

EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E MODELOS DE NEGÓCIO NO AGRONEGÓCIO: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Evolution of production systems and business models in agribusiness: a bibliometric study

Paulo Henrique Berrucci Ramos^a, Marcelo Caldeira Pedroso^b

^aUniversidade de São Paulo, paulo.henrique.ramos@usp.br - ORCID: 0000-0002-2389-6351

^bUniversidade de São Paulo, mpedroso@usp.br - ORCID: 0000-0002-2623-293X

Resumo

Um dos desafios da academia tem sido reunir e disseminar informações sobre as modificações nos sistemas agrícolas e as tendências que podem proporcionar maiores ganhos de eficiência para os produtores agrícolas. Assim, o objetivo deste artigo foi realizar um estudo bibliométrico para analisar a evolução dos sistemas agrícolas no que diz respeito ao emprego de novas técnicas, serviços e modelos de negócio. O protocolo utilizado para o desenvolvimento do estudo bibliométrico foi proposto por Zupic e Cater (2015). Os dados foram obtidos no banco de dados da Web of Science (1973-2021) e analisados no software estatístico R, utilizando o pacote Bibliometrix. Os resultados apresentaram: (1) a evolução dos trabalhos nessa área no decorrer deste período, trazendo os principais marcos temporais da literatura; (2) a estrutura intelectual produzida; (3) os pesquisadores centrais e periféricos ou intermediários neste campo; e (4) a difusão dos novos conceitos criados por meio de dois principais atores: países e universidades. A contribuição teórica central desse estudo foi aprofundar o conhecimento sobre a evolução das pesquisas sobre sistemas agrícolas e modelos de negócio atrelados a eles. Como contribuição prática, este artigo agrupou os principais estudos, autores, estrutura intelectual e difusão dos conceitos envolvidos nessa área.

Palavras-chave: Agricultura, produção agrícola, sistema de produção, modelo de negócio, estudos bibliometria.

Abstract

The main challenge for the academy has been to gather and disseminate information about changes in agricultural systems and future trends that may lead to greater productive gains for producers. Thus, the aim of this article was to carry out a bibliometric study to analyze the evolution of agricultural systems regarding the use of new techniques, services and business models. The protocol used to develop the bibliometric research was proposed by Zupic and Cater (2015). Data were obtained from the Web of Science database (1973-2021) and analyzed in R statistical software using the Bibliometrix package. The results showed: (1) the evolution of the work in this area during this period, bringing the main temporal landmarks in the literature; (2) the intellectual structure produced; (3) central and peripheral or intermediate researchers in this field; and (4) the dissemination of new concepts created through two main actors: countries and universities. The central theoretical contribution of this study was to deepen the knowledge about the evolution of research on agricultural systems and the business models linked to them. As a practical contribution, this article grouped the main studies, authors, intellectual structure, and dissemination of the concepts involved in this area.

Keywords: Agriculture, agricultural production, production system, business model, bibliometrics.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem ocorrido uma disseminação na adoção de técnicas padronizadas e na digitalização da agricultura, bem como a criação de empresas de bases tecnológica voltadas para o agronegócio. Esses fatos têm gerado um aumento de produtividade e o ganho de escala nas propriedades agrícolas (Martha Jr., 2020)

A presença de tecnificação dos sistemas agrícolas foi o primeiro marco para o aumento da produção agropecuária, a qual permitiu que os produtores conseguissem implantar processos padronizados nas atividades realizadas rotineiramente nas fazendas (Massruhá, Leite, Luchiari Jr, & Evangelista, 2020). A digitalização, por sua vez, incrementou esses processos, trazendo mais eficiência com a utilização de métodos informatizados de rápido desempenho, utilização de drones e sensores, comunicação máquina para máquina (M2M) e captação de dados em nuvem (Massruhá & Leite, 2016; Fabregas, Kremer & Schilbach, 2019). A criação de *startups* focadas em solucionar problemas do agronegócio expandiu os processos produtivos e, conseqüentemente, a produtividade agrícola a níveis impensáveis anteriormente (Mikhailov, Oliveira, Padula & Reichert, 2021; Bertucci-Ramos & Pedroso, 2021).

Uma das contribuições da academia consiste em estudar as novas alternativas para o aumento da produtividade agrícola e, assim, trazer soluções para os produtores com base em suas demandas e nas necessidades do mercado. Nesse sentido, um dos desafios tem sido reunir e disseminar informações sobre as modificações ocorridas nos sistemas agrícolas e as tendências futuras que podem possibilitar ganhos de eficiência para os produtores.

Para isso, estudos bibliométricos podem ser utilizados, uma vez que, além de apoiar a evolução conceitual dos campos científicos (Di Stefano,

Peteraf & Verona, 2010), auxiliam a identificação de temas pouco explorados (Ribeiro, 2017). Esses estudos também podem prever tendências para futuros estudos acadêmicos (Pereira, Santos, Oliveira & Leão, 2019) e para o desenvolvimento de novas soluções de negócios (Albort-Morant & Ribeiro-Soriano, 2016).

Estudos bibliométricos focados na agricultura já foram realizados para a identificação dos custos agrícolas (Moraes, Behr & Farias, 2016), evolução do cooperativismo agrícola (Luo, Han, Jia & Dong, 2020) e até mesmo para a aplicação de *blockchain* no agronegócio (Rocha, Oliveira & Talamini, 2021). Contudo, raros são os estudos bibliométricos que versam sobre a evolução dos sistemas agrícolas considerando aspectos relacionados à modernização digital do campo (Spanaki, Sivarajah, Fakhimi, Despoudi & Irani, 2021). E, mais raros ainda, são os estudos sobre a evolução dos sistemas agrícolas em parceria com o oferecimento de novos modelos de negócios para o agronegócio.

Diante do apresentado, o objetivo deste artigo é realizar um estudo bibliométrico para analisar a evolução dos estudos dos sistemas de produção agrícola no que diz respeito ao emprego de novas técnicas, serviços e modelos de negócio no agronegócio. Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira consta de uma breve introdução sobre a evolução dos estudos de sistemas agrícolas, partindo da tecnificação da agricultura até a criação de empresas nascentes de bases tecnológicas, focadas no agronegócio brasileiro e sobre a importância de estudos bibliométricos. A segunda apresenta uma revisão da literatura que aprofunda os temas abordados na introdução. Posteriormente, explicita-se a metodologia utilizada para a realização do estudo e os principais resultados. Por fim, considerações finais acerca da pesquisa e indicações de estudos futuros sobre a temática em questão foram realizadas.

2. A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

A atividade agrícola é a rotina do agronegócio que agrupa um subconjunto dos agentes participantes da economia, que vai desde a produção de insumos até a distribuição final do produto acabado (Batalha, 2021). Essa atividade, altamente lucrativa nas economias mundiais, é reflexo de uma política agrária pautada produção e no aumento da produtividade, por meio de inovações e processos inovadores (Wright, 2012). A cada inovação ou implantação de processos inovadores, há a criação de marcos na evolução da agricultura.

As principais inovações que iniciaram o processo de evolução da atividade agrícola e, conseqüentemente, da agricultura, começaram por volta do início do século XX e nortearam-se pela descontinuidade de sistemas vigentes à época, derivadas de um sistema causa-efeito (Ramos, 2017).

O primeiro sistema empregado na agricultura era pautado em técnicas de produção simplórias, que não exauriam a máxima capacidade fenotípica das plantas e animais (Bradshaw, 1965; Edwards, 2020). O efeito decorrente dessa causa foi o desenvolvimento, pelas indústrias químicas, de novos produtos capazes de sanar esse limitador, possibilitando às plantas chegarem à sua capacidade fenotípica (Vieira Filho, 2018). O segundo sistema empregado na agricultura, originário da ruptura fenotípica, começou a apresentar falhas em meados do século XX. A produção agropecuária não era suficiente para alimentar a população crescente. As características genéticas intrínsecas das plantas e animais limitavam a produtividade. Como efeito, houve o surgimento de novas técnicas empregadas no melhoramento genético vegetal e animal e a criação de sementes híbridas melhoradas classicamente (Vieira Filho, 2018).

O terceiro sistema utilizado na agricultura, resultante da ruptura genética intrínseca, apresentou

problemas no final do século XX. Novamente a produção não era suficiente para alimentar uma população que beirava os bilhões. A produtividade era limitada por características genéticas intraespecíficas. O novo efeito foi o amplo desenvolvimento da biologia molecular e a manipulação genética de plantas e organismos (Vieira Filho, 2018). O quarto sistema empregado na atividade agrícola, originado da ruptura genética interespecífica, começou a apresentar problemas na primeira década do século XXI. Nesse período, as inovações no setor agrícola deixaram de ser voltadas exclusivamente para a melhoria da capacidade genética das plantas e passaram a focar na entrega de serviços ou produtos que possibilitassem ao agricultor a maximização da sua capacidade gerencial, operacional e produtiva (Liu, Ma, Shu, Hancke & Abu-Mahfouz, 2021).

3. O SISTEMA VIGENTE APOIADOR DA ATIVIDADE AGRÍCOLA

Atualmente estamos operando no quinto sistema apoiador da atividade agrícola, que é caracterizado pela união da agropecuária com a tecnologia da informação e internet das coisas. Essa união resulta em uma agricultura com: (1) tecnologias embarcadas e emprego de atividades em nuvens, *big datas*, *app*, drones, inteligência artificial e robótica; (2) criação de *marketplaces* digitais entre clientes e produtores (Klerkx, Jakku & Labarthe, 2019); e (3) desenvolvimento de empresas nascentes de alta tecnologia focadas no agronegócio (Mikhailov, Oliveira, Padula & Reichert, 2021; Bertucci-Ramos & Pedroso, 2021).

As atividades em nuvens aplicadas à agropecuária, juntamente com as plataformas de *Agriculture-as-a-Service* (AaaS), são propostas de arquitetura de sistema de gestão de propriedades agrícolas utilizando particularidades da rede mundial de computadores para melhorias nos processos de cultivo e instrumentos para a troca de informações

entre os interessados (Kaloxylos et al., 2012). Podem ser utilizadas para resolver problemas com alocação de safra, monitoramento do clima, determinação de aptidão do solo para culturas com relação a fatores químicos e físicos, controle de produtividade, monitoramento de rebanho, controle de pragas, entre outras funções de gestão (Singh, Chana & Buyya, 2020).

A inteligência artificial é uma ferramenta que identifica a modelo de conhecimento e cria direcionadores e processos para a tomada de decisão (Solemane, Kamsu-Foguem, Kamissoko, & Traore, 2019). Quando aplicada à agricultura, assim como as atividades em nuvens, auxilia na resolução de problemas relacionados às identificações de pragas e doenças e, posteriormente, no emprego do melhor método de controle, na designação da espécie ideal de plantio e no controle da quantidade de água disponibilizada para o cultivo (Lezoche, Hernandez, Díaz, Panetto & Kacprzyk, 2020).

A utilização da robótica no meio rural é uma atividade fim da agricultura de precisão que remonta de um período anterior ao quinto sistema empregado na atividade agrícola. Contudo, nesse sistema, essa utilização foi aprimorada para ser incorporada ao processamento de imagem em tempo real (Xu et al., 2017) e à detecção de ondas de calor, visando maximizar as capacidades operacionais dos implementos agrícolas (Dworak et al., 2013), diminuir o erro na tomada de decisão e aumentar a precisão das simulações de plantio (Xu et al., 2018).

O drone também é uma atividade fim da agricultura de precisão. É definido como uma aeronave que pode voar sem o auxílio de um piloto humano, sendo controlado por radiofrequência. Foi introduzido na agricultura inicialmente para aplicações de controle de pragas agrícolas e monitoramento de safras. Atualmente fornece soluções para a estimativa de safras, análise de erosão e fertilidade do solo e controle de colheita (Rao Mogili & Deepak, 2018).

Os *marketplaces* digitais, por sua vez, impulsionaram as modificações na demanda de produtos agrícolas, criando um maior interesse na aquisição de alimentos e outros produtos. O objetivo central dessas ferramentas é unir produtores rurais a consumidores finais, para que os bens ou serviços possam sair desses produtores e chegar aos consumidores diretamente, com pouquíssimas interferências de intermediários. Os *marketplaces* oferecem aos clientes acesso direto aos produtores e isso possibilita que eles ganhem mais poder de barganha, pois podem comparar preços, qualidade, entrega e serviços de vários fornecedores. Já para os produtores, a utilização dessas ferramentas possibilita o ganho em escala e o escoamento de produtos que poderiam perecer por falta de compradores (Anshari, Almunawar, Masri & Hamdan, 2019).

O último marco caracterizador do sistema vigente apoiador da atividade agrícola são as empresas nascentes de alta tecnologia focadas no agronegócio (*agtechs*). As *agtechs* são empresas criadas para solucionar os mais variados problemas ligados à gestão, produção e acompanhamento das rotinas agrícolas (Mikhailov, Oliveira, Padula & Reichert, 2021). Na geração das soluções, essas empresas transformam os fatores ligados à produção agrícola, como trabalho, capital e terra, gerando mudanças na produção e na produtividade dos sistemas agrícolas (Krishnan, Banga & Mendez-Parra, 2020). De acordo com Bertucci-Ramos e Pedroso (2021), essas empresas podem ser classificadas de acordo com o seu modelo de negócio e tipo de serviço oferecido. Assim, para a realidade brasileira, elas podem ser divididas em empresas que atuam: (a) na regulamentação da atividade agrícola; (b) no suporte gerencial de atividades; (c) na aquisição de insumos e equipamentos para produção vegetal, animal e florestal; (d) na etapa de pré-plantio para espécies vegetais animais e florestais; (e) na etapa de produção propriamente dita para os cultivos vegetais,

animais e florestais; (f) na etapa de pós-produção dos cultivos vegetais, animais e florestais e (g) na etapa de comercialização e consumo da produção vegetal, animal e florestal.

4. MÉTODO DE PESQUISA

O presente estudo utilizou o protocolo proposto por Zupic e Cater (2015) para a elaboração de trabalhos bibliométricos. De acordo com esses autores, o primeiro passo para realizar esse tipo de trabalho é escolher o método bibliométrico que mais se adapta às questões de pesquisas a serem investigadas.

Para pesquisas cujas questões sejam focadas na determinação dos melhores periódicos e na determinação dos autores referências, são utilizados os métodos bibliométricos focados na análise de citações. Para pesquisas em que as questões de pesquisas ditam sobre fatores que determinam a coautoria e efeito da colaboração no impacto dos artigos, são empregados os métodos bibliométricos de análise de coautor. Para pesquisas que identificam os blocos de construção conceituais, são utilizados os métodos bibliométricos ligados à análise de copalavra. Para pesquisas cujas questões estão centradas em como o fluxo de pesquisa reflete a riqueza das abordagens teóricas e a estrutura intelectual da literatura recente, são utilizados métodos bibliométricos com acoplamento bibliográfico. Já para pesquisas cujas questões buscam a estrutura intelectual, a difusão e evolução dos conceitos e a identificação dos pesquisadores envolvidos na difusão desses conceitos, são utilizados métodos bibliométricos de análise de cocitação (Zupic & Cater, 2015).

Considerando esses aspectos, o presente artigo foi desenvolvido baseado no método bibliométrico de análise de cocitação e acoplamento bibliográfico. Esse método foi escolhido uma vez que o artigo objetiva analisar a evolução dos sistemas agrícolas no que diz respeito ao emprego de novas técnicas, serviços e modelos de negócios agrícolas.

O segundo passo empregado no artigo foi a determinação das bases de dados e a compilação dos dados. A base de dados utilizada foi a *Web of Science*, que foi escolhida devido à sua inter-relação com o Bibliometrix. O Bibliometrix é um pacote de programação vinculado ao programa estatístico R, que é utilizado para realizar pesquisa quantitativa em cienciometria e bibliometria (Derviş, 2019; Aria & Cuccurullo, 2017). Os termos selecionados neste artigo foram: *agricultura, inovação, digital, tecnologia, startups, agtechs e 4.0* em suas respectivas traduções na língua inglesa, sendo que o termo “*agricultura*” foi utilizado em todas as combinações. Os resumos dos trabalhos foram lidos e selecionados. Após essa primeira leitura, os trabalhos resultantes foram lidos integralmente e analisados pelo Bibliometrix.

A Figura 1 apresenta os principais filtros utilizados no presente artigo, bem como o número de artigos resultantes de cada etapa.

O terceiro passo referiu-se à análise dos materiais selecionados através do pacote de programação Bibliometrix. Esse tipo de pacote captura os dados bibliográficos brutos e realiza cálculos bibliométricos e de matrizes de similaridade entre os itens (documentos, autores, jornais, palavras) (Derviş, 2019; Aria & Cuccurullo, 2017).

Após a análise do Bibliometrix, um mapa de campo foi criado contendo as principais redes de cocitação e acoplamento bibliográfico que explicavam a evolução dos sistemas agrícolas no que diz respeito às novas técnicas, serviços e modelos de negócios agrícolas. Tais redes apresentam escala multidimensional, onde a visualização dos campos científicos é dada através unidades de análises (nós) e seus laços (White & McCain, 1998). Quanto mais fortes os nós e os laços estão ligados, mais próximos eles são cientificamente (Zupic & Cater, 2015).

O quinto e último passo do protocolo é a interpretação das redes resultantes com os seus nós e laços. De acordo com Zupic & Cater (2015), há três

tipos de enfoques resultantes dessa interpretação: (1) enfoque na estrutura, que objetiva analisar as relações entre os elementos (grupos de publicações, autores, conceitos etc.); (2) enfoque em uma questão de pesquisa restrita, que busca a ilustração ou prova de reivindicações sobre a literatura existente e (3) enfoque estrutural, que tem como objetivo acompanhar o desenvolvimento de um campo de pesquisa ao longo do tempo. Devido à sua natureza, as interpretações das redes do presente artigo se apoiarão no enfoque estrutural.

Inicialmente foram encontradas 3.140 entradas, resultantes da busca com as palavras “agricultura”, “inovação”, “digital”, “tecnologia”,

“startups”, “agtechs” e “4.0” em suas respectivas traduções na língua inglesa. Após a exclusão das entradas duplicadas, 3020 entradas foram submetidas à verificação da aderência em relação à área de estudo (*Business, Management and Accounting*), resultando em 414 entradas aptas à continuidade no trabalho. Dessas, 407 foram escolhidas, pois apresentavam aderência ao tema proposto (evolução dos sistemas agrícolas).

A Tabela 1 apresenta uma síntese das entradas estudadas neste estudo, considerando a cronologia dos trabalhos, a média de citação por documento e o tipo de documento analisado.

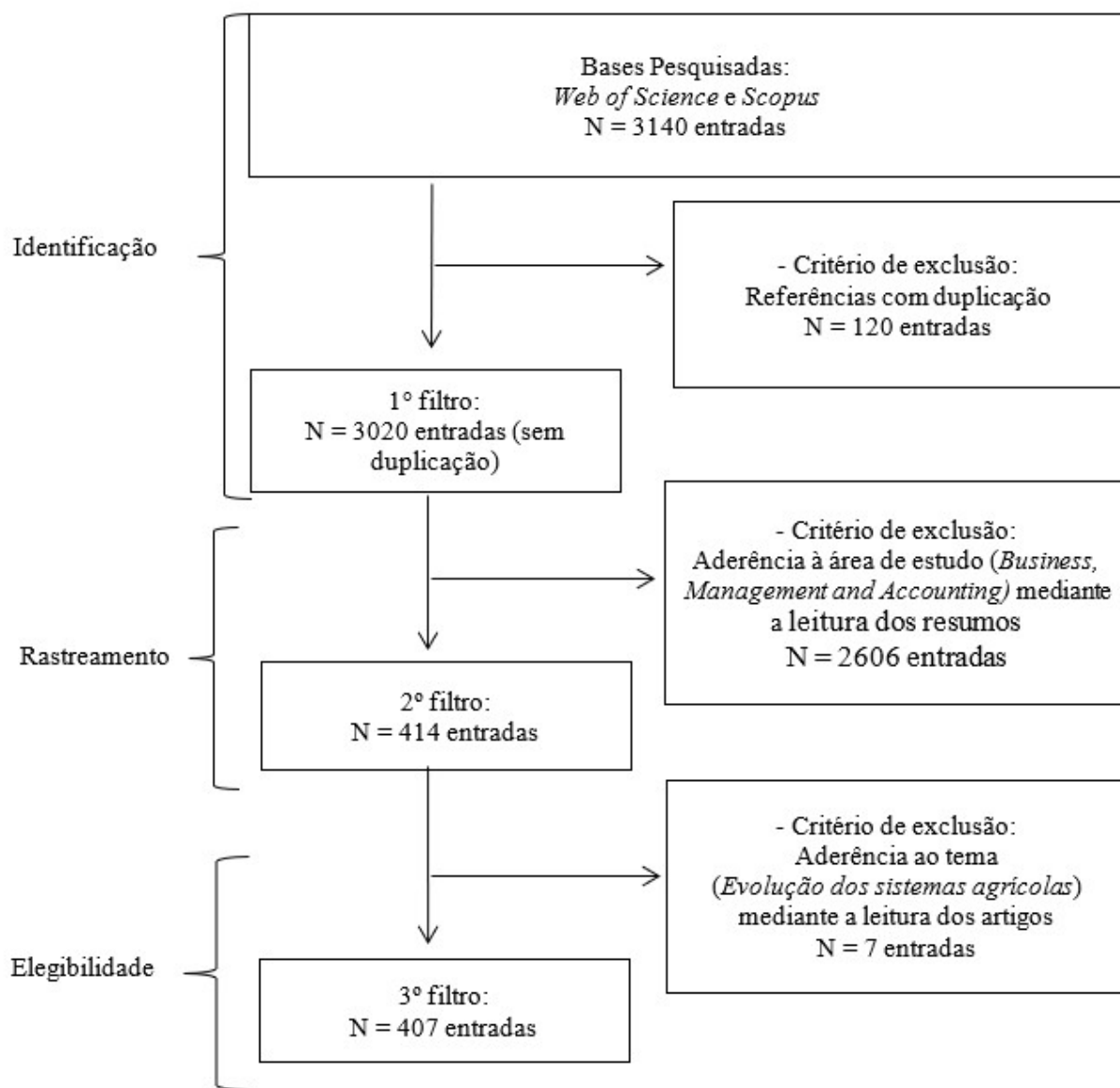


FIGURA 1 – Sistema de Filtros Utilizados

Fonte: Elaboração própria (2022)

TABELA 1 – Síntese das entradas estudadas contendo a cronologia, os tipos de documentos e a indexação dos autores.

Descrição	Resultado
Intervalo de Tempo	1973 - 2021
Fontes (periódicos, livros, etc.)	221
Documentos	407
Média de Publicações por ano	7,18
Média de Citações por documento	11,2
Tipos de Documentos (Artigos)	259
Tipos de Documentos (Livros)	14
Tipos de Documentos (Capítulos de Livros)	51
Tipos de Documentos (Artigos de Conferência)	66
Tipos de Documentos (Revisões)	17
Autores	1053
Documentos por Autor	0,387
Index de Colaboração	3,06

Fonte: Elaboração própria (2022)

As 407 publicações analisadas (259 artigos, 14 livros, 51 capítulos de livros, 66 artigos de conferência e 17 revisões) foram publicadas entre 1973 e 2021, em 221 fontes de dados. O número médio de publicações por ano foi de 7,18 e o de citações por documentos foi de 11,2. O número de documentos por autor foi de 0,387, com um index de colaboração de 3,06.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. *Evolução da Literatura sobre Modelos de Negócios aplicados à agricultura*

Considerando os dados apresentados na tabela 1, é possível responder a primeira questão de pesquisa estudada nesse artigo: “*Como a literatura evolui sobre os modelos de negócios aplicados à agricultura ao longo do tempo?*” Os primeiros trabalhos que se pautaram na discussão da evolução dos sistemas agrícolas no que concerne às novas técnicas, serviços e modelo de negócio, datam do final do século XX (década de 70) e eram focadas em estratégia de desenvolvimento das atividades e rotinas agrícolas, bem como na transferência, mesmo que rudimentar, dessas estratégias para os produtores agrícolas.

Ruttan (1975) apresenta um dos primeiros trabalhos analisados pelo nosso recorte sobre essa

temática. Nesse trabalho, o autor tenta demonstrar como a adição de inovação induzida pode enriquecer o processo de transferência de tecnologia no desenvolvimento agrícola. Fishelson e Rymon (1989), por sua vez, apresentam um dos primeiros trabalhos sobre o desenvolvimento de novas tecnologias de irrigação para economizar água ou aumentar a produtividade da água (produção por unidade de água). Nesse trabalho, eles evidenciam que o emprego de novas tecnologias na agricultura necessita de um tempo de adaptação e disseminação. É importante destacar que esses trabalhos foram desenvolvidos durante a modernização conservadora da agricultura e tentaram preencher as lacunas presentes neste momento histórico da agricultura. De acordo com Mazzali (2001), a agricultura, durante a modernização conservadora, passou por processos radicais de transformação visando sua integração com complexos agroindustriais recentemente criados.

Os documentos publicados no início da década de 90 apresentaram uma modificação em relação aos documentos das décadas de 70 e 80. O foco dos trabalhos deixou de ser o desenvolvimento de rotinas e atividades agrícolas e a transferência dessas rotinas para os produtores rurais e passou, basicamente, à utilização da biotecnologia como fonte de ganho competitivo e aumento de produtividade e os desafios enfrentados por essas técnicas. Estudos como o de Levidow (1998) buscaram elucidar os procedimentos regulatórios especializados por trás dessa nova técnica empregada na agricultura, além de tentar democratizar esse tipo de tecnologia, desafiando barreiras impostas pela sociedade. Assim como Levidow (1998), Chataway e Tait (1993) discutiram e questionaram as restrições de mercado impostas para a agricultura baseada em biotecnologia. Wagner (1998), por sua vez, apresentou, exemplificando através do México, as dificuldades de países em desenvolvimento em implementar processos agrônômicos baseados em biotecnologia. Tais dificuldades ocorrem,

basicamente, pelas restrições à comercialização dessa tecnologia por questões econômicas e políticas.

Vencidas as questões relacionadas ao emprego da biotecnologia, os documentos publicados no início do século XXI (2000-2015) apresentaram uma nova perspectiva para as questões evolucionárias na agricultura. As publicações ocorridas nos primeiros anos desse século versaram, basicamente, sobre o emprego da tecnologia de informação na agricultura e os benefícios que esse emprego trouxe para produtores e mercado. Dayasindhu e Chandrashekar (2005) demonstraram como o sensoriamento remoto foi importante para o gerenciamento de recursos naturais, como terra e água, em países cuja economia é dependente da agricultura. Smither e Blay-Palmer (2001) e Chhetri, Chaudhary, Tiwari e Yadaw (2012), por sua vez, demonstraram a importância da adoção de tecnologias embarcadas no planejamento da adaptação climática de áreas agrícolas. Srbinovska, Gavrovsky, Dimcev, Kroleva e Borozon (2015) apresentaram uma rica discussão sobre a utilização da tecnologia sem fio (*wifi*) nos processos de produção agrícola.

No início da segunda década do século XXI, as publicações que versavam sobre a evolução dos sistemas agrícolas começaram a apresentar uma nova concepção de valor. O emprego da tecnologia da informação e digitalização foi potencializado pelo surgimento de empresas nascentes de bases tecnológica com modelos de negócios exclusivos para a realidade agrícola. Essas empresas nascentes, que até então eram focadas em outros setores da economia, passaram a desenvolver e potencializar a agricultura. Empregou-se, pela primeira vez, o termo *agtechs*, *agritech* ou *agrotech* para referenciar as *startups* cujo modelo de negócio está atrelado à agricultura.

Um dos primeiros trabalhos que se verifica o estudo dos modelos de negócios de *agtechs* foi desenvolvido por Sawhney e Saumya (2017).

Nesse estudo de caso, os autores descreveram o caminho escolhido para determinar se a *agtech* iria além do estágio piloto. Após a consolidação dos modelos de negócios de *agtechs*, Cavallo, Ghezzi e Ruales Guzmán (2020), verificaram o processo de internacionalização de modelos de negócios dessas empresas, apresentando os aspectos positivos e as evidências empíricas sobre a internacionalização em escala. Castro e Ramos (2021) complementaram essa temática, explicando como ocorre o desenvolvimento desse tipo de empresa e suas relações com o ambiente empreendedor de um estado específico do Brasil. Mikhailov, Oliveira, Padula & Reichert (2021) fizeram o mesmo tipo de observação, contudo tomado com base o ambiente empreendedor da região da Califórnia (EUA). Já Figueiredo, Jardim & Sakuda (2021) e Bertucci-Ramos e Pedroso (2021) se pautaram no entendimento dos mapeamentos dos serviços oferecidos por essas empresas, bem como nos sistemas de classificação desses modelos de negócios.

A Figura 2 apresenta um mapa de campo contendo a evolução dos temas publicados sobre agricultura e os principais países responsáveis pela publicação nos últimos anos.

5.2. Estrutura Intelectual da Literatura

Para compreender como essa evolução impacta nas tendências para o desenvolvimento da agricultura, é importante compreender a seguinte questão: “Qual é a estrutura intelectual da literatura referente à evolução dos sistemas agrícolas e de seus negócios?”.

A estrutura intelectual dos trabalhos sobre a evolução dos sistemas agrícolas e dos seus negócios segue o mesmo percurso da evolução da literatura desse tema. Tal fato é compreensivo, pois essa evolução na literatura é reflexo direto da estruturação intelectual dos temas pesquisados (Hota, Subramanian & Narayanamurthy, 2020).

Quando se considera a estrutura intelectual dos trabalhos que versavam sobre sistemas agrícolas e

seus modelos de negócios, verifica-se que no início do intervalo estudado (1974), os temas estavam centrados em 6 grandes áreas: (1) tecnologia agrícola, (2) inovação, (3) agricultura, (4) modificações do clima, (5) biotecnologia e (6) tecnologia. Há de considerar que os 3 últimos temas apresentavam estudos embrionários nesse primeiro momento. Esses temas eram evidenciados como tendências e direcionadores estratégicos para uma agricultura mais moderna, sustentável e rentável. A Figura 3 apresenta a diversificação dos temas publicados sobre a evolução dos sistemas agrícolas no que tange ao emprego de novas técnicas, serviços e modelos de negócios agrícolas.

A primeira área, tecnologia agrícola, evoluiu estruturalmente nos últimos 45 anos, e começou a considerar estudos referentes à: (1) adoção e difusão de tecnologia; (2) processos decisórios na agricultura; (3) inovação; e (4) internet das coisas aplicada à agricultura. No que diz respeito à adoção de tecnologia, os trabalhos demonstravam preocupações pautadas, principalmente, na transferência de tecnologia e buscavam propor procedimentos para

que houvesse uma maior adoção da tecnologia pelos produtores (Cavallo, 2015). Já os trabalhos focados no processo decisório apresentavam, inicialmente, pouca estruturação de tomada de decisão no contexto agrícola e, posteriormente, o crescimento na adoção e emprego de ferramentas, possibilitou uma tomada de decisão mais consciente na forma de escolher as melhores práticas agrícolas, formas de financiamento e preços de vendas. A inovação, dentro da grande área de tecnologia agrícola, apresentava trabalhos pautados, basicamente, nos novos modelos de negócios agrícolas (Castro e Ramos, 2020; Bertucci-Ramos & Pedroso, 2021; Mikhailov, Oliveira, Padula & Reichert, 2021). Destacam-se os trabalhos referentes ao surgimento, expansão e desenvolvimento de empresas nascentes de bases tecnológicas focadas no agronegócio. A internet das coisas aplicada a agricultura é o último tópico abarcado na grande área de tecnologia agrícola. Os trabalhos versaram basicamente em como essa nova tecnologia modificou totalmente a maneira de agir dos produtores rurais, tornando suas atividades rotineiras mais simples e ágeis.

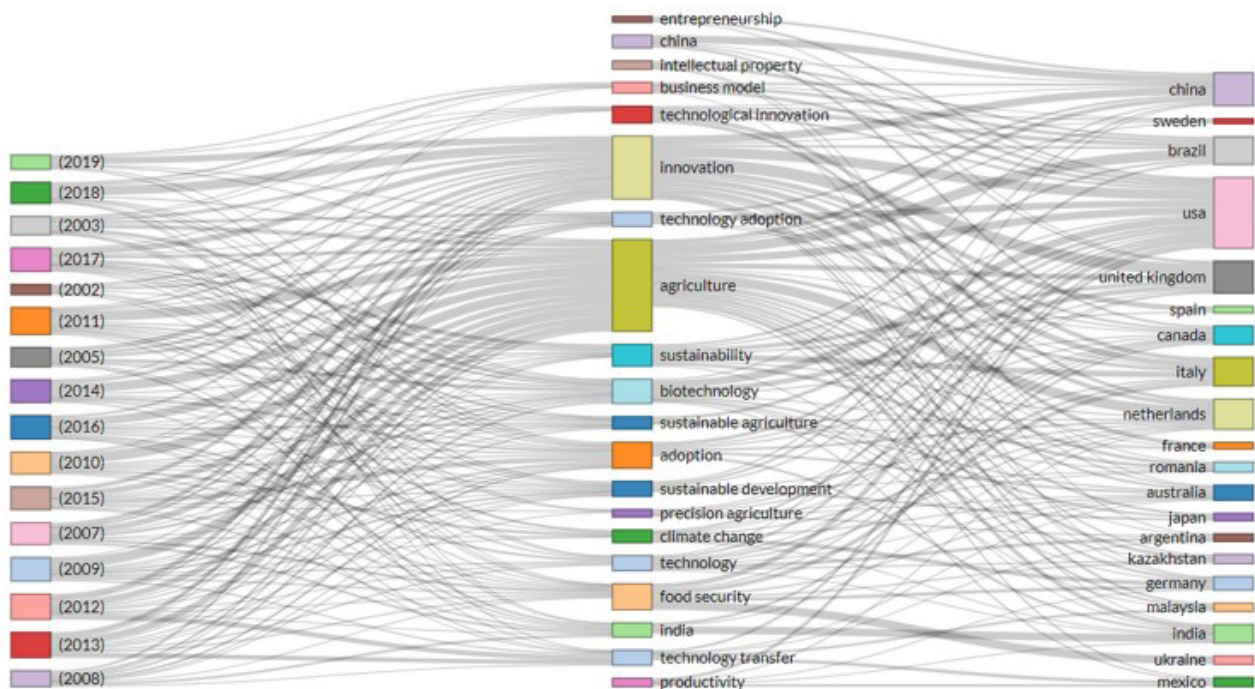


FIGURA 2 – Redes de cocitações e evolução dos temas publicados sobre agricultura
 Fonte: Própria autoria, com auxílio do software Bibliometrix (2022)

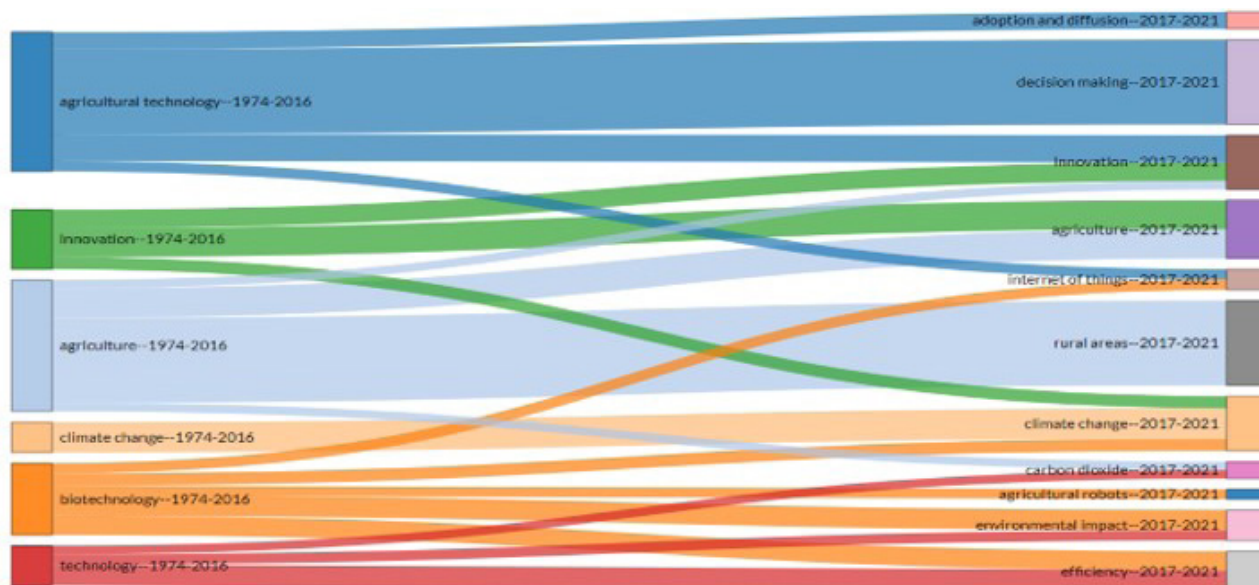


FIGURA 3 – Estrutura intelectual da literatura referente a evolução dos sistemas agrícolas e dos seus negócios
 Fonte: Própria autoria, com auxílio do software Bibliometrix (2022)

A segunda área, inovação, evoluiu para abarcar dois tipos de estudos: um focado na melhoria dos sistemas agrícolas e o outro focado em como a inovação pode reduzir os impactos da agricultura nas mudanças climáticas. Em ambos, a inovação se apresenta como uma figura central, que norteia as ações, tanto de produtores rurais, quanto de pessoas que estão inseridas nesse contexto agrícola. Os trabalhos cujo objeto de estudo é a inovação voltada para melhoria dos sistemas agrícolas, versaram, basicamente, sobre um novo olhar dos trabalhos que já estavam correntes nas primeiras publicações (1974). Esse novo olhar consistiu em redesenhar tendências para a modernização do setor agrícola, evidenciar inovações, na maioria das vezes incrementais, bem como testar a aderência e aplicar técnicas e melhorias desenvolvidas em outros sistemas de produção (Fishelson & Rymon, 1989). No que tange à inovação como uma força capaz de reduzir os impactos da agricultura nas mudanças climáticas, os trabalhos buscaram apresentar novas técnicas de cultivos que priorizam o aumento de produtividade sem aumentar a degradação do ambiente. Em grande parte dos trabalhos, havia ressalvas e comentários indicando que esse tipo de binômio balanceado (produtividade

e sustentabilidade) não é uma tarefa tão simples, pois depende do interesse dos *stakeholders*, da adoção da tecnologia ocasionada pela inovação e dos custos envolvidos (Reece, 1999).

A terceira área, denominada agricultura, passou a apresentar trabalhos dedicados à: (1) estudos rurais, segmentados em pesquisas sobre administração rural, extensão rural e cooperativismo; (2) sistemas agrícolas com a vertente de produção propriamente dita; e (3) inovação sobrepondo aspectos da grande área de inovação. Nos trabalhos que versavam sobre os estudos rurais, houve debates sobre a importância do cooperativismo para o aumento da produção agrícola, a estruturação do cooperativismo no Brasil e, mais recentemente, sobre as novas formas estruturais do cooperativismo (criação de empresas S/A para ganho de competitividade, abertura de capitais no mercado). Considerando os trabalhos de extensão rural, a evolução foi notada, principalmente, no ganho de visibilidade dessa área no meio agrícola, bem como no sinergismo com a transferência de tecnologia para pequenos e médios produtores (Cavallo, Ghezzi, & Ruales Guzmán, 2020). Já nos trabalhos sobre sistemas agrícolas, com a vertente de produção propriamente dita, houve um sucessivo

aumento nas publicações sobre densidade de plantio, utilização correta de produtos, competições intra e interespecíficas entre diferentes tipos de plantas, ou seja, um adensamento das informações técnicas e agronômicas.

A quarta área, modificações do clima, desenvolveu aspectos que eram vistos como tendências futuras para agricultura. Destacam-se trabalhos sobre os custos do efeito estufa na agricultura, os créditos de carbono e seus benefícios (Umar, Ji, Mirza & Naqvi, 2021). Vale salientar que trabalhos relacionados ao crédito de carbono apresentavam forte relação com a área de agricultura.

A quinta área, denominada biotecnologia, teve um crescimento acelerado de publicações desde o início do recorte (1974). Nesta área, os estudos genotípicos, que no começo da década de 80 visavam o aumento de produtividade, passaram a focar na interligação da biotecnologia com: (a) robótica agrícola; (b) internet das coisas; (c) impactos no meio ambiente; (d) mudanças climáticas; e (e) eficiência. Em relação à robótica, os estudos focaram em apresentar os ganhos de produtividade advindos do sinergismo da inserção de eventos biotecnológicos nas plantas/animais e a utilização de uma maior tecnificação de plantio e colheita. Já os estudos da “bio-internet das coisas” (a interligação da biotecnologia com a internet das coisas), focaram nas perspectivas da utilização de microrganismos, que até então eram usados na agricultura para o aumento de produtividade, como novos componentes de hardwares mais baratos e menos finitos. Um exemplo atual desse tipo de estudo é a utilização da *Escherichia coli* (bactérias que armazenam informações nas estruturas do DNA em forma de anel, chamados plasmídeos), que são utilizadas para inserir eventos biotecnológicos em plantas, sendo utilizada para transmitir linguagem computacional (Tavella, Giaretta, Dooley-Cullinane, Conti, Coffey & Balasubramaniam, 2021). Com relação aos trabalhos focados na relação

biotecnologia e impactos no meio ambiente, houve menções sobre os custos relacionados à adoção da biotecnologia para mitigar impactos no ambiente e as dificuldades gerenciais e operacionais advindas da utilização da biotecnologia como remediadora de problemas ambientais. Similarmente, a relação biotecnologia e mudanças climáticas também propiciou o desenvolvimento de trabalhos focados em custos operacionais e gerenciamentos operacionais e financeiros. Já os trabalhos relacionados à eficiência atrelada à biotecnologia se pautaram em duas temáticas: (1) a eficiência operacional da atividade; e (2) a eficiência financeira da utilização dessa atividade (Moschini, 2001).

A última área, que explica a evolução estrutural da literatura desenvolvida no agronegócio, é a tecnologia. Os trabalhos desenvolvidos nessa área, que inicialmente eram focados em aspectos meramente operacionais, passaram a ter foco na eficiência global da atividade agrícola (Luo, Han, Jia, & Dong, 2020). Essa eficiência global diz respeito ao sinergismo das atividades operacionais, decisórias, financeiras, de gestão de pessoas e de qualidade. Houve uma concentração de estudos que demonstrassem ou que indicassem como realizar esse sinergismo.

5.3. Pesquisadores Centrais e Periféricos

Para compreender a evolução da literatura dos temas publicados é importante identificar a seguinte questão: “*Quem são os pesquisadores centrais e periféricos ou intermediários neste campo?*”. Considerando o recorte do trabalho (1973-2021), os principais autores que se dedicaram a estudar a evolução dos sistemas agrícolas e seus negócios são apresentados na Figura 4.

Como demonstrado pela Figura 4, os principais autores podem ser divididos em 3 grandes *clusters*. O primeiro, representado pela cor vermelha, são os autores que dedicaram suas pesquisas ao desenvolvimento de tendências na área agrícola, bem como à digitalização e

modernização da agricultura. O segundo, representado pela cor roxa, são os autores que focaram no desenvolvimento de sistemas agrícolas e na melhoria desses sistemas de produção. Já o terceiro, representado pela cor verde, são os autores que buscaram estudar questões ligadas à inovação aplicada à agricultura, transferência de tecnologia para os produtores rurais e modelos de negócios aplicado ao agronegócio.

Em cada um desses *clusters* é apresentada uma estrutura social com base nas redes de colaboração, onde a importância dos autores para as referidas áreas é dada de acordo com o tamanho da palavra que nomeia cada um deles (índice de citação), bem como de acordo com as suas ligações (índice de cocitação). É importante destacar que a Figura 4, resultante da análise bibliométrica, apresenta um corte definido com base em estatística e, devido a isso, não apresenta todos os autores que se dedicam a

essas áreas. Os autores mencionados geralmente são os que publicaram seus trabalhos há mais tempo, o que reduz, consideravelmente, a presença de autores que publicaram nos últimos anos.

5.4. Difusão dos Conceitos

Para compreender como esses autores ajudaram a transformar a agricultura mundial, é importante analisar a seguinte questão: “*Como ocorreu a difusão dos novos conceitos empregados para o desenvolvimento da agricultura?*”. Essa difusão ocorreu por meio de dois atores principais: (1) os países desenvolvedores das tecnologias; e, conseqüentemente, (2) as universidades e centros de pesquisas atrelados a eles.

A Figura 5 apresenta os principais países onde são desenvolvidos os estudos que impactam na transformação da agricultura e dos modelos de negócios agrícolas.

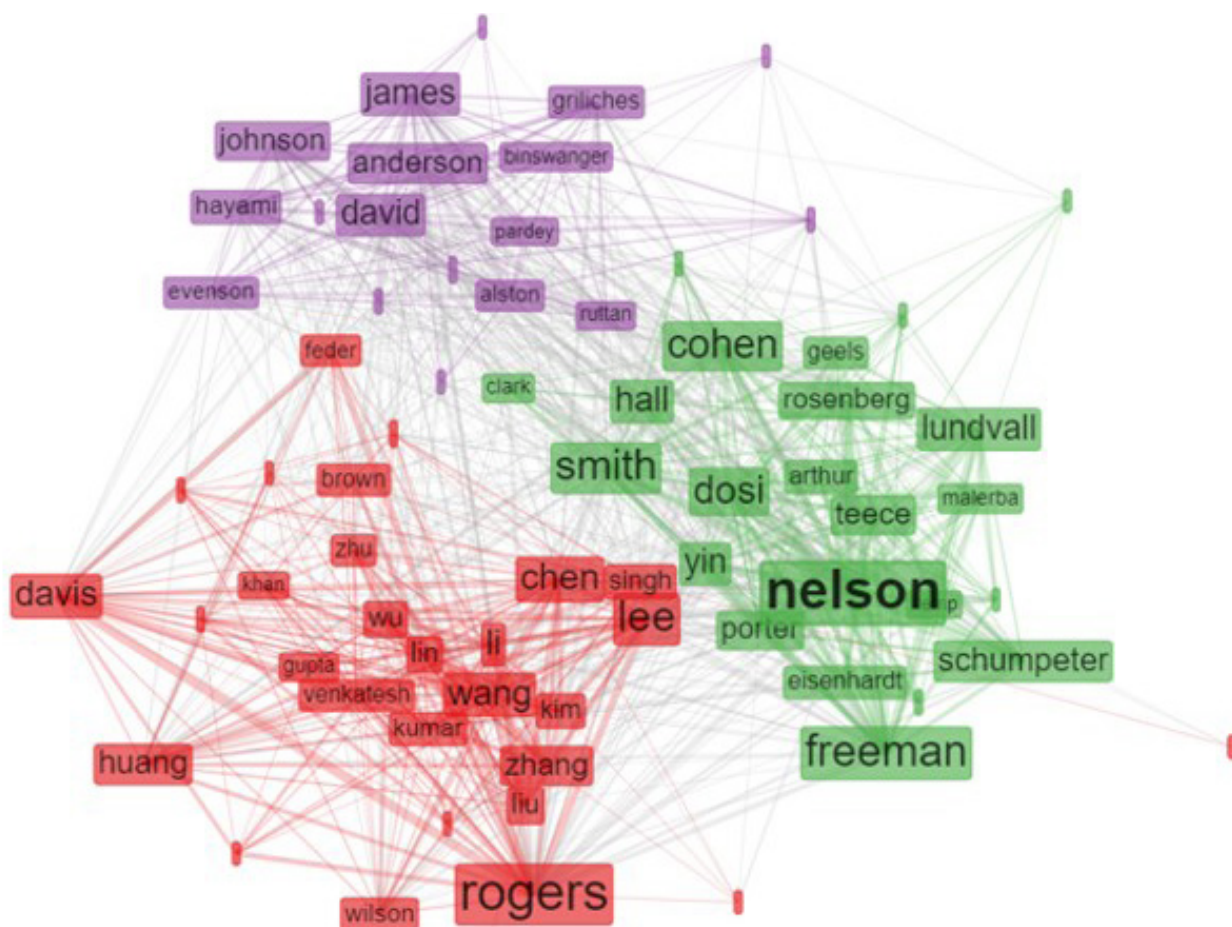


FIGURA 4 – Pesquisadores entrais, periféricos ou intermediários do campo de estudo
Fonte: Própria autoria, com auxílio do software Bibliometrix (2022).

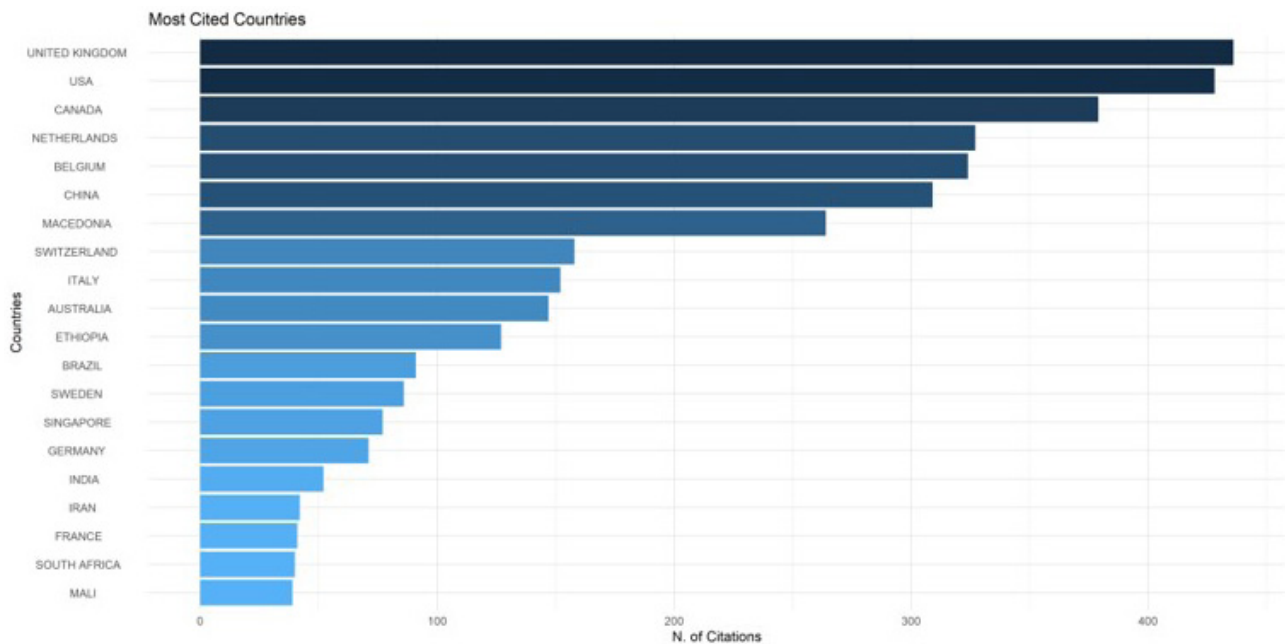


FIGURA 5 – Principais países onde são desenvolvidos os estudos sobre evolução dos sistemas agrícolas e de modelos de negócios agrícolas

Fonte: Própria autoria, com auxílio do software Bibliometrix (2022)

O Reino Unido é o maior expoente de estudos sobre o desenvolvimento de tecnologia para agricultura (considerando o número de citações dos trabalhos), bem como para o desenvolvimento de modelos de negócios agrícolas. Embora seja um país com pouca diversificação de cultivo agrícolas (predomínio das culturas de trigo, beterraba, cevada, batata e aveia) (Stancu, 2021), ele apresenta uma grande produção de estudos sobre esse tema, com aproximadamente 450 citações quando considerados todos os trabalhos publicados no período de 1973-2021.

Os Estados Unidos ocupam o segundo posto de maior expoente de estudos sobre esse tema (pouco mais de 400 citações). Tal fato é esperado, uma vez que o setor agrícola nos Estados Unidos é responsável por aproximadamente 0,9% do PIB do país, o que representa, aproximadamente, 2 trilhões de dólares (Banco Mundial, 2019).

O terceiro posto é ocupado pela Holanda, com uma média de 320 citações totais. Tal situação também era esperada, uma vez que a Holanda é a maior exportadora de produtos agrícolas de toda a União Europeia. Somente no ano de 2020 a Holanda

exportou mais de 95,6 bilhões de euros (Banco Mundial, 2019).

O Brasil, embora seja o terceiro maior produtor agrícola, com um PIB setorial da ordem de quase 2 trilhões de reais, foi apenas o 13º maior expoente da amostra pesquisada, com quase 100 citações. Tal fato é compreensivo, pois os trabalhos pesquisados foram selecionados de artigos escritos em língua inglesa. Há de se considerar que o Brasil possui uma vasta produção sobre o tema, contudo limitada pela língua, uma vez que a maior parte da produção científica brasileira é realizada em português.

Quando se consideram as universidades e centros de pesquisas que desenvolvem os principais trabalhos na área, também temos predomínio daqueles instalados nos países mencionados anteriormente. A Figura 6 apresenta as principais universidades e centros de pesquisas onde são desenvolvidos os estudos sobre a evolução dos sistemas agrícolas e de modelos de negócios agrícolas.

A *Wageningen University* ocupa destaque internacional nos principais rankings educacionais, sendo considerada, constantemente, a melhor universidade do

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central desse artigo consistiu em realizar um estudo bibliométrico para analisar a evolução dos sistemas agrícolas no que diz respeito ao emprego de novas técnicas, serviços e modelos de negócios. Para tanto, apresentou-se a evolução da literatura nessa área no decorrer do período avaliado, trazendo os principais marcos temporais da literatura: (1º) pesquisas focadas na melhoria dos sistemas agrícolas mais rudimentares; (2º) emprego de biotecnologia; (3º) digitalização da agricultura e (4º) emprego de modelos de negócios diferenciados e criação de *startups* focadas no agronegócio. Também foi traçada a estrutura intelectual da literatura referente à evolução dos conceitos estudados, onde verificou-se que as 6 grandes áreas de pesquisas iniciais: (1) tecnologia agrícola; (2) inovação; (3) agricultura; (4) modificações do clima; (5) biotecnologia; e (6) tecnologia. Estas foram desmembradas em 11 grandes áreas, que explicam os principais assuntos abordados na atualidade e indicam as tendências para o desenvolvimento de novas pesquisas.

Apresentou-se os pesquisadores centrais e periféricos ou intermediários neste campo. Esses pesquisadores estão agrupados em 3 grandes *clusters*: (1) autores que dedicaram as suas pesquisas ao desenvolvimento de tendências na área agrícola, bem como à digitalização e modernização da agricultura; (2) autores que focaram no desenvolvimento de sistemas agrícolas e melhoria desses sistemas de produção; e (3) autores que buscaram estudar questões ligadas à inovação aplicada à agricultura, transferência de tecnologia para os produtores rurais e modelos de negócios aplicados ao agronegócio. A difusão dos novos conceitos empregados nas literaturas foi desenvolvida por 2 atores principais: (1) os países desenvolvedores das tecnologias; e, conseqüentemente, (2) as universidades e centros de pesquisas atrelados a eles. Em relação aos países, se destacam o Reino Unido, os Estados Unidos e a Holanda. Já em relação às universidades, se destacam a *Wageningen University*

e o complexo universitário dos EUA (*Michigan State University, Carolina State University e University of Minnesota*). O Brasil e as universidades brasileiras, embora importantes no contexto agrícola, têm um menor impacto na produção de literatura para essa área, devido ao emprego, majoritariamente, da língua portuguesa na confecção dos trabalhos.

A contribuição teórica central desse estudo foi aprofundar o conhecimento sobre a evolução das pesquisas sobre agricultura e modelos de negócios agrícolas. Já a contribuição prática buscou agrupar os principais estudos, autores, estrutura intelectual e difusão dos conceitos.

Como limitações, destacam-se: (a) o próprio método utilizado (bibliometria), uma vez que nessa metodologia há ausência de estudos de campo; (b) a forma como é realizada a busca de termos nas bases de dados e (c) a identificação dos termos a serem buscados.

Visando sanar essas limitações, sugere-se para estudos futuros realizar pesquisas de campo, utilizando entrevistas em profundidades ou painel Delphi, com especialistas da área do agronegócio, para verificar se os estudos que estão sendo publicados demonstram realmente as tendências futuras para o agronegócio. Também se sugere a validação do termos buscados por especialistas da área, uma vez que no presente trabalho os termos de busca foram fundamentados somente pela bibliografia.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS

Albort-Morant, G., & Ribeiro-Soriano, D. (2016). A bibliometric analysis of international impact of business incubators. *Journal of Business Research*, 69(5), 1775-1779. DOI: 10.1016/j.jbusres.2015.10.054

- Anshari, M., Almunawar, M. N., Masri, M., & Hamdan, M. (2019). Digital marketplace and fintech to support agriculture sustainability. *Energy Procedia*, 156, 234-238. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.11.134
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017) Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007
- Batalha, M. O. (2021). *Gestão Agroindustrial*. 4ed. São Paulo: Atlas. Banco Mundial (2019). Agricultura, valor agregado (% do PIB). Disponível em: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS>. Acesso em: 18 de novembro de 2021.
- Bertucci Ramos, P.H., & Pedroso, M.C. (2021). Classification and categorization of Brazilian agricultural startups (Agtechs). *Innovation & Management Review*, 18(3), DOI:10.1108/INMR-12-2019-0160
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*, 13, 115-155. DOI: 10.1016/S0065-2660(08)60048-6
- Castro, C., & Ramos, P. H. B. (2020). As Agtechs e o Ecosistema de Inovação do Espírito Santo. *Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas*, 10(1), e1767. DOI:10.14211/regepe.v10i1.1767
- Cavallo, A., Ghezzi, A., & Ruales Guzmán, B.V. (2020). Driving internationalization through business model innovation: Evidences from an AgTech company. *Multinational Business Review*, 28(2), 201-220. DOI:10.1108/MBR-11-2018-0087
- Chataway, J. & Tait, J. (1993). Management of agriculture-related biotechnology constraints on innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 5(4), 345-367. DOI: 10.1080/09537329308524142
- Chhetri, N., Chaudhary, P., Tiwari, P. R., & Yadaw, R. B. (2012). Institutional and technological innovation: Understanding agricultural adaptation to climate change in Nepal. *Applied Geography*, 33, 142-150. DOI:10.1016/j.apgeog.2011.10.006.
- Dayasindhu, N., & Chandrashekar, S. (2005). Indian remote sensing program: A national system of innovation? *Technological Forecasting and Social Change*, 72(3), 287-299. DOI: 10.1016/j.techfore.2004.08.012
- Derviş, H. (2019). Bibliometric Analysis using Bibliometrix an R Package. *Journal of Scientometric Research*, 8(3), 156-160. DOI: 10.5530/jscires.8.3.32
- Di Stefano, G., Peteraf, M., & Verona, G. (2010). Dynamic capabilities deconstructed: A bibliographic investigation into the origins, development, and future directions of the research domain. *Industrial and Corporate Change*, 19(4), 1187-1204. DOI:10.1093/icc/dtq027
- Dworak, V., Selbeck, J., Dammer, K. H., Hoffmann, M., Zarezadeh, A. A., & Bobda, C. (2013). Strategy for the development of a smart NDVI camera system for outdoor plant detection and agricultural embedded systems. *Sensors*, 13(2), 1523-1538. DOI: 10.3390/s130201523
- Edwards, P. C. (2020). *The Beginnings of Agriculture*. In: Hollander, D., & Howe, T. A Companion to Ancient Agriculture. Hoboken: Wiley Online Library: DOI: 10.1002/9781118970959.ch7
- Fabregas, R., Kremer, M., Schilbach, F. (2019). Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice. *Science*, 366(6471), eaay3038. DOI: 10.1126/science.aay3038.
- Figueiredo, S. S. S.; Jardim, F., & Sakuda, L. O. (2021). Relatório do Radar Agtech Brasil 2020/2021: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro. Embrapa, SP Ventures e Homo Ludens: Brasília. Recuperado em 11 de julho 2021 em: www.radaragtech.com.br. Acesso em 19 de julho de 2021
- Fishelson, G., & Rymon, D. (1989). Adoption of agricultural innovations: The case of drip irrigation of cotton in Israel. *Technological Forecasting and Social Change*, 35(4), 375-382. DOI:10.1016/0040-1625(89)90073-5
- Hardeman, E., & Jochemsen, H. (2012). Are There Ideological Aspects to the Modernization of Agriculture? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 25, 657-674. DOI: 10.1007/s10806-011-9331-5
- Hoenen S., Kolympiris C., Wubben E., Omta O. (2018) Technology Transfer in Agriculture: The Case of Wageningen University. In: Kalaitzandonakes N., Carayannis E., Grigoroudis E., Rozakis S. (eds) From Agriscience to Agribusiness. Innovation, Technology, and Knowledge Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67958-7_13
- Hota, P.K., Subramanian, B. & Narayanamurthy, G. (2020). Mapping the Intellectual Structure of Social Entrepreneurship Research: A Citation/Co-citation Analysis. *Journal of Business Ethics*, 166, 89-114. DOI:10.1007/s10551-019-04129-4
- Kaloxylou, A., Eigenmann, R., Teye, F., Politopoulou, Z., Wolfert, S., Shrank, C., Dillinger, M., Lampropoulou, I., Antoniou, E., Pesonen, L., Nicole, H., Thomas, F., Alonistioti, N., & Kormentzas, G. (2012). Farm management systems and the Future Internet era. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, 130-144. DOI:10.1016/j.compag.2012.09.002

- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315
- Krishnan, A., Banga, K., & Mendez-Parra, M. (2020). Disruptive technologies in agricultural value chains: Insights from East Africa. Working Paper 576, *Enhanced Integrated Framework (EIF)*. Recuperado de https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/resource-documents/disruptive_agritech_-_5_mar_2020_-_final_draft.pdf
- Levidow, L. (1998). Democratizing technology—or technologizing democracy? Regulating agricultural biotechnology in Europe. *Technology in Society*, 20(2), 211-226. DOI:10.1016/S0160-791X(98)00003-7.
- Lezoche, M., Hernandez, J. E., Díaz, M. M. E. A., Panetto, H., & Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, 117, 103187. DOI: doi.org/10.1016/j.compind.2020.103187
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322-4334. DOI: 10.1109/TII.2020.3003910.
- Luo, J., Han, H., Jia, F., & Dong, H. (2020). Agricultural Co-operatives in the western world: A bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122945, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122945
- Martha Jr, G. B. (2020). Forças motrizes para a agropecuária brasileira na próxima década: implicações para agricultura digital. In: Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. A. de A., Oliveira, S. R. de M., Meira, C. A. A., Luchiari Junior, A., & Bolfe, E. L. (Ed.). *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília, DF: Embrapa.
- Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. A. de A., Luchiari Jr, A., & Evangelista, S. R. M. (2020). A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. In: Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. A. de A., Oliveira, S. R. de M., Meira, C. A. A., Luchiari Junior, A.; Bolfe, E. L. (Ed.). *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília, DF: Embrapa.
- Massruhá, S. M. F. S., & Leite, M. A. D A. (2016). Agricultura digital. *RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais Para Agricultura Familiar*, 2(1), 72–88. Recuperado de <http://codaf.tupa.unesp.br:8082/index.php/recodaf/article/view/18/42>.
- Mazzali, L. (2001). O processo recente de reorganização agroindustrial: do complexo à organização “em redes”. São Paulo: Ed. Unesp.
- Mikhailov, A., Oliveira, C., Padula, A.D., & Reichert, F.M. (2021). Californian innovation ecosystem: emergence of agtechs and the new wave of agriculture. *Innovation & Management Review*, 18(2). DOI:10.1108/INMR-12-2018-0098
- Moraes, G.L., Behr, A., & Farias, E. S. (2016). Cost accounting in agribusiness: a bibliometric study of the articles published in the journal custos e @gronegocio online. 12 (Special Edition), 71-94. Recuperado de <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv12/OK%204%20estudo.pdf>
- Moschini, G. (2021). Biotech--Who Wins? Economic Benefits and Costs of Biotechnology Innovations in Agriculture. *Estey Journal of International Law and Trade Policy*, 2(1), 93-117. DOI: 10.22004/ag.econ.23862
- Pereira, R. S., Santos, I. C., Oliveira, K. D. S., & Leão, N. C. A. (2019). Meta-analysis as a research tool: a systematic review of bibliometric studies in administration. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 20(5), eRAMG190186. DOI:10.1590/1678-6971/eramg190186
- QS (2021). Top University – 2021. Disponível em: <https://www.qschina.cn/en/university-rankings/university-subject-rankings/2021/agriculture-forestry>. Acesso em 18 de novembro de 2021.
- Rao Mogili, U. M., & Deepak, B. B. V. L. (2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science*, 133, 502-509. DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.063
- Ramos, P. H.B. (2017). Priorização de ideias inovadoras em projetos no agronegócio por meio de modelo de apoio à decisão multicritério: estudo de caso *Startup in School*. Dissertação (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.
- Reece, J. D. (1999). From simple crops to complex ecosystems: agricultural research and the environmental imperative. *Technovation*, 19(6-7), 423-432. DOI: 10.1016/S0166-4972(99)00027-9
- Ribeiro, M. C. H. (2017). Bibliometria: Quinze anos de análise da produção acadêmica em periódicos brasileiros. *Biblios*, 69, 1-20. DOI:10.5195/biblios.2017.393
- Rocha, G. S. R., Oliveira, L., & Talamini, E. (2021). Blockchain Applications in Agribusiness: A Systematic Review. *Future Internet*, 13(4), 95. DOI:10.3390/fi13040095

- Ruttan, V. W. (1975). Technical and institutional transfer in agricultural development. *Research Policy*, 4(4), 350-378. DOI:10.1016/0048-7333(75)90002-5
- Sawhney, M. and Saumya, (2017). Kheyti: Product and Business Development at an AgTech Social Enterprise. *Kellogg School of Management Cases*. <https://doi.org/10.1108/case.kellogg.2021.000033>
- Singh, S., Chana, I., & Buyya, R. (2020). Agri-Info: Cloud Based Autonomic System for Delivering Agriculture as a Service. *Internet of Things*, 9, 100131. DOI: 10.1016/j.iot.2019.100131
- Solemane, C., Kamsu-Foguem, B., Kamissoko, D., & Traore, D. (2019). Deep neural networks with transfer learning in millet crop images. *Computers in Industry*, 108, 115-120. DOI: 10.1016/j.compind.2019.02.003
- Smithers, J., & Blay-Palmer, A. (2001). Technology innovation as a strategy for climate adaptation in agriculture. *Applied Geography*, 21(2), 175-197. DOI:10.1016/S0143-6228(01)00004-2
- Solomon, G. (2007). An examination of entrepreneurship education in the United States. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 14(2), 168-182. DOI:10.1108/14626000710746637
- Spanaki, K., Sivarajah, U., Fakhimi, M., Despoudi, S., & Irani, Z. (2021). Disruptive technologies in agricultural operations: a systematic review of AI-driven AgriTech research. *Annals of Operations Research*. DOI:10.1007/s10479-020-03922-z
- Srbinska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., Krkoleva, A., & Borozan, V. (2015). Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*, 88, 297-307. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.04.036.
- Stancu A. (2021). Impact of COVID-19 Pandemic on International Agricultural Trade in European Countries. In: Erokhin V., Tianming G., Andrei J.V. (eds) *Shifting Patterns of Agricultural Trade*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3260-0_11
- Tavella, F., Giaretta, A., Dooley-Cullinane, T.M., Conti, M., Coffey, L., & Balasubramaniam, S. (2021). DNA Molecular Storage System: Transferring Digitally Encoded Information through Bacterial Nanonetworks. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 9(3), 1566-1580. DOI: 10.1109/TETC.2019.2932685.
- Umar, M., Ji, X., Mirza, N., & Naqvi, B. (2021). Carbon neutrality, bank lending, and credit risk: Evidence from the Eurozone. *Journal of Environmental Management*, 296(15), 113156. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113156
- Vieira Filho, J. (2018). Brazilian agriculture Innovation and production distribution. *Revista De Política Agrícola*, 27(2), 18. Retrieved from <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1409>
- Xu, P.F., Wu, G. S., Guo, Y., J. Chen, X. Y., Yang, H. T., & Zhan, R. B. (2017). Automatic wheat leaf rust detection and grading diagnosis via embedded image processing system. *Procedia Computer Science*, 107, 836-841. DOI: doi.org/10.1016/j.procs.2017.03.177
- Xu, R. H., Cai, Y. P., Yang, Z. F., Tan, Q., Xu, W., & Rong, Q. Q. (2018). A simulation-optimization modeling approach for watershed-scale agricultural N₂O emission mitigation under multi-level uncertainties. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32(9), 2683-2697. DOI: 10.1007/s00477-018-1586-1
- Wagner, C. K. (1998). Biotechnology in Mexico: placing science in the service of business. *Technology in Society*, 20(1), 61-73. DOI:10.1016/S0160-791X(97)00028-6
- White, H. D., & McCain, K. W. (1998). Visualizing a discipline: An author co-citation analysis of information science, 1972-1995. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(4), 327-355. doi:10.1002/(SICI)
- Wright, B. D. (2012). Grand missions of agricultural innovation. *Research Policy*, 41(10), 1716-1728. DOI: 10.1016/j.respol.2012.04.021
- Zupic, I., & Cater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. DOI:10.1177/1094428114562629