LÓGICA *FUZZY* NA AGRICULTURA: BREVE HISTÓRICO

FUZZY LOGIC IN AGRICULTURE: BRIEF HISTORY

Emmanuel Zullo Godinho
Universidade Estadual Paulista, UNESP
Botucatu, SP, Brasil
emmanuel.godinho@unesp.br

Helio Vagner Gasparotto
Universidade Estadual Paulista, UNESP
Botucatu, SP, Brasil
helio.vagner@unesp.br

Fernando de Lima Caneppele
Universidade de São Paulo, USP
Pirassununga, SP, Brasil
caneppele@usp.br

Resumo. O objetivo desse artigo fora através de uma revisão bibliográfica sistemática verificar a resposta da pergunta "Como está registrado o estado do conhecimento histórico sobre a aplicação da lógica Fuzzy na agricultura?". A revisão bibliográfica sistemática é um método científico para busca e análise de artigos de uma determinada área da ciência. É amplamente utilizada em pesquisas na medicina, psicologia e agricultura e áreas correlatas, onde há grandes massas de dados e fontes de informações. Devido a relevância fora selecionada a base de dados Scopus® ELSEVIER. Observou-se que as palavras Agriculture e Logic fuzzy foram utilizadas na pesquisa como Strings unidimensional. Após aplicação dos filtros foram selecionados 42 artigos os quais tiveram levantamento do conteúdo para verificação dos resultados. Após esse levantamento agrupou-se os artigos pelos temas bioenergia, solo, irrigação e drenagem, humanidades digitais, sustentabilidade, tecnologia integrada a internet e combinações entre os temas. Concluiu-se que a Lógica Fuzzy e sua aplicabilidade na agricultura é amplamente difundida no mundo e que trouxe avanços tecnológicos capazes de colaborar para solução de problemas agrícolas de grande abrangência consolidando, como a grande dificuldade do produtor em alguns manejos com animais e/ou com os tratos culturais nas lavouras, assim a importância da técnica interdisciplinar e capaz de colaborar com os resultados do produtor rural.

Palavras-chave: agricultura; lógica fuzzy; humanidades digitais.

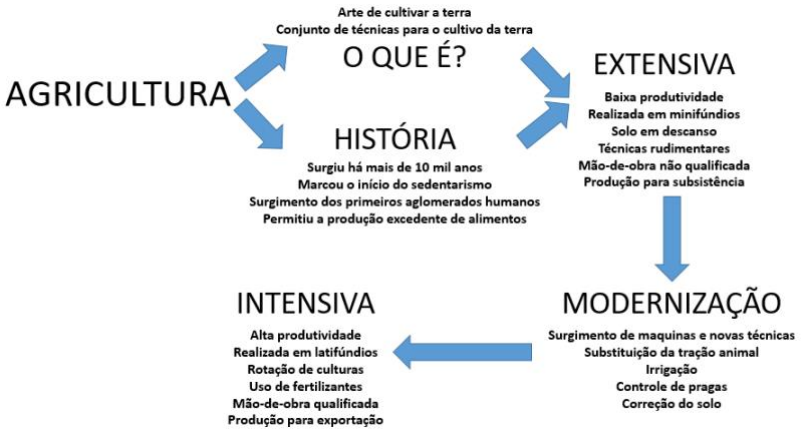
Abstract. The objective of this article was through a systematic bibliographic review to verify the answer to the question "How is the state of historical knowledge about the application of Fuzzy logic in agriculture registered?". The systematic bibliographic review is a scientific method for searching and analyzing articles from a specific area of science. It is widely used in research in medicine, psychology and agriculture and related areas, where there are large masses of data and sources of information. Due to relevance, the Scopus® ELSEVIER database was selected. It was observed that the words Agriculture and Logic fuzzy were used in the research as one-dimensional strings. After applying the filters, 42 articles were selected, which had a survey of the content to verify the results. After this survey, the articles were grouped by the themes bioenergy, soil, irrigation and drainage, digital humanities, sustainability, technology integrated to the internet and combinations between the themes. It was concluded that the Fuzzy Logic and its applicability in agriculture is widespread in the world and that it brought technological advances capable of collaborating to solve complex agricultural problems of great scope producer in some handling with animals and/or with the cultural treatments in the crops, thus consolidating the importance of interdisciplinary technique and capable of collaborating with the results of the producer rural.

Keywords: agriculture; fuzzy logic; digital humanities.

INTRODUÇÃO

O termo agricultura quer dizer "arte de cultivar" (Alves, 2020). Pode ser descrito como um modelo de técnicas aplicadas ao meio ambiente para que possa extrair produtos alimentícios (Fantini et al., 2018). Quando se fala em agricultura o primeiro pensamento é a produção de alimentos, entretanto com o avanço das tecnologias, a agricultura de atuado além da produção de alimentos também está fornecimento diversos gêneros de produção, como: fibras, energia, combustível, construção, medicamentos, ferramentas, ornamentação e inúmeras outras finalidades (Margarita et al., 2015).

Esta mudança de produção ocorreu por importantes fatores que alteraram a história da humanidade, conforme a Figura 1.



Fonte: Autores (2021)

Figura 1. Organograma da história da agricultura no mundo

Conforme apresentado na Figura 1, muitos avanços ocorreram desde os primeiros relatos da agricultura, as principais técnicas e as tecnologias aplicadas à agricultura permitiram um aumento na produtividade agrícola, sendo: a) Tratores, plantadeiras e colheitadeiras substituíram a tração animal e máquinas a vapor; b) A utilização de produtos químicos para o controle de pragas, especialmente nos países desenvolvidos; c) Fertilização e reposição de nutrientes no solo; d) A irrigação como forma de controle do nível de umidade nas lavouras e, e) Modificação genética de sementes e plantas (Godinho et al., 2019).

(GODINHO et al., 2019) além disto, as atividades agrícolas podem ser classificadas conforme diversas técnicas de manejo e demanda de matéria-prima, sendo que este sistema pode ser dividido em dois grandes grupos: Agricultura intensiva e extensiva.

A agricultura no Brasil hoje é representada por uma grande porcentagem de desenvolvimento por apresentar números crescentes de produção agrícola e econômico (Godinho et al., 2020), como os dois principais indicadores de crescimento de uma nação, o Saldo da Balança Comercial e o Produto Interno Bruto (PIB).

Em 2020, estes dois indicadores tiveram excelentes resultados perante a pandemia que está assolando o mundo, a balança comercial brasileira fechou com saldo positivo de US$ 50,9 bilhões, um avanço de 6% em relação ao mesmo período de 2019 (Kreter et al., 2021). O PIB brasileiro fechou em R$ 7,4 trilhões (CEPEA, 2021), para ambos indicadores o setor que puxou estes indicativos para cima foi o Agronegócio (Agricultura + Pecuária). Comparando o PIB do agro em relação ao PIB nacional, o agro terminou em 26,4, já o nacional (que é a soma de todos os setores) -4,1%.

Entretanto, para que o produtor rural possa aumentar cada vez mais neste nicho de mercado como ocorrem com as grandes empresas do agro, ele necessita cada vez mais utilizar novas tecnologias, principalmente quando se fala em otimização de processos. Por isso, a lógica *fuzzy* começa a se destacar nas pesquisas das academias e as aplicações práticas nos meios rurais (Neto et al., 2019).

A lógica *fuzzy* tem como característica principal aplicar métodos que se aproximam da linguagem natural do homem, possuindo mecanismos que minimizam os erros em um processo operacional (Lazzarotto, 2018).

Além da aplicabilidade da lógica *fuzzy*, o mercado "agro", está começando a observar outra ferramenta que vem complementar a lógica *fuzzy*, chamada de abordagem das humanidades digitais (Castro, 2020).

> O termo "Humanidades Digitais", embora tenda a ser encarado como mais um rótulo generalista, surge como um campo interdisciplinar disposto a dar guarida às reflexões e às práticas suscitadas pelas mudanças decorrentes da introdução das tecnologias digitais no universo da cultura e das Unidades de Informação e Cultura (ALMEIDA; DAMIAN, 2015: 8).

(Hoffmann et al., 2020) citam que humanidades digitais podem ser compreendidas como uma ligação entre pesquisas nas humanidades aplicados a ferramentas de tecnologias digitais, ou seja, uma inter-relação entre pesquisas acadêmicas e pesquisadores que mantém a mesma linha de trabalho, onde os mesmos são relacionados nos meios digitais.

Assim, o objetivo deste artigo aplicar a revisão bibliográfica sistemática em um breve histórico da utilização da lógica *fuzzy* como meios de otimização de processos, juntamente com a aplicabilidade das humanidades digitais na agricultura dos últimos 15 anos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando o problema de pesquisa apresentado "Como está registrado o estado do conhecimento histórico sobre a aplicação da lógica *fuzzy* na agricultura?", que, segundo indicado por (Souza, 2018) cita que neste sentido, esta interrogação, tende a buscar uma relação entre as variáveis em uma observação empírica. Por fim, (Costa et al., 1978) orientam que foi criado uma hipótese de que é aceitável identificar como está configurado o estado do conhecimento a história da aplicação da lógica *fuzzy* na agricultura por meio de uma revisão bibliográfica.

O modelo de pesquisa deste artigo se deu em forma de prospecção de documentos em uma base que contempla resultados científicos (Mesquita et al., 2021). Esta técnica, deve ser considerada um levantamento de pesquisas fundamentadas nas bases para anotações e consequentemente validar os dados para o desenvolvimento de uma revisão bibliográfica sistemática do tema apresentado (Galvão et al., 2004).

A revisão bibliográfica sistemática (RBS) é uma metodologia que mapeia trabalhos publicados sobre uma pesquisa especifica, aplicando procedimentos, etapas e utilizando técnicas criar um novo conhecimento sobre o assunto (Conforto et al., 2011). Com isso, para obter êxito nesta pesquisa, foi utilizada uma metodologia composta por três fases distintas e interligadas: a entrada, o processamento e a saída (Rignel et al., 2011).

Esta separação de métodos pode ser explicada assim, a entrada é onde se defini o problema da pesquisa juntamente com os filtros de inclusão e exclusão dos dados estudo, delimitando assim as Strings de busca e as bases científicas o qual deverá ser explorada. A segunda fase é chamada de processamento, neste momento os autores realizam as determinadas buscas aplicando os filtros da fase anterior. Por fim, a terceira fase é representada pela saída, onde os artigos serão baixados e arquivados com intuito de analisar profundamente quais serão utilizados para a respectiva RBS.

ENTRADA

A pergunta que se fez nesta pesquisa é: Como está configurado o estado do conhecimento sobre o histórico da lógica *fuzzy* na agricultura?

A opção para o uso da base de dados foi de acordo com a sua importância em suas publicações científicas, sendo utilizada a Scopus® ELSEVIER.

Utilizando o objetivo da pesquisa como tema, foi separado todas as palavras e por fim observou-se que as palavras Agriculture e Logic *fuzzy* encaixariam melhor como as Strings unidimensional. Aplicando a busca na base especifica foram encontrados 348.779 e 1.374 documentos científicos com as Strings agriculture e logic *fuzzy*, respectivamente.

Foi observado números altos de resposta com a aplicação das Strings unidimensionais, posterior isso, foi elaborado uma união entre as duas Strings ("Logic *fuzzy*" AND "Agriculture") que atenderia melhor os objetivos da pesquisa, conforme Tabela 1, a pesquisa se deu no dia 05 de abril de 2021.

Tabela 1. Testes para definição da String de busca.

	String de busca	**Base de dados**
		Scopus
String	("Logic *fuzzy*" AND "Agriculture")	629

A Tabela 1, apresenta a String entre a união das palavras Agriculture e Logic *fuzzy*, onde aplicou-se na base especifica, apresentou 629 documentos com estes conectivos. Neste momento optou-se por não aplicar filtros.

Com os dados em tela, foram aplicados os três primeiros filtros: a seleção por data de 2010 a 2020; o tipo de documento, sendo especifico artigos de pesquisa e o idioma aplicado, sendo o inglês e o português. Estes critérios são específicos para esta pesquisa como filtros de inclusão e exclusão, estes dados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Filtros iniciais aplicados nas bases de dados.

String de busca	Base de dados
	Scopus
Data da exportação 08/04/2021	
Resultado 1 (Sem filtro)	629
Resultado 2 (Seleção de anos 2010 a 2020)	462
Resultado 3 (Tipo de documento – artigo de pesquisa)	283
Resultado 4 (Idioma – inglês e português)	186

Como pode-se observar na Tabela 2, os resultados dos filtros (2 a 4), foram assim descritos de 629 documentos aplicando o filtro dois (462), com o filtro três (283) e por fim com o filtro quatro (186).

PROCESSAMENTO

Na sequência, utilizando o software Mendeley®, os 186 documentos foram identificados e baixados em uma pasta especifica do autor. Onde foram aplicados os filtros de cinco a nove, correspondendo a: filtro 5 (Documentos duplicados no Mendeley®); filtro 6 (documentos duplicados manualmente); filtro 7 (documentos na integra, ou seja, documentos que possuía o arquivo completo com o anexo em extensão pdf); filtro 8 (documentos rejeitados pela na análise de texto, ou seja, resumo ou palavras-chave sem conexão com o tema) e filtro 9 (documentos rejeitados por uma análise mais detalhada, onde foi avaliado o artigo por completo), conforme
Tabela **3**.

Tabela 3. Filtros iniciais aplicados nas bases de dados.

String de busca	Base de dados
	Scopus
Data do processamento 09/04/2021	
Resultado 5 (Duplicados no Mendeley®)	165
Resultado 6 (Duplicados manualmente)	0
Resultado 7 (Documentos na integra)	63
Resultado 8 (Rejeitados na análise de texto – resumo, palavras-chave)	42
Resultado 9 (Rejeitados na análise detalhada)	0
Artigos para a RBS	**42**

A
Tabela **3**, apresenta os resultados obtidos da fase intermediaria chamada de processamento. Após a aplicação do filtro 5 foram encontrados 165 artigos, para o filtro 6 não houve redução de artigos, no filtro 7 foram descartados 102 artigos sobrando 63 para o próximo filtro, no filtro 8 foram rejeitados 21 artigos, finalizando 42 artigos para seleção da RBS, sendo que no filtro 9 não teve rejeição.

No início dos trabalhos os autores esperavam analisar entre 20 a 50 artigos para a RBS, por isso, os 42 artigos encontrados estavam dentro da expectativa. Estes foram lidos integralmente com uma análise criteriosa, para posterior tabulação e apresentação dos resultados.

O Quadro 1 exibe a seleção dos artigos que possuem conexão com o a pergunta problema do tema abordado "Como está registrado o estado do conhecimento histórico sobre a aplicação da lógica *fuzzy* na agricultura?", onde foram aceitos 42 artigos e rejeitados um total de 587 artigos, o que fez a pesquisa ter mais concentração dos dados.

SAÍDA

Foram baixados, então, os 42 artigos como listado no Quadro 1, sendo que, todos foram lidos na íntegra e tabulados de forma a apresentar os resultados obtidos.

Quadro 1. Documentos analisados na íntegra para revisão bibliográfica sistemática

1	(Lewis et al., 2014)	*A fuzzy logic-based spatial suitability model for drought-tolerant switchgrass in the United States*	Aplicação da lógica *fuzzy* para criar um modelo de sustentabilidade com plantio de um *Panicum* ssp.
2	(Jaisin et al., 2019)	*A prototype of a low-cost solar-grid utility hybrid load sharing system for agricultural DC loads*	Uso da lógica *fuzzy* para desenvolvimento de um controlador de carga para suprimento de energia em corrente elétrica contínua agregando painéis solares e da rede de distribuição elétrica para alimentar aplicações agrícolas com baixo custo na Tailândia.
3	(G et al., 2020)	*An automated low cost IoT based Fertilizer Intimation System for smart agriculture*	Uso da lógica *fuzzy* para desenvolvimento de um modelo e aplicativos para sugerir a correção dos nutrientes do solo com relação aos dados obtidos por sensoriamento eletrônico automático pelo princípio colorimétrico de NPK (nitrogênio-potássio-fosforo).
4	(Lambert et al., 2014)	*An expert system for predicting orchard yield and fruit quality and its impact on the Persian lime supply chain*	Uso da lógica *fuzzy* em sistema especialista para auxiliar produtores de lima da pérsia em produtividade e cadeia de suprimentos/comercialização.
5	(Ren et al., 2019)	*An inexact fractional programming model for irrigation water resources optimal allocation under multiple uncertainties*	Modelagem utilizando logica *fuzzy* para otimizar e uso e a eficiência da água na irrigação.
6	(Khudoyberdiev et al., 2020)	*An optimization scheme based on fuzzy logic control for efficient energy consumption in hydroponics environment*	Uso da lógica *fuzzy* para modelagem de controlador de atuadores de umidade e nível de água em plantio hidropônico para maior efetividade produtiva e uso de água.
7	(Sacomano Neto, 2003)	*Análise das Redes: Estrutura e Relações*	Apresenta as redes como forma de análise abordando seus aspectos estruturais e relacionais que trazem diversas contribuições para o entendimento da coordenação, da análise do relacionamento entre organizações e ao campo de estudos da engenharia de produção.
8	(Hoffmann et al., 2020)	*Análise textual com IRaMuTeQ de pesquisas recentes em História da educação matemática no Brasil: um exemplo de Humanidades Digitais*	Analisa a produção de conhecimento referente a história da educação matemática (HEM), sob a ótica das humanidades digitais, em testes de mestrado e doutorado, realizada entre 2012 e 2017 no Brasil.
9	(Assar et al., 2019)	*Assessing the agricultural drainage water with water quality indices in the El-Salam Canal Mega Project, Egypt*	Avalia água de reuso para irrigação com um ou 2 métodos, um consolidado WQ e um novo baseado em lógica *fuzzy*.
10	(Li & Yan, 2012)	*Assessing the health of agricultural land with emergy analysis and fuzzy logic in the major grain-producing region*	Uso de logica *fuzzy* e geoprocessamento para modelagem de índice de saúde das terras agricultáveis no norte da China.
11	(Sami et al., 2013)	*Assessing the sustainability of agricultural production systems using fuzzy logic*	Modelagem de um índice abrangente de sustentabilidade agrícola embasado

			em outros 6 índices através de logica *fuzzy*.
12	(Amini et al., 2020b)	*Assessment of land suitability and agricultural production sustainability using a combined approach (Fuzzy-AHP-GIS): A case study of Mazandaran province, Iran*	Uso de logica *fuzzy* e geoprocessamento para caracterizar de índice de saúde das terras produtoras de arroz no Iran em razão das técnicas agrícolas.
13	(Kokkinos et al., 2020)	*Circular bio-economy via energy transition supported by Fuzzy Cognitive Map modeling towards sustainable low-carbon environment*	Modelagem de estratégia de decisão holística para redução de emissões de carbono, combinando estratégias *fuzzy* e estatísticas para aprendizado.
14	(Zhang & Cai, 2011)	*Climate change impacts on global agricultural land availability*	Modelagem *fuzzy* para estimar terras agricultáveis disponíveis no futuro diante das mudanças climáticas e sociais.
15	(Sabri et al., 2014)	*Cognitive wireless sensor actor network: An agricultural perspective*	Aplicação de logica *fuzzy*, inteligência artificial e sensoriamento em rede para modelar efeitos climáticos na agricultura.
16	(Pandey et al., 2013)	*Crop parameters estimation by fuzzy inference system using X-band scatterometer data*	Uso de redes *fuzzy* para modelagem de parâmetros de produtividade da batata.
17	(Kolokotsa et al., 2010)	*Development of an intelligent indoor environment and energy management system for greenhouses*	Desenvolvimento de sistema inteligente de controle e gerenciamento de energia para estufa usando sistemas *fuzzy*.
18	(Macedo-Cruz et al., 2011)	*Digital image sensor-based assessment of the status of oat (Avena sativa L.) crops after frost damage*	Uso de imagens digitais para verificar danos a plantação de aveia causada para geada, com estudo comparativo das técnicas computacionais utilizadas que incluem modelos *fuzzy*.
19	(Bayrakdar, 2020)	*Enhancing sensor network sustainability with fuzzy logic based node placement approach for agricultural monitoring*	Aplicação de logica *fuzzy* para otimização de redes de sensoriamento remoto para monitoramento agrícola.
20	(Lahlouh et al., 2020)	*Experimental implementation of a new multi input multi output fuzzy-PID controller in a poultry house system*	Implementação experimental de redes *fuzzy* para controle de clima de aviário voltado a produtividade e eficiência energética.
21	(Vásquez et al., 2019)	*Expert system based on a fuzzy logic model for the analysis of the sustainable livestock production dynamic system*	Modelagem *fuzzy* para suportar tomadas de decisão embasados em parâmetros de manejo animal, ambiente e produtividade, com avaliação das variáveis por superfície de resposta.
22	(Zhao et al., 2020)	*Feed requirement determination of grass carp (Ctenopharyngodon idella) using a hybrid method of bioenergetics factorial model and fuzzy logic control technology under outdoor pond culturing systems*	Modelagem controlador *fuzzy* para piscicultura a fim de otimizar provimento nutricional e condição ambiental da lagoa.
23	(Aquino et al., 2020)	*Ferramentas de manutenção preditiva de motores diesel: uma revisão bibliográfica sistemática*	Revisão sistemática de ferramentas de predição de manutenção de motores diesel, que em grande impacto econômico na cadeia agrícola.
24	(Papageorgiou et al., 2011)	*Fuzzy cognitive map based approach for predicting yield in cotton crop production as a basis for decision*	Utilização de mapa cognitivo *fuzzy* para predição da produtividade de algodão, otimização do manejo e

		support system in precision agriculture application	comparação com outros modelos preditivos.
25	(Ashraf et al., 2014)	*Fuzzy decision support system for fertilizer*	Modelagem *fuzzy* para geração de superfície de resposta a aplicação de fertilizantes derivado dos nutrientes do solo e a fase da cultura do trigo.
26	(Cay & Iscan, 2011)	*Fuzzy expert system for land valuation in land consolidation processes*	Discorre sobre a utilização de sistema especialista baseado em lógica *fuzzy* para avaliação e consolidação fundiária.
27	(Meng et al., 2020)	*Fuzzy min-max neural network with fuzzy lattice inclusion measure for agricultural circular economy region division in heilongjiang province in china*	Uso de redes neurais e logica *fuzzy* para desenvolvimento de economia agrícola circular visando sustentabilidade.
28	(Neto et al., 2019)	*Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part i: description of the method*	Ensaio de modelagem *fuzzy* para controle de irrigação e salinidade visando a produtividade do tomate.
29	(Baumgertel et al., 2019)	*Identifying areas sensitive to Wind Erosion-A case study of the AP Vojvodina (Serbia)*	Modelagem *fuzzy* para identificar áreas sensíveis a erosão do solo pelo vento usando dados de informações geográficas, sensoriamento remoto nas porções áridas e semiáridas na Sérvia.
30	(Aghaloo & Chiu, 2020)	*Identifying optimal sites for a rainwater-harvesting agricultural scheme in iran using the best-worst method and fuzzy logic in a GIS-based decision support system*	É proposto um sistema de suporte a decisão geográfica utilizando BWM e logica *fuzzy* para tornar sustentável a agricultura dependente da água da chuva no ambiente árido e semiárido no Iran.
31	(Coulon-Leroy et al., 2013)	*Imperfect knowledge and data-based approach to model a complex agronomic feature - Application to vine vigor*	Modelagem *fuzzy* do vigor das videiras a partir da coleta de dados na França para suportar melhorias nas práticas agrícolas voltadas a produtividade.
32	(Balachandran et al., 2020)	*Irrigation system using hyperspectral data and machnie learning techniques for smart agriculture*	Geração de modelagem *fuzzy* e aprendizado de máquina para otimização de uso de água na irrigação usando sensoriamento de imagens hiperespectrais para leitura de umidade do solo
33	(Cronin et al., 2020)	*Land suitability for energy crops under scenarios of climate change and land-use*	Modelagem *fuzzy* para determinar cenário do potencial máximo de produção energética de biomassa no mundo caracterizando os segmentos fundiários e as perspectivas.
34	(Franco et al., 2020)	*Monitoring of Ocimum basilicum seeds growth with image processing and fuzzy logic techniques based on Cloudino-IoT and FIWARE platforms*	Uso de lógica *fuzzy* e processamento de imagem para desenvolvimento um sistema de monitoramento em tempo real para fins de otimizar as condições de germinação de sementes de *Ocimum basilicum.*
35	(Petković et al., 2020)	*Neuro-fuzzy estimation of reference crop evapotranspiration by neuro fuzzy logic based on weather conditions*	Uso de redes neuro-*fuzzy* para estabelecer parâmetros de irrigação com base nos quantitativos estimados de evapotranspiração.
36	(Laykin et al., 2012)	*On-line multi-stage sorting algorithm for agriculture products*	Estabelece técnicas para ordenação e classificação de diferentes populações agrícolas com uso combinado de

			lógica *fuzzy* e algoritmos de *machine learning*.
37	(Anokhina, 2020)	*Parameters of the strategy for managing the economic growth of agricultural production in russia*	Uso de modelagem cognitiva *fuzzy* para gerenciar crescimento econômico agrícola de maneira equilibrada.
38	(Conforto et al., 2011)	*Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos*	Apresentar um roteiro para a condução de uma revisão bibliográfica sistemática (RBS) na Área de gestão de operações em pesquisas nos temas de desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.
39	(Ali et al., 2019)	*Simulation, fuzzy analysis and development of ZnO nanostructure-based piezoelectric MEMS energy harvester*	Apresenta uma modelagem para geração de energia a partir de uso da força em dispositivo eletromecânico com o uso de lógica *fuzzy* para auto alimentar eletrônicos.
40	(Chang & Lin, 2018)	*Smart agricultural machine with a computer vision-based weeding and variable-rate irrigation scheme*	Propõe um equipamento inteligente com visão computacional e multitarefa para sensoriamento de cultura e tomada de decisões autônomas, utilizando logica *fuzzy* no controle de irrigação para otimizar etapas.
41	(Amini et al., 2020a)	*Sustainability assessment of rice production systems in Mazandaran Province, Iran with emergy analysis and fuzzy logic*	Avaliação da sustentabilidade da produção de arroz no Iran através da modelagem *fuzzy* a partir de dados coletados com produtores.
42	(Xue et al., 2012)	*Variable field-of-view machine vision based row guidance of an agricultural robot*	Desenvolvimento de equipamento inteligente com visão computacional para deslocamento entre as linhas de plantio de milho usando sistemas *fuzzy* nos processos decisórios do deslocamento.

O Quadro 1 exibe a lista de todos os 42 artigos selecionados para a RBS indicando sua contribuição geral. Dentro do 42 artigos selecionados, muitos deles se conectam dentro da agricultura no âmbito dos tratos culturais das plantas, pois é de suma importância resolver alguns problemas como plantabilidade, manejo dos tratos culturais, aumento de produtividade, melhorias na performance da cultura para altas produções e, para o manejo de animais, a aplicabilidade da quantidade de animais por área, dosagem correta no uso de rações, ambientabilidade dos animais para aumento na produção de carne, etc.

Além do uso da Revisão Bibliográfica Sistemática, o uso da análise de dados de redes tende a ser uma ferramenta que conecta diversas pesquisas e pesquisadores do mundo todo (RODRIGUES, 2020), podendo também ser chamado de Humanidades Digitais. Esta ferramenta é uma união de metodologias e técnicas que busca analisar a correlação entre setores de empresas, trabalhos acadêmicos, etc., onde estiver conexão com uma rede (Almeida & Damian, 2015)

Esta metodologia tem como foco conectar agentes de forma individualizada priorizando o *know-who* em detrimento do *know-how* (Hoffmann et al., 2020). Entende-se também que esta metodologia pode ser chamada de rede cooperada, onde ocorrem relações com os agentes formadores e esta metodologia só tem sucesso quando há um envolvimento e troca de conhecimento entre os agentes (Sacomano Neto, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos critérios adotados nesta revisão sistemática, foi possível identificar um avanço nas produções científicas relacionadas a aplicação da lógica *fuzzy* na agricultura, o que reforça a sua importância.

Os artigos selecionados na revisão bibliográfica sistemática podem ser agrupados por temas gerais, como bioenergia, solo, irrigação e drenagem, humanidades digitais, sustentabilidade, tecnologia integrada a internet e combinações entre os temas.

A Figura 2, apresenta o número de publicações por ano obtidas na pesquisa

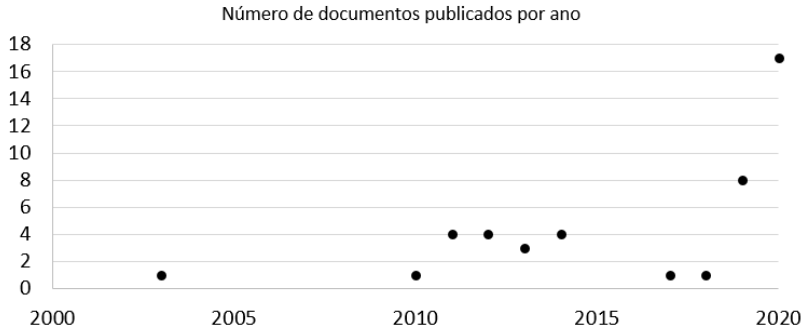


Figura 2. Apresenta o número de publicações por ano obtidas na pesquisa

O Gráfico 1, apresenta o número de publicações por ano, sendo os 42 documentos selecionados 100% aplicados a artigos e revisões cientificas.

A Figura 3 apresenta mais um resultado do software *Wordclouds*® que considera as palavras-chave dos artigos selecionados na pesquisa.



Figura 3. Nuvem de palavras

Na Figura 3 apresenta-se a nuvem de palavras gerada a partir das palavras-chave dos artigos selecionados, com destaque a palavra lógica *fuzzy* e suas correlações.

Além da correlação das palavras, o intercâmbio entre pesquisadores é fundamental para que as pesquisas cheguem a todos os lugares do mundo (Tortola & Almeida, 2013). Este processo pode ser entendido como "lógicas sociais" da informação-comunicação, que, embora possuam de certa forma uma dinâmica própria, independente da Tecnologia, Informação e Comunicação TICs, recebem delas impulsos dinâmicos que as vão conformando no decorrer do tempo (Almeida & Damian, 2015).

Com a interligação entre setores e pesquisadores, ou seja, um campo de estudo mostrou viável produzir uma conexão interdisciplinar chamadas "Humanidades Digitais" (RODRIGUES, 2020). Este modelo de atuação, tende a conectar mais pessoas em diversos setores de diversas áreas no mundo, tanto na questão política, social, educacional, etc. (Almeida & Damian, 2015).

Na Figura 4 observa-se a grande rede a partir dos relacionamentos entre os artigos científicos utilizados na RBS conforme o Quadro 1.

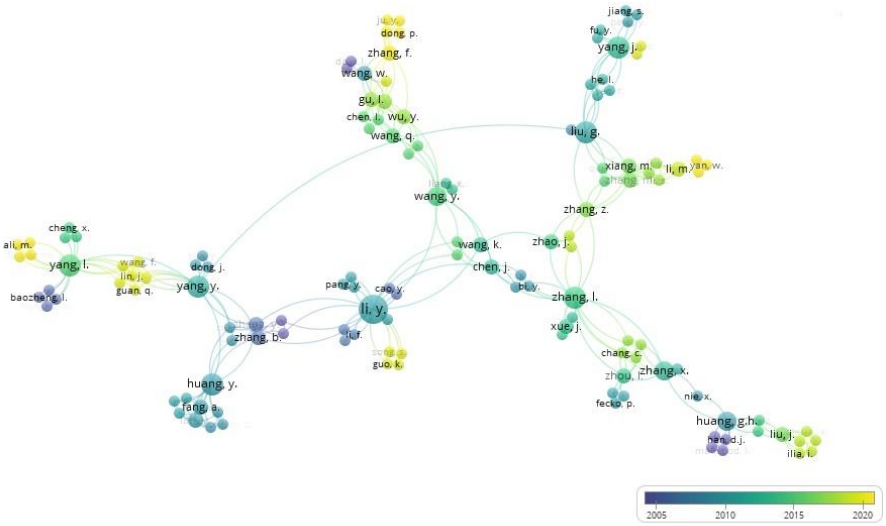


Figura 4. Modelo de grafo de rede: Rede de pesquisadores da RBS.

Nesse campo das "Humanidades Digitais" poderia separar vários setores, territórios, enfoques, pesquisas desde aplicabilidade das tecnologias nas disciplinas clássicas como as Humanas, quanto também estão sendo utilizadas nas exatas e, principalmente nas agrarias.

CONCLUSÃO

Verificou-se que através dessa revisão existe uma grande aplicabilidade dá lógica *Fuzzy* na agropecuária, principalmente nas áreas de energias renováveis, tratos culturais nas plantas e manejo com animais, pois com a aplicação desta modelagem matemática, o produtor pode otimizar processos produtivos e ao mesmo tempo corrigir erros que possam a vir ocorrer no processo de produção agropecuário.

Com essa abordagem que foi realizado na revisão bibliográfica sistemática a aplicabilidade da lógica *fuzzy* é amplamente discutido e difundido no mundo e trouxe no período das publicações revisadas avanços tecnológicos capazes de colaborar para que alguns erros no processo produtivo agropecuário possam ser resolvidos ou até mesmo antecipados, o que consolida a importância da técnica e sua aplicabilidade agrícola e interdisciplinar, mesmo assim há muito o que avançar o estudo nesse tema diante da potencialidade das ferramentas e técnicas sugeridas para aproximar os resultados tecnológicos do alcance do produtor rural.

REFERÊNCIAS

Aghaloo, K., & Chiu, Y. R. (2020). Identifying optimal sites for a rainwater-harvesting agricultural scheme in iran using the best-worst method and *fuzzy* logic in a GIS-based decision support system. *Water (Switzerland)*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/w12071913

Ali, B., Ashraf, M. W., & Tayyaba, S. (2019). Simulation, *fuzzy* analysis and development of ZnO nanostructure-based piezoelectric MEMS energy harvester. *Energies*, *12*(5). https://doi.org/10.3390/en12050807

Almeida, M. A. de, & Damian, I. P. M. (2015). Humanidades Digitais: um campo praxiológico para Mediações e Políticas Culturais? *XVI Encontro Nacional de Pesquisa Em Pós-Graduação Em Ciência Da Informação*, 20. http://www.ufpb.br/evento/index.php/enancib2015/enancib2015/paper/view/2999

Alves, L. N. (2020). *VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO: Análise dos Resultados Preliminares 14 de agosto de 2020* (Issue 1). http://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/VBP-2019-Analise-resumida-dos-resultados-preliminares#

Amini, S., Rohani, A., Aghkhani, M. H., Abbaspour-Fard, M. H., & Asgharipour, M. R. (2020a). Sustainability assessment of rice production systems in Mazandaran Province, Iran with emergy analysis and *fuzzy* logic. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *40*. https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100744

Amini, S., Rohani, A., Aghkhani, M. H., Abbaspour-Fard, M. H., & Asgharipour, M. R. (2020b). Assessment of land suitability and agricultural production sustainability using a combined approach (*Fuzzy*-AHP-GIS): A case study of Mazandaran province, Iran. *Information Processing in Agriculture*, *7*(3), 384–402. https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.10.001

Anokhina, M. (2020). Parameters of the strategy for managing the economic growth of agricultural production in russia. *Agricultural Economics (Czech Republic)*, *66*(3), 140–148. https://doi.org/10.17221/255/2019-AGRICECON

Aquino, E. L. R. De, Mollo Neto, M., Bernardo, C. H. C., Morais, F. J. de O., & Santos, P. S. B. dos. (2020). Ferramentas de manutenção preditiva de motores diesel: uma revisão bibliográfica sistemática. *Research, Society and Development*, *9*(11), e57691110195. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10195

Ashraf, A., Akram, M., & Sarwar, M. (2014). *Fuzzy* decision support system for fertilizer. *Neural Computing and Applications*, *25*(6), 1495–1505. https://doi.org/10.1007/s00521-014-1639-4

Assar, W., Ibrahim, M. G., Mahmod, W., & Fujii, M. (2019). Assessing the agricultural drainage water with water quality indices in the El-Salam Canal Mega Project, Egypt. *Water (Switzerland)*, *11*(5). https://doi.org/10.3390/w11051013

Balachandran, S., Lakshmi, S., & Rajendran, N. (2020). Irrigation system using hyperspectral data and machnie learning techniques for smart agriculture. *Journal of Computer Science*, *16*(4), 576–582. https://doi.org/10.3844/JCSSP.2020.576.582

Baumgertel, A., Lukić, S., Simić, S. B., & Kadović, R. (2019). Identifying areas sensitive to Wind Erosion-A case study of the AP Vojvodina (Serbia). *Applied Sciences (Switzerland)*, *9*(23). https://doi.org/10.3390/app9235106

Bayrakdar, M. E. (2020). Enhancing sensor network sustainability with *fuzzy* logic based node placement approach for agricultural monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*, *174*. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105461

Castro, C. (2020). Humanidades digitais. *Estudos Historicos*, *33*(69), 1–2. https://doi.org/10.1590/S2178-14942020000100001

Cay, T., & Iscan, F. (2011). *Fuzzy* expert system for land reallocation in land consolidation. *Expert Systems with Applications*, *38*(9), 11055–11071. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.150

CEPEA, C. de E. A. em E. A. (2021). *PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020*. https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/sut.pib_dez_2020.9mar2021.pdf

Chang, C. L., & Lin, K. M. (2018). Smart agricultural machine with a computer vision-based weeding and variable-rate irrigation scheme. *Robotics*, *7*(3). https://doi.org/10.3390/robotics7030038

Conforto, E. C., Amaral, D. C., & Silva, S. L. Da. (2011). Roteiro para revisão bibliográfica sistemática : aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *8° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolviemnto de Produto - CNGDP 2011*, *1998*, 1–12. http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/9149.pdf

Costa, L. B., Rossi, L. I., Antonieta, M., Tyrrel, R., Augusta, M., Diniz, S., Ramada, T. O., & Uebel, W. S. (1978). *METODOLOGIA CIENTíFICA NA ASSISttNCIA DE ENFERMAGEM A FAMíLIA Descrição do Instrumento : Dados complementares Classificação do*. 1977–1979.

Coulon-Leroy, C., Charnomordic, B., Thiollet-Scholtus, M., & Guillaume, S. (2013). Imperfect knowledge and data-based approach to model a complex agronomic feature - Application to vine vigor. *Computers and Electronics in Agriculture*, *99*, 135–145. https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.09.010

Cronin, J., Zabel, F., Dessens, O., & Anandarajah, G. (2020). Land suitability for energy crops under scenarios of climate change and land-use. *GCB Bioenergy*, *12*(8), 648–665. https://doi.org/10.1111/gcbb.12697

Fantini, A., Rover, O. J., Chiodo, E., & Assing, L. (2018). Agroturismo e circuitos curtos de comercialização de alimentos orgânicos na associação "Acolhida na Colônia" - SC/Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *56*(3), 517–534. https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560310

Franco, J. D., Ramirez-delReal, T. A., Villanueva, D., Gárate-García, A., & Armenta-Medina, D. (2020). Monitoring of Ocimum basilicum seeds growth with image processing and *fuzzy* logic techniques based on Cloudino-IoT and FIWARE platforms. *Computers and Electronics in Agriculture*, *173*. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105389

G, L., C, R., & P, G. (2020). An automated low cost IoT based Fertilizer Intimation System for smart agriculture. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, *28*. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2019.01.002

Galvão, C. M., Sawada, N. O., & Trevizan, M. A. (2004). Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, *12*(3), 549–556. https://doi.org/10.1590/s0104-11692004000300014

GODINHO, E. Z., PERIN, A. A., BAUMGARTNER, T. R. da S., & HASAN, S. D. M. (2019). Pré-tratamento hidrotérmico alcalino e alcalino-oxidativo sobre os teores de celulose e lignina em biomassa de capim elefante BRS Capiaçu. *Journal of Bioenergy and Food Science*, *6*(3), 51–65. https://doi.org/10.18067/jbfs.v6i3.263

Godinho, E. Z., Rockenbach, B., Santos, A. K. O. dos, & Caneppele, F. de L. (2019). Exigência nutricional da beterraba. *Revista Cultivar - Hortaliças e Frutas*, *1*(114), 16–18.

Godinho, E. Z., Serra Daltin, R., Caneppele, F. de L., & Gorni, P. H. (2020). Resposta da beterraba com aplicação de fertilizante foliar em Palotina/PR. *Journal of Agronomic Sciences, Umuarama*, *9*(1), 138–148.

Hoffmann, Y. T., Bisset Alvarez, E., & Martí-Lahera, Y. (2020). Análise textual com IRaMuTeQ de pesquisas recentes em História da educação matemática no Brasil: um exemplo de Humanidades Digitais. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, *34*(84), 103. https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2020.84.58097

Jaisin, C., Intaniwet, A., Nilkhoa, T., Maneechukate, T., Mongkon, S., Kongkraphan, P., & Polvongsri, S. (2019). A prototype of a low-cost solar-grid utility hybrid load sharing system for agricultural DC loads. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, *10*(1), 137–145. https://doi.org/10.1007/s40095-018-0294-4

Khudoyberdiev, A., Ahmad, S., Ullah, I., & Kim, D. H. (2020). An optimization scheme based on *fuzzy* logic control for efficient energy consumption in hydroponics environment. *Energies*, *13*(2). https://doi.org/10.3390/en13020289

Kokkinos, K., Karayannis, V., & Moustakas, K. (2020). Circular bio-economy via energy transition supported by *Fuzzy* Cognitive Map modeling towards sustainable low-carbon environment. *Science of the Total Environment*, *721*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137754

Kolokotsa, D., Saridakis, G., Dalamagkidis, K., Dolianitis, S., & Kaliakatsos, I. (2010). Development of an intelligent indoor environment and energy management system for greenhouses. *Energy Conversion and Management*, *51*(1), 155–168. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.09.007

Kreter, A. C., Pastre, R., & Filho, G. S. B. (2021). Comércio exterior de agronegócio : Balanço de 2020 e perspectivas para 2021. *Carta Conjuntura*, *29*, 1–15.

Lahlouh, I., Rerhrhaye, F., Elakkary, A., & Sefiani, N. (2020). Experimental implementation of a new multi input multi output *fuzzy*-PID controller in a poultry house system. *Heliyon*, *6*(8). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04645

Lambert, G. F., Lasserre, A. A. A., Ackerman, M. M., Sánchez, C. G. M., Rivera, B. O. I., & Azzaro-Pantel, C. (2014). An expert system for predicting orchard yield and fruit quality and its impact on the Persian lime supply chain. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *33*, 21–30. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.03.013

Laykin, S., Alchanatis, V., & Edan, Y. (2012). On-line multi-stage sorting algorithm for agriculture products. *Pattern Recognition*, *45*(7), 2843–2853. https://doi.org/10.1016/j.patcog.2011.12.010

Lazzarotto, D. R. (2018). Avaliação da Sustentabilidade da Floresta Nacional de Irati por Meio de Lógica *Fuzzy*. *Floresta e Ambiente*, *25*(1). https://doi.org/10.1590/2179-8087.014712

Lewis, S. M., Fitts, G., Kelly, M., & Dale, L. (2014). A *fuzzy* logic-based spatial suitability model for drought-tolerant switchgrass in the United States. *Computers and Electronics in Agriculture*, *103*, 39–47. https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.02.006

Li, Q., & Yan, J. (2012). Assessing the health of agricultural land with emergy analysis and *fuzzy* logic in the major grain-producing region. *Catena*, *99*, 9–17. https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.07.005

Macedo-Cruz, A., Pajares, G., Santos, M., & Villegas-Romero, I. (2011). Digital image sensor-based assessment of the status of oat (Avena sativa L.) crops after frost damage. *Sensors*, *11*(6), 6015–6036. https://doi.org/10.3390/s110606015

Margarita, Z.-D. C. L., Osney, P.-O., Antonio, R.-R. P., María, Z.-D. C. B., & Geraldo, L. (2015). Potencialidades del bagazo para la obtención de etanol frente a la generación de electricidad. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, *16*(3), 407–418. https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.001

Meng, X., Liu, M., Wang, M., Wang, J., & Wu, Q. (2020). *Fuzzy* min-max neural network with *fuzzy* lattice inclusion measure for agricultural circular economy region division in heilongjiang province in china. *IEEE Access*, *8*, 36120–36130. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975561

Mesquita, L., Brockington, G., Andr, L., & Studart, N. (2021). Metodologia do design educacional no desenvolvimento de sequˆ encias de ensino e aprendizagem no ensino de f ´ ısica Educational design methodology in the development of teaching and learning sequences in physics teaching. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *43*, e20200443.

Neto, D. dos S. V., Cremasco, C. P., Bordin, D., Putti, F. F., Silva Junior, J. F., Filho, L. R. A. G., Junior, J. F. S., & Filho, L. R. A. G. (2019). *FUZZY* MODELING OF THE EFFECTS OF IRRIGATION AND WATER SALINITY IN HARVEST POINT OF TOMATO CROP. PART I: DESCRIPTION OF THE METHOD. *Engenharia Agricola*, *39*(3).

Pandey, A., Prasad, R., Singh, V. P., Jha, S. K., & Shukla, K. K. (2013). Crop parameters estimation by *fuzzy* inference system using X-band scatterometer data. *Advances in Space Research*, *51*(5), 905–911. https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.10.018

Papageorgiou, E. I., Markinos, A. T., & Gemtos, T. A. (2011). *Fuzzy* cognitive map based approach for predicting yield in cotton crop production as a basis for decision support system in precision agriculture application. *Applied Soft Computing Journal*, *11*(4), 3643–3657. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2011.01.036

Petković, B., Petković, D., Kuzman, B., Milovančević, M., Wakil, K., Ho, L. S., & Jermsittiparsert, K. (2020). Neuro-*fuzzy* estimation of reference crop evapotranspiration by neuro *fuzzy* logic based on weather conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*, *173*. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105358

Ren, C., Yang, J., & Zhang, H. (2019). An inexact fractional programming model for irrigation water resources optimal allocation under multiple uncertainties. *PLoS ONE*, *14*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217783

Rignel, D. G. D. S., Chenci, G. P., & Lucas, C. A. (2011). Uma Introdução a Lógica *Fuzzy*. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica*, *1*, *Nr 1*, 17–28. www.facef.br/resiget

RODRIGUES, A. (2020). Humanidades Digitais E Diáspora Africana: Questões Éticas E Metodológicas Na Elaboração De Uma Base De Dados Sobre a População Escravizada De Mariana (Século Xviii). *Estudos Históricos (Rio de Janeiro)*, *33*(69), 64–87. https://doi.org/10.1590/s2178-14942020000100005

Sabri, N., Aljunid, S. A., Salim, M. S., Kamaruddin, R., Badlishah Ahmad, R., & Malek, M. F. (2014). Cognitive wireless sensor actor network: An agricultural perspective. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, *10*(2), 631–658.

Sacomano Neto, M. (2003). Análise das Redes: Estrutura e Relações. *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1–8.

Sami, M., Shiekhdavoodi, M. J., Almassi, M., & Marzban, A. (2013). Assessing the sustainability of agricultural production systems using *fuzzy* logic. *Journal of Central European Agriculture*, *14*(3), 318–330. https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.3.1323

Souza, R. (2018). A importância de fundamentos robustos em metodologia científica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, *44*(5), 350–351. https://doi.org/10.1590/s1806-37562018000500005

Tortola, E., & Almeida, L. M. W. de. (2013). Reflexões a respeito do uso da modelagem matemática em aulas nos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, *94*(237), 619–642. https://doi.org/10.1590/S2176-66812013000200014

Vásquez, R. P., Aguilar-Lasserre, A. A., López-Segura, M. V., Rivero, L. C., Rodríguez-Duran, A. A., & Rojas-Luna, M. A. (2019). Expert system based on a *fuzzy* logic model for the analysis of the sustainable livestock production dynamic system. *Computers and Electronics in Agriculture*, *161*, 104–120. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.015

Xue, J., Zhang, L., & Grift, T. E. (2012). Variable field-of-view machine vision-based row guidance of an agricultural robot. *Computers and Electronics in Agriculture*, *84*, 85–91. https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.02.009

Zhang, X., & Cai, X. (2011). Climate change impacts on global agricultural land availability. *Environmental Research Letters*, *6*(1). https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/1/014014

Zhao, S., Zhu, M., Ding, W., Zhao, S., & Gu, J. (2020). Feed requirement determination of grass carp (Ctenopharyngodon idella) using a hybrid method of bioenergetics factorial model and *fuzzy* logic control technology under outdoor pond culturing systems. *Aquaculture*, *521*. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734970