski, T. J. (2003). *Unmanned aerial vehicles: Remote sensing technology for the USDA Forest Service*. US Department of Agriculture, Forest Service, Remote Sensing Applications Center

Wong, K. C. (2001). Survey of regional development: civil application. *Proceedings of the UAV Australia Conference*, pp 8–16.

Zhang, C., and Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision agriculture*, 13(6), 693-712.

Kim, J., Kim, S., Ju, C., and Son, H. I. (2019). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and

applications. *IEEE Access*, 7, 105100-105115.

KOTSEMR, Maxim. Unmanned aerial vehicles research in Scopus: an analysis and visualization of publication activity and research collaboration at the country level. *Quality & Quantity*, v. 53, n. 4, p. 2143-2173, 2019.

Zhang, H., Huang, M., Qing, X., Li, G., and Tian, C. (2017). Bibliometric analysis of global remote sensing research during 2010–2015. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 332.

Martinez, P., Al-Hussein, M., and Ahmad, R. (2019). A scientometric analysis and critical review of computer vision applications for construction. *Automation in Construction*, 107, 102947.

Kestur R., Omkar SN, Subhash S. (2020) Tecnologias de sistema aéreo não tripulado para pulverização de pesticidas. In: Chakravarthy A. (eds) *Abordagens Inovadoras de Manejo de Pragas para o Século XXI*. Springer, Singapura. <https://doi-org.ez43.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-981-15-0794-6>

Xiongkui, E. HE, Xiongkui. Rapid development of unmanned aerial vehicles (UAV) for plant protection and application technology in China. *Outlooks on Pest Management*, v. 29, n. 4, p. 162-167, 2018.

Sott, M.K.; Nascimento, L.d.S.; Foguesatto, C.R.; Furstenau, L.B.; Faccin, K.; Zawislak, P.A.; Mellado, B.; Kong, J.D.; Bragazzi, N.L. A Bibliometric Network Analysis of Recent Publications on Digital Agriculture to Depict Strategic Themes and Evolution Structure. *Sensors* 2021, 21, 7889. <https://doi.org/10.3390/s21237889>

Rodríguez, M. V.; Melgar, S.G.; Cordero, A.S.; Márquez, J.M.A. A Critical Review of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Use in Architecture and Urbanism: Scientometric and Bibliometric Analysis. *Appl. Sci.* 2021, 11, 9966. <https://doi.org/10.3390/app11219966>

Li Jiyu, Hu Xiaodan, Lan Yubin, Deng Xiaoling. Research advance on worldwide agricultural UAVs in 2001-2020 based on bibliometrics[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2021, 37(9):328-339. DOI:10.11975/j. issn.1002-6819.2021.09.037

Chen, H., Lan, Y., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., & Liu, S.. Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial

vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 14, n. 1, p. 38-49, 2021.

NAWAZ, Ahmad; FAROOQ, Muhammad. Weed management in resource conservation production systems in Pakistan. *Crop Protection*, v. 85, p. 89-103, 2016.

Wang, J., Wang, S., Zou, D., Chen, H., Zhong, R., Li, H. Social Network and Bibliometric Analysis of Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Applications from 2010 to 2021. *Remote Sensing*, v. 13, n. 15, p. 2912, 2021.

Hunter M C, Smith R G, Schipanski M E, Atwood L W, Mortensen D A. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. *Bioscience*, 2017; 67(4): 386–391

Oerke E C. Crop losses to pests. *J Agric Sci*, 2006; 144(1): 31–43

Sarri D, Martelloni L, Rimediotti M, Lisci R, Lombardo S, Vieri M. Testing a multi-rotor unmanned aerial vehicle for spray application in high slope terraced vineyard. *J Agric Eng*, 2019; 50(1): 38–47.