



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A CULTURA DA AMENDOEIRA: TENDÊNCIAS, COLABORAÇÃO E IMPACTO

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THE SCIENTIFIC PRODUCTION ON THE ALMOND TREE CULTURE: TRENDS, COLLABORATION AND IMPACT

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE EL CULTIVO DEL ALMENDRO: TENDENCIAS, COLABORACIÓN E IMPACTO

Édlen dos Santos Bonelá ^{1*}, Guilherme Smassaro Morais ², Leticia Galvão Morais ³, Rafaela Barreto Cazaroto Grobério ⁴, Edilson Romais Schmidt ⁵, Marcio Paulo Czepak ⁶ & Edney Leandro da Vitória ⁷

^{1 2 3 4 5 6 7} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

^{1*} edlen.bonela@edu.ufes.br ² guilherme.s.morais@edu.ufes.br ³ leticia.g.morais@edu.ufes.br

⁴ rafaella.cazaroto@edu.ufes.br ⁵ edilson.schmidt@ufes.br ⁶ marciocezpek@gmail.com ⁷ vitoria.edney@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 13.07.2023

Aprovado: 28.08.2023

Disponibilizado: 29.10.2023

PALAVRAS-CHAVE: Bibliometria; *Prunus dulcis*; Agricultura.

KEYWORDS: Bibliometrics; *Prunus dulcis*; Agriculture.

PALABRAS CLAVE: Bibliometría; *Prunus dulcis*; Agricultura.

*Autor Correspondente: Bonelá, E. dos S.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica abrangente da pesquisa científica sobre a cultura da amendoeira (*Prunus dulcis*) no período de 2003 a 2023, com ênfase na investigação, desenvolvimento, inovação e disseminação de tecnologias. Por meio da plataforma Scopus, foram identificados 1.160 artigos relevantes, utilizando como palavras-chave: *Prunus dulcis*; Almond; Almendro; Amêndoa; Agricult; Nutrition; Phytosanitary; Genetic; Improvement; Irrigat; Breed; Genotype; e Cultivar. O maior número de publicações é liderado pela Espanha, seguido dos Estados Unidos da América, Irã, Itália e Turquia. Esses países, que também se destacam como importantes produtores mundiais de amêndoas, estabeleceram conexões sólidas entre autores, universidades e as palavras-chave mencionadas. Conclui-se que a análise bibliométrica demonstra ser uma ferramenta quantitativa eficaz para compreender o estado da pesquisa científica relacionada à cultura da amendoeira. Além disso, essa abordagem oferece um valioso conjunto de conhecimentos e referências para pesquisadores que atuam na mesma área, servindo como base sólida para orientar futuras investigações e promover avanços neste campo em constante evolução.

ABSTRACT

This study deals with the analysis of scientific production on the cultivation of almond trees (Prunus dulcis) through bibliometric indicators. The area was chosen due to the recent introduction of the crop in Brazil, resulting in a demand for studies to map the scientific production in this field. The objective of the work was to identify, from the

Scopus database, the evolution of scientific research in the almond tree culture, bringing an overview of the scientific and technological advances made so far. The survey considered articles from the last 20 years, from 2003 to the first half of 2023. 1160 articles were found that had as main keywords: Prunus dulcis, almond, almond, agricult, almond, among others. The largest number of publications is led by Spain, followed by the United States of America, Iran, Italy and Turkey. These countries, recognized as important world producers of almonds, established a solid interaction between authors, universities and keywords. It is concluded that the bibliometric analysis is an effective quantitative tool for understanding the situation of scientific research related to the almond tree culture, providing knowledge and research references in the same area.

RESUMEN

Este estudio trata del análisis de la producción científica sobre el cultivo del almendro (Prunus dulcis) a través de indicadores bibliométricos. El área fue elegida debido a la reciente introducción del cultivo en Brasil, lo que generó una demanda de estudios para mapear la producción científica en este campo. El objetivo del trabajo fue identificar, a partir de la base de datos Scopus, la evolución de la investigación científica en el cultivo del almendro, aportando una visión general de los avances científicos y tecnológicos realizados hasta el momento. La encuesta consideró artículos de los últimos 20 años, desde 2003 hasta el primer semestre de 2023. Se encontraron 1160 artículos que tenían como palabras claves principales: Prunus dulcis, almendro, almendro, agricult, almendro, entre otras. El mayor número de publicaciones lo lidera España, seguida de Estados Unidos de América, Irán, Italia y Turquía. Estos países, reconocidos como importantes productores mundiales de almendras, establecieron una sólida interacción entre autores, universidades y palabras clave. Se concluye que el análisis bibliométrico es una herramienta cuantitativa eficaz para comprender la situación de la investigación científica relacionada con el cultivo del almendro, aportando conocimientos y referencias de investigación en el mismo ámbito.



1. INTRODUÇÃO

A cultura da amendoeira (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A Webb.) possui grande valor e importância comercial devido às qualidades nutricionais benéficas de suas nozes (Guimarães et al., 2023). Originária do Mediterrâneo, essa árvore foi uma das primeiras a ser domesticada para a produção de nozes (Hamadeh et al., 2018).

O aumento global das plantações de amêndoas tem sido impulsionado pelo crescente reconhecimento dos benefícios nutricionais dessas nozes (Míras-Avalos et al., 2023). Os Estados Unidos da América lideram a produção mundial de amêndoas, seguidos pela Espanha e Austrália, desempenhando um papel significativo nesse mercado em expansão (Canton, 2021).

A produção e comercialização de frutos desempenham papel essencial na economia, impulsionando renda e qualidade de vida das famílias na fruticultura. No Brasil, a área cultivada de frutas vem crescendo devido à modernização e gestão aprimorada das propriedades rurais, com tecnologias de baixo impacto ambiental. Essas medidas atendem às demandas do mercado consumidor (Fachinello et al., 2011).

A produção e rentabilidade da amendoeira dependem fortemente da irrigação, especialmente em regiões como o Mediterrâneo, onde há pouca chuva e alta evaporação (Vivaldi et al., 2021). Embora haja uma grande diversidade de variedades de amêndoas no Mediterrâneo, a produção atual é dominada por algumas poucas variedades comerciais (Fernandes de Oliveira et al., 2023).

No Centro Universitário Norte do Espírito Santo, localizado em São Mateus-ES (Ceunes), pesquisadores têm se dedicado à introdução do cultivo da amendoeira no país, visto não existir produção comercial no Brasil de acordo com dados do IBGE (2022) e da FAO (2021). Esse empreendimento requer uma compreensão abrangente dos estudos e pesquisas nas áreas de melhoramento genético, fitotecnia, irrigação e manejo fitossanitário.

A bibliometria, termo introduzido por Pritchard em 1969, desempenha um papel importante na análise das tendências de pesquisa em diversas áreas de estudo. É frequentemente utilizada para analisar a literatura científica sobre um tema específico, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos avanços e desenvolvimentos nesse campo (Zhang et al., 2017).

A revisão bibliométrica tem se mostrado uma ferramenta eficaz para analisar as tendências de pesquisa na área das Ciências Agrárias. Por meio dessa abordagem, é possível examinar de forma sistemática e quantitativa a produção científica relacionada a um determinado tema, identificando autores relevantes, periódicos de destaque, principais áreas de pesquisa e evolução temporal dos estudos (Moraes et al., 2023).

Estudos bibliométricos têm sido conduzidos na área de ciências agrárias, destacando sua relevância ao identificar tendências emergentes como novos temas de pesquisa ou áreas de foco em crescimento. Nascimento et al. (2022) avaliaram a cafeicultura ao longo de 20 anos



(2002-2022), enquanto Rasera et al. (2023) fizeram uma análise sobre mudanças climáticas e citricultura em um período de 30 anos (1992-2022). Revisões bibliométricas específicas foram realizadas para o abacaxizeiro por Villalobos et al. (2023) e para a mangueira por Tirado-Kulieva et al. (2022). No entanto, não foram encontrados estudos bibliométricos na cultura da amendoeira, indicando uma oportunidade para futuras pesquisas explorarem essa área.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi identificar, a partir do banco de dados Scopus, a evolução das pesquisas científicas na cultura da amendoeira no período de 2003 a 2023, com foco na pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologias.

2. METODOLOGIA

A pesquisa bibliométrica adotou como fonte de dados a plataforma Scopus, por permitir uma busca mais completa e exclusiva por autor como constatado por Moraes et al. (2023). Por ter como objetivo a reunião das pesquisas já realizadas com a amendoeira (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A Webb.) na área das ciências agrárias e biológicas, o uso do Scopus permitiu um melhor refinamento das informações obtidas, bem como sua organização, visto que é a principal fonte de avaliação da produção científica mundial (Moraes et al., 2023).

Os termos usados na pesquisa foram filtrados até que fosse possível garantir a reunião de uma coletânea de informações sobre *Prunus dulcis* que contemplassem as áreas de interesse do trabalho, sendo assim, as palavras usadas foram: *Prunus dulcis*; Almond; Almendro; Amêndoa; Agricult; Nutrition; Phytosanitary; Genetic; Improvement; Irrigat; Breed; Genotype; e Cultivar. Essas foram dispostas de acordo com a ordem dos operadores booleanos “AND” e “OR”. Além disso, houve também uma limitação dos resultados a subárea “Agro” e a opção “EXACTKEYWORD” foi acionada, esta torna obrigatória a presença do termo “*Prunus dulcis*”, ambos por meio do código AND (LIMIT-TO [SUBAREA, “AGRI”]) AND (LIMIT-TO [EXACTKEYWORD, “*Prunus Dulcis*”]), assim como o ano de publicação, que foi restringido a um período maior que 2002 e menor que 2024, ou seja, 2003 a 2023.

Considerando que a coleta das informações foi feita no mês de julho de 2023, a pesquisa ainda foi capaz de abranger as publicações do primeiro semestre de 2023.

Desse modo, a partir dos fundamentos da pesquisa bibliométrica admitiu-se como base a sequência lógica: obtenção de dados; extração dos dados; organização; visualização; e análise dos gráficos gerados. Para a identificação e organização dos dados obtidos foi usado o *software* Bibliométrico VOSviewer (VOSviewer, 2023). Este *software* é capaz de organizar os dados fornecidos de acordo com possíveis conexões que possam existir, assim os dados obtidos a partir do Scopus foram transferidos para o VOSviewer, onde foi feito um ranqueamento dos termos conforme a seleção anterior e a partir dos *clusters* gerados pelo *software* foram realizadas análises. Também foram gerados gráficos e mapas organizacionais de acordo com as conexões identificadas.

A partir das informações reunidas foi realizada a interpretação dessas. Os mapas gerados pelo VOSviewer apresentam esferas que podem ter tamanhos diferentes, quanto maior a esfera mais relevância o item possui dentro do tema analisado. Além disso, a variação das cores



nesses mapas indica a qual item eles pertencem, bem como a presença de linhas que indicam as conexões entre os itens, onde a espessura das linhas aponta o quão forte a conexão é, quanto mais grossa maior a conexão. Outro aspecto analisado nos mapas é a distância entre os itens, que aponta a proximidade que existe entre os periódicos em relação a cocitação.

Dessa forma, os mapas e gráficos gerados e analisados a partir do VOSviewer referiam-se às seguintes informações dentro do período de 20 anos (2003-2023): tendências nas publicações científicas; colaboração e coautoria entre países; colaboração e coautoria entre instituições; produções científicas de maior relevância; contribuição científica e colaboração entre autores; e rede de conexão entre palavras. As análises de conexão entre países e de autores foram feitas por coautoria, enquanto as análises de palavras-chave foram feitas por coocorrência, com número mínimo de limiar de ocorrência igual a 10 e 50 (Figura 1).

Figura 1. Resumo esquemático da metodologia utilizada.



Fonte: Autores (2023).

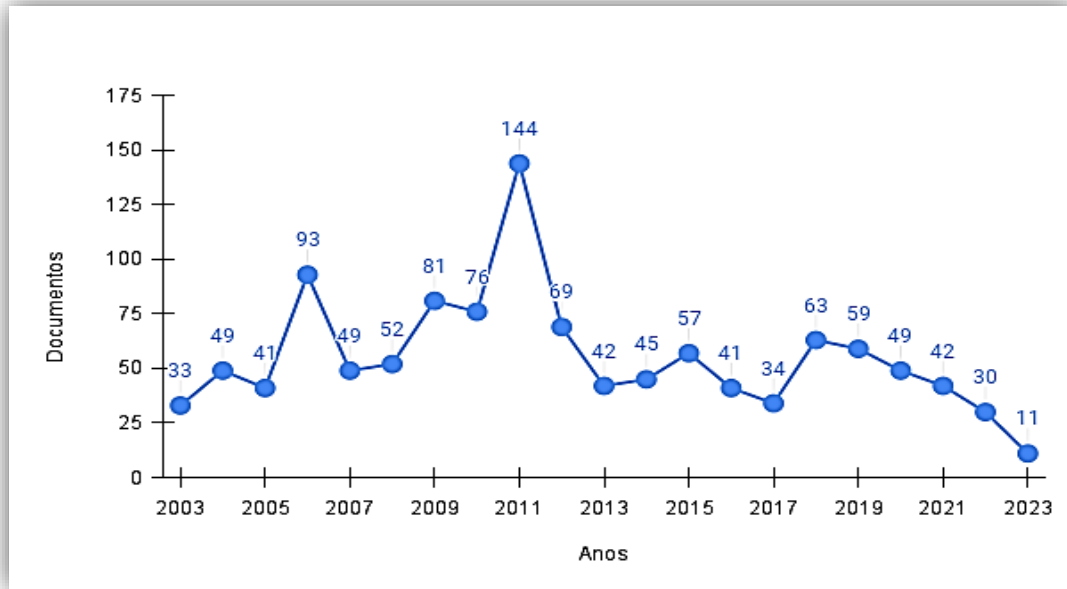
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TENDÊNCIAS NAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

A análise bibliométrica revelou um total de 1.160 artigos que abordam a evolução das pesquisas científicas sobre a cultura da amendoeira no período de 2003 ao primeiro semestre de 2023, com uma média de 87,6 publicações por período (Figura 2). Observa-se que o número de pesquisas no ramo caiu nos últimos anos, chegando a 30 em 2022.



Figura 2. Evolução do Número de Publicações sobre pesquisas científicas sobre *Prunus dulcis* em 20 anos.



Fonte: Autores (2023).

A primeira publicação na base de dados do periódico, no período selecionado de 20 anos, foi realizada por Channuntapipat et al. (2003), que trabalha na área de cultivo *in vitro* pela The University of Adelaide (Austrália). O documento, que tem como título “Changes in methylation and structure of DNA from almond tissues during *in vitro* culture and cryopreservation”, aborda a criopreservação como método de armazenamento a longo prazo de germoplasma de amêndoa, considerando que alterações na metilação e estrutura do DNA precisam ser monitoradas em plantas regeneradas.

O último documento foi publicado pelo autor Mirás-Avalos et al. (2023) do Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (Espanha), intitulado “Quantitative analysis of almond yield response to irrigation regimes in Mediterranean Spain”. O artigo analisa, quantitativamente, a resposta agrônômica das plantações de amêndoas adultas cultivadas na Espanha sob diferentes níveis de stress hídrico, a partir de um banco de dados composto por estudos previamente realizados e publicados. A irrigação é amplamente estudada na Espanha, uma vez que a água é o principal fator limitante de produção em determinadas áreas. A maioria (92,2%) dos pomares espanhóis de amendoeirais não são irrigados, resultando em produtividades muito baixas (Gradziel et al., 2017).

Em 2011, comparado a outros anos, houve um notável aumento nas publicações científicas relacionadas à cultura da amendoeira, sendo um período marcado por uma diversidade de tópicos de pesquisa. Estudos investigaram a influência da matriz genética na caracterização morfológica de cultivares tradicionais de amêndoa, destacando a importância da diversidade genética na descoberta de materiais potenciais para o melhoramento da cultura e desenvolvimento de porta-enxertos. Nikoumanesh et al. (2011), por exemplo, investigaram a variabilidade de um programa de melhoramento genético de porta-enxertos, a diversidade genética e as relações entre 55 genótipos de amêndoas iranianas e sete espécies relacionadas de *Prunus*, por meio de análises morfológicas e moleculares. Os autores identificaram materiais vegetais valiosos para o melhoramento de porta-enxertos de amendoeira na coleção estudada.



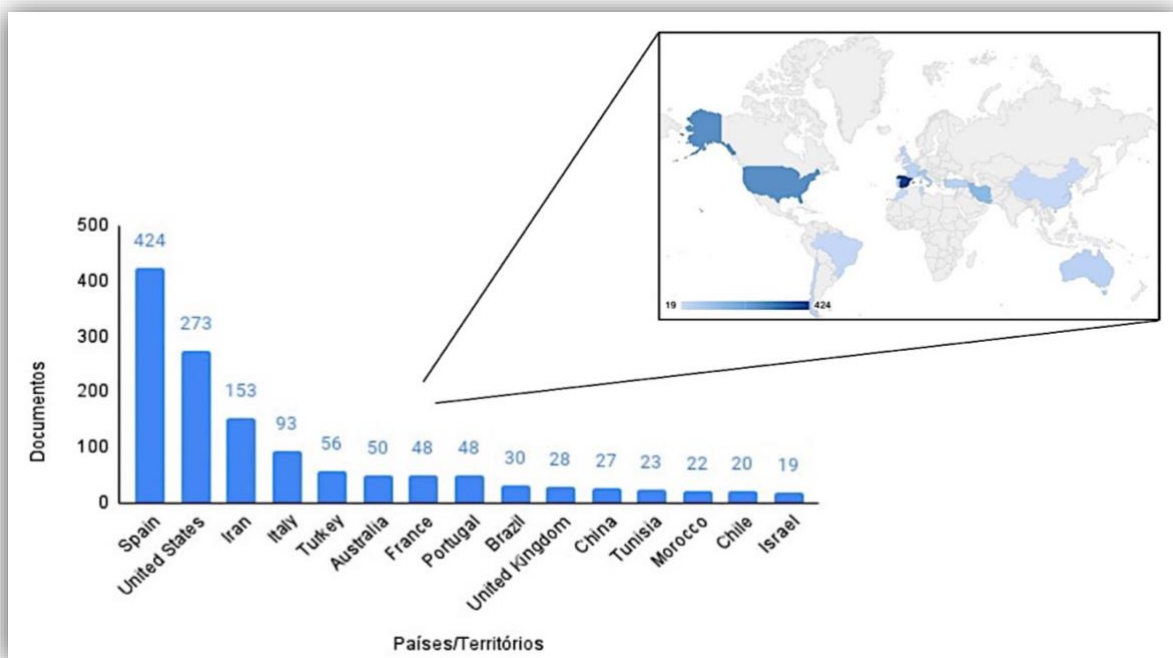
O estresse hídrico e o manejo do solo também foram amplamente abordados. Diversos estudos investigaram a resposta de diferentes genótipos de amêndoas ao estresse hídrico, buscando identificar variedades resistentes à seca para melhorar a produção em condições adversas. Simultaneamente, estudos sobre as respostas do solo a diferentes práticas de manejo foram conduzidos, a exemplo do trabalho de Ramos et al. (2011), que examina o efeito de diferentes sistemas de manejo nas propriedades físicas, químicas e bioquímicas do solo de pomares de amendoeiras de sequeiro no sudeste da Espanha.

A autoincompatibilidade, tema comum quando se trata de amendoeiras, também foi muito abordada nesse período. Sharafi et al. (2011) identificaram padrões de alelos S em 25 genótipos de amêndoas obtidos em diferentes regiões geográficas do Leste do Azarbaijão, Irã. Kodad et al. (2011), em estudo sobre a expressão de autoincompatibilidade, afirma que a presença de cultivares possuindo um alelo Sf ativo indica que o gene Sf pode não ser a fonte exclusiva de autocompatibilidade em amêndoas e que, provavelmente, uma alteração a montante da sequência codificadora ou de alguns genes modificadores deve contribuir para sua expressão.

3.2 COLABORAÇÃO E COAUTORIA ENTRE PAÍSES

A Figura 3 mostra os 15 países ou territórios que mais publicaram entre os anos de 2003 a 2023, com destaque para Espanha (424 documentos), Estados Unidos (273 documentos), Irã (153 documentos), Itália (93 documentos) e Turquia (56 documentos).

Figura 3. Ranking dos 15 países ou territórios que mais publicaram no período de 2003 a 2023.



Fonte: Autores (2023).



A liderança nesses países no *ranking* de produções científicas é justificável, uma vez que também têm importante contribuição na produção e área plantada. Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), durante a última década, registrou-se um aumento notável na produção mundial de amêndoas, atingindo 3.993.998 toneladas em 2021 (FAO, 2023).

Entre os anos de 2003 a 2021 os Estados Unidos e a Espanha foram os dois maiores produtores mundiais de amêndoas. Essa posição se mantém, segundo o senso de 2021 da FAO, no qual os Estados Unidos ocupam o primeiro lugar em produção, seguido da Espanha, Austrália, Síria, Turquia e Marrocos.

No *ranking*, o Brasil aparece em 9º lugar, com 30 artigos publicados. Dentre os 30, não foram encontrados trabalhos que tratam estritamente do cultivo de amendoeiras no Brasil. Grande parte dos artigos fazem comparações entre algumas castanhas encontradas no país (como macadâmia [*Macadamia integrifolia*] e baru [*Dipteryx alata*]) e citam “*Prunus dulcis*”, enquanto outros são parcerias de autores brasileiros com autores de outras instituições.

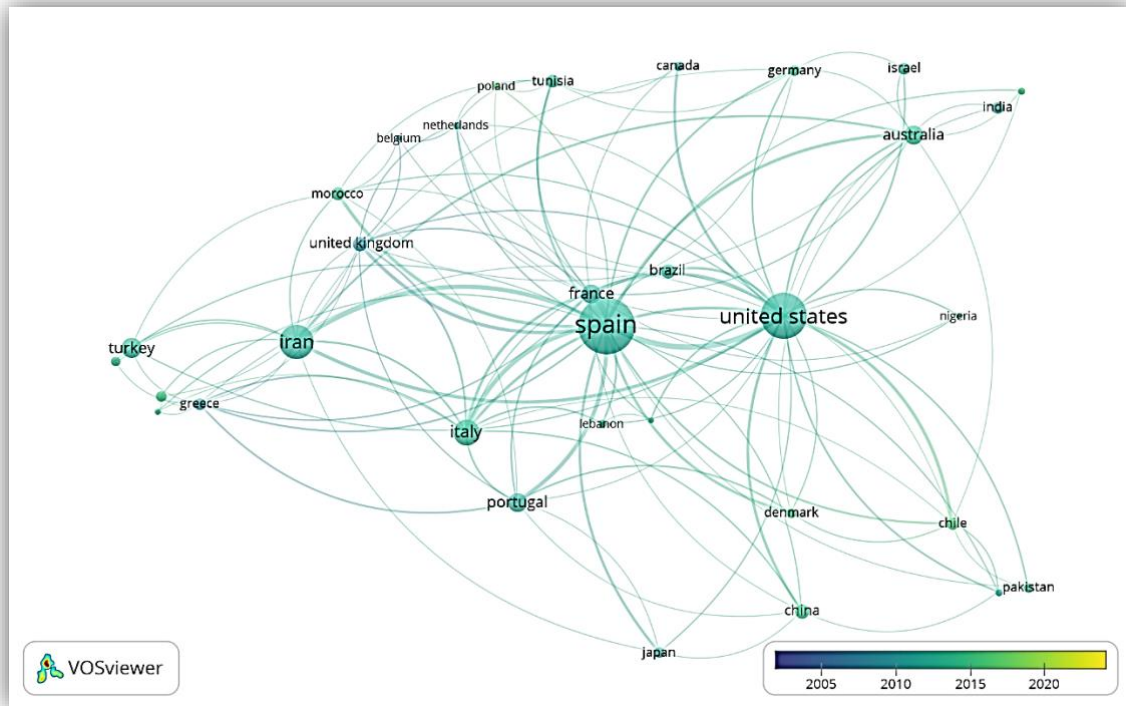
A análise de coautoria entre países (Figura 4) revela que os países que se destacam são aqueles com uma produção significativa de amêndoas e, conseqüentemente, uma forte presença nas publicações científicas. Entre esses países estão a Espanha, Estados Unidos, Irã, Itália e Austrália. Dessa forma, percebe-se que a produção expressiva de amêndoas nesses países pode ser um estímulo para a realização de estudos científicos abrangentes e de alta qualidade nessa área.

Nascimento (2022), em análise bibliométrica sobre o setor cafeeiro, verificou que o Brasil, Estados Unidos e França se destacam em números de publicações e citações. Segundo os autores, o destaque para os dois primeiros países se deve ao fato de que o Brasil é o maior exportador de café do mundo e os Estados Unidos um dos maiores importadores mundiais do grão, enquanto a França pertence ao grupo de importadores da via de comércio mundial de café. Assim, verifica-se a tendência existente entre a produtividade e sua relação com número de publicações, bem como o interesse na realização de pesquisas na área.

Pesquisando o termo “*Oryza sativa*” na plataforma Scopus, limitando os resultados ao período de 2003 a 2023, verifica-se que a China e a Índia são destaques em produções científicas no período. Segundo a FAO (2021), a China e a Índia ocupam o primeiro e segundo lugar, respectivamente, em produção de arroz, de acordo com o censo de 2021. O que corrobora com o fato de que os maiores interessados nas pesquisas sobre determinada cultura são, de fato, os que mais consomem ou produzem.



Figura 4. Rede de contribuição entre países durante os anos de 2003 a 2023.



Fonte: BJPE (2023).

Existem nos Estados Unidos, especialmente no estado da Califórnia, vários centros de pesquisa voltados à cultura da amêndoa, incluindo universidades e instituições agrícolas. Alguns exemplos incluem o University of California Cooperative Extension (UCCE), o Kearney Agricultural Research and Extension Center (KARE) e o Almond Board of California (ABC). Esses centros de pesquisa trabalham em estreita colaboração com os produtores para realizar estudos científicos e lidar com os desafios da cultura. De acordo com Chatterjee et al. (2019), no caso da UCCE, existem cerca de 1 mil conselheiros localizados em vários escritórios do condado e pesquisadores nos *campi* da Universidade da Califórnia em Berkeley, Davis e Riverside. Os orientadores e pesquisadores da instituição são envolvidos na criação de conhecimento na pesquisa básica e aplicada, bem como na divulgação para agricultores e pecuaristas.

O Conselho de Amêndoas da Califórnia (ABC) desempenha um papel crucial no mercado da amêndoa, com funções que incluem o financiamento da produção, pesquisa técnica e de mercado, publicidade e promoção de amêndoas, coleta e divulgação de dados, estimativas de safra e hectares plantados. Através do apoio da pesquisa de produção financiada pela ABC e do UCCE, os produtores têm obtido resultados positivos, aumentando os rendimentos e mantendo os preços atrativos para expandir as vendas (Socias i Company; Gradziel, 2017).

O ABC também teve participação na divulgação de informações de saúde apoiadas por pesquisas sobre amêndoas, fazendo com que houvesse um aumento da demanda impulsionado pelos benefícios para a saúde dessas nozes (Socias i Company; Gradziel, 2017).

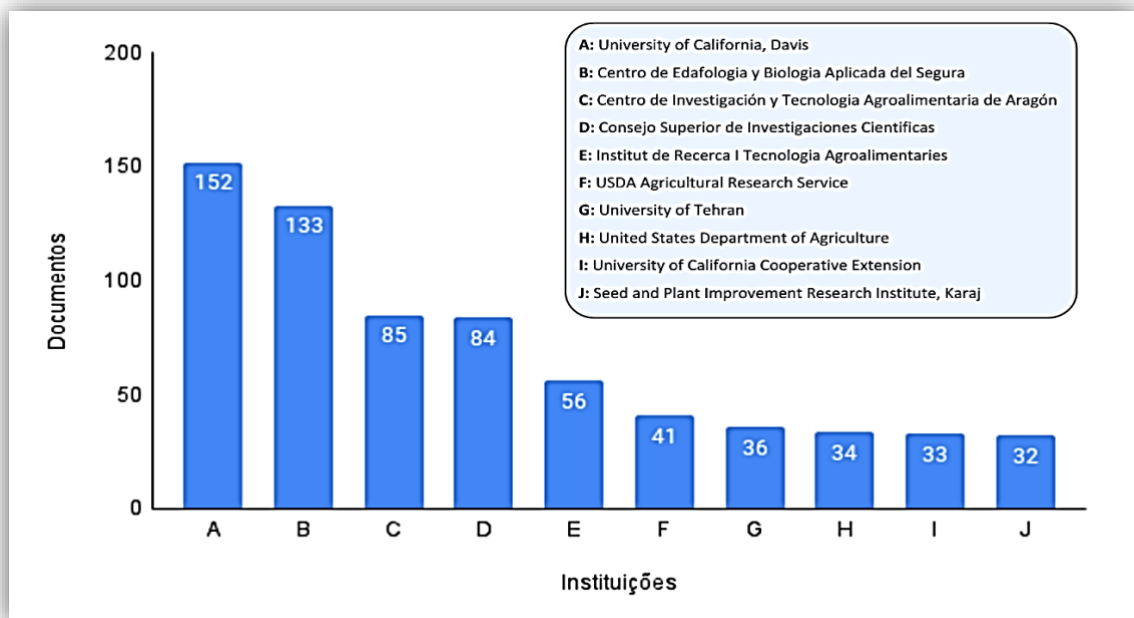


Essa parceria entre o conselho e produtores tem sido fundamental para o avanço da cultura, permitindo que os produtores tenham acesso às melhores tecnologias e práticas agrícolas, resultando em um setor mais produtivo e competitivo.

3.3 COLABORAÇÃO E COAUTORIA ENTRE INSTITUIÇÕES

A Figura 5 apresenta o *ranking* das dez instituições que mais publicaram durante o período de 2003 a 2023, totalizando 686 documentos. Essas instituições, listadas de A a J, contribuíram com 59,14% das publicações nesse período, enquanto outras 150 instituições não listadas foram responsáveis por 40,86% das publicações. Esses dados evidenciam o papel significativo das instituições listadas na produção científica sobre amendoeiras, destacando-as como líderes na área de pesquisa.

Figura 5. *Ranking* das 10 Instituições que mais publicaram no período de 2003 a 2023.



Fonte: Autores (2023).

A presença no *ranking* indica que essas instituições possuem recursos, especialistas e infraestrutura adequados para impulsionar a pesquisa e contribuir com avanços significativos no conhecimento sobre a cultura da amêndoa. A liderança na produção científica sugere que essas instituições são referências e têm um impacto significativo no campo, sendo reconhecidas pela comunidade acadêmica e pelos pesquisadores como fontes confiáveis de informações e contribuições relevantes no estudo das amendoeiras.

A University of California (Davis) é a primeira colocada no *ranking*, contando com 152 documentos publicados, o que representa cerca de 13% do total, seguida pelo Centro de Edafologia y Biología Aplicada del Segura com 11,5% e Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón com 7,3%.

A University of California, localizada nos Estados Unidos, abriga diversos departamentos e centros de pesquisa agrícola. O Departamento de Horticultura e o Departamento de Ciência dos Alimentos e Tecnologia de UC Davis têm programas e pesquisas relacionados à cultura da



amêndoa. Segundo a base de dados da Scopus (2023), a Universidade conta com 42.836 documentos publicados na área de Ciências Agrárias e Biológicas, o que corresponde a 12,6% de suas contribuições totais na plataforma, ficando atrás apenas do número de publicações na área de Medicina (Scopus, 2023).

O Centro de Edafologia y Biología Aplicada del Segura, localizado na Espanha, possui publicações em diversas áreas, sendo a área de Ciências Agrárias e Biológicas a principal. Na base de dados da Scopus (Scopus, 2023) conta com 3.521 documentos publicados, o que corresponde a 42,2% do número total de publicações. Também na Espanha, o Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón possui o seu maior número de publicações na área de Ciências Agrárias e Biológicas, o que corresponde a 39,3%, com 1.673 documentos publicados (Scopus, 2023).

Dentre as instituições de pesquisa, o destaque dos Estados Unidos e da Espanha está associado a vários fatores. Ambos os países possuem uma produção significativa de amêndoas e uma longa tradição na cultura. Isso resultou na concentração de conhecimentos, recursos e experiência nessas regiões, o que, por sua vez, estimula o desenvolvimento de instituições de pesquisa líderes. Além disso, a colaboração ativa entre pesquisadores contribui para o avanço do conhecimento e a produção científica na área.

3.4 PRODUÇÕES CIENTÍFICAS DE MAIOR RELEVÂNCIA

No Quadro 1 estão dispostos os 10 documentos mais citados no período de 2003 a 2023.

Quadro 1. Ranking dos 10 artigos mais citados no período de 2003 a 2023.

Título do documento	Autores	Ano	Fonte	NC ⁽¹⁾
Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production	Ververis, C., et al.	2004	Industrial Crops and Products	527
Genetic stability of micropropagated almond plantlets, as assessed by RAPD and ISSR markers	Martins, M., et al.	2004	Industrial Crops and Products	284
Synergistic effects of non- <i>Apis</i> bees and honey bees for pollination services	Brittain, C., et al.	2013	Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	284
Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds	Milbury, P. E. et al.	2006	Journal of Agricultural and Food Chemistry	239
Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties	Lobell, D. B., et al.	2006	Agricultural and Forest Meteorology	229
A set of simple-sequence repeat (SSR) markers covering the Prunus genome	Aranzana, M.J., et al.	2003	Theoretical and Applied Genetics	217
<i>Xylella fastidiosa</i> subspecies: <i>X. fastidiosa</i> subsp. piercei, subsp. nov., <i>X. fastidiosa</i> subsp. multiplex subsp. nov., and <i>X. fastidiosa</i> subsp. pauca subsp. nov.	Schaad, N.W., et al.	2004	Systematic and Applied Microbiology	215
An international outbreak of salmonellosis associated with raw almonds contaminated with a rare phage type of <i>Salmonella enteritidis</i>	Isaacs, S., et al.	2005	Journal of Food Protection	2013
A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients	Yada, S., et al.	2011	Journal of Food Composition and Analysis,	201
Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of Almond skin extracts	Harrison, K., Were, L. M.	2007	Food Chemistry	181

⁽¹⁾ NC: Número de citações.



O primeiro artigo em destaque é de Ververis et al. (2004), que aborda dimensões das fibras e o teor de lignina e celulose de várias plantas não lenhosas altamente produtivas, bem como resíduos agrícolas examinados para avaliar sua adequação para a produção de papel. Verificou-se que a oliveira (*Olea europea* L.) e a amendoeira (*Prunus dulcis* L.) apresentaram fibras relativamente curtas e grossas, produzindo os piores valores derivados entre todas as espécies examinadas.

O segundo artigo, que tem autoria de Martins et al. (2004), estuda a estabilidade genética dos brotos de amendoeira produzidos por ramificação axilar, avaliada por análise de DNA polimórfico. Os resultados indicam que as condições de cultivo são apropriadas para a propagação clonal de amendoeiras.

A publicação mais recente dentre as dez é de Brittain et al. (2013), que explora a eficácia da polinização das abelhas melíferas em pomares com comunidades de abelhas simples (apenas abelhas melíferas) e diversas (abelhas não *Apis* presentes). Os experimentos de campo mostraram que o aumento da diversidade de polinizadores pode aumentar sinergicamente o serviço de polinização, através de interações de espécies que alteram o comportamento e a qualidade funcional resultante de uma espécie polinizadora dominante.

Milbury et al. (2006) determinaram fenóis totais, flavonoides e ácidos fenólicos em cascas e grãos de amêndoas da Califórnia entre as principais variedades. Esses dados podem levar a uma melhor compreensão dos mecanismos de ação subjacentes à relação entre o consumo de amêndoas e os resultados relacionados com a saúde, bem como fornecer valores para amêndoas inteiras e escaldadas adequados para inclusão em bases de dados de nutrientes (Milbury et al., 2006).

Lobell et al. (2006) avaliam o impacto das mudanças climáticas no rendimento de seis culturas perenes, incluindo amêndoas, na Califórnia. Os autores sugerem que as mudanças climáticas podem exercer pressão descendente sobre os rendimentos dessas culturas até o ano de 2050.

Aranzana et al. (2003) estudaram um conjunto de 109 pares de *primers* microssatélites desenvolvidos para pêssego e cereja, na progênie F2 de amêndoa x pêssego. Gerou-se um conjunto de genotipagem útil como referência para impressão digital, *pedigree* e análise genética da espécie.

Schaad et al. (2004) investigam a taxonomia de cepas de *Xylella fastidiosa*, uma bactéria que afeta várias plantas, incluindo amendoeiras, propondo a classificação de diferentes táxons dentro dessa espécie. *Xylella fastidiosa* causa doenças em mais de 100 espécies de plantas, é classificada como uma única espécie, embora estudos genéticos apoiem vários táxons (Schaad et al., 2004).

Isaacs et. al. (2005) relatam um surto de *Salmonella enteritidis* relacionado ao consumo de amêndoas cruas, descrevendo como as investigações foram conduzidas para identificar a fonte da infecção. A identificação de amêndoas como fonte de um surto de origem alimentar



é uma descoberta anteriormente não documentada, levando a um *recall* desse produto na América do Norte e a uma revisão das práticas atuais da indústria.

Yada et al. (2011) analisam a investigação global dos últimos 50 anos, que contribuiu para o conhecimento sobre a composição e caracterização dos macro e micronutrientes da amêndoa, especificamente os lipídios e ácidos graxos, proteínas e aminoácidos, hidratos de carbono, minerais e vitaminas. Foi relatada uma variabilidade considerável no conteúdo lipídico dentro e entre variedades comerciais e seleções de melhoramento.

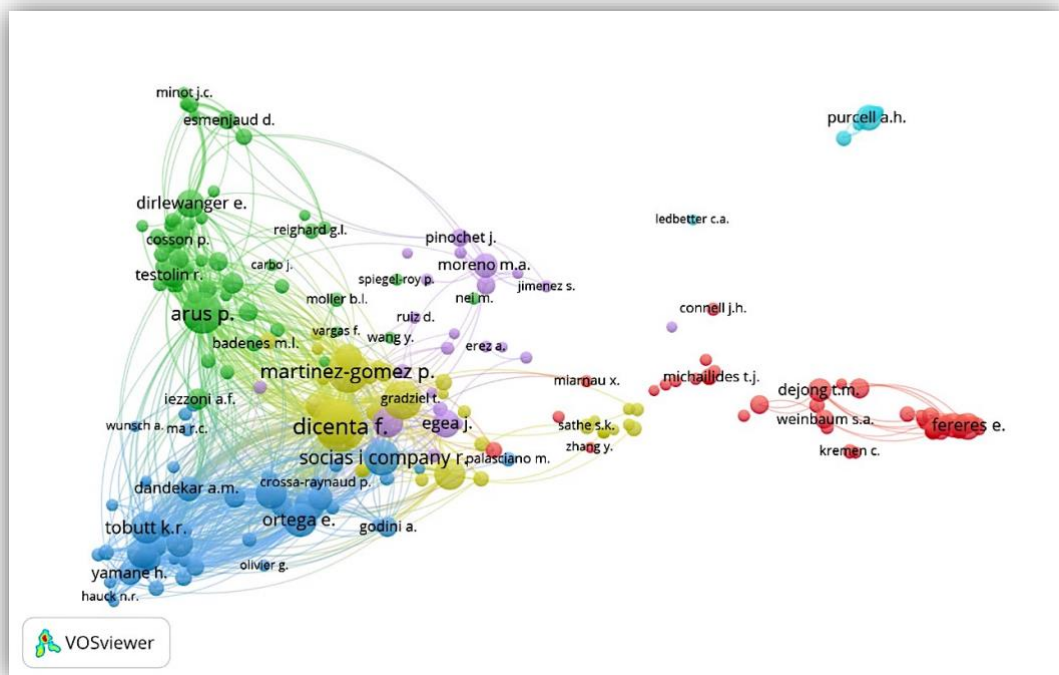
Harrison e Were (2007) avaliam como a irradiação gama afeta o conteúdo fenólico e a atividade antioxidante da casca de amêndoas, destacando os efeitos benéficos da irradiação na melhoria da atividade antioxidante.

Dentre os apresentados, encontram-se autores dos Estados Unidos, Alemanha, Portugal, Espanha, Canadá e Grécia. Não há, portanto, concentração dessas pesquisas em um único país, nem mesmo a concentração em um tema específico, apesar de todos citarem “*Prunus dulcis*”. Além disso, verifica-se que as publicações, em sua maioria, concentram-se na primeira década de estudo, o que permite inferir que o grande número de citações tem relação com o período em que foram publicadas, ou seja, são publicações mais antigas.

3.5 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA E COLABORAÇÃO ENTRE AUTORES

A Figura 6 mostra a análise de cocitação através de uma rede de autores conectados com no mínimo 50 cocitações no período de 2003 a 2023, gerando 220 resultados. Observa-se que esses autores são unidos em três *clusters* principais, amarelo, verde e azul, que agrupam os principais pesquisadores sobre a cultura da amêndoa no mundo.

Figura 6. Rede de autores conectados com no mínimo nove documentos publicados e 40 cocitações de 2003 a 2023.



Fonte: Autores (2023) via VOSviewer.



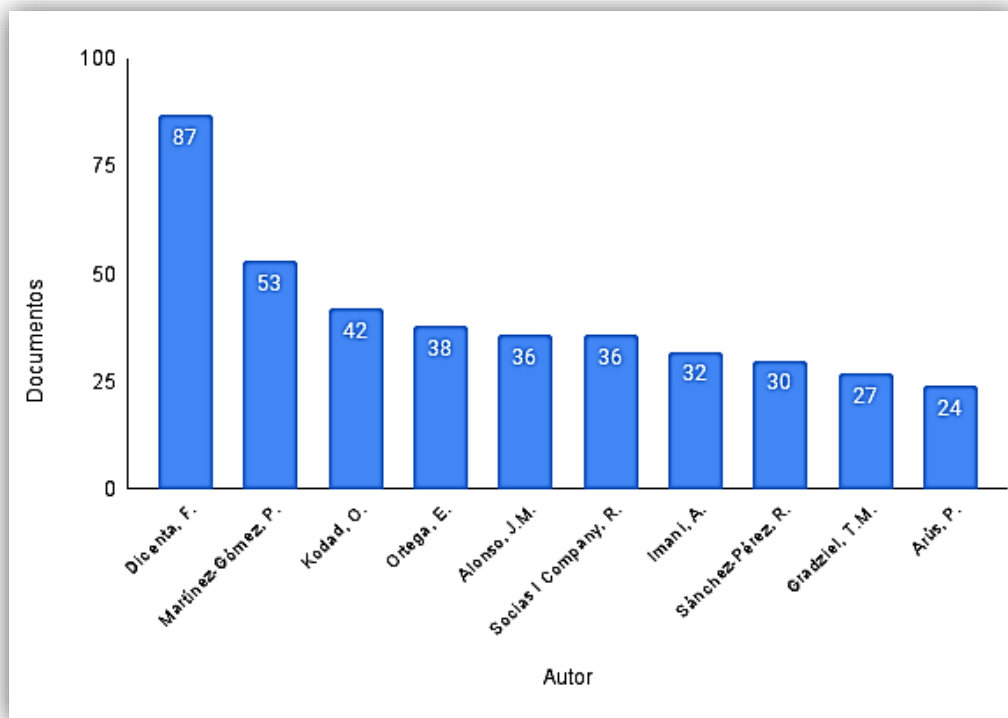
Estes *clusters* indicam a existência de grupos de pesquisadores que estão interconectados e possuem uma colaboração ativa entre si, podendo envolver a troca de informações, realização de estudos conjuntos e colaboração em projetos de pesquisa. Quanto maior a proximidade, maior a colaboração entre os autores.

Os pesquisadores que estão no centro desses *clusters* são considerados os principais no estudo da cultura da amêndoa, sendo altamente citados e com uma influência significativa na comunidade científica. Suas pesquisas abrangem diferentes aspectos do cultivo da amendoeira, desde genética e melhoramento de plantas até manejo de pragas, nutrição e tecnologias de produção.

Dicenta e Martinez-Gomez, por exemplo, estão no centro dos *clusters*, em amarelo. Ambos os autores estão vinculados ao Centro de Edafologia y Biología Aplicada del Segura (Espanha) e Consejo Superior de Investigaciones Científicas, com diversas publicações conjuntas. Dicenta já atuou na University of California (Estados Unidos), instituição onde o pesquisador Gradziel atua, o que pode explicar a rede de colaboração próxima entre esses autores. Dentre as instituições citadas, todas são instituições públicas da Espanha e dos Estados Unidos.

Na Figura 7 encontra-se o ranking dos dez autores que mais publicaram entre os anos de 2003 a 2023. O primeiro autor é Frederico Dicenta (Dicenta, F.), que tem importantes contribuições nas áreas de Ciências Agrárias e Biológicas. Atualmente, faz parte da instituição que aparece em segundo lugar no ranking das dez instituições que mais publicaram no mesmo período (Figura 5). O segundo autor, Pedro Martínez-Gómez (Martínez-Gómez, P.), e o quarto autor, Encarnación Ortega (Ortega, E.), também atuam na mesma instituição.

Figura 7. 10 autores que mais publicaram no período de 2003 a 2023.



Fonte: Autores (2023).



Citação (APA): Bonelá, E. dos S., Morais, G. S., Morais, L. G., Grobério, R. B. C., Schmildt, E. R., & Vitória, E. L. (2023). Análise bibliométrica da produção científica sobre a cultura da amendoeira: tendências, colaboração e impacto. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(4), 89-106.

A terceira posição é ocupada por Oussama Kodad (Kodad, O.), que faz parte Ecole Nationale d'Agriculture (Meknes, Marrocos), com publicações na área de Ciências Agrárias e Biológicas. Apesar da instituição não aparecer no *ranking* das dez que mais publicaram nos últimos 20 anos, é importante o interesse do Marrocos nas pesquisas, uma vez que o país é a quinta liderança na produção de amêndoas, com 169.255 toneladas produzidas no ano de 2021 (FAO, 2023).

A quinta posição é ocupada pelo José Manuel Alonso (Alonso, J. M.), que faz parte do Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. A instituição também faz parte do *ranking* das dez que mais produzem conhecimento científico sobre amêndoas (Figura 4).

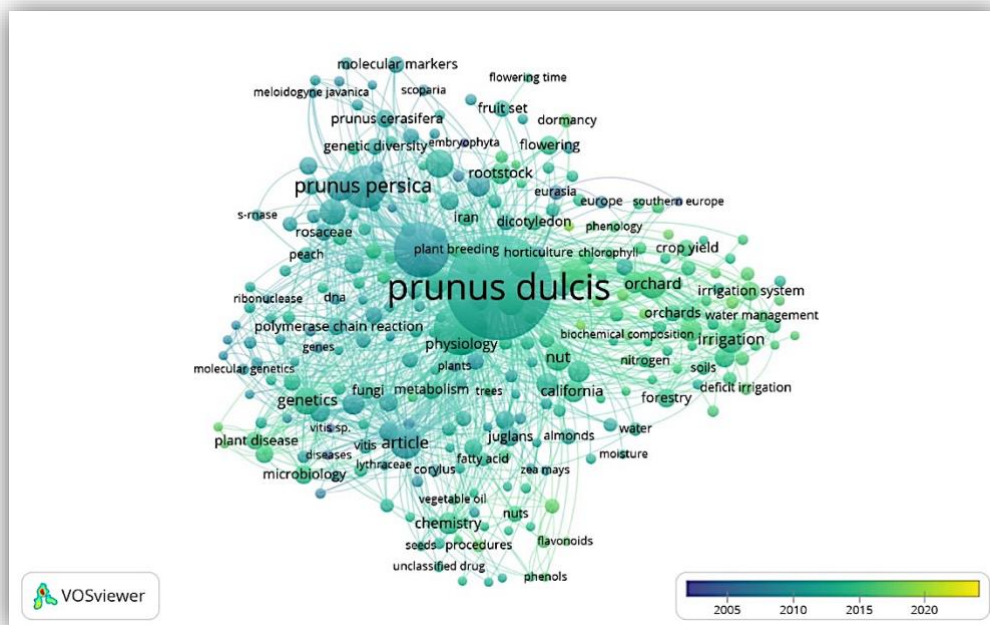
3.6 REDE DE CONEXÃO ENTRE PALAVRAS

De acordo com Yu et al. (2017), os autores usam palavras-chave para indicar o tema e as ideias de seu estudo. A análise dessas palavras-chave pode ajudar a identificar e entender o desenvolvimento e as tendências de pesquisa em um campo ao longo do tempo.

Adicionalmente, segundo Moraes et al. (2023), as palavras-chave desempenham um papel fundamental na orientação dos principais temas abordados em um estudo, representando diretamente o conteúdo das publicações. Isso ressalta a importância de escolher e utilizar as palavras-chave de forma estratégica para comunicar eficazmente o escopo e os pontos-chave da pesquisa.

Na Figura 8 estão apresentadas as palavras-chave mais frequentes entre os anos de 2003 a 2023, com número mínimo de ocorrências limitado a 10, gerando 277 resultados. A proximidade e as ligações entre os círculos mostram a conexão dos termos-chave, revelando padrões e tendências na pesquisa científica.

Figura 8. Palavras-chave que mais apareceram entre os anos de 2010 a 2016 com número mínimo de ocorrências limitado a 10, com 277 resultados.



Fonte: Autores (2023) via VOSviewer.



Notavelmente, a palavra-chave "*Prunus dulcis*" ocupa uma posição central no cluster de termos, o que pode ser explicado pelo fato de ser o nome científico da amendoeira. De acordo com Gerbi et al. (2021), o gênero botânico *Prunus* abriga cerca de 200 espécies distintas.

Além de "*Prunus dulcis*", destacam-se no cluster "*Prunus persica*", o pessegueiro, e "*Prunus cerasifera*", a ameixeira-europeia. É relevante observar que o círculo que representa "*Prunus pérsica*" é significativamente maior do que o que engloba "*Prunus cerasifera*". Quanto maior o círculo, maior é a incidência da palavra-chave. Isso implica que o primeiro termo foi mais frequentemente utilizado como palavra-chave do que o segundo.

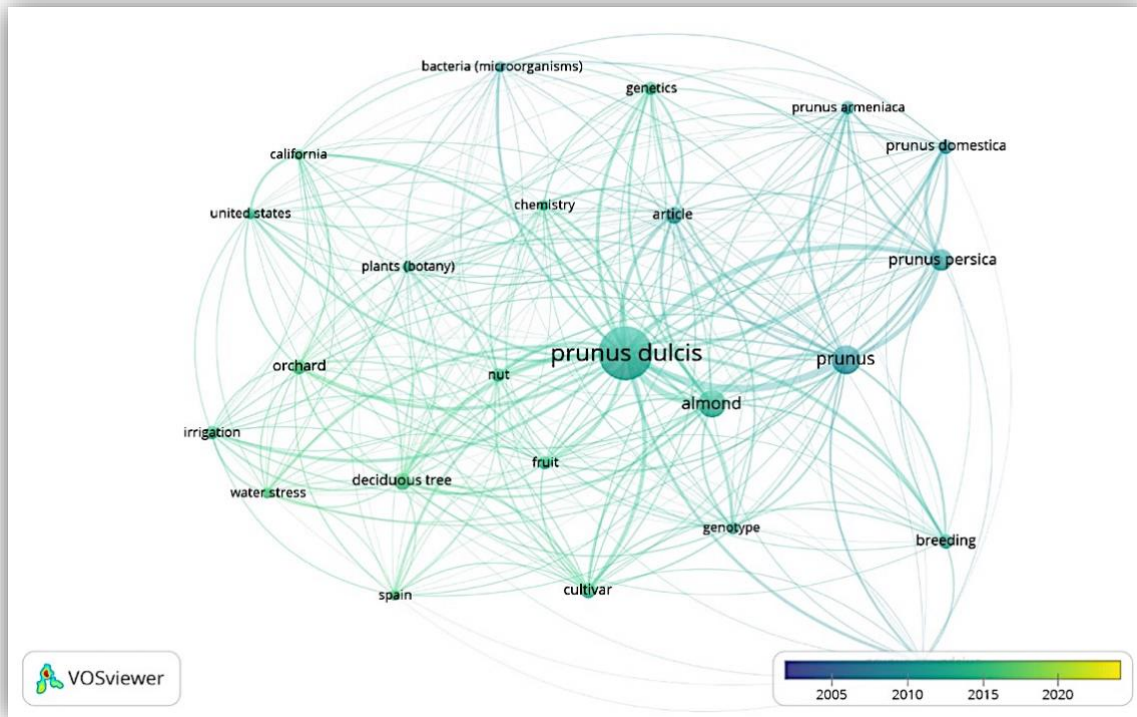
Algumas palavras-chave encontradas no cluster são comuns na área de genética e melhoramento, tais como "Plant breeding", "DNA", "Polymerase", "Molecular markers" e "Genetic". Além disso, é notável a relevância de "*Prunus persica*" e "*Rosaceae*", que se encontram em proximidade com esses termos. Esse padrão evidencia que as pesquisas abrangendo a genética não envolvem apenas a amendoeira, mas outras culturas importantes dentro dessa família botânica.

O estudo de Martins et al. (2014) sobre estabilidade genética de plântulas de amêndoa, que está no *ranking* dos 5 artigos mais citados no período de 2003 a 2023, reforça a importância da genética e melhoramento. Segundo os autores a amêndoa é de grande importância econômica e social, valorizada por sua amêndoa e óleo, o que exige inovações agrícolas para atender às futuras demandas. Sendo assim, a pesquisa na cultura da amendoeira se apresenta como essencial para melhorar a produção, qualidade e sustentabilidade.

De forma mais detalhada encontra-se, na Figura 9, estão os 25 resultados de palavras-chave que mais apareceram entre os anos de 2003 a 2023 com número mínimo de ocorrências da palavra limitado a 50. Percebe-se ocorrência de palavras relacionadas à área agrônômica (*genetics, fruit, cultivar, breeding, water stress, irrigation, botany, nut*), outras espécies do gênero *Prunus* (*Prunus armeniaca, Prunus domestica, Prunus persica*), além de citar os países e estado que têm destaque no cultivo (United States, Spain e California).



Figura 9. Palavras-chave que mais apareceram entre os anos de 2003 a 2023 com número mínimo de ocorrências de uma palavra chave limitado a 50, com 25 resultados.



Fonte: Autores (2023) via VOSviewer.

Note na Figura 9 que o tamanho dos círculos representa a incidência da palavra-chave, ou seja, quanto maior o círculo, maior a frequência com que a palavra-chave ocorre nas publicações. Os termos “*almond*”, “*Prunus*”, “*Prunus dulcis*”, “*article*” e “*Prunus persica*” estão fortemente ligados. Isso proporciona uma representação visual mais precisa da relevância de cada termo-chave no contexto da pesquisa sobre a cultura da amendoeira.

Quando limitamos as palavras-chave a 50, os 25 resultados são termos mais abrangentes, como os relacionados a estresse hídrico, “*water stress*” e “*irrigation*”. A problemática do *déficit* hídrico tem sido amplamente abordada em todo mundo, conforme discutido por Rasera et al. (2023) em sua análise bibliométrica sobre mudanças climáticas e citros. Nesse estudo, os autores investigaram o desenvolvimento e as atuais tendências nesse campo de pesquisa, chegando à conclusão de que é necessário implementar soluções de gestão visando aprimorar a resiliência do sistema produtivo, levando em consideração os potenciais impactos das mudanças climáticas.

De acordo com Moraes et al. (2023) as palavras-chave são o cerne dos artigos científicos, pois representam uma forma altamente resumida do conteúdo. Note que, palavras-chave com alta frequência nos anos iniciais, como “*almond*”, “*article*”, “*nut*”, “*fruit*”, que aparecem em azul, indicavam os tópicos de maior interesse naquela época (2003). Por outro lado, a diversidade de palavras-chave encontradas a partir de 2020, destacadas em amarelo, como “*Spain*”, “*California*”, “*breeding*”, “*United States*”, reflete as áreas de maior interesse mais recentes, demonstrando uma evolução nos enfoques de pesquisa ao longo do tempo.



Citação (APA): Bonelá, E. dos S., Morais, G. S., Morais, L. G., Grobério, R. B. C., Schmildt, E. R., & Vitória, E. L. (2023). Análise bibliométrica da produção científica sobre a cultura da amendoeira: tendências, colaboração e impacto. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(4), 89-106.

O uso de *cluster* permite identificar de forma clara as áreas de pesquisa mais relevantes e as interconexões entre os termos-chave. Cada círculo no gráfico representa um termo utilizado como palavra-chave, sendo que o tamanho do círculo é proporcional ao número de vezes que o termo apareceu nos artigos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica revelou 1.160 artigos sobre a cultura da amendoeira de 2003 ao primeiro semestre de 2023, com média de 87,6 publicações por período. Em 2022, houve apenas 30 publicações. Estudos variados incluíram temas como genética, estresse hídrico e autoincompatibilidade, evidenciando a diversidade das pesquisas.

Espanha (424 documentos), EUA (273), Irã (153), Itália (93) e Turquia (56) lideraram em publicações. A colaboração reflete a produção e área plantada desses países. O Brasil ficou em 9º lugar com 30 artigos, com trabalhos de parcerias internacionais ou artigos que se relacionam ao tema, mas não tratam especificamente dele.

O *ranking* dos artigos mais citados possui, em sua grande maioria, artigos publicados nos primeiros anos em estudo, sendo a publicação de 2013 a mais recente. A mais citada é do autor Varveris C. et al., que aborda a adequação de espécies como *Olea europaea* e *Prunus dulcis* à produção de papel. As demais tratam sobre estabilidade genética, polinização, compostos fenólicos e impactos climáticos.

Redes de coautoria revelaram *clusters* de pesquisadores ativos, indicando colaboração e troca de informações. Autores como Dicenta F., Martinez-Gomez e Kodad O. lideram a pesquisa, muitos vinculados a instituições dos EUA e Espanha.

A análise de palavras-chave revelou temas-chave, incluindo genética, melhoramento, estresse hídrico e colaborações internacionais. As palavras “Spain”, “California”, “breeding” e “United States” indicam ligação entre esses territórios e evolução nas tendências de pesquisa ao longo do tempo.

A análise bibliométrica mostrou-se uma ferramenta quantitativa eficaz para compreender a situação da pesquisa científica relacionada à cultura da amendoeira, proporcionando conhecimentos e referências de pesquisas na área.

REFERÊNCIAS

Canton, H. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations—FAO. *Eur. Dir. Int. Organ.* 2021, 297–305.

Channuntapipat, C., Sedgley, M., & Collins, G. (2003). Changes in Methylation and Structure of DNA from Almond Tissues during in vitro Culture and Cryopreservation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(6), 890–897. <https://doi.org/10.21273/JASHS.128.6.0890>

Fachinello, J. C., Pasa, M. da S., Schmitz, J. D., & Betemps, D. L. (2011). Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Revista*

Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, Volume Especial, p. 109-120. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500014>

FAO - Food and Agriculture Organization. *Culturas e produtos pecuários: Quantidades de produção de Amêndoas com casca por país*. 2021. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> e

Fernandes de Oliveira, A., Mameli, M. G., De Pau, L., & Satta, D. (2023). Almond tree adaptation to water stress: Differences in physiological performance and yield responses among four cultivars grown in



Citação (APA): Bonelá, E. dos S., Morais, G. S., Morais, L. G., Grobério, R. B. C., Schmildt, E. R., & Vitória, E. L. (2023). Análise bibliométrica da produção científica sobre a cultura da amendoeira: tendências, colaboração e impacto. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(4), 89-106.

- Mediterranean environment. *Plants*, 12(5), 1131. doi:10.3390/plants12051131.
- Gerbi, H., Paudel, I., Zisovich, A., Sapir, G., Ben-Dor, S. & Klein, T. (2022) Physiological drought resistance mechanisms in wild species vs rootstocks of almond and plum. *Trees*, 36, 669– 683. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02238-0>
- Guimarães, N., Pádua, L., Sousa, J. J., Bento, A., & Couto, P. (2023). Almond cultivar identification using machine learning classifiers applied to UAV-based multispectral data. *International Journal of Remote Sensing*, 44(5), 1533-1555. DOI:10.1080/01431161.2023.2185913
- Hamadeh, B., Chalak, L., Coppens D'Eeckenbrugge, G., Benoit, L., & Joly, H. I. (2018). Evolution of almond genetic diversity and farmer practices in Lebanon: Impacts of the diffusion of a graft-propagated cultivar in a traditional system based on seed-propagation. *BMC Plant Biology*, 18(155). doi:10.1186/s12870-018-1372-8
- do Nascimento, T. S., Ferreira, W. A., Borges, A. M., Barbosa, A. K. M., Ramos, E. P., Fardim, V. M., & da Vitória, E. L. (2022). Pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologia no setor cafeeiro: Uma análise bibliométrica (2002-2022). *Ciências Rurais em Foco*. Volume 8, 73.
- Mirás-Avalos, J. M., Gonzalez-Dugo, V., García-Tejero, I. F., López-Urrea, R., Intrigliolo, D. S., & Egea, G. (2023). Quantitative analysis of almond yield response to irrigation regimes in Mediterranean Spain. *Agricultural Water Management*, 279. doi:10.1016/j.agwat.2023.108208
- Moraes, H. M. F., Furtado Júnior, M. R., Vitória, E. L. D., & Martins, R. N. (2023). Uma análise bibliométrica e cientométrica sobre o uso de VANTs na agricultura, pecuária e silvicultura. *Ciência Rural*, 53. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220130>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *J. Doc.*, 25, 348.
- Rasera, J. B., da Silva, R. F., Mourão Filho, F. D. A. A., Delbem, A. C. B., Saraiva, A. M., Sentelhas, P. C., & Marques, P. A. A. (2023). Climate change and citriculture: A bibliometric analysis. *Agronomy*, 13(3) doi:10.3390/agronomy13030723
- Scopus - Affiliation details - *CEBAS- CSIC, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura*. (2023). Recuperado de <https://www.scopus.com/affil/profile.uri?afid=60002240&origin=resultslist>
- Scopus - Affiliation details - *Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón*. (2023). Recuperado de <https://www.scopus.com/affil/profile.uri?afid=60096984&origin=resultslist>
- Scopus – Affiliation details - *University of California, Davis*. (2023). Recuperado de <https://www.scopus.com/affil/profile.uri?afid=60014439&origin=resultslist>
- Socias I Company, R.; Gradziel, T. (EDS.). *Almonds: botany, production and uses*. Boston, MA: CABI, 2017.
- Tirado-Kulieva, V. A., Gutiérrez-Valverde, K. S., Villegas-Yarlequé, M., Camacho-Orbegoso, E. W., & Villegas-Aguilar, G. F. (2022). Research trends on mango by-products: A literature review with bibliometric analysis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(4), 2760-2771. doi:10.1007/s11694-022-01400-7
- Villalobos, D. P., Figueroa-Rodríguez, K. A., & Escobar-Gutiérrez, A. J. (2023). Why do we need more research on pineapple (*Ananas comosus* L. merr.)? A discussion based on a bibliometric review. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 45. doi:10.1590/0100-29452023090
- Vivaldi, G. A., Camposeo, S., Romero-Trigueros, C., Pedrero, F., Caponio, G., Lopriore, G., & Álvarez, S. (2021). Physiological responses of almond trees under regulated deficit irrigation using saline and desalinated reclaimed water. *Agricultural Water Management*, 258, 107172. ISSN 0378-3774. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107172.
- VOSviewer – *Visualizing Scientific Landscapes*. (2023). Recuperado de <https://www.vosviewer.com/>
- Yu, D., Xu, Z., Pedrycz, W., & Wang, W. (2017). Information sciences 1968–2016: A retrospective analysis with text mining and bibliometric. *Information Sciences*, 418, 619-634.
- Zhang, H., et al. (2017). Bibliometric analysis of global remote sensing research during 2010–2015. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 332. <https://doi.org/10.3390/ijgi6110332>

