



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Startups da Agricultura (AgTechs): um estudo bibliométrico usando os softwares SciMAT e VOSviewer

Jéssica Alves Justo Mendes, USP-EESC, jessy.a.j.mendes@usp.br
Lucas Olegário Bueno, USP-EESC, lucasbueno@usp.br
Arthur Yassine Oliveira, USP-EESC, arthuryo@usp.br
Mateus Cecílio Gerolamo, USP-EESC, gerolamo@sc.usp.br

Resumo

Devido ao aumento populacional e aos problemas relativos à sustentabilidade ambiental que esse aumento trará para o planeta, o setor de agronegócios tem uma grande responsabilidade a cumprir, no sentido de alimentar uma crescente população de modo sustentável. Nesse contexto, nota-se um aumento no investimento de tecnologias inovadoras, muitas delas desenvolvidas e comercializadas por AgTechs, as startups tecnológicas do agronegócio, que surgiram com força nesse cenário da agricultura 4.0, onde deseja-se tecnologias cada vez mais precisas, conectadas, e ambientalmente sustentáveis. Apesar do crescente interesse de diversos mercados na temática de AgTechs, não foram encontrados estudos demonstrando, de modo geral e aprofundado, o desenvolvimento da temática na literatura científica. Assim, esse trabalho teve por objetivo apresentar um estudo bibliográfico sobre a temática de startups da agricultura (AgTechs). A metodologia utilizada foi a de estudo bibliométrico, com uso dos softwares SciMAT e VOSviewer. As bases de dados utilizadas para o estudo foram Web of Science e Scopus. Os resultados demonstraram que a temática não está bem consolidada na literatura, porém está em um crescimento vertiginoso, com 71,3% dos artigos tendo sido publicados nos últimos 3 anos, em 79 journals e com as publicações abrangendo 44 países.

Palavras-chave: AgTech, Estudo Bibliométrico, SciMAT, VOSviewer.

1. Introdução

A partir da Revolução Industrial o modelo de agricultura seguiu um padrão altamente industrializado com fazendas comerciais em grande escala que, no entanto, se mostrou insustentável (Wezel et al., 2014). Recentemente, novas práticas foram introduzidas para resolver problemas agrícolas introduzindo uma abordagem sem precedentes (Miranda et al. 2019). O desenvolvimento de tecnologias no setor agrícola nos últimos anos tem buscado modernizar, facilitar e melhorar as operações agrárias para atender às necessidades crescentes de alimentar a população mundial nas próximas décadas (Corallo et al. 2018).

As startups de base tecnológica voltadas para soluções no agronegócio são conhecidas como AgTechs, acrônimo de tecnologia agrícola em inglês (Blanco, 2019), e buscam soluções específicas para melhorar o rendimento e atingir a meta de fornecimento sustentável de alimentos para as próximas décadas (Kakani et al. 2020). Segundo Dutia (2014), as AgTechs apresentam grande potencial de transformar o setor agropecuário por meio de incrementos de tecnologias que auxiliem na maior produtividade no campo associada a redução de custos ambientais e sociais das práticas produtivas.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

A evolução da informação e inteligência artificial aplicada a agricultura inteligente e de precisão caracterizou a impulsão de tecnologias como drones, robôs e sensores que são capazes de realizar serviços de captura e identificação de imagens, rastrear condições de campo, solo, água, nutrientes e ainda operar máquinas e equipamentos de forma remota (Pham; Stack, 2019; Boursianis et al., 2020). Este novo modelo de agricultura aplica-se em fazendas de grande e pequena escala transformando a atuação no campo e fornecendo várias formas de valor para o agricultor, consumidor e também para a sociedade (Miranda et al. 2019).

No entanto, especificamente no Brasil, a atuação das AgTechs bem como suas tecnologias disruptivas e modernos modelos operacionais de agricultura inteligente foram pouco estudadas e discutidas. Assim, este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo bibliométrico da temática de AgTechs, focando em discutir como o Brasil está representado nesse contexto. Para isso, foram utilizados os softwares SciMAT e Vosviewer para realizar esse levantamento bibliométrico, usando as bases de dados Web of Science e Scopus, devido a sua relevância acadêmica. Desta forma, os resultados deste trabalho contribuem para o melhor entendimento do termo AgTech na literatura e para o aprimoramento de conceitos relacionados a este ecossistema.

2. Fundamentação teórica

A fundamentação teórica deste artigo foi dividida em: Estudos Bibliométricos e Contextualização das AgTechs. No primeiro, descreve-se o que é um estudo bibliométrico. No segundo, o contexto das AgTechs, tanto teórico quanto prático, é apresentado.

2.1 Estudos Bibliométricos

Estudos bibliométricos, nos quais um determinado campo de conhecimento é estudado por meio de análises quantitativas e estatísticas para descrever padrões de publicação (Ratnatunga e Romano, 1997), têm sido amplamente usados por estudiosos para sondar o estado passado e presente de interesses de pesquisa para vários fins (Akbar e Zaim, 2019), sendo os estudos bibliométricos baseados em tópicos específicos um dos mais comuns na literatura (Laengle et al., 2018). Os estudos bibliométricos baseados em tópicos visam analisar várias questões, como o desempenho de autores, periódicos, universidades e países em relação a um tópico em específico (Laengle et al., 2018).

Assim, os métodos bibliométricos permitem aos pesquisadores basear suas descobertas em dados bibliográficos agregados produzidos por outros cientistas trabalhando na área que expressam suas opiniões por meio de citação, colaboração e escrita (Zupic e Cater, 2015) com o input do estudo bibliométrico sendo a coleção de artigos científicos de uma base de dados de literatura científica mundialmente conhecida (Akbar e Zaim, 2019) e o output sendo insights sobre a estrutura do campo de conhecimentos, redes e identificação de tópicos atuais e em crescimento vertiginoso (Zupic e Cater, 2015), o que condiz com o desenvolvimento desse artigo, que busca avaliar o desenvolvimento da temática das AgTechs na literatura acadêmica.

2.2 Contextualização das AgTechs

As tendências do mercado mundial de tecnologia surgiram inicialmente no Vale do Silício, nos Estados Unidos. A partir deste ambiente de inovação, o agronegócio tem sido um dos setores de maior destaque na utilização e criação de tecnologias para os processos produtivos o que tem atraído um número exponencial de investimentos, que configura a



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

revolução AgTech, termo que se refere às empresas que desenvolvem novas tecnologias aplicadas ao agronegócio (StartAgro, 2016). No contexto das transformações digitais, as AgTechs impulsionam novos modelos de negócios e permitem novas formas de colaboração.

De acordo com o levantamento quantitativo das startups do agro brasileiro realizado pelo Radar AgTech Brasil 2020/2021 (Figueiredo et al., 2021), considerando os segmentos a montante e jusante das atividades produtivas (antes da fazenda, na fazenda e depois da fazenda), atualmente cerca de 1570 AgTechs atuam no Brasil. Destas, 757 estão localizadas no estado de São Paulo e, especificamente no município de Piracicaba, localiza-se a região conhecida como Vale do Piracicaba (AgTech Valley). A região se tornou um importante polo de geração de conhecimento e produção de tecnologias para o setor agropecuário brasileiro, criando base e impulsionando importantes AgTechs com empreendedores capacitados, ideias disruptivas e potencial impacto econômico, tornando-se um atrativo para investidores (Dias et al., 2019).

3. Metodologia

Este artigo apresenta um estudo bibliométrico focado nas AgTechs, startups de cunho agrícola. Para realização desse estudo bibliométrico, foram utilizadas as bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus, bem como os softwares: SciMAT e VOSviewer. Inicialmente, não foram definidos limites temporais para a pesquisa. As strings de busca usadas foram: “AgTech” OR “Agritech” OR “Agrotech” OR “Agriculture Startup” OR “Agricultural Startup” OR “Agriculture Startup” OR “Agricultural Startup”. Essas strings de busca foram utilizadas para que fosse possível encontrar todos os artigos que abordassem o seguinte tema: “startups voltadas para o agronegócio”.

3.1 SciMAT

Desenvolvido pelo Secaba Lab da Universidade de Granada (Espanha), o SciMAT é um software *Open-Source* (GPLv3) que incorpora as funcionalidades necessárias para realizar todas as etapas de um estudo bibliométrico, desde o carregamento dos dados até a interpretação das saídas, incorporando métodos, algoritmos e medidas para obter as diferentes análises e visualizações. (Moral-Muñoz et al., 2020). Para atingir este fim, o SciMAT cria mapas científicos por meio da análise de coocorrência das palavras-chave que caracterizam a publicação, permitindo o monitoramento do campo científico, delimitando as áreas de investigação, e propiciando a compreensão da estrutura intelectual, social, conceitual e cognitiva, bem como a análise de sua evolução estrutural no decorrer do tempo (Martinez et al., 2014).

O software foi desenvolvido com base na abordagem de mapeamento científico dividido nos seguintes quatro passos (Cobo et al., 2011): (1) Por meio de uma análise bibliométrica para cada período estudado, detectar as subestruturas contidas no campo de pesquisa; (2) Dispor visualmente os resultados da primeira etapa (clusters); (3) Analisar a evolução dos clusters detectados ao longo dos diferentes períodos estudados para detectar as principais áreas de evolução do campo de investigação, as suas origens e as suas inter-relações; (4) Realizar uma análise de desempenho dos diferentes períodos, clusters e áreas de evolução, através de medidas bibliométricas. O SciMAT apresenta três principais características que são notáveis em relação a outras ferramentas de software de mapeamento científico: (a) um poderoso módulo de pré-



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

processamento para limpar os dados bibliográficos brutos, **(b)** o uso de medidas bibliométricas para estudar o impacto de cada elemento estudado, e **(c)** um assistente para configurar a análise. (Cobo et al., 2012).

Em relação a **(a)**, o SciMAT possibilita detectar arquivos duplicados e erros ortográficos, organizar os dados cronologicamente, dentre outras importantes funções de pré-processamento. Nesse trabalho, foram realizadas a exclusão dos artigos duplicados, correção de erros ortográficos em palavras-chave, junção de palavras-chave com o mesmo significado (exemplo, “IOT”, “Internet of Things” e “Internet-of-Things”) e junção de palavras-chave no plural e no singular (exemplo: “Change” e “Changes”). Quanto a **(b)**, se destaca pelas medidas bibliométricas utilizadas durante a análise, como máximo, mínimo e média de citações, bem como pela utilização de índices bibliométricos avançados, como índice-h (Alonso et al., 2009; Hirsch, 2005), índice-G (Egghe, 2006), índice-HG (Alonso et al., 2010) e índice-q² (Cabrerizo et al., 2010). Neste trabalho, escolheu-se apresentar os resultados segundo o índice-h, conforme indicado por Rincon-Patino et al. (2018). Por fim, quanto a **(c)**, um assistente permite ao analista selecionar facilmente algoritmos, métodos e medidas a serem utilizados na análise bibliométrica (Cobo et al., 2012). Nesse trabalho, os parâmetros seguidos tiveram por base os trabalhos de Van Eck e Waltman (2007), Cobo et al. (2012) e Rincon-Patino et al. (2018), conforme detalhados a seguir.

Seleção dos períodos que serão analisados: devido ao fato de que os quatro primeiros períodos somaram apenas 27 artigos, e que ao serem lidos os resumos foi possível identificar que os mesmos tratavam AgTech não como um tipo específico de startup, mas sim como uma abreviação para “tecnologia agrícola” decidiu-se pela exclusão desses períodos, e a análise final foi feita apenas com os três últimos períodos. Destaca-se o fato de que o primeiro trabalho acadêmico a realmente usar AgTech como startup da agricultura foi o de Dutia et al. (2014) e que o setor de AgTech ganhou visibilidade quando, em 2014, os EUA investiram US\$ 2,36 bilhões, envolvendo 264 acordos, em AgTechs (Tilney et al., 2015). Ou seja, a exclusão dos períodos 1996 a 2012 fazem sentido para o objetivo desse artigo;

Unidade de análise: A unidade de análise foram as palavras-chave, um dos parâmetros mais utilizados na realização de estudos bibliométricos (Cobo et al., 2012);

Frequência para redução de dados: 1. Como o número de trabalhos encontrados não foi alto para um estudo bibliométrico, definiu-se o uso da frequência mínima padrão do SciMAT (Cobo et al., 2012; Rincon-Patino et al., 2018);

Tipo de rede: coocorrência, um dos parâmetros padrão do SciMAT e utilizado por diversos trabalhos que abordam bibliometria (Van Eck e Waltman, 2007; Rincon-Patino et al., 2018);

Redução de rede: 1. Novamente, devido ao baixo número de trabalhos encontrados a redução de rede usada foi a mínima (1), padrão do SciMAT (Cobo et al., 2012);

Medida de normalização: Association Strength. Essa medida foi escolhida principalmente devido ao trabalho de Van Eck e Waltman (2007), na qual a medida de normalização por “força de associação” é descrita como a mais apropriada para normalização de frequências de coocorrências;



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Algoritmo de clustering: Simple Centers Algorithm (Van Eck e Waltman, 2007; Rincon-Patino et al., 2018) calibrado com o tamanho máximo de rede de 10 e mínimo de 1;

Mapeador de documentos: K-mapper de 1, considerado o ideal para a normalização por association strength (Van Eck e Waltman, 2007);

Medidas de desempenho e qualidade bibliométrica: H-Index (para demonstrar um parâmetro de qualidade) e Sum of Citations (para demonstrar um parâmetro de quantidade); e,

Medida para construção dos mapas de evolução e de sobreposição: Association Strength, conforme indicado por Van Eck e Waltman (2007).

3.2 VOSviewer

Desenvolvido pelo *Centre for Science And Technology Studies* (CWTS) da Universidade de Leiden (Holanda), o VOSviewer é um software criado para a construção e visualização de redes bibliométricas, tendo os pesquisadores, periódicos ou publicações individuais como atores principais, com base em co-citação, acoplamento bibliográfico ou relações de coautoria (Van-Eck; Waltman, 2010).

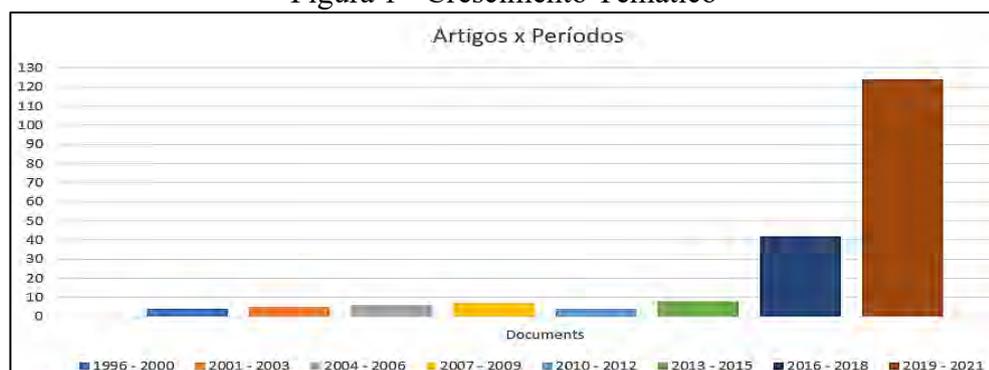
O VOSviewer constrói mapas com base em uma matriz de coocorrência em três etapas (Van-Eck; Waltman, 2010): (1) Matriz de similaridade, para aplicar a técnica de mapeamento VOS (Waltman; Van Eck; Noyons, 2010), usando força de associação (Van-Eck; Waltman, 2007); (2) técnica de mapeamento VOS, para construir um mapa refletindo a similaridade entre os itens; e (3) Translação, rotação e reflexão, para corrigir o problema de otimização descrito na literatura (O’Connell; Borg; Groenen, 1999).

A ferramenta conta com *network, overlay e density* como três recursos de visualização dos mapas, os quais podem ser salvos como diferentes formatos de arquivo, facilitando a edição e manejo pelo analista. É notável a opção de zoom e rolagem para facilitar um exame detalhado do mapa gerado. Os mapas gerados nesse artigo foram baseados em co-citação e utilizaram os trabalhos encontrados entre os últimos três períodos definidos na análise do SciMAT (abrangendo 2013 a 2021), analisando, portanto, 174 artigos.

4. Resultados

Esse estudo bibliométrico teve início com a análise do crescimento da temática de AgTechs ao longo do tempo, conforme demonstrado pela Figura 1.

Figura 1 - Crescimento Temático



Este estudo (2021).



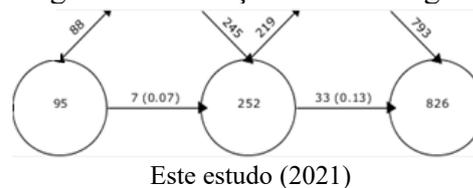
III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Os 8 períodos iniciais, analisados pelo SciMAT, apresentaram: 4 artigos (1996 a 2000), 5 artigos (2001 a 2003), 6 artigos (2004 a 2006), 7 artigos (2007 a 2009), 4 artigos (2010 a 2012), 8 artigos (2013 a 2015), 42 artigos (2016 a 2018), e por fim, 124 artigos (2019 a 2021). Conforme indicado na metodologia, escolheu-se prosseguir o estudo usando os 3 últimos períodos, portanto, dos 200 artigos, 174 foram representados nesse estudo.

Analisando os períodos 2013-2015, 2016-2018, 2019-2021, percebe-se um crescimento vertiginoso, sendo que o período de 2019-2021 concentra 71,3% dos artigos publicados, enquanto que o período 2016-2018 tem 24,1% dos artigos publicados e o período 2013-2015, apenas 4,6% dos artigos publicados. Isso demonstra o crescente interesse pela área temática, que parece acompanhar a crescente importância das AgTechs para o desenvolvimento do Agronegócio, tanto a nível nacional (Figueiredo et al., 2021) quanto a nível internacional (AgFunder, 2021).

Após analisar o crescimento temático em números de artigos, foi feita uma análise do crescimento das palavras-chaves usadas nesse tipo de pesquisa. Por meio de uma visão mais holística da evolução terminológica da área, a figura 2 permite uma compreensão longitudinal do comportamento das palavras-chave. Na Figura 2, os círculos representam o número de palavras-chave usadas em um determinado período, a seta para cima (saindo do círculo) representa o número de palavras-chave que foram "perdidas" (ou seja, não estão mais sendo usadas) e a seta para baixo (entrando no círculo) representam as novas palavras-chave que estão sendo usadas e, por fim, a seta reta (círculo de entrada) representa o número de palavras-chave que estão sendo compartilhadas entre os períodos.

Figura 2 - Evolução Terminológica



Analisando a Figura 2, percebe-se que o número de palavras-chave ligadas ao tema das AgTechs tem aumentado dramaticamente ao longo do tempo, passando de um total de 95 palavras-chave (período de 2013 a 2015) para 826 (período de 2019 a 2021) em um período de 8 anos, o que equivale a um aumento de 785%. Entretanto, o número de palavras-chave compartilhadas entre os períodos teve um aumento pouco significativo (passando de 0,07 a 0,13), o que pode fornecer evidências de que a terminologia da área não está consolidada, devido ao grande volume de palavras transitórias (que são utilizadas em apenas um determinado momento e depois não mais). Evidencia-se então que a área temática de AgTechs está em desenvolvimento, e que esse desenvolvimento está sendo intenso nos últimos 3 anos.

A Figura 3, criada usando o Vosviewer, apresenta os autores que publicaram mais de um artigo nessa temática.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

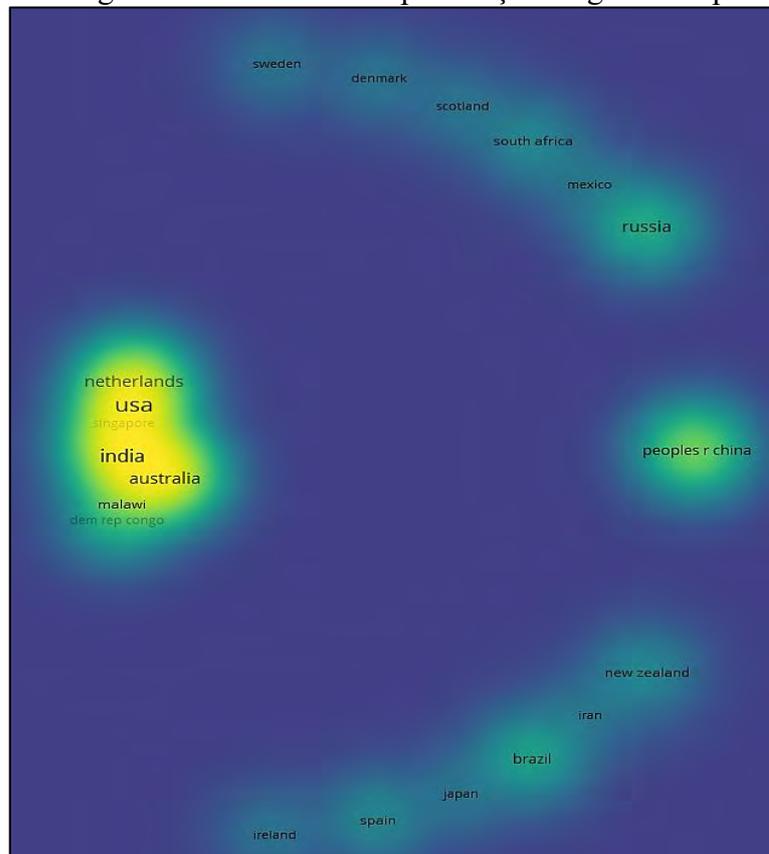
Figura 3 - Autores com maior número de artigos publicados



Este estudo (2021)

Percebe-se que apenas 7 autores publicaram mais de um artigo na temática de AgTechs, o que valida a noção de que essa área não está consolidada. O fato de que todos os artigos publicados por esses 7 autores foram publicados entre 2018 e 2021 parece indicar que a área está em expansão. Segundo o Vosviewer, 44 países diferentes publicaram algo sobre a temática de AgTechs. A Figura 4 apresenta a densidade de publicação dos países.

Figura 4 - Densidade das publicações segundo os países



Este estudo (2021)

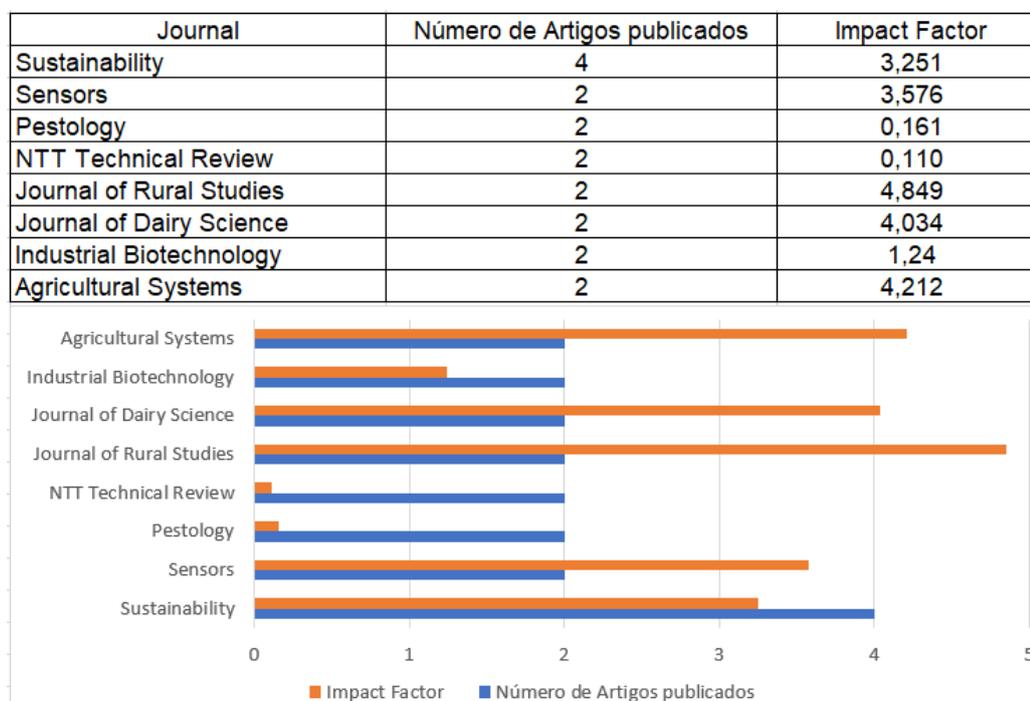


III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

O país com o maior número de publicações (18) foi os Estados Unidos, seguido pela Índia (11), Austrália (8), Inglaterra (7), Holanda e Rússia (5), e Alemanha, Brasil, China, Itália, Malásia e Suíça (todos com 4 artigos publicados). Em relação ao número de citações, os Estados Unidos lideraram, com 40 citações, seguidos pela Malásia (32), Austrália (30), Índia (28), Holanda (27), Nova Zelândia (23), Dinamarca (21), Inglaterra (18), e Coréia do Sul, Indonésia, e Vietnam (os três com 16 citações cada). O Brasil, apesar de estar entre os países com maior número de artigos publicados teve apenas 2 citações, o que demonstra a importância de investir-se em publicações de alto impacto, bem como a importância de se buscar parcerias para o desenvolvimento de pesquisas com países que publicam estudos de alto impacto na temática de AgTechs.

Quanto aos locais de publicação, dos 174 estudos, 79 foram publicados em revistas (journals) e 95 foram publicados em congressos (conferences, workshops, proceedings), ou seja, 45,4% dos estudos relacionados a AgTechs foram publicados em locais que podem contar com um fator de impacto, o que demonstra a relevância que a área está atingindo. Das 79 revistas que publicaram sobre a temática de AgTechs, apenas 8 publicaram mais do que um artigo cada, o que demonstra o potencial de expansão da temática. A Figura 5 apresenta esses journals, juntamente com seu fator de impacto.

Figura 5 - Journals, Número de Artigos Publicados e seu Fator de Impacto



Este estudo (2021)

Percebe-se que, apesar de não ter o maior fator de impacto, a revista Sustainability possui o maior número de publicações relativas ao tema de AgTechs. A revista brasileira, *Scientia Agricola*, publicação da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), que possui



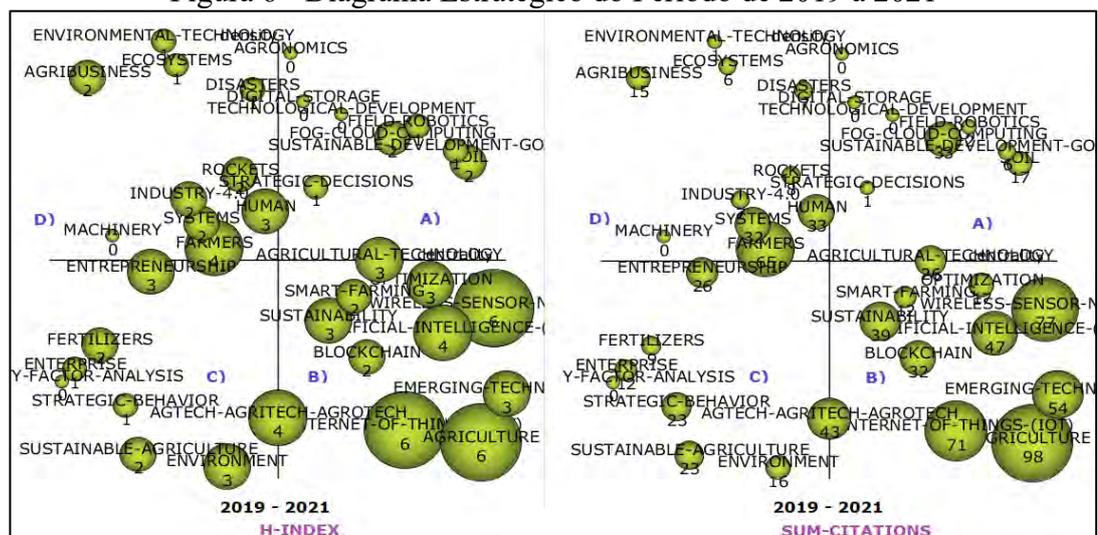
III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

um Fator de Impacto de 1,108, teve um artigo publicado, sendo a única revista brasileira a possuir publicação relativa à temática de AgTechs. Destaca-se que todas as publicações em journals descritas na Figura 5, bem como a publicação na *Scientia Agricola*, aconteceram entre os anos de 2019 e 2021.

Devido ao fato de que o período de 2019 a 2021 trouxe os artigos mais relevantes para esse estudo, bem como o fato de que esse período cobre a grande maioria dos estudos e palavras-chave, decidiu-se por focar nos diagramas estratégicos e clusters desse período.

A Figura 6 mostra o diagrama estratégico do período de 2019 a 2021. Um diagrama estratégico consiste em um gráfico bidimensional composto por quatro quadrantes interceptados pelos eixos 'x' e 'y', que representam a centralidade e a densidade dos temas, respectivamente. Os quadrantes do diagrama representam a importância e o desenvolvimento dos temas para a área de estudo, de acordo com o grau de centralidade e densidade de cada cluster. Na Figura 3, temos o primeiro quadrante representado pela letra (A). Esse quadrante do diagrama é composto por temas motores, ou seja, aqueles com alta densidade e centralidade, caracterizando os temas mais desenvolvidos na área. O segundo quadrante (B) representa os temas básicos ou transversais, que apresentam baixa densidade de conexões com outros temas, mas forte centralidade. Os temas emergentes ou em declínio constituem o terceiro quadrante (C), e seu baixo grau de desenvolvimento requer uma análise qualitativa para identificar se cada tema no quadrante está emergindo ou declinando no campo de estudo. Por fim, o quarto quadrante (D) representa temas altamente desenvolvidos e isolados, ou seja, apesar de possuírem alta densidade nas relações, possuem poucos vínculos com outros temas da área de estudo (Furstenau et al., 2020b; Sott et al., 2020).

Figura 6 - Diagrama Estratégico do Período de 2019 a 2021



Este estudo (2021)

Percebe-se que temas altamente desenvolvidos (porém isolados) da área são os que apresentam (em ordem de citação e fator h): fazendeiros, humanos (no caso, a influência do fator humano), sistemas, agronegócio, indústria 4.0, tecnologias sustentáveis, e, ecossistemas.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Os temas motores mais significativos da área foram: “robótica” e “desenvolvimento sustentável”. Os temas básicos ou transversais (com alta densidade) são representados por: agricultura, internet das coisas, sensores, inteligência artificial, sustentabilidade, blockchain, tecnologia agrícola, tecnologias emergentes, fazendas inteligentes, sensores. Assim, percebe-se que grande parte dos temas transversais podem ser divididos em “agricultura”, “tecnologias disruptivas” (o que engloba internet das coisas, sensores, inteligência artificial, blockchain, tecnologia agrícola, tecnologias emergentes e sensores), “sustentabilidade” e “fazendas inteligentes”.

As redes temáticas (cluster networks) de maior relevância, analisadas em maior profundidade nesse artigo, foram as relativas a tecnologias disruptivas e a sustentabilidade, conforme descrito a seguir.

4.1 - Clusters relativos as tecnologias disruptivas

No desenvolvimento do estudo, foi identificado uma proeminência do conceito de “smart-agriculture-smart farm”, ou seja, Agricultura Inteligente, que se refere à ciência que incorpora os avanços tecnológicos mencionados acima ao corpo de soluções da agroindústria tradicional, visando novos modelos inteligentes de propriedades com aplicação intensiva de tecnologias de informação e comunicação (Colezea et al., 2018). Adicionalmente, o conceito de “Agricultura 4.0, terminologia que se refere à quarta revolução agrícola sustentada pelos grandes avanços tecnológicos que criaram modelos de fazendas inteligentes (Zhai et al., 2020), também teve destaque.

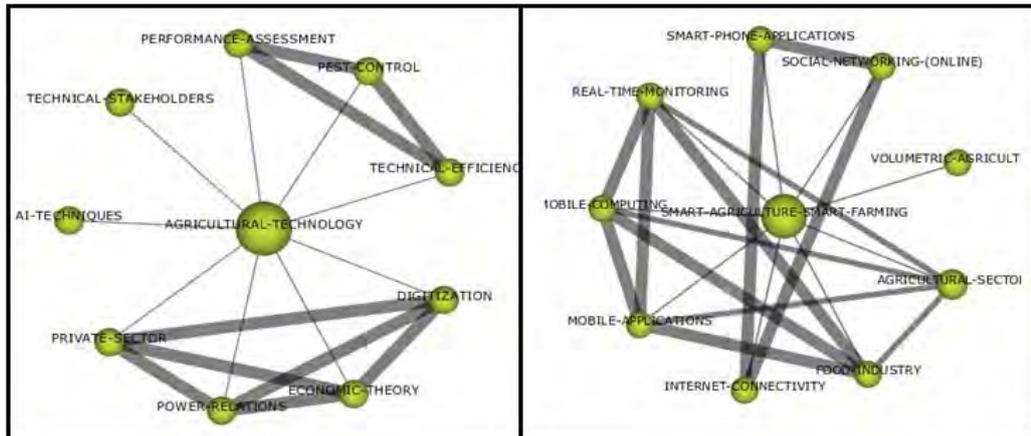
Quando se leva em consideração que estes conceitos são inseparáveis das tecnologias disruptivas, entende-se a elevada importância que as palavras-chave relativas a tecnologias inovadoras teve nesse estudo. Termos como: “agricultural technology”, “disruptive technology” “4.0 technology” foram os termos mais usados para indicar uma gama de tecnologias habilitadoras, sendo desenvolvidas pelas AgTechs e difundidas ao campo. Esses dados refletem a realidade da prestação de serviços de startups agrícolas a nível global, já que cerca de 54% das AgTechs com destaque internacional são prestadoras de serviços tecnológicos para a agricultura 4.0 (Graff et al., 2019).

Nesse contexto, as tecnologias habilitadoras mais proeminentes, segundo Mendes et al. (2021) são: Internet das coisas (IoT); Dispositivos inteligentes; Big Data; Computação em nuvem; Robôs; Blockchain; TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), Sistemas Cibernéticos Físicos (CPS); Sensores; e, Inteligência artificial. A Figura 7 mostra as correlações das palavras “agricultural-technology” e “smart-agriculture-smart-farming”.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 7 - Clusters das Tecnologias Disruptivas



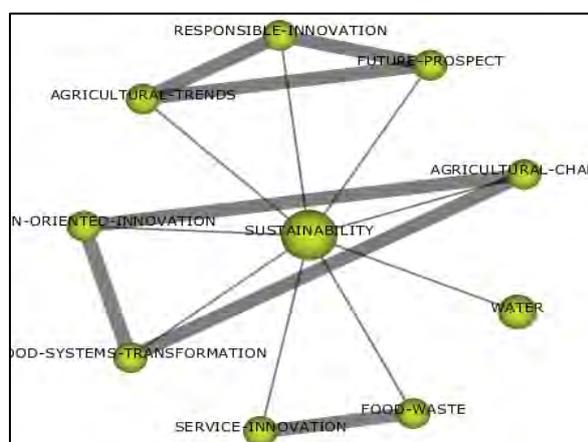
Este estudo (2021)

Percebe-se grande ênfase na adoção de tecnologias móveis e smartphones, continuamente associadas a internet das coisas (IoT) e a digitalização para aumento da eficiência tecnológica no campo (Schulz et al., 2021). Entretanto, segundo Yoon et al. (2021) a adoção de qualquer uma dessas tecnologias disruptivas, para ser bem-sucedida, requer uma consideração cuidadosa de sua utilidade para os agricultores, visando o desenvolvimento dessas tecnologias com base no atendimento das necessidades básicas ou problemas enfrentados pelos agricultores.

4.2. Clusters relativos à sustentabilidade

Assim como foi identificado na Figura 7, houve uma proeminência do conceito de inovação com relação à sustentabilidade, conforme identificado na Figura 8.

Figura 8 - Cluster da Sustentabilidade



Este estudo (2021)

O termo “N-oriented-innovation”, especificamente, se relaciona diretamente à “agricultural-change” e “Food-Systems-Transformation”. Estes termos em conjunto apresentam



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

relação com as mudanças e transformações da era 4.0 e todo o ecossistema proposto pelas AgTechs na busca constante de empregar soluções e tecnologias para que a humanidade obtenha o suprimento de alimentos necessário até 2050 de maneira ecologicamente correta (Kakani et al., 2020).

O termo “responsible-inovation” apresentou relação direta com “agricultural-trends” e “future-prospects”. Estes se relacionam com a necessidade de sistemas agrícolas futuros mais responsáveis e sustentáveis e neste sentido a aplicação de técnicas como Physical AgTech, Cyber AgTech e Cyber-physical, corroboram para a prospecção da agricultura do futuro e o redesenho de uma produção agrícola mais sustentável (Lampridi et al. 2019). O aprendizado de máquinas e o uso de técnicas computacionais para registrar, analisar, modelar e prever os fatores que podem melhorar o rendimento no campo, bem como a análise de dados de plantas e agricultura de precisão para melhorar a produtividade e contribuir para o abastecimento alimentar sustentável tem sido a aposta de diversas AgTechs (Kakani et al., 2020).

Ademais, o termo “servisse-inovation” também apresentou relação com a sustentabilidade e se faz pelo uso de serviços de inteligência artificial e tecnologias como as máquinas robóticas, sistemas de irrigação de maior precisão e softwares de análise de dados e apoio à decisão no setor agrícola que propiciam maior produtividade e otimização da produção (Koaudio et al., 2018; Miranda et al., 2019). Desta forma, os agricultores conseguem mapear e monitorar suas culturas e implementar práticas mais proativas, resilientes e sustentáveis (Spanaki et al., 2021).

Vale ainda ressaltar que, no sentido da inovação de serviços, os Agripreneurs - nova geração de agroempresários – buscam unir o conhecimento e a experiência de negócios e gestão na agricultura visando preencher as lacunas das práticas agrícolas com base em princípios do agronegócio como a sustentabilidade (Carayannis et al. 2018). Segundo Spanaki et al. (2021), na última década os avanços das pesquisas de soluções das AgTechs contribuíram significativamente para o entendimento e implementação dos critérios de sustentabilidade na agricultura. Desta forma, espera-se que qualquer agricultor possa se tornar um Agripreneur em um futuro próximo e produzir de forma mais sustentável unindo tecnologias e operações agropecuárias mais sustentáveis.

Por fim, os termos “water” e “food-waste” também apresentaram relação com o termo sustentabilidade visto que uma das maiores preocupações na produção sustentável é a conservação de recursos naturais essenciais como o solo e a água. Neste sentido, Kakani et al. (2020) cita que a combinação das novas tecnologias computacionais e robóticas formulam uma nova abordagem no gerenciamento de culturas, possibilitando por exemplo a irrigação com maior precisão e menor consumo de água.

A sustentabilidade de fato é um dos principais pilares para o sucesso das AgTechs, pois à medida que a sustentabilidade se torna mais complexa o Desenvolvimento Sustentável demandado pelas partes interessadas também se torna mais desafiador e caro para os empresários agrícolas (Spanaki et al., 2021).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

5. Conclusões

O estudo bibliométrico apresentou a análise do crescimento da temática de AgTechs ao longo do tempo no qual demonstrou um crescimento vertiginoso nos últimos três anos, o que evidencia o crescente interesse pela área temática aliada a crescente importância das AgTechs para o desenvolvimento do agronegócio sustentável.

Discutiu-se ainda a evolução terminológica da área por meio da compreensão longitudinal do comportamento das palavras-chave que também apresentou um aumento expressivo nos últimos 8 anos, concluindo que a área temática de AgTechs tem se desenvolvido constantemente nos últimos anos. Ademais, o estudo apresentou os principais autores, países e tipos de publicações relacionadas a temática das AgTechs, bem como o diagrama estratégico do período de 2019 a 2021 e cluster networks de maior relevância. Desse modo, o objetivo apresentado foi cumprido.

O estudo traz interessantes contribuições para o melhor entendimento do termo AgTech na literatura e para o aprimoramento de conceitos relacionados a este ecossistema. Por fim, considerando a importante contribuição das AgTechs para o desenvolvimento sustentável, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas para avaliar como a sustentabilidade é de fato praticada pelas AgTechs.

6. Agradecimentos

Agradecemos a CAPES e CNPQ pelo financiamento para a pesquisa.

7. Referências Bibliográficas

AgFunder - Agriculture and Agtech Investment Opportunities. (2021). AgFunderAgriFood Tech Investing Report - Year in Review 2020. Disponível em: <https://research.agfunder.com/2021/2021-agfunder-global-report.pdf>. Acesso em: 27 de setembro de 2021.

Akbar, I., e Zaim, I. A. (2019). Innovations in Service: Probing the Evidence in Sustainable Tourism. *The Asian Journal of Technology Management* Vol. 12, N^o. 2: 132-148

Alonso, Sergio; Cabrerizo, Francisco-Javier; Herrera-Viedma, Enrique; Herrera, Francisco (2009). “h-index: A review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields”. *Journal of informetrics*, v. 3, n. 4, pp. 273-289.

Alonso, Sergio; Cabrerizo, Francisco-Javier; Herrera-Viedma, Enrique; Herrera, Francisco (2010). “hg-index: A new index to characterize the scientific output of researchers based on the h- and g-indices”. *Scientometrics*, v. 82, n. 2, pp. 391-400.

Blanco, T. H. M. 2019. AGTECHS: uma análise do ambiente de negócio paranaense. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Administração, Programa de Pós-graduação em Administração (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Boursianis, A. D.; Papadopoulou, M. S.; Diamantoulakis, P.; Liopa-Tsakalidi, A.; Pantelis, B.; Salahas, G.; Karagiannidis, G. K.; Wan, S.; Goldos, S. (2020). Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Smart Farming: A Comprehensive Review. *Internet of Things*, p. 100187.

Cabrerizo, Francisco-Javier; Alonso, Sergio; Herrera-Viedma, Enrique; Herrera, Francisco (2010). “q2-Index: Quantitative and qualitative evaluation based on the number and impact of papers in the Hirsch core”. *Journal of informetrics*, v. 4, n. 1, pp. 23-28.

Carayannis, E. G., Rozakis, S., & Grigoroudis, E. (2018). Agri-science to agri-business: The technology transfer dimension. *Journal of Technology Transfer*, 43(4), 837–843.

Cobo, Manuel J.; López-Herrera, Antonio G.; Herrera-Viedma, Enrique; Herrera, Francisco (2012). “SciMAT: A new science mapping analysis software tool”. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 63, n. 8, pp. 1609-1630.

Cobo, Manuel J.; López-Herrera, Antonio G.; Herrera-Viedma, Enrique; Herrera, Francisco (2011b). “An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the fuzzy sets theory field”. *Journal of informetrics*, v. 5, n. 1, pp. 146-166.

Colezea M., Musat G., Pop F., Negru C., Dumitrasco A., e Mocanu M. (2018). CLUeFARM: Integrated web-service platform for smart farms *Comp. Elec. Agri.* 154 134-54

Corallo, A., Latino, ME, Menegoli, M. (2018). Da indústria 4.0 à agricultura 4.0: Uma estrutura para gerenciar dados de produtos na cadeia de abastecimento agroalimentar para rastreabilidade voluntária. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 12 (5), 146-150.

Dutia, S. G. 2014. Agtech: Challenges and opportunities for sustainable growth. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, v. 9, n. 1-2, p. 161-193.

Egghe, Leo (2006). “Theory and practise of the g-index”. *Scientometrics*, v. 69, pp. 131-152.

Figueiredo, S.S.S.; Jardim, F.; Sakuda, L.O. (Orgs.). *Radar AgTech Brasil 2020/2021: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro*. Embrapa, SP Ventures e Homo Ludens: Brasília e São Paulo, 2021.

Graff, G. D., Silva, F. F., & Zilberman, D. (2019). *Venture capital and the transformation of private R&D for agriculture and food. Economics of research and innovation in agriculture*, Cambridge: National Bureau of Economic Research.

Hirsch, Jorge E. (2005). “An index to quantify an individual’s scientific research output”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 102, n. 46, pp. 16569-16572.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Kakani, V.; Nguyen, V. H.; Kumar, B.P.; Kim, H.; Pasupuleti, V.R. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry, *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 2020. ISSN 2666-1543.

Kouadio, L., Deo, R. C., Byrareddy, V., Adamowski, J. F., Mushtaq, S., & Phuong Nguyen, V. (2018). Artificial intelligence approach for the prediction of Robusta coffee yield using soil fertility properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 324–338.

Laengle, S.; Modak, N. M.; Merigo, J. M.; Zurita, G. (2018). Twenty-Five Years of Group Decision and Negotiation: A Bibliometric Overview. *Group. Decis. Negot.* 27:505–542.

Lampridi, M. G., Kateris, D., Vasileiadis, G., Marinoudi, V., Pearson, S., Sørensen, C. G., et al. (2019). A case-based economic assessment of robotics employment in precision arable farming. *Agronomy*.

Martínez Sánchez, M. A.; Díaz Herrera, M.; Lima Fernández, A. I. (2014). Un análisis bibliométrico de la producción académica española en la categoría de Trabajo Social del Journal Citation Report - A bibliometric analysis of Spanish production of Social Work category according to the Journal Citation Report. *Cuadernos de Trabajo Social*, Vol. 27-2, p. 429-438.

Mendes, J. A. J.; Careta, C. B.; Zuin, V. G.; Gerolamo, M. C. (2021). In search of maturity models in agritechs. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 839 022083. IOP Publishing.

Miranda J, Ponce P, Molina A, Wright P (2019) Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. *Comput Ind* 108:21–36.

Moral-Muñoz, José A.; Herrera-Viedma, Enrique; Santisteban-Espejo, Antonio; Cobo, Manuel J. (2020). “Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review”. *El profesional de la información*, v. 29, n. 1, e290103.

Pham, X.; Stack, M. 2018. How data analytics is transforming agriculture. *Business Horizons*, v. 61, n. 1, p. 125-133.

Ratnatunga, J., e Romano, C. (1997). A "Citation Classics" Analysis of Articles in Contemporary Small Enterprise Research. *Journal of Business Venturing* 12. 197-212.

Rincon-Patino, J.; Ramirez-Gonzalez, G.; Corrales, J. 2018. Exploring machine learning: A bibliometric general approach using Citespace. *F1000 Re-search*, 7. 1240.

Schulz, P.; Prior, J.; Kahn, L. e Hinch, G. (2021). Exploring the role of smartphone apps for livestock farmers: data management, extension and informed decision making. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2021.1910524>



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Spanaki, K.; Sivarajah, U.; Fakhimi, M.; Despoudi, S.; Irani, Z. Disruptive technologies in agricultural operations: a systematic review of AI-driven AgriTech research. *Annals of Operations Research*.

Tilney, M.; Leclerc, R.; Demarest, E. (2015). *AgTech Investing Report: YEAR IN REVIEW 2014*. AGFUNDER. Disponível em: <https://research.agfunder.com/2014/AgFunder-Agtech-Investing-Report-2014.pdf>. Acesso em: 21 de setembro de 2021.

Van-Eck, Nees-Jan; Waltman, Ludo (2010). “Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping”. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, pp. 523-538.

Waltman, Ludo; Van-Eck, Nees-Jan; Noyons, Ed C. M. (2010). “A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks”. *Journal of Informetrics*, v. 4, n. 4, pp. 629-635.

Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J., Ferrer, A., & Peigné, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 1–20.

Yoon, B. K., Tae, H., Joshua A. Jackman, Supratik Guha, Cherie R. Kagan, Andrew J. Margenot, Diane L. Rowland, Paul S. Weiss, e Nam-Joon Cho. (2021). Entrepreneurial Talent Building for 21st Century Agricultural Innovation. *ACS Nano*, 15, 10748–10758

Zhai Z, Martínez J F, Beltran V and Martínez N L. 2020. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges *Comp. Elect. Agri.* 170 105256.

Zupic, I. e Cater, T. (2015). *Bibliometric Methods in Management and Organization*. *Organizational Research Methods*, Vol. 18(3) 429-472.