

## **Aplicação de instrumentação em cultivo de algodão: revisão sistemática da literatura**

**Application of instrumentation in cotton cultivation: systematic literature review**

**Aplicación de la instrumentación en el cultivo de algodón: revisión sistemática de la literatura**

Recebido: 19/05/2022 | Revisado: 29/05/2022 | Aceito: 07/07/2022 | Publicado: 15/07/2022

### **Natália de Lima Batista**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9866-8994>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [natalia.batista@unesp.com.br](mailto:natalia.batista@unesp.com.br)

### **Thiago Santana Aranha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3174-1330>  
Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Brasil  
E-mail: [thiagosantana@unisalesiano.com.br](mailto:thiagosantana@unisalesiano.com.br)

### **Kassandra Sussi Mustafé Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5311-5667>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [kassandra.oliveira@unesp.br](mailto:kassandra.oliveira@unesp.br)

### **Mariana Matulovic da Silva Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6626-4621>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [kassandra.oliveira@unesp.br](mailto:kassandra.oliveira@unesp.br)

### **Mario Mollo Neto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [mario.mollo@unesp.br](mailto:mario.mollo@unesp.br)

### **Paulo Sérgio Barbosa dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8211-3882>  
Universidade Estadual Paulista, Brasil  
E-mail: [paulo.sb.santos@unesp.br](mailto:paulo.sb.santos@unesp.br)

### **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura, de modo a entender o uso da instrumentação aplicada na cultura de algodão. Para tanto, foi feita uma busca em quatro bases de dados e para análise dos dados e seleção dos trabalhos foi utilizado o software StArt. Para um total de 1.914 trabalhos obtidos nas bases de dados, a partir de critérios de seleção 30 foram selecionados para a leitura na íntegra. Ao final, concluiu-se que os trabalhos têm diversas aplicações, principalmente relacionado na classificação do algodão para a indústria, além disso, o trabalho também apontou grande possibilidade de investimento e aplicação da instrumentação na cultura do algodão em diversas etapas de sua cadeia produtiva.

**Palavras-chave:** Agricultura; Agricultura de precisão; Instrumentação agrícola; Máquinas agrícolas.

### **Abstract**

The present work aims to carry out a Systematic Review of the Literature, in order to understand the use of instrumentation applied to cotton cultivation. For this purpose, a search was carried out in four databases and the StArt software was used for data analysis and selection of works. For a total of 1,914 works obtained from the databases, 30 were selected based on selection criteria for full reading. In the end, it was concluded that the works have several applications, mainly related to the classification of cotton for the industry, in addition, the work also pointed out a great possibility of investment and application of instrumentation in cotton culture at various stages of its production chain.

**Keywords:** Agriculture; Precision agriculture; Agricultural instrumentation; Agricultural machinery.

### **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una Revisión Sistemática de la Literatura, con el fin de comprender el uso de la instrumentación aplicada al cultivo del algodón. Para ello, se realizó una búsqueda en cuatro bases de datos y se utilizó el software StArt para el análisis de datos y selección de trabajos. De un total de 1.914 obras obtenidas de las bases de datos, 30 fueron seleccionadas en base a criterios de selección para lectura completa. Al final se concluyó que los trabajos tienen varias aplicaciones, principalmente relacionadas con la clasificación del algodón para la industria, además, el trabajo también señaló una gran posibilidad de inversión y aplicación de instrumentación en el cultivo del algodón en diversas etapas de su desarrollo. Cadena de producción.

**Palabras clave:** Agricultura; Agricultura de precisión; Instrumentación agrícola; Máquinas agrícolas.

## 1. Introdução

A domesticação do algodão ocorreu a muitos anos atrás. Alguns escritos antigos sugerem que há mais de 4 mil anos no sul da Arábia, já havia algumas referências históricas de seu uso no Código de Manu (séc. VII a. C), considerado a legislação mais antiga da Índia. Na América, os Incas e outras civilizações já utilizavam o algodão desde 4.500 a.C. No Brasil, os indígenas já conheciam o algodão e dominavam seu plantio antes mesmo do descobrimento do Brasil pelos europeus. Desde essa época, já eram capazes de colher, fiar, tecer e tingir tecidos feitos com suas fibras, sendo utilizados na confecção de redes, e cobertores, além do aproveitamento da planta na plantação, e o uso de suas folhas para cura de feridas (AMPA).

Atualmente, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de algodão, e apesar da pandemia, a produção brasileira da pluma de algodão chegou ao recorde de 3 milhões de toneladas na safra de 2019/2020 (Coelho, 2021). Apesar da falta de chuvas e ocorrência de geadas entre o primeiro e segundo semestre de 2021, sofrendo algumas perdas na lavoura, ainda assim, o estado da Bahia apresentou bom desempenho na produção de algodão (Podestà, 2021). As estimativas para a safra 2021/2022 são um aumento esperado de 10,2 % na área plantada da cultura, totalizando 1,51 milhão de hectares cultivados, tendo na produção da pluma tendendo a apresentar 2,67 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

Atualmente, os maiores produtores mundiais são Índia, China, Estados Unidos, Brasil e Paquistão, com uma representatividade de cerca de 74 % do total da fibra produzida no planeta (Coelho, 2021). Os maiores produtores nacionais são os estados de Mato Grosso, Bahia, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, tendo Mato Grosso mantido sua posição em primeiro lugar desde 2020 (Coelho, 2021; IBGE, 2021). No mercado externo o Brasil é o segundo maior exportador mundial da fibra, mantendo estoques elevados desde a safra 2018/2019 (USDA, 2021).

No território nacional, as doenças mais observadas nas culturas do algodoeiro são normalmente causadas por fungos, nematoides, bactérias ou vírus que se desenvolvem e multiplicam nos tecidos das plantas provocando uma diminuição da sua produtividade podendo levar a morte da planta. Como por exemplo a Murcha-de-Fusarium ocasionada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Vasinfectum*, que pode afetar o algodoeiro em todos os estágios da cultura, causando necrose, amarelecimento na superfície foliar, e até mesmo ocasionar a morte da planta (Suassuna, Silva e Bettiol, 2019).

Nos trabalhos recuperados pela pesquisa, observou-se o uso de diversas tecnologias empregadas na produção de algodão, como observado em Gaikwad (et al, 2021), que utilizou tecnologia Internet das Coisas (do inglês, Internet of things – IoT) para monitoramento de dados da cultura. Além do uso de sensores como nos trabalhos de Thompson (et al, 2019) com o uso de sensoriamento da cultura e Pelletier, Wanjura e Holt (2019) com a implantação de um sistema eletrônico para calibração da produção de algodão. O uso da instrumentação, automação e IoT, tem sido crescente nos últimos anos, especialmente no trato da lavoura e especialização das máquinas, afim de otimizar processos e proporcionar maior qualidade e produtividade no campo.

Dada a grande importância da cultura na economia nacional e mundial e a constante necessidade de desenvolvimento tecnológico na agricultura, o presente trabalho propôs a elaboração de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) em artigos científicos publicados desde 2017, afim de entender os usos das tecnologias na produção de algodão. Para tanto, foi realizada uma busca em bases de dados como IEEE, Scielo, Science Direct, Scopus e Web of Science, com o auxílio de um software livre para gerenciamento bibliográfico StArt.

A importância do desenvolvimento tecnológico na agricultura faz relação inclusive ao pacto global da ONU (Organização das Nações Unidas) e as ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável no Brasil). Dessa forma o trabalho encontra-se alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), mais especificamente as ODS's de números 4 que diz respeito a promoção de Educação de Qualidade, visto que nesta RBS ter-se-á acesso a diversos trabalhos, servindo de base para o desenvolvimento de pesquisas futuras. Além disso, também tem relação com a ODS de número 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, possuindo, portanto, fortes justificativas de ser realizado (PACTO GLOBAL, 2021).

## 2. Metodologia

Para realização do trabalho, o mesmo foi dividido em sete grandes etapas principais, sendo cada uma delas subdivididas em tarefas. As etapas foram: a) Determinação da pergunta de pesquisa; b) Definição da estratégia de busca por meio da string criada; c) Busca nas bases de dados selecionadas; d) Seleção dos estudos recuperados na pesquisa; e) Extração dos dados; f) Síntese dos estudos selecionados e g) Elaboração do texto. Cada uma dessas etapas está detalhada a seguir.

### 2.1 Pergunta de Pesquisa

Para elaboração da pergunta de pesquisa, com base no anagrama PICOS, onde P seria a população; I a intervenção (ou exposição em caso de trabalhos de estudos clínicos ou experimentais); C para comparação; O para desfecho (do inglês, output), e S para tipos de estudo (do inglês, study type). O Quadro 1 ilustra os componentes da pergunta de pesquisa que foi elaborada como objetivo geral do trabalho.

**Quadro 1** - Componentes da pergunta de pesquisa segundo o anagrama PICOS.

Descrição	Abreviação	Componentes da pergunta
População	P	Produções científicas sobre instrumentação utilizada na cultura do algodão
Intervenção	I	Leitura e Separação de utilização de sensores na cultura de algodão.
Comparação	C	Artigos com uso efetivo de instrumentação na cultura do algodão.
O desfecho	O	Sensores sendo utilizados na cultura de algodão.
Tipo de estudo	S	Artigos Científicos.

Fonte: Autores (2022).

A pergunta elaborada como base para a pesquisa foi “Como a instrumentação está sendo aplicada na cultura de algodão?” Com base na pergunta de pesquisa, a string de busca utilizada como estratégia de busca nas bases de dados foi cotton AND instrumentation.

### 2.2 Estratégia de Busca

Foi realizada a busca nas bases de dados obtidas por meio do Portal Periódicos CAPES. As áreas de conhecimento selecionadas foram, ciências agrárias, exatas e da terra, para isso foi utilizada a conexão VPN (Virtual Private Network) fornecida pela UNESP. Dessa maneira, foi possível analisar a string de busca estabelecida na etapa anterior para obtenção de textos completos possibilitando a seleção das bases de dados para realização das buscas.

### 2.3 Busca na Literatura

As bases utilizadas para a busca foram as que estão dispostas no Quadro 2. Em cada uma dessas bases foi utilizada a mesma string na mesma data, e os resultados obtidos foram inseridos de planilhas eletrônicas. Foram coletados dados de trabalhos desde o ano de 2017, sendo estes artigos originais, em inglês ou português, e as informações recuperadas desses trabalhos, como título, resumo e palavras-chave foram extraídas em formato RIS (Research Information Systems) e BibTEX (, e em seguida feito o download. Que são formatos de extensões aceitas pelo programa que foi utilizado.

**Quadro 2** – Bases de dados utilizadas para as buscas.

Fonte	Endereço	Tipo
IEEE Xplore	<a href="https://ieeexplore-ieee-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/Xplore/guesthome.jsp">https://ieeexplore-ieee-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/Xplore/guesthome.jsp</a>	Textos Completos
Scopus	<a href="https://www.sciencedirect.ez87.periodicos.capes.gov.br/">https://www.sciencedirect.ez87.periodicos.capes.gov.br/</a>	Textos Completos
Web of Science	<a href="https://www.webofknowledge.com/?authCode=null&amp;app=wsos&amp;locale=pt-BR">https://www.webofknowledge.com/?authCode=null&amp;app=wsos&amp;locale=pt-BR</a>	Textos Completos
Science Direct	<a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>	Textos Completos

Fonte: Autores (2022).

## 2.4 Seleção dos Estudos

A etapa da seleção dos estudos foi realizada por meio do software StArt Tool (State of the Art Through Systematic Review) onde foi criado o protocolo de pesquisa contendo a definição dos diferentes critérios de inclusão, exclusão e keywords para iniciar o processo de extração dos dados. Ainda no protocolo foram definidos também os critérios para avaliação da qualidade dos artigos selecionados, bem como os objetivos da pesquisa. Cada etapa da seleção dos estudos será detalhada nos próximos tópicos com base nos critérios de elegibilidade dispostos no protocolo definido pelas autoras fundamentando na pergunta de pesquisa.

## 2.5 Critérios de Elegibilidade

Os critérios de elegibilidade foram estabelecidos e anexados ao protocolo de pesquisa antes mesmo do processo de produção da revisão sistemática com o objetivo de compreender as maneiras de aplicação dos sensores em culturas de algodão. Os critérios de inclusão (CI) e critérios de exclusão (CE) estão dispostos nos Quadros 3 e no Quadro 4 temos os campos de critérios de extração que auxiliam na elaboração dos critérios de qualidade.

**Quadro 3** – Critérios de inclusão e exclusão utilizados na pesquisa.

Critério	Descrição do Critério de Inclusão ou exclusão
CI1	Foram incluídos trabalhos que utilizem sensores na cultura de algodão.
CI2	Foram incluídos trabalhos publicados e disponíveis integralmente nas bases científicas buscadas.
CI3	Foram incluídos trabalhos que estejam escritos em inglês e/ou português.
CI4	Foram incluídos trabalhos que contenham abstract completo.
CE1	Foram excluídos trabalhos que não façam uso de sensores em culturas de algodão.
CE2	Foram excluídos trabalhos que não tenham aplicação na produção de algodão.
CE3	Foram excluídos trabalhos que não apresentem resumo/abstract.

Fonte: Autores (2022).

**Quadro 4** - Campos de critérios de extração

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Conteúdo</b>
Usou sensores para aumentar a produção de algodão	Pick on list	{Sim, Não}
Aborda uso de sensores	Pick on list	{Significativa, Construtivista, Ambas}
Produção de algodão	Pick on Many	[antes da porteira, dentro porteira, fora da porteira]
Sistema eletrônico	Pick on Many	[tipos de sensores, tipos de aplicações, métodos de avaliações, utilização de vários sensores ou um, conjunto de sensores, calibração]
Metodologia	Text	
Utilizou alguma métrica de avaliação de eficiência	Pick on list	{Sim, Não}
Houve coleta de dados	Pick on list	{Sim, Não}
Houve análise de dados	Pick on list	{Sim, Não}

Fonte: Autores (2022).

## 2.6 Etapa de Execução

Para a realização desta etapa no programa StArt, a execução é dividida em três etapas, sendo a análise de palavras-chave (keywords), inserção dos artigos recuperados em cada uma das bases de dados em formato RIS, bem como sua seleção dos trabalhos de acordo com os critérios de elegibilidade, e a extração dos trabalhos para a leitura na íntegra.

A primeira etapa dentro do programa, é o preenchimento do protocolo de pesquisa, após esta primeira etapa, as bases de dados utilizadas para a pesquisa são adicionadas dentro do programa, sendo atribuído os nomes de SEARCH0, SEARCH1, SEARCH2 e SEARCH3, respectivamente de acordo com o Quadro 2.

Em cada uma dessas bases, os dados baixados foram inseridos em formato RIS, dessa forma o software faz uma análise dos trabalhos e com base nos títulos, resumos e palavras-chave, o programa lista as palavras-chave utilizadas por todos os trabalhos. No entanto, ainda durante a etapa de preenchimento do protocolo, as palavras-chave que têm relação com a pergunta de pesquisa são inseridas, bem como seus respectivos sinônimos, todos em inglês. No Quadro 5, estão as palavras-chave utilizadas dentro do protocolo de pesquisa.

**Quadro 5** - Termos utilizados para pesquisa (keywords).

<b>Termos</b>	<b>Sinônimos</b>	<b>Tradução</b>
<i>Cotton Field</i>	<i>Cotton Production</i>	Campos de algodão
<i>Cotton culture</i>	<i>Cotton Plant</i>	Cultura de algodão
<i>Instrumentation</i>	<i>Industry 4.0</i>	Instrumentação
<i>Sensor</i>	<i>Sensing</i>	Sensor
<i>Arduino</i>	<i>Microcontroller</i>	Arduino

Fonte: Autores (2022).

Com os dados já inseridos no programa, o mesmo gera pontos para os trabalhos que apresentam as mesmas palavras-chave adicionadas dentro do protocolo, de acordo com a quantidade de vezes que estas aparecem. Essa pontuação gerada ajuda no momento de seleção dos trabalhos que têm relação com o tema de pesquisa. Por isso, houve a necessidade de inserção de mais 63 novos termos após uma análise em todas as palavras dos trabalhos recuperados e inseridos no programa, com isso, novas pontuações puderam ser geradas. As análises foram realizadas num total de 1.914 trabalhos no programa.

Após essa alteração e a geração de novos scores, também se utilizou o método “SCAS - Auto Classify Papers”, que gera um tipo de pontuação com base no número de citações dos trabalhos, subdividindo os mesmos em quadrantes. A etapa de extração dos estudos fora realizada de modo pareado e independente a fim de se evitar viés de seleção. Do total, foram extraídos 37

trabalhos, dos quais 30 foram selecionados para a leitura integral com base nos critérios de qualidade.

### 3 Resultados e Discussões

A pesquisa nas bases de dados conseguiu recuperar um total de 8.369 títulos, dos quais, 2.713 foram trabalhos a partir de 2017, e dentro destes, apenas 1.914 foram trabalhos originais inseridos no software StArt. O gráfico 1 ilustra os trabalhos recuperados das bases de dados no período de 1980 a 2022.

**Gráfico 1** – Trabalhos recuperados das bases de dados no período de 1980 a 2022



Fonte: Autores (2022).

No Quadro 6 estão relacionados de forma as propostas e aplicações de todos os trabalhos selecionados para a realização da revisão sistemática.

**Quadro 6** – Documentos analisados na íntegra para a revisão.

Nº	Autor(es)	Título	Local	Proposta	Aplicação
1	Thorp, K. R. et al. (2017)	<b>Cotton Irrigation Scheduling Using a Crop Growth Model and FAO-56 Methods: Field and Simulation Studies</b>	EUA	Uso de Modelo de Sistema de Cultivo (CSM-CROPGRO- Algodão) em comparação a métodos FAO-56 para manejo de irrigação na cultura do algodão, possibilitando estimar o crescimento da cultura e efeitos da produção para tomada de decisão.	Irrigação
2	Baio, F. H. R. et al. (2017)	<b>Financial Analysis of the investment in Precision Agriculture Techniques on Cotton Crop</b>	Brasil	Uso de técnicas de agricultura de precisão para redução de custos de produção na cultura do algodão comparada a agricultura convencional.	Produtividade da Cultura do Algodão
3	Martin, D. E. et al. (2017)	<b>Remote Sensing Evaluation of Two-spotted Spider Mite Damage on Greenhouse Cotton</b>	EUA	Uso de sensor multiespectral para identificação de danos em algodão cultivado em estufa artificialmente infestado com diferentes densidades populacionais de ácaros-aranha. É uma técnica de sensoriamento remoto que permite avaliar possíveis tratamentos com inseticidas.	Avaliação de tratamentos com inseticidas no algodão
4	Souza, H. B. et al. (2017)	<b>Using Passive and Active Multispectral Sensors on The Correlation With The Phenological Indices of Cotton</b>	Brasil	Uso de sensores multiespectrais para identificação de parâmetros fenológicos indicadores de crescimento do algodoeiro utilizando NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).	Crescimento do Algodoeiro

5	Martin, D. E. et al. (2018)	<b>Active Optical Sensor Assessment of Spider Mite Damage on Greenhouse Beans and Cotton</b>	EUA	Avaliação da aplicação de sensoriamento remoto utilizando sensor óptico ativo para identificação de danos causados por ácaro-aranha nas copas de algodão e feijão utilizando como indicativo o NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada).	Identificação de danos por ácaro-aranha em algodão
6	Rozenstein, O. et al. (2018)	<i>Estimating Cotton Water Consumption Using a Time Series of Sentinel-2 Imaginary</i>	Israel	Estimativa do consumo de água da cultura do algodão utilizando série temporal de imagens do satélite Sentinel-2 na obtenção de índices de vegetação para modelagem espectral do coeficiente de cultivo da cultura (Kc) que é um parâmetro importante para o manejo de irrigação possibilitando tomadas de decisão.	Estimar o Consumo de Água da Cultura do Algodão
7	Trevisan, R. G. et al. (2018)	<i>Management of Plant Growth Regulators in Cotton Using Active Crop Canopy Sensors</i>	Brasil	Aplicação de Reguladores de Crescimento de Plantas (PGR) usando sensores ópticos e ultrassônicos para detectar variabilidade espacial da cultura em lavouras de algodão com objetivo de prever a altura da colheita e o acúmulo de biomassa no algodão.	Altura dos pés de algodão
8	Cao, L. et al. (2018)	<i>Potential Dermal and Inhalation Exposure to Imidacloprid and Risk Assessment Among Applicators During Treatment in Cotton Field in China</i>	China	Quantificação do potencial de exposição cutânea e inalação de operadores responsáveis pela aplicação de pesticidas na cultura do algodão.	Segurança do trabalho
9	Baio, F. H. R. et al. (2018)	<i>Relationship Between Cotton Productivity and Variability of NDVI Obtained By Landsat</i>	Brasil	Uso de imagens multiespectrais de satélite para correlacionar o rendimento e variabilidade do NDVI em campos de algodão	Sensoriamento Remoto e Rendimento da colheita
10	Uddin, J. et al. (2018)	<i>Smart Automated Furrow Irrigation of Cotton</i>	Austrália	Elaboração de um protótipo de automação comercial inteligente para irrigação por sulco. O protótipo foi testado e avaliado em uma fazenda de algodão na Austrália.	Irrigação
11	Papadopoulos, A. V. et al (2018)	<i>Weed Mapping in Cotton Using Ground-Based Sensors and GIS</i>	Grécia	Utilização de dois sistemas de gerenciamento em ambiente SIG para detecção espectral para mapeamento de manchas de ervas daninhas cultivadas em campos de algodão.	Ervas Daninhas
12	Thompson, A. L. et al. (2019)	<i>Comparing Nadir and Multi-Angle View Sensor Technologies for Measuring in-field Plant Height of Upland Cotton</i>	EUA	Implantação de quatro transdutores ultrassônicos de visão Nadir, dois sistemas de detecção e alcance de luz (LiDAR) e um sistema aéreo não tripulado com câmera digital colorida para caracterizar a altura de plantas de algodão.	Altura dos pés de algodão
13	Pelletier, M. G. et al. (2019)	<i>Electronic Design of a Cotton Harvester Yield Monitor Calibration System</i>	EUA	Implementação de um projeto eletrônico para calibração do monitor de rendimento de colheitadeira de algodão.	Rendimento da colheita
14	Pelletier, M. G. et al. (2019)	<i>Embedded Micro-Controller Software Design of a Cotton Harvester Yield Monitor Calibration System</i>	EUA	Implementação de um projeto de software de microcontrolador incorporado a um sistema de calibração de monitor de rendimento de colheitadeira de algodão. O projeto de software do microcontrolador foi testado em combinação com o projeto eletrônico.	Rendimento da colheita
15	Baio, F. H. R. et al. (2019)	<i>In Situ Remote Sensing As a Strategy to Predict Cotton Seed Yield</i>	Brasil	Utilização de sensoriamento remoto para prever o rendimento de sementes de algodão.	Sensoriamento Remoto e Rendimento da colheita

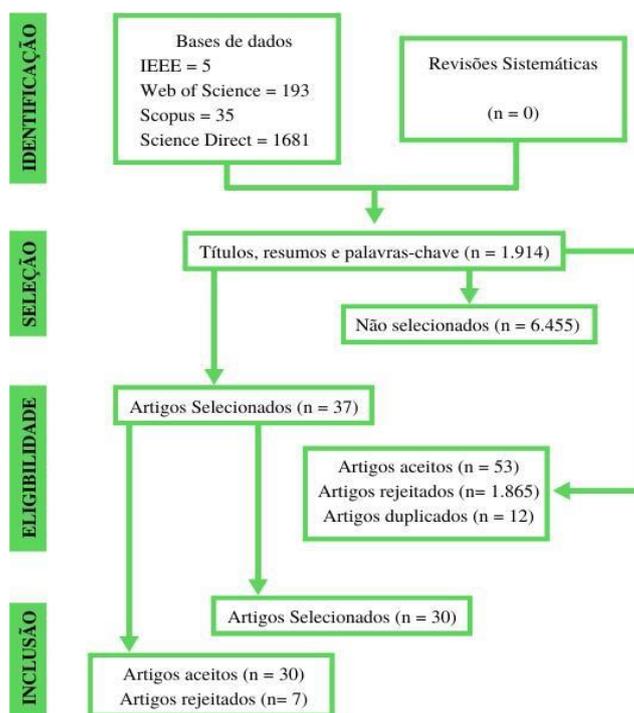
16	Thorp, K. R. et al. (2019)	<i>Novel methodology to evaluate and compare evapotranspiration algorithms in an agroecosystem model</i>	EUA	Modelo baseado em algoritmos para avaliação da evapotranspiração em cultivo de algodão.	Evapotranspiração
17	Pelletier, M. G., Wanjura, J. D., & Holt, G. A. (2019)	<i>Man-Machine-Interface Software Design of a Cotton Harvester Yield Monitor Calibration System</i>	EUA	Desenvolvimento de um software com interface homem máquina para o controle e avaliação das condições de colheita de algodão.	Rendimento da colheita
18	Rozenstein, O. et al. (2019)	<i>Validation of the cotton crop coefficient estimation model based on Sentinel-2 imagery and eddy covariance measurements</i>	Israel	Estimativa de coeficiente de colheita utilizando imagens de satélite de domínio público com sensoriamento remoto.	Sensoriamento Remoto e Rendimento da colheita
19	Yu, J. et al. (2019)	<i>Nitrogen Consumption and Productivity of Cotton under Sensor-based Variable-rate Nitrogen Fertilization</i>	China	Determinação da taxa de consumo de nitrogênio e produtividade de algodão utilizando sensor óptico em um sistema uniforme de aplicação fertilização com nitrogênio.	Consumo de nitrogênio
20	Yan, L. et al. (2020)	<i>Cotton Appearance Grade Classification Based on Machine Learning</i>	China	Aplicação de Aprendizado de Máquina para medir o grau de aparência do algodão, a fim de melhorar a etapa de classificação do algodão que é feito de modo manual.	Classificação do algodão
21	Butler, S. et al. (2020)	<i>Making the Cotton Replant Decision: A Novel and Simplistic Method to Estimate Cotton Plant Population from UAS-calculated NDVI</i>	EUA	Utilização de sistemas aéreos não tripulados para estimar a produção de algodão, de modo a ajudar no replantio.	Rendimento da colheita
22	Feng, A. et al. (2020)	<i>Yield estimation in cotton using UAV-based multi-sensor imagery</i>	EUA e China	Criação de um sistema de sensoriamento remoto com um veículo aéreo não tripulado a fim de medir o rendimento da produção de algodão. O uso do sistema foi realizado em dois momentos: na fase de crescimento e pouco antes da colheita.	Sensoriamento Remoto e Rendimento da colheita
23	Chen, X. et al. (2020)	<i>Evaluation of a new irrigation decision support system in improving cotton yield and water productivity in an arid climate</i>	EUA e China	Criação de um sistema de apoio à decisão para programação de irrigação, de modo a melhorar a produtividade do algodão em climas áridos.	Irrigação
24	Larson, J. A. et al. (2020)	<i>Effects of Landscape, Solids, and Weather on Yields, Nitrogen Use, and Profitability with Sensor-Based Variable Rate Nitrogen Management in Cotton</i>	EUA	Utilização do sensoriamento óptico para avaliar os efeitos na paisagem de campo solo e clima, utilizando algumas variáveis como taxas de nitrogênio em algodão e rendimento de retorno líquido de produção.	Rendimento da colheita
25	Fue, K. et al. (2020)	<i>Autonomous Navigation of a Center-Articulated and Hydrostatic Transmission Rover Using a Modified Pure Pursuit Algorithm in a Cotton Field</i>	EUA	Desenvolvimento de software baseado em Robot Operating System (ROS) de modo a controlar o sensor que irá adquirir as informações do campo. O estudo propôs o uso de um algoritmo capaz de controlar um sistema autônomo e multifuncional para navegar ao longo das linhas de cultivo de algodão.	Veículo Autônomo
26	Zare, E. et al. (2020)	<i>Two-dimensional time-lapse imaging of soil wetting and drying cycle using EM38 data across a flood irrigation cotton field</i>	Austrália	Uso de um sistema de sensores utilizando artifícios matemáticos para maximizar o uso e eficiência da água na agricultura irrigada de algodão.	Irrigação

27	Delhom, C. D. et al. (2020)	<i>Engineering and Ginning: The Classification of Cotton</i>	EUA	Uso de instrumentação automatizada na classificação e descaroçamento do algodão.	Classificação do algodão
28	Gaikwad, S. V. et al. (2021)	<i>An innovative IoT based system for precision farming</i>	Índia	Desenvolvimento de um sistema baseado em Internet das Coisas afim de monitorar dados de produção de algodão em tempo real, utilizando três componentes: Arduino, Aplicativo de Smartphone e um servidor Web.	Rendimento da colheita
29	Bronson, K. F. et al. (2021)	<i>Use of an ultrasonic sensor for plant height estimation in irrigated cotton</i>	EUA	Uso de sensor ultrassônico para estimativa da altura das plantas de algodão, com o objetivo de comparar as técnicas de medição tradicional com o uso desses sensores.	Altura dos pés de algodão
30	Ibragimov, N. et al. (2021)	<i>Cotton irrigation scheduling improvements using wetting front detectors in Uzbekistan</i>	Uzbequistão, EUA	Uso de detector de frente de umedecimento para promoção de melhorias no regime de irrigação no plantio de algodão.	Irrigação

Fonte: Autores (2022).

Na Figura 1, tem-se o fluxograma que resume todo o processo de execução, seleção, e extração dos trabalhos recuperados pela pesquisa.

**Figura 1** – Fluxograma dos artigos selecionados

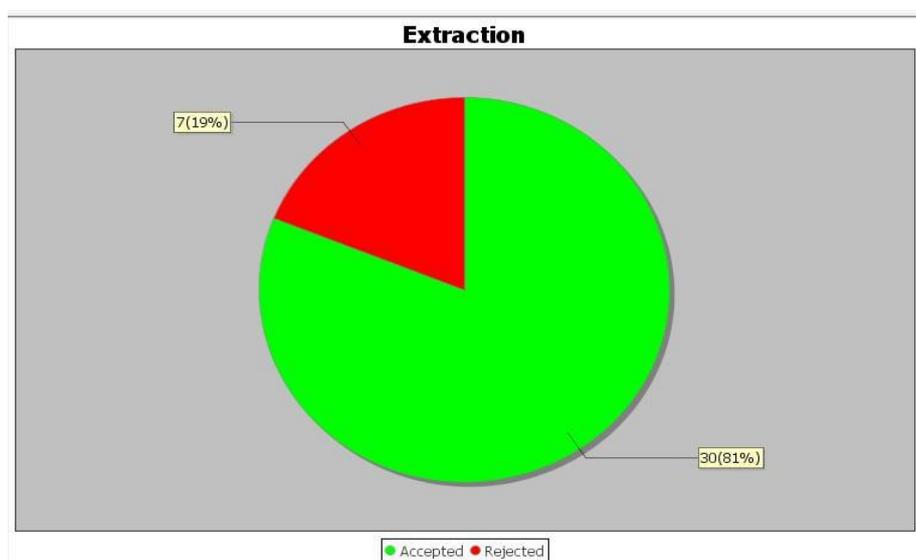


Fonte: Autores (2022).

E na Figura 2, a nuvem de palavras com as palavras-chave utilizadas na seleção dos trabalhos, tendo destaque para algumas delas, como Desenvolvimento de Programas, Classificação, Agricultura e Instrumentação.



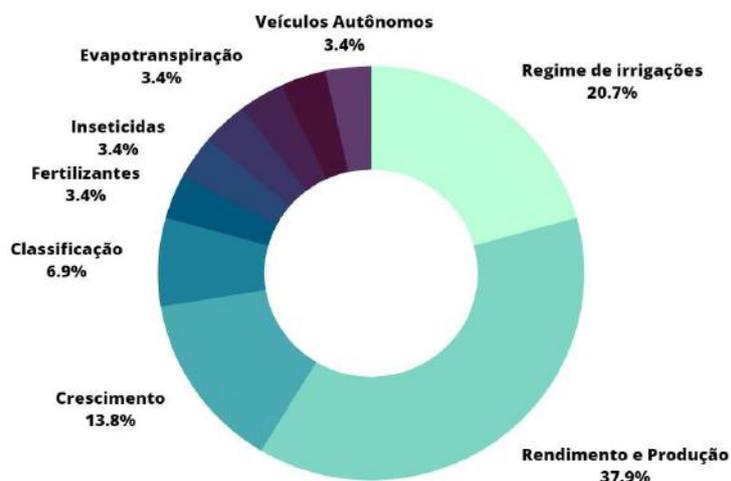
**Figura 4** - Quantidade de trabalhos selecionados para leitura na íntegra.



Fonte: Autores (2022).

De acordo com o objetivo inicial do trabalho em relação ao entendimento da aplicação da instrumentação no cultivo de algodão, os trabalhos recuperados pela pesquisa apresentaram diversas aplicações, chamando a atenção para alguns pontos importantes. Cerca de 20 % dos trabalhos relatam sobre o regime de irrigação e o consumo de água nas plantações, 36,67 % tratam da estimativa de rendimento e produtividade da colheita, 13,3% tratam sobre a determinação do tamanho do pé algodão, ou seja, características relacionadas a morfologia de crescimento da planta, e 6,67 % tratam de melhorias na classificação do algodão para a indústria. Enquanto que os demais assuntos giram em torno de 3 % de cada, relacionados a utilização de fertilizantes, tratamentos de inseticidas, segurança do trabalho, evapotranspiração das plantas, consumo de nitrogênio, e uso de veículos autônomos. Na Figura 5, o gráfico ilustra de forma resumida todas aplicações encontradas nos trabalhos recuperados, e na Figura 6, um mapa ilustrativo que apresenta a origem desses trabalhos, ilustrando uma forte prevalência para trabalhos realizados nos Estados Unidos da América, Brasil e China.

**Figura 5** – Aplicações dos trabalhos encontrados.



Fonte: Autores (2022).

**Figura 6** - Mapa com a origem dos trabalhos encontrados.



Fonte: Autores (2022).

#### 4. Considerações Finais

Embora a revisão realizada limitou-se a alguns parâmetros de escolha, ainda assim foi possível identificar grande potencial quanto a aplicação da instrumentação no cultivo de algodão. Servindo de base para a aplicação de tecnologias nas áreas com maior defasagem dessas aplicações em trabalhos futuros. Além disso, foi possível notar indícios de algumas lacunas do conhecimento em relação a algumas problemáticas encontradas, sendo a maioria dos trabalhos voltados para o rendimento da produção. Outro ponto notável foi a ausência de trabalhos em âmbito nacional com propostas de solução de temas pouco debatidos. Para a aplicação de trabalhos futuros, seria interessante a realização de trabalhos que sejam voltados para a solução dessas problemáticas e um melhor delineamento metodológico, afim de apresentar resultados melhor refinados.

#### Referências

- AMPA – Associação Mato-Grossense Dos Produtores De Algodão (2021). História do Algodão. Disponível em: <https://ampa.com.br/historia-doalgodao/>. Acesso em 24 out. 2021.
- Baio, F. H. R., da Silva, S. P., Camolese H. S., & Neves D. C. (2017). Financial analysis of the investment in precision agriculture techniques on cotton crop. *Engenharia Agrícola*, v. 37, p. 838-847. DOI: 10.1590/1809-4430Eng.Agric.v37n4p838-847/2017
- Baio, F. H. R., da Silva, E. E., Martins, P. H. A., Silva Junior, C. A. da, & Teodoro, P. E. (2019). In situ remote sensing as a strategy to predict cotton seed yield. *Bioscience Journal*, v. 35, n. 6. DOI: 10.14393/BJ-v35n6a2019-42261
- Baio, F. H. R., Neves, D. C., Campos, C. N. da S., & Teodoro, P. E. (2018). Relationship between cotton productivity and variability of NDVI obtained by landsat images. *Bioscience Journal*, 34(6), 197–205. <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n6a2018-39583>
- Bronson, K. F., French, A. N., Conley, M. M., & Barnes, E. M. (2021). Use of an ultrasonic sensor for plant height estimation in irrigated cotton. *Agronomy Journal*, v. 113, n. 2, p. 2175-2183. DOI: 10.1002/agj2.20552
- Butler, S., Raper, T. B., Buschermohle, M., Tran, L., & Duncan L. (2020). Making the Cotton Replant Decision: A Novel and Simplistic Method to Estimate Cotton Plant Population from UAScalculated NDVI. *The Journal of Cotton Science*, 24:104-111.
- Cao, L., Zhang, H., Li, F., Zhou, Z., Wang, W., Ma, D., Yang, L., Zhou, P., & Huang, Q. (2017). Potential dermal and inhalation exposure to imidacloprid and risk assessment among applicators during treatment in cotton field in China. *Science of the total environment*, v. 624, p. 1195-1201. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.238
- CONAB – Companhia Nacional De Abastecimento (2021). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2020/21, 7º levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>. Acesso em 24 out. 2021.
- Coelho, J. D. (2021). Algodão: Produção e Mercados. *Caderno Setorial, Banco do Nordeste*. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482dspace/bitstream/123456789/808/1/2021\\_CDS\\_166.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482dspace/bitstream/123456789/808/1/2021_CDS_166.pdf). Acesso em 24 out. 2021.

- Chen, X., Qi, Z., Gui, D., Sima M. W., Zeng, F., Li, L., Li, X., & Gu, Z. (2020). Evaluation of a new irrigation decision support system in improving cotton yield and water productivity in an arid climate. *Agricultural Water Management*, v. 234, p. 106139. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106139
- Delhom, C. D., Knowlton, J., Martin, V. B., & Blake, C. (2020). Engineering And Ginning The Classification of Cotton. *The Journal of Cotton Science*, 24:189-196.
- Feng, A., Zhou, J., Vories, E. D., Sudduth, K. A., & Zhang, M. (2020). Yield estimation in cotton using UAV-based multi-sensor imagery. *Biosystems Engineering*, v. 193, p. 101-114. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2020.02.014
- Due, K., Porter, W., Barnes, E., Li, C., & Rains, G. (2020). Autonomous Navigation of a Center-Articulated and Hydrostatic Transmission Rover using a Modified Pure Pursuit Algorithm in a Cotton Field. *Sensors*, 20. 4412. 10.3390/s20164412.
- Gaikwad, S. V., Vibhute, A. D., Kale, K. V., & Mehrotra, S. C. (2021). An innovative IoT based system for precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 187, p. 106291. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106291
- Ibragimov, N., Avliyakov, M., Durdiev, N., Evett, S. R., Gopporov, F., & Yakhyoeva, N. (2021). Cotton irrigation scheduling improvements using wetting front detectors in Uzbekistan. *Agricultural Water Management*, v. 244, p. 106538. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106538
- Larson, J. A., Stefanini, M., Yin, X., Boyer, C. N., Lambert, D. M., Zhou, X. V., Tubaña, B. S., Scharf, P., Varco, J. J., Dunn, D. J., Savoy, H. J., & Buschermohle, M. J. (2020). Effects of Landscape, Soils, and Weather on Yields, Nitrogen Use, and Profitability with Sensor-Based Variable Rate Nitrogen Management in Cotton. *Agronomy*, 10(12), 1858. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121858>
- Lv, Y., Gao, Y., Rigall, E., Qi, L., Gao, F., & Dong, J. (2020). Cotton Appearance Grade Classification Based on Machine Learning. *Procedia Computer Science*, v. 174, p. 729-734. DOI: 10.1016/j.procs.2020.06.149
- Martin, D. E. & Latheef, M. A. (2018). Active optical sensor assessment of spider mite damage on greenhouse beans and cotton. *Experimental and Applied Acarology*, v. 74, n. 2, p. 147-158. DOI: 10.1007/s10493-018-0213-7
- Martin, D. E. & Latheef, M. A. (2017). Remote sensing evaluation of two-spotted spider mite damage on greenhouse cotton. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, n. 122, p. e54314. DOI: 10.3791/54314
- PACTO GLOBAL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ods>. Acesso em: 15 jun. 2021
- Papadopoulos, A., Kati, V., Chachalis, D., Kotoulas, V., & Stamatiadis, S. (2018). Weed mapping in cotton using ground-based sensors and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, n. 10, p. 1-17. DOI: 10.1007/s10661-018-6991-x
- Pelletier, M. G., Wanjura, J. D., & Holt, G. A. (2019). Electronic Design of a Cotton Harvester Yield Monitor Calibration System. *AgriEngineering*, v. 1, n. 4, p. 523-538. <https://doi.org/10.3390/agriengineering1040038>
- Pelletier, M. G., Wanjura, J. D., & Holt, G. A. (2019). Embedded micro-controller software design of a cotton harvester yield monitor calibration system. *AgriEngineering*, v. 1, n. 4, p. 485-495. DOI: 10.3390/agriengineering1040035
- Pelletier, M. G., Wanjura, J. D., & Holt, G. A. (2019). Man-MachineInterface Software Design of a Cotton Harvester Yield Monitor Calibration System. *AgriEngineering*, v. 1, n. 4, p. 511-522. DOI: 10.3390/agriengineering1040037
- Podestà, I. D. (2021). Valor Bruto da Produção está estimado em R\$ 1,109 trilhões para este ano. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-bruto-daproducao-esta-estimado-em-r-1-109-trilhao-para-este-an>>. Acesso em 24 out. 2021.
- Rozenstein, O., Haymann, N., Kaplan, G., & Tanny, J. (2018). Estimating cotton water consumption using a time series of Sentinel-2 imagery. *Agricultural water management*, v. 207, p. 44-52. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.05.017
- Rozenstein, O., Haymann, N., Kaplan, G., & Tanny, J. (2019). Validation of the cotton crop coefficient estimation model based on Sentinel-2 imagery and eddy covariance measurements. *Agricultural Water Management*, v. 223, p. 105715. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105715
- Souza, H. B., Baio, F. H., & Neves, D. C. (2017). Using passive and active multispectral sensors on the correlation with the phenological indices of cotton. *Engenharia Agrícola*, v. 37, p. 782-789. DOI: 10.1590/1809-4430- Eng.Agric.v37n4p782-789/2017
- Suassuna, N. D., Silva, J. C. D., & Bettiol W. (2019). Uso do Trichoderma na cultura do algodão. Em Meyer, M. C., Mazaró, S. M., & Silva, J. C. *Trichoderma: Uso na Agricultura*. (ed. 1; p. 361-380). Brasília -DF: Editora da Embrapa
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Produção de Algodão herbáceo. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/algodao-herbaceo/br>. Acesso em 24 out. 2021
- Thompson, A., Thorp, K., Conley, M., Elshikha, D., French, A., Andrade-Sanchez, P., & Pauli, D. (2019). Comparing Nadir and Multi-Angle View Sensor Technologies for Measuring in-Field Plant Height of Upland Cotton. *Remote Sensing*, 11(6), 700. <https://doi.org/10.3390/rs11060700>
- Thorp, K., Hunsaker, D., Bronson, K., Andrade-Sanchez, P., & Barnes, E. (2017). Cotton irrigation scheduling using a crop growth model and FAO-56 methods: Field and simulation studies. *Transactions of the ASABE*, v. 60, n. 6, p. 2023- 2039. DOI: 10.13031/trans.12323
- Thorp, K. R., Marek, G. W., DeJonge, K. C., Evett, S. R., & Lascano, R. J. (2019). Novel methodology to evaluate and compare evapotranspiration algorithms in an agroecosystem model. *Environmental Modelling & Software*, v. 119, p. 214-227. DOI: 10.1016/j.envsoft.2019.06.007
- Trevisan, R., Vilanova Júnior, N., Eitelwein, M., & Molin, J. (2018). Management of Plant Growth Regulators in Cotton Using Active Crop Canopy Sensors. *Agriculture*, 8(7), 101. <https://doi.org/10.3390/agriculture8070101>
- Uddin, J., Smith, R. J., Gillies, M., Moller, P., & Robson, D. (2018). Smart automated furrow irrigation of cotton. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 144, n. 5, p. 04018005. DOI:10.1061/(ASCE)IR.1943- 4774.0001282

USDA – United States Department Of Agriculture (2021). Cotton: World Markets and Trade. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em 24 out. 2021.

Yu, J., Yin, X., Raper, T.B., Jagadamma, S. & Chi, D. (2019). Nitrogen Consumption and Productivity of Cotton under Sensor-based Variable-rate Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*, v. 111, n. 6, p. 3320-3328. DOI: 10.2134/agronj2019.03.0197

Zare, E., Arshad, M., Zhao, D., Nachimuthu, G., & Triantafilis, J. (2020). Two-dimensional time-lapse imaging of soil wetting and drying cycle using EM38 data across a flood irrigation cotton field. *Agricultural Water Management*, v. 241, p. 106383. DOI:10.1016/j.agwat.2020.106383