



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA
CURSO TÉCNICO EM ELETROELETRÔNICA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO

ALEXANDRE CALISTA ROCHA
JOÃO VICTOR NUNES DE ALBUQUERQUE ROCHA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AGRICULTURA

ARAPIRACA, AL
2021

ALEXANDRE CALISTA ROCHA
JOÃO VICTOR NUNES DE ALBUQUERQUE ROCHA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AGRICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletroeletrônica integrado ao ensino
médio do Instituto Federal de Alagoas,
campus Arapiraca, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Técnico em
Eletroeletrônica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Renata Imaculada
Soares Pereira

ALEXANDRE CALISTA ROCHA
JOÃO VICTOR NUNES DE ALBUQUERQUE ROCHA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AGRICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletroeletrônica integrado ao ensino
médio do Instituto Federal de Alagoas,
campus Arapiraca, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Técnico em
Eletroeletrônica.

Aprovado em: 10/06/2021.

AVALIADORA

Renata Imaculada S. Pereira

Prof.^a Dr.^a Renata Imaculada Soares Pereira
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

RESUMO

Entre os problemas encontrados na agricultura, as doenças e pragas representam um dos principais, causando impactos diretos na qualidade e produtividade das lavouras, cujo os danos variam de acordo com a cultura e severidade do ataque. Hoje em dia, a Inteligência Artificial (IA) pode ajudar na identificação desses problemas, de modo a aumentar a eficiência da produção, reduzindo perdas e facilitando a vida do produtor. Assim, o objetivo central do presente trabalho é analisar aplicações da IA na agricultura, bem como suas vantagens e desvantagens. Propõe-se, assim, apresentar reflexões e analisar a influência dessa nova tecnologia na área rural. Sob essa ótica, a IA traz um importante impacto para a agricultura, com diversas aplicações e soluções propostas aos problemas encontrados nessa área, apesar de também ter seus pontos negativos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Agricultura. Tecnologia.

ABSTRACT

Among the problems found in agriculture, diseases and pests represent one of the main ones, causing direct impacts on the quality and productivity of crops, whose damage varies according to the culture and severity of the attack. Nowadays, Artificial Intelligence (AI) can help identify these problems, in order to increase production efficiency, reduce losses and make life easier for the producer. Thus, the main objective of this work is to analyze AI applications in agriculture, as well as its advantages and disadvantages. Thus, it is proposed to present reflections and analyze the influence of this new technology in the rural area. From this perspective, AI has an important impact on agriculture, with several applications and proposed solutions to the problems encountered in this area, although it also has its downsides.

Keywords: Artificial Intelligence. Agriculture. Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Larva do besouro Coró.....	13
Figura 2 - Lagarta-do-cartucho.....	13
Figura 3 - Diferenciação entre Ferrugem Polissora, Ferrugem Comum e Ferrugem Branca.....	15
Figura 4 - Trator Autônomo da Case IH.....	21
Figura 5 - Gbot.....	23
Figura 6 - Exemplos de detecções de plantas e linhas de plantação feitas a partir de imagens com drone. Os pontos azuis e os círculos amarelos representam uma correta identificação das copas das árvores das plantas marcadas. As linhas vermelhas e verdes representam as anotadas e detectadas linhas de plantação. Os círculos laranja destacam os desafios superados pela abordagem em cada cena.....	26
Figura 7 - Exemplos da detecção das linhas de plantio pelo método proposto e seus desafios. Os círculos azuis destacam os desafios descritos. As linhas amarelas correspondem às linhas identificadas pela rede, enquanto as linhas vermelhas correspondem ao exemplo rotulado.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo geral	9
1.1.2 Objetivos específicos	9
2 DESAFIOS DA AGRICULTURA E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	10
2.1 PRINCIPAIS PROBLEMAS DA AGRICULTURA	11
2.1.1 Pragas	12
2.1.2 Doenças	14
2.1.3 Ervas daninhas	15
2.2 GESTÕES E APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	16
2.2.1 Gestão do Solo	16
2.2.2 Gestão das culturas	16
2.2.3 Gestão da água	17
2.2.4 Gestão das ervas daninhas	17
2.2.5 Principais exemplos de aplicações	18
2.2.5.1 Armadilhas Automáticas de Pragas	18
2.2.5.2 Modelos Preditivos de Doenças	19
2.2.5.3 Tratores Autônomos	20
2.2.5.4 Laser eliminador de Ervas daninhas	22
2.2.5.5 Irrigação automatizada	23
2.2.5.6 Drones	24
2.3 IMPACTOS NEGATIVOS DA IA NA AGRICULTURA	27
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Para entender melhor como máquinas conseguem “raciocinar” e “agir” como seres humanos nos tempos atuais, é preciso voltar um pouco na história e refletir sobre as necessidades desse invento histórico no qual a Inteligência Artificial (IA) surgiu.

Os primeiros conceitos de IA surgiram logo após o término da Segunda Grande Guerra Mundial em uma conferência realizada no campus do Dartmouth College (EUA, Nova Hampshire) em 1956, a IA foi investida com a criação de um campo para estudo da IA. Seu objetivo era desenvolver novas criações, logo a ciência começou a ser reconhecida quando formalizaram um termo na conferência de Dartmouth, com a missão de desenvolver máquinas inteligentes (MELO SOUZA; R. DE SOUZA POLETTO, 2020).

O uso de tecnologia na agricultura não é novidade. Uma das primeiras ferramentas técnicas usadas na produção de alimentos foi o uso do Sistema de Posicionamento Global, conhecido como GPS (*Global Positioning System*, em inglês). São softwares de posicionamento que fornecem as coordenadas de certos lugares da Terra por meio de um receptor de sinal transmitido por um satélite. Isso possibilita a implementação de outras tecnologias, como máquinas guiadas por computadores e satélites.

O interesse em ter um campo automatizado com uma safra sustentável vem sendo discutido dentre as maiores empresas de tecnologia do mundo desde o início do século XXI, como principal argumento na dificuldade do gerenciamento do pré-plantio; plantio e colheita. Desta forma, surgiu o princípio da Agricultura Inteligente no qual visavam conectar um campo inteiro a uma ou várias redes inteligentes, utilizando principalmente IA e aprendizado de máquina (MELO SOUZA; R. DE SOUZA POLETTO, 2020).

A IA, em particular, tem ajudado o setor a produzir colheitas mais saudáveis, controlar pragas, monitorar o solo e as condições de cultivo, organizar dados para os agricultores, ajudar na carga de trabalho e melhorar uma ampla gama de tarefas relacionadas à agricultura em toda a cadeia de suprimento de alimentos

(FONSECA, 2020).

De acordo com Bruinsma (2009), e com base nas projeções da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (FAO, 2017), até 2050, a disponibilidade média de calorias diárias mundial pode subir para 3130 calorias por pessoa. Para que tal seja possível, será necessário que a produção agrícola aumente em cerca de 70% a 100% (no caso de países em desenvolvimento) para lidar com um aumento de 40% da população mundial, até essa data (GOEDDE et al., 2020). Isto significa que o mundo terá que produzir anualmente mais mil milhões de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas extra de produtos de origem animal (DE CLERCQ, VATS E BIEL, 2018).

Assim, o uso das mais recentes soluções tecnológicas, para tornar a agricultura mais eficiente e sustentável, permanece um dos maiores imperativos. A IA é uma área interdisciplinar e pode alterar o paradigma da agricultura, para um modo diferente do atual (PANPATTE, 2018). As soluções baseadas em IA não apenas permitirão que os agricultores façam mais com menos, como também melhorarão a qualidade e garantirão uma entrada no mercado mais rápida das culturas (REVANTH, 2019). Deste modo, estará mais próximo da criação de uma agricultura sustentável.

A modernidade do campo não é apenas essencial para o uso da tecnologia, mas também para a obtenção de respostas rápidas e satisfatórias, onde os atrasos do trabalho manual são igualmente lentos e menos precisos.

A aplicação de processamentos computacionais na área agrícola permite o desenvolvimento de softwares, onde cada qual possa suprir as necessidades de informação para o agricultor, resultando em grandes benefícios ao setor agropecuário. Técnicas computacionais, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global são utilizados em conjunto para o desenvolvimento de softwares especialistas que ajudam na gestão agrícola, podendo obter através desses sistemas dados que auxiliam fortemente na agricultura de precisão (HONDA, 2013, p.111).

Existe, portanto, a necessidade de intensificar os esforços na adoção de resultados/tecnologias de pesquisa para melhorar a produtividade, a segurança

alimentar, o desenvolvimento sustentável e o bem-estar dos agricultores, através da adoção de tecnologias e pacotes de pesquisa superiores (LAWAL E OLUYOLE, 2008). Este sendo um tópico novo e relevante de análises, considera-se importante investigar a implementação da IA na Agricultura.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Estabelecer e traçar alguns dos problemas encontrados na agricultura de forma geral e analisar se as soluções propostas pela aplicação da inteligência artificial são realmente vantajosas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar um estudo de possíveis soluções com IA para problemas da agricultura;
- Discutir melhorias de processos na agricultura aplicando IA;
- Avaliar os pontos positivos e pontos negativos de aplicações de IA na agricultura.

2. DESAFIOS DA AGRICULTURA E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A agricultura tornou-se muito mais do que simplesmente um meio de alimentar populações cada vez maiores. As plantas se tornaram uma importante fonte de energia (alimento) e são uma peça fundamental no quebra-cabeça para resolver o problema do aquecimento global (BARBEDO, 2013). A agricultura sustentável envolve, entre outras coisas, construir e manter um solo saudável, minimizar a poluição do ar, da água e do clima, gerir de forma adequada os recursos hídricos e, por último, promover a biodiversidade (DENGEL, 2013).

De acordo com Khakurel et al. (2018), a IA está incorporada em cinco dimensões de sustentabilidade: social, econômica, individual, técnica e, por fim, ambiental. Relativamente a esta última dimensão, os autores acreditam que a IA pode ser uma ferramenta útil para ajudar o ser humano a cuidar melhor do planeta em termos de apoio à gestão de resíduos e/ou poluição. IA vem se desenvolvendo desde 1955, quando o professor de matemática John McCarthy, da *Dartmouth College*, apresentou seu conceito na universidade estadunidense. Nos últimos vinte anos, porém, seu crescimento foi exponencial e a expectativa é que esse processo acelere cada vez mais.

Para estabelecer um diálogo franco com o ambiente rural, a IA ainda tem que enfrentar alguns desafios pelo caminho. O obstáculo principal é a quantidade de variáveis que envolvem o campo. Os imprevistos que a natureza proporciona ainda estão fora do controle humano.

Hoje em dia, em todos os lugares, há necessidade de máquinas e automação para o processamento das tarefas diárias. O aprendizado de máquina é um desses métodos que utiliza-se para simplificar os problemas do dia-a-dia. O aprendizado de máquina é basicamente um campo da ciência da computação e um ramo central da IA que usa estatísticas para fornecer resultados. O aprendizado de máquina é um ramo da IA baseado na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana, para que possa melhorar por conta própria e não precise de orientações regulares para atualizar seu sistema. O aprendizado de máquina define as etapas para supervisionar o desempenho da máquina, aprendendo com suas entradas históricas.

É a aplicação da IA usada para descrever os algoritmos com base em dados históricos. O aprendizado de máquina se concentra no desenvolvimento de programas em sistemas de computador que podem acessar dados e usá-los para aprender por si mesmos (POOJA; SHARMA; SHARMA, 2018).

IA representa um conjunto de software, lógica, computação e disciplinas filosóficas que visa fazer com que os computadores realizem funções que se pensava serem exclusivamente humanas, como perceber o significado em linguagem escrita ou falada, aprender, reconhecer expressões faciais e assim por diante. O campo de IA tem um longo histórico, com muitos avanços anteriores, como reconhecimento de caracteres ópticos, que agora são considerados rotina.

A IA está presente desde a análise do solo para o plantio, em tomadas de decisões rápidas frente a problemas até a colheita das safras e se relaciona as seguintes aplicações:

- Mapeamentos completos de propriedades rurais que ajudam a identificar áreas que estejam com pragas ou doenças na lavoura, com desmatamento e até com uso excessivo de pesticidas.
- Maior precisão para identificar os fenômenos climáticos que afetam as safras, como precipitação, direção, velocidade do vento e temperatura, quase em tempo real.
- Instruir ao produtor quais insumos agrícolas usar, quando e quanto necessário para atingir a produtividade máxima em sua propriedade.

2.1. PRINCIPAIS PROBLEMAS DA AGRICULTURA

Detectar e gerir a propagação de pragas e doenças é um dos aspectos mais cruciais da agricultura uma vez que as pragas e doenças representam ameaças existenciais à produção agrícola e causam a perda de mil milhões de dólares todos os anos (CHARANIA E LI, 2020).

2.1.1. Pragas

Pragas ou pestes, ou mais especificamente pragas biológicas, são surtos de certas espécies que são prejudiciais ao desenvolvimento agrícola ou danificam a propriedade humana, perturbam ecossistemas ou causam epidemias em humanos ou outros animais.

“Entre os principais fatores que limitam o rendimento das práticas de agricultura estão as pragas. Anualmente a agricultura brasileira perde cerca de US\$ 14,73 bilhões e 7% da produção agrícola devido ao ataque de pragas nas lavouras. No Brasil as culturas mais afetadas são a cana-de-açúcar, o milho e a soja” (SATO, 2017).

O conceito de praga costuma estar intimamente relacionado à ideia de superpopulação, que pode levar a desequilíbrios ecológicos, como esgotamento de alimentos, destruição de lavouras, extinção de outras espécies, epidemias de doenças infecciosas e doenças parasitárias. Na cultura do milho existe uma grande variedade de pragas como, por exemplo, as apresentadas a seguir:

- Os corós (Figura 1). Estão presentes nas lavouras de milho e de sorgo, com maior ocorrência nos meses de outubro, novembro e dezembro. As larvas se alimentam do sistema radicular das plantas, o que gera falhas nas linhas de plantio.

Figura 1 - Larva de besouro Coró.



Fonte: Antônio Carlos Fiorito Júnior, 2019.

- A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). É uma das principais pragas do milho, causa grandes perdas, também é encontrada na cultura do sorgo, mostrada na Figura 2. A lagarta-do-cartucho penetra no colmo, criando galerias, o que provoca um sintoma conhecido por “coração morto”, que ocorre por causa do dano no ponto de crescimento da planta.

Figura 2 - Lagarta-do-cartucho.



Fonte: Revista Cultivar, 2021.

- O pulgão (*Rhopalosiphum maidis*). Tem seus maiores danos no milho vistos

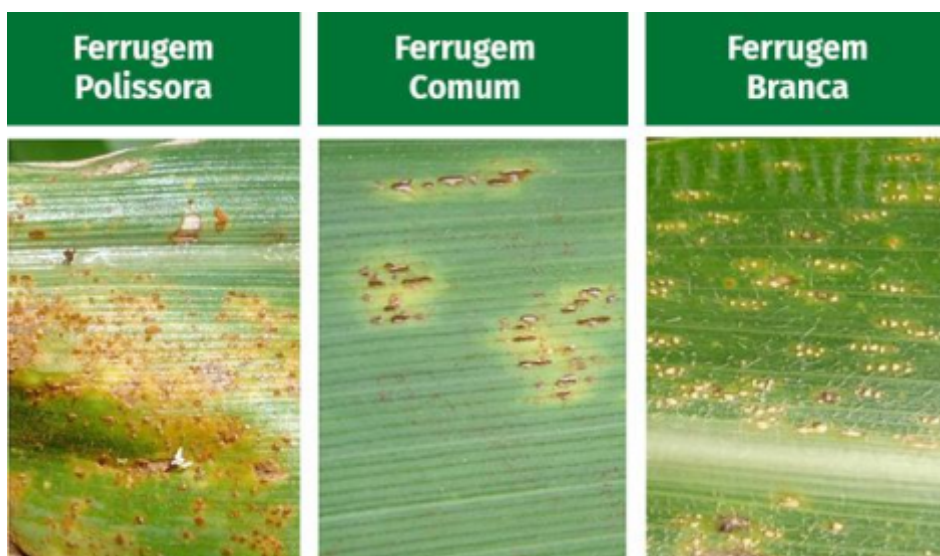
durante o seu pendoamento, sendo também presente na cultura do sorgo. No caso do sorgo há ainda uma outra espécie conhecida por pulgão-verde (*Schizaphis graminum*), infestando a cultura desde a emergência das plantas até a maturação dos grãos.

2.1.2. Doenças

Além de pragas como insetos, o milho ainda possui uma variedade de doenças, como exemplo:

- A cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*). É uma das mais importantes doenças do milho, não apenas pelo seu potencial em causar danos, mas também pela sua ampla distribuição nas regiões de cultivo do Brasil. Desse modo, a perda de área foliar leva à redução no número de grãos por espiga, redução na massa de grãos e, conseqüentemente, redução da produtividade.
- A mancha branca. É uma das doenças do milho de ampla distribuição pelo território brasileiro. O plantio tardio beneficia o aparecimento da doença na lavoura, como também, a ausência de rotação de culturas, cultivo safrinha e presença de restos culturais no solo.
- A ferrugem. Para realizar o seu manejo de forma mais assertiva, é importante saber qual tipo de ferrugem está presente na lavoura, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Diferenciação entre Ferrugem Polissora, Ferrugem Comum e Ferrugem Branca.



Fonte: Blog Dupont Pioneer, 2017.

Das três, a ferrugem polissora, pode ser considerada a mais deletéria, podendo representar danos econômicos de até 65% nas lavouras. Temperaturas mais altas e umidade relativa do ar, são fatores favoráveis ao aparecimento da doença. A principal medida de controle para a polissora tem sido a resistência genética do híbrido e o uso de fungicidas.

Os sintomas da ferrugem tropical ocorrem em ambas as faces da folha, as manchas dispostas em pequenos grupos, paralelos às nervuras de cor amareladas a castanho. O desenvolvimento da doença do milho é favorecido por ambiente úmido e quente, sendo que, a luminosidade é também um fator importante.

2.1.3. Ervas daninhas

Todas as plantas que estão na lavoura e não são parte da cultura principal são ervas daninhas. Também podem ser conhecidas como plantas daninhas, planta infestante, mato, planta invasora, erva má, etc.

Essas vegetações competem com a cultura por água, espaço, luz e nutrientes e, por conta disso, quando o seu controle não é eficiente, os prejuízos podem ser expressivos. No caso da produção de grãos, por exemplo, as perdas

ficam, em média, entre 13 e 15% das safras e podem chegar à casa dos 90% em lavouras de outros cultivares (HENRIQUE, 2019).

Além disso, elas podem causar alelopatia e danos indiretos, como o aumento do custo de produção, dificuldade na colheita e diminuição da qualidade do produto. Na maioria dos casos, as plantas daninhas são hospedeiras e podem, ainda, ser resistentes a algumas pragas e doenças.

Atualmente, 250 espécies de vegetais são consideradas, em todo o mundo, ervas daninhas. Dessas espécies, 40% pertencem a apenas duas famílias: Poaceae (poáceas) e Asteraceae (asteráceas).

O manejo e controle das plantas daninhas é considerado difícil porque elas são plantas pioneiras, com vasta produção de sementes e poder de adaptação a diversos lugares, inclusive com intempéries para o seu desenvolvimento. Além disso, elas possuem um sistema de dormência em suas sementes, podendo ficar no solo sem germinar por um longo período.

2.2. GESTÕES E APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

2.2.1. Gestão do Solo

O solo é um aspecto fundamental para uma agricultura bem-sucedida, pois é a fonte original de nutrientes usados na agricultura e depois transferidos para as plantas e, em seguida, para os animais e os seres humanos. (ALRESHIDI, 2019). A má gestão do solo leva à perda da colheita e redução da qualidade da mesma (BANNERJEE et al., 2018).

Assim, um conhecimento sólido dos diferentes tipos e condições de solo aumentará os rendimentos das culturas e conservará os valores do solo para um crescimento e desenvolvimento adequados (ELI-CHUKWU, 2019). Recentemente, abordagens de IA têm sido usadas na seleção de propriedades do solo para o estudo e na previsão da umidade do solo (KOUADIO et al., 2018).

2.2.2. Gestão das culturas

A gestão das culturas inicia com a sementeira e segue com a monitoração

do crescimento, colheita, armazenamento e distribuição das culturas (ALRESHIDI, 2019). Detetar e prever o estado de saúde das culturas são os princípios para uma proteção sustentável e eficiente das mesmas, incluindo abordagens para a discriminação do stress biótico das plantas através do deep learning capaz de atingir uma faixa de classificação de 95% a 99% (PANTAZI, MOSHOU e BOCHTIS, 2020).

2.2.3. Gestão da água

O uso eficiente da água na agricultura é um dos mais importantes desafios agrícolas que as tecnologias modernas estão a ajudar a alcançar (NAVARRO-HELLÍN et al., 2016). A gestão inadequada da irrigação e do solo levam à perda de colheitas e à qualidade degradada do solo (BANNERJEE et al., 2018).

Dessa forma, as máquinas treinadas pela IA, conscientes do padrão climático histórico, da qualidade do solo e do tipo de culturas a serem cultivadas, podem automatizar a irrigação e aumentar o rendimento geral (DHARMARAJ E VIJAYANAND, 2018). Quase 70% dos recursos de água doce do mundo são utilizados para irrigação, essa automação pode economizar água e beneficiar os agricultores (PEREA et al., 2018).

Pelo que, os processos agrícolas inteligentes e sustentáveis devem concentrar-se em técnicas novas e eficientes para melhorar a produtividade agrícola, que promovem economias consideráveis em termos de consumo de alimentos e água desperdiçada (ALRESHIDI, 2019).

2.2.4. Gestão das ervas daninhas

As ervas daninhas constituem uma das principais ameaças a todas as atividades agrícolas (ELI-CHUKWU, 2019). A erva daninha reduz consistentemente o lucro e a produtividade esperada dos agricultores (HARKER, 2001). De facto, com base num relatório observa-se uma redução de 50% no rendimento de grãos secos e milho se a infestação de ervas daninhas não for controlada (HARKER, 2001). Há uma perda de cerca de 48% na produção de trigo devido à competição de ervas daninhas (FAHAD et al., 2015).

A FAO estima que pragas, ervas daninhas e doenças juntas destroem cerca de 40% das lavouras, principalmente devido ao dano de insetos, seguido de

patógenos e ervas daninhas (PANDA, 2019).

Atualmente, a perda de rendimento estimado devido às ervas daninhas é de 9%. O custo de todos os herbicidas usados foi de 3,334 milhões de euros, o que representou 41,5% das vendas totais e 40% do custo de pesticidas e todos os produtos químicos aplicados em terras agrícolas europeias (PÉREZ-ORTIZ et al., 2016).

Para reduzir o uso de herbicidas, é necessário detecção em tempo real por meio de sensores e reconhecimento por meio de aprendizado de máquina para atingir processamento específico de localização com alta precisão (PANTAZI, MOSHOU e BOCHTIS, 2020). Métodos modernos de IA vêm sendo utilizados para minimizar a aplicação de herbicidas por meio do manejo apropriado e preciso de ervas daninhas (BANNERJEE et al., 2018).

2.2.5. Principais exemplos de aplicações

As principais aplicações de IA na agricultura focam-se essencialmente: na monitorização da cultura e do solo (ELAHI et al., 2019); na gestão de ameaças às culturas, como doenças e pragas agravadas pela mudança climática, monoculturas e o uso generalizado de pesticidas (ALLEN, 2018).

Aproveitando a IA, as empresas agrícolas e os agricultores serão capazes de aumentar a produção agrícola para atender às demandas de alimentos que mais precisam. Como os humanos trabalham de forma exaustiva e só podem funcionar por algumas horas, as máquinas não têm um horário fixo para trabalhar. A mente de cada pessoa possui limitações muitas vezes emocionais na tomada de decisão, o que pode levar a decisões inadequadas. Por outro lado, as máquinas com IA aprendem melhor as situações ou o ambiente e tomam decisões firmes. (KUMAR, 2019). Alguns exemplos dessas máquinas são:

2.2.5.1. Armadilhas Automáticas de Pragas

A empresa de tecnologia especializada em agronegócios, Agrosmart, está desenvolvendo uma solução para monitorar automaticamente a aparição de pragas na lavoura. Assim, o produtor agrícola passa a receber, pelo celular, alertas de infestações em sua plantação.

O projeto é desenvolvido em parceria com a FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, e conta com técnicas de Controle Integrado de Pragas, associadas à IA, para qualificar e quantificar insetos.

São instaladas armadilhas equipadas com sensores que coletam dados e os enviam pela Internet para processar imagens, contar e identificar insetos. Levando em consideração a quantidade de insetos encontrada em um dado local, o produtor pode definir se a praga tem o nível de controle ou definir estratégias para o uso de pesticidas.

Com uma rede de armadilhas espalhados em uma área será possível identificar o momento exato da intervenção com controle químico, assim como o melhor defensivo a ser aplicado, também será possível quantificar o nível de infestação, os locais com necessidade de controle químico e por fim correlacionar a incidência das pragas com outros dados disponíveis na área monitorada. Com essas informações, os agricultores poderão obter um manejo de praga mais eficiente e ágil, proporcionando melhoria na qualidade de produção, redução do impacto ambiental causado pela atividade agrícola, economia no custo com insumos e o aumento da eficiência da mão de obra no campo (SATO, 2017).

O monitoramento de pragas de campo automatizado consiste na tomada de medidas preventivas, pelos agricultores, para evitar perdas. O uso de sensores em campo e a ciência de dados estão abrindo novas possibilidades, que permitem aos produtores rurais receberem informações antecipadas sobre o surgimento das pragas em um aplicativo vinculado a uma armadilha de pragas para ajudar o agricultor a aplicar o produto de proteção à lavoura no momento correto em locais específicos. Desta forma, é alcançada mais eficácia no controle de pragas com menos custo e impacto ambiental.

2.2.5.2. Modelos Preditivos de Doenças

A detecção precoce de doenças nas colheitas é muito importante para que os produtores possam tomar precauções com antecedência e evitar danos na cultura. Entretanto, o uso de sensores no campo e a ciência de dados está criando possibilidades novas, deixando que o produtor rural passe a receber informações precoces sobre surgimento de doenças em sua lavoura.

Aliada ao conceito de Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), algo de grande destaque dentro do cenário da agricultura digital, a Embrapa vem exercendo um importante papel dentro do contexto da inovação e apoia diferentes iniciativas no setor agrícola, como a Agrosmart. Essa parceria entre ambas as empresas busca, principalmente, auxiliar o produtor a controlar as doenças que surgem no campo (FANTIM, 2020).

Por isso, estão desenvolvendo modelos de diagnóstico, previsão e monitoramento de doenças. A tecnologia envolve processamento de imagens, cálculos matemáticos avançados, aprendizado de máquina e técnicas de manejo integrado, além de informações obtidas de sensores instalados em campo. Esta ferramenta foi projetada para ajudar agricultores e pesquisadores a melhorar seus métodos de combate a doenças.

Além dessas, existem várias outras vantagens que podem ser destacadas na introdução da inovação tecnológica. A agricultura digital visa ajudar os produtores a resolver problemáticas que possam aparecer no campo, melhorar a qualidade e quantidade da produção e reduzir custos e desperdícios. Além disso, os produtores podem responder rapidamente aos danos causados por pragas e doenças nas colheitas que limitam a produtividade.

2.2.5.3. Tratores Autônomos

Outro exemplo de IA aplicada à agricultura são os tratores autônomos. Já existem protótipos de tratores automáticos e com IA. Se começar a chover, esses veículos podem decidir parar o que estão fazendo para mudar a rota e seguir em áreas secas. Os produtores rurais ou empregados podem monitorar remotamente todo o processo por meio de smartphones. A CNH Industrial, empresa multinacional Italiana, apresentou no dia 26 de abril de 2017 o modelo de trator sem cabine e operado totalmente à distância da marca Case¹, como o mostrado na Figura 4.

¹Disponível em:

<<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/case-ih-traz-ao-brasil-primeiro-trator-autonomo-do-mundo>>

Figura 4 - Trator Autônomo da Case IH.



Fonte: Revista Agriworld, 2017.

O modelo foi trazido ao Brasil pela primeira vez e exposto na Agrishow de Ribeirão Preto (SP) após participação no evento estadunidense Farm Progress Exhibition e no Francês Salão Internacional de Máquinas Agrícolas (Sima).

O trator possui uma interface totalmente interativa que permite ao operador monitorar remotamente as operações pré-programadas. O sistema de bordo é responsável por implementar a largura e localização mais eficazes com base no terreno, obstáculos e outras máquinas usadas no mesmo campo. O processo de operação de cada trator começa com a introdução de um mapa limitador de campo físico no sistema e, em seguida, usa o software de planejamento de rota integrado para estabelecer a rota de campo mais eficaz para a tecnologia autônoma da máquina. Depois de preparada a rota, o usuário pode selecionar a obra no menu pré-programado, bastando selecionar o veículo, selecionar o campo e configurar o trator para concluir sua tarefa, isso levando pouco mais de 30 segundos.

Em seguida, a máquina e os acessórios podem ser monitorados e controlados por meio de um computador ou tablet, sendo que ambos podem exibir três telas de operação. Isso permite que os usuários acessem esses dados de um

local de coleta confortável, não importa onde estejam, quando estiverem inspecionando campos, cuidando do gado ou mesmo em casa. Isso ajuda a tomar decisões no momento certo para melhorar a eficiência operacional e a produtividade. Além disso, os agricultores manterão o controle total e a propriedade de seus dados.

Assim como um modelo convencional, o trator com a tecnologia autônoma poderá ser usado em todas as etapas da lavoura, no cultivo, na plantação, na pulverização e no transporte interno dentro da propriedade (previamente mapeada), além de outras possibilidades (GÖRGEN, 2017).

Se os parâmetros operacionais se tornarem críticos, o mesmo sistema de notificação será usado no caso de baixo nível de combustível e sementes. Por razões de segurança, a perda de qualquer alarme importante da máquina ou função importante de controle do trator fará com que o carro autônomo pare automaticamente e, para o mesmo propósito, o botão de parada na interface de controle pode ser ativado manualmente.

As tarefas atribuídas ao trator podem ser modificadas em tempo real, por exemplo, quando uma tempestade se aproxima. No futuro, esses tratores conceituais serão capazes de usar "big data" e informações de satélite meteorológicas para utilizar de forma automática e otimizada as condições ideais, independentemente da intervenção humana, não importando quando nem onde. Por exemplo: se uma mudança significativa do tempo causar um problema, o trator irá parar automaticamente e, em seguida, retomará o trabalho quando as condições forem boas o suficiente. Ou, se estiverem em uma estrada particular, podem ser enviados para outro destino em um lugar com melhores condições - como um solo mais seco ou sem chuva.

Alternativamente, vários tratores autônomos podem ser colocados em operação em um ou mais campos separados, executando as mesmas tarefas ou tarefas contínuas - como agricultura e semeadura - todas as quais podem ser controladas a partir da mesma interface.

2.2.5.4. Laser eliminador de Ervas daninhas

A combinação de lasers, robôs e tecnologias de IA podem eliminar as

ervas daninhas de maneira eficiente e "limpa". O objetivo é aumentar a eficiência, reduzir custos e libertar os agricultores de uma das tarefas mais desagradáveis do setor.

Uma empresa sediada em Rosário, na Argentina, desenvolveu uma tecnologia que visa reduzir o uso do agrotóxico glifosato nas lavouras. Gbot desenvolveu um robô que pode reconhecer ervas daninhas e usar feixes de laser e vapor d'água para matar essas plantas "invasoras". Além de não utilizar agrotóxicos, o equipamento também é movido a energia solar, é possível ver o modelo na figura 5.

Figura 5 - Gbot.



Fonte: Diário Santa Maria, 2019.

O robô será capaz de identificar pelo menos 90% das ervas daninhas e meristemas, e terá uma precisão de mais ou menos 1,5 mm na área para erradicar até 90% das plantas identificadas (ZOLIN, 2020).

2.2.5.5. Irrigação automatizada

Diante da crise hídrica e do alto consumo de água e energia, a solução para os agricultores que dependem da irrigação é encontrar soluções inovadoras para alcançar práticas mais precisas e eficazes. Tecnologias baseadas em IA já estão sendo testadas, como equipamentos que podem prever a quantidade de água que cada irrigador usará para irrigação, reduzindo o consumo de água e energia elétrica.

Além disso, usar uma quantidade suficiente de água ajuda a aumentar a produtividade. No final, concluímos que tais soluções técnicas são projetadas para trazer grandes benefícios aos fabricantes. Por exemplo, conforme o consumo de água e energia diminui, os produtores são mais produtivos e reduzem os custos. Nesse contexto de agricultura 4.0, a empresa líder em irrigação por gotejamento, desenvolveu o primeiro sistema de irrigação com cérebro.

Uma plataforma é capaz de controlar, automatizar e oferecer recomendações de manejo, de forma prática, rápida, segura e eficiente. Segundo Bruno Toniello (2018), gerente de digital farming da Netafim/Amanco; acessando o programa, o produtor consegue visualizar tudo que está acontecendo na propriedade rural naquele momento, e o que está programado para as próximas semanas. Ele também tem acesso a dados de clima, previsão de tempo, condições do solo e desenvolvimento das plantas.

Combinado ao sistema de irrigação por gotejamento, a tecnologia permite otimizar a utilização de água na fazenda, já que a plataforma indica o período e a quantidade correta de cada aplicação. Esse fator também se aplica a outras necessidades, como energia elétrica e insumos, que também só são acionados de acordo com as necessidades das plantas.

Além disso, usar uma quantidade suficiente de água ajuda a aumentar a produtividade. No final, concluímos que tais soluções técnicas são projetadas para trazer grandes benefícios aos fabricantes. Por exemplo, à medida que o consumo de água e energia diminui, os produtores são mais produtivos e custam menos. No contexto da Agricultura 4.0, uma empresa líder em irrigação por gotejamento desenvolveu o primeiro sistema de irrigação cerebral. A plataforma pode controlar, automatizar e fornecer conselhos de gestão de forma prática, ágil, segura e eficiente.

2.2.5.6. Drones

Grandes empresas, como a Amazon, já utilizam drones para a realização de entregas. Outras companhias do ramo de segurança e monitoramento empregam estas pequenas aeronaves não tripuladas para vigilância e operações táticas.

Além destas utilizações, os drones têm sido amplamente empregados em publicidades, redes de televisão e fotografias.

E ainda acredita-se que nos próximos anos o uso de drones na agricultura esteja altamente difundido entre os agricultores e até mesmo nos pequenos produtores rurais.

Uma das ferramentas modernas e mais versáteis, o drone, avançou na produção agrícola por ser de fácil integração em sistemas de dados, ter uma relação custo-benefício relativamente baixa e também melhorar a eficiência em diversos aspectos, como:

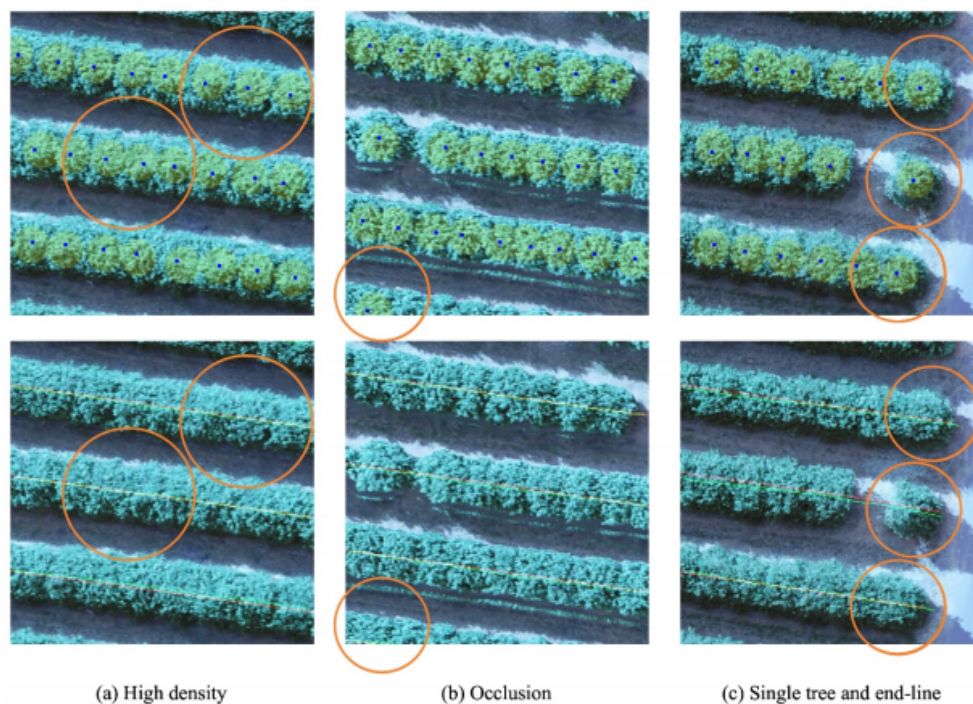
- Análise de plantação;
- Monitoramento do crescimento da cultura;
- Demarcação do solo;
- Pulverização;
- Vigilância;
- Telemetria;
- Detecção de secas e de pragas;
- Localização de pragas;
- Estimativas de produtividade;
- Mapeamento agrícola;
- Mapeamento hídrico.

A imagem óptica com sensores montados em veículos aéreos não tripulados, em inglês *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), é uma opção econômica para capturar imagens cobrindo áreas cultivadas atualmente. No entanto, inspeção visual de tais imagens pode ser uma tarefa desafiadora e tendenciosa, especificamente para detectar plantas e linhas em uma base de uma etapa. Assim, desenvolver uma arquitetura capaz de extrair plantas simultaneamente individualmente e linhas de

plantação de imagens de UAV ainda é uma demanda importante para apoiar o homem gestão de sistemas agrícolas (OSCO et al., 2021).

Com base em uma Rede Neural Convolucional, em inglês *Convolutional Neural Network* (CNN), foi desenvolvida uma pesquisa² sobre análise de imagens capturadas por drones, que detecta e geolocaliza simultaneamente as linhas de plantação enquanto conta suas plantas considerando configurações de plantação altamente densas. O método consiste em identificar plantas e linhas de plantio e contá-las simultaneamente com imagens de UAV. Nas Figuras 6 e 7 é possível ver os resultados.

Figura 6 - Exemplos de detecções de plantas e linhas de plantio feitas a partir de imagens com drone.



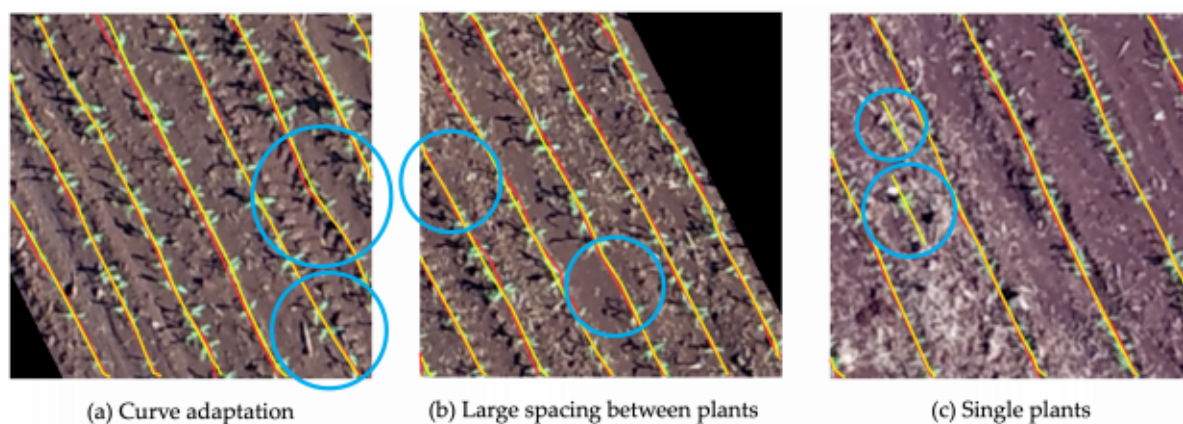
Fonte: OSCO et al., 2021.

Os pontos azuis e os círculos amarelos representam uma correta identificação das copas das árvores das plantas marcadas. As linhas vermelhas e verdes representam as anotadas e detectadas linhas de plantação. Os círculos laranja destacam os desafios superados pela abordagem em cada cena.

² Disponível em:

<file:///C:/Users/dd_da/Downloads/Osco-2021-A-cnn-approach-to-simultaneously-count%20plants%20and%20detect%20plantation%20rows%20from%20UAV%20imagery.pdf>.

Figura 7 - Exemplos da detecção das linhas de plantio pelo método proposto e seus desafios.



Fonte: OSCO et al., 2021.

Os círculos azuis destacam os desafios descritos. As linhas amarelas correspondem às linhas identificadas pela rede, enquanto as linhas vermelhas correspondem ao exemplo rotulado.

2.3. IMPACTOS NEGATIVOS DA IA NA AGRICULTURA

Embora existam muitas oportunidades para aplicações agrícolas, ainda falta familiaridade com as tecnologias mais recentes na maior parte do mundo. Além desse, há muitos outros fatores implicantes nesse aspecto, entre eles:

- Os altos custos iniciais associados à implementação da IA na agricultura podem ser um fator limitante na digitalização do setor agrícola, impossibilitando pequenos empreendedores a incluírem essa tecnologia na sua cultura;
- Sendo 43% da população mundial economicamente ativa que trabalha na agricultura, a utilização de determinadas máquinas pode acarretar na ameaça do emprego de milhares de pessoas;
- Também, a IA não possui habilidades cognitivas para desenvolver a criatividade em situações que a necessitam, como o cérebro humano é capaz;

- Para operar e manter o funcionamento de algumas máquinas e sistemas, são necessárias pessoas especializadas, o que aumenta ainda mais os custos de manutenção e produção.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, com base nas informações obtidas neste estudo, é possível concluir que para compreender a aplicação da IA na agricultura, foi necessário analisar seus principais problemas, as pragas e as doenças, assim como as ervas daninhas, que causam danos imensos, ver exemplos destas aplicações já inseridas no mercado como proposta de intervenção para essas mesmas problemáticas, além de estudar os seus impactos, tanto positivos quanto negativos.

Avaliando as possíveis propostas de resoluções aplicáveis já existentes a esses problemas, entende-se que estas são correspondentes às expectativas, além de oferecer serviços que facilitam amplamente os processos cotidianos no trabalho dos agricultores, ora acelerando a produção, ora cortando custos e ora aumentando o lucro.

Com os pontos negativos manifestados, como o alto custo inicial, alto custo de manutenção, a volumosa perda de empregos, entre outros, o que se entende é que os pontos positivos se sobressaem e apesar das desvantagens compreende-se que é um investimento lucrativo. Obviamente, não é algo acessível para todos da área, mas num futuro próximo, possivelmente, será. Sendo assim, já que a praticidade oferecida por essas máquinas é indiscutivelmente positiva, os que a implementarem, colherão os benefícios.

REFERÊNCIAS

ALLEN, A., 2018. Emerging technologies in agriculture: regulatory & other challenges. Melbourne: AgriFutures Australia.

ALRESHIDI, E., 2019. Smart Sustainable Agriculture (SSA) Solution Underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 10(5). p. 93-102.

BANNERJEE, G; SARKAR, U; DAS, S. e GHOSH, I., 2018. Artificial Intelligence in Agriculture: A Literature Survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies (IJSRCSAMS)*. 7(3). p. 1-6.

BANNERJEE, G; SARKAR, U; DAS, S. e GHOSH, I., 2017. A Radial Basis Function Network Based Classifier for Detection of Selected Tea Pests. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. 7(5). p. 665-669.

BARBEDO, J.G.A., 2013. Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases. *SpringerPlus* 2 (1), 660.

CHARANIA, I. e LI, X., 2020. Smart farming: Agriculture's shift from a labor intensive to technology native industry. *Internet of Things*. 9. p. 1-15.

DE CLERCQ, M., VATS, A. e BIEL, A., 2018. Agriculture 4.0: The future of farming technology. *The World Government Summit and Oliver Wyman*, pp. 1-30.

DENGEL, A., 2013. Special Issue on Artificial Intelligence in Agriculture, *KI - Künstliche Intelligenz*. 27(4), pp. 309–311.

ELAHI, E., WEIJUN, C., ZHANG, H. e NAZEER, M., 2019. Agricultural intensification and damages to human health in relation to agrochemicals: Application of artificial intelligence. *Land Use Policy*. 83. p. 461-474.

ELI-CHUKWU, N. C., 2019. Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 9(4). p. 4377-4383.

FAHAD, S., HUSSAIN, S., CHAUHAN, B. S., SAUD, S., WU, C., HASSAN, S., TANVEER, M., JAN, M. e HUANG, J., 2015. Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by row spacing and weed emergence times. *Crop Protection*. 71. p. 101–108.

FANTIM, Thiago. Inteligência artificial é grande aliada do produtor rural para reduzir impacto de pragas e doenças no campo. **Agrosmart**, 2020. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/impacto-de-pragas-e-doencas-no-campo/>>. Acesso em: 30 maio 2021.

FAO, 2017. The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FONSECA, Adriana. Como a inteligência artificial vem transformando a agricultura. **Whow!**, 2020. Disponível em: <<https://www.whow.com.br/tecnologia/inteligencia-artificial-vem-transformando-agricultura/>>. Acesso em: 28 maio 2021.

GOEDDE, L., KATZ, J., MENARD, A., e REVELLAT, J., 2020. Agriculture's connected future: How technology can yield new growth. McKinsey & Company. Outubro, p.1-10.

GÖRGEN, Jorge. Case IH traz ao Brasil o primeiro trator autônomo do mundo. **Grupo Cultivar**, 2017. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/case-ih-traz-ao-brasil-primeiro-trator-autonomo-do-mundo>>. Acesso em: 30 maio 2021.

HARKER, K. N., 2001. Survey of yield losses due to weeds in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*. 81(2). p. 339–342.

HENRIQUE, Francisco. Plantas daninhas na lavoura representam prejuízo ao produtor. **Boas práticas agronômicas**, 2019. Disponível em: <<https://boaspraticasagronomicas.com.br/artigos/plantas-daninhas/>>. Acesso em: 30 maio 2021.

HONDA, Bruna. Computação aplicada à agricultura de precisão. **Revista Científica Eletrônica UNISEB**, Ribeirão Preto, v.1, n.1, p.111-132, jan./jun.2013. Disponível

em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/960470/1/Computacaoaplicadaaagriculturadeprecisao..pdf>>. Acesso em: 29 maio 2021.

KOUADIO, L., DEO, R. C., BYRAREDDY, V., ADAMOWSKI, J. F., MUSHTAQ, S. e NGUYEN, V. P., 2018. Artificial intelligence approach for the prediction of Robusta coffee yield using soil fertility properties. *Computers and Electronics in Agriculture*. 155. p. 324- 338.

KUMAR, Vivek. The power of artificial intelligence in agriculture. ***Analytics Insight***, 2019. Disponível em:

<<https://www.analyticsinsight.net/the-power-of-artificial-intelligence-in-agriculture/>>.

Acesso em: 29 maio 2021.

LAWAL, J. O. e OLUYOLE, K. A., 2008. Factors Influencing Adoption of Research Results and Agricultural Technologies among Cocoa Farming Households in Oyo State, Nigeria. *International journal of sustainable crop production (IJSCP)*. 3(5). p. 10-12.

MELO SOUZA, Gustavo Henrique; R. DE SOUZA POLETTO, Alex Sandro. Um estudo exploratório sobre inteligência artificial aplicada à agricultura. ***Revista Intelecto***, 2020. Disponível em:

<https://www.fema.edu.br/images/Intelecto2020/UM_ESTUDO_EXPLORATÓRIO_SOBRE_INTELIGÊNCIA_ARTIFICIAL_APLICADA_À_AGRICULTURA.pdf>. Acesso em: 29 maio 2021.

NAVARRO-HELLÍN, H., MARTÍNEZ-DEL-RINCON, J., DOMINGO-MIGUEL, R., Soto-Valles, F. e Torres-Sánchez, R., 2016. A decision support system for managing irrigation in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 124. p. 121-131.

OSCO, Lucas Prado et al. A CNN APPROACH TO SIMULTANEOUSLY COUNT PLANTS AND DETECT PLANTATION-ROWS FROM UAV IMAGERY. *ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING*, [s. l.], 2021. 14 fev. 2021. Disponível em:

<file:///C:/Users/dd_da/Downloads/Osco-2021-A-cnn-approach-to-simultaneously-co

unt%20plants%20and%20detect%20plantation%20rows%20from%20UAV%20image
ry.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

PANDA, C. K., 2019. Advances in Application of ICT in Crop Pest and Disease Management. In Egbuna, C. e Sawicka, B. (Eds.) Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control. 1 st ed. Elsevier Science Publishing Co Inc. p. 235-242.

PANPATTE, D. G. Artificial Intelligence in Agriculture: An Emerging Era of Research. In proceedings of the 31st Canadian Conference on Artificial Intelligence. Anand, India: ResearchGate, pp.1-8, 2018. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/328555978_Artificial_Intelligence_in_Agriculture_An_Emerging_Era_of_Research>. Acesso em: 28 maio 2021

PANTAZI, X. E., MOSHOU, D e BOCHTIS, D., 2020 Sensors in agriculture. Intelligent Data Mining and Fusion Systems in Agriculture. 1 st ed. San Diego, United States: Elsevier Science Publishing Co Inc. p. 1-15.

PEREA, R. G., POYATO, E. C., MONTESINOS, P. e DÍAZ, J. A. R., 2018. Prediction of applied irrigation depths at farm level using artificial intelligence techniques. Agricultural Water Management. 206. p. 229-240.

PÉREZ-ORTIZ, M., GUTIÉRREZ, P. A., PEÑA, J. M., TORRES-SÁNCHEZ, J., LÓPEZ-GRANADOS, F. e HERVÁS-MARTÍNEZ, C., 2016. Machine Learning paradigms for Weed Mapping via Unmanned Aerial Vehicles. In 2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI'16). Athens, Greece: IEEE. p. 1-8.

POOJA, I; SHARMA, A.; SHARMA, A., 2018. Machine Learning: A Review of Techniques of Machine Learning. JASC: Journal of Applied Science and Computations. Volume 5, Issue 7, July /2018. p. 538-541.

REVANTH. Towards Future Farming: How Artificial Intelligence is transforming the Agriculture Industry, 2019. Disponível em:
<<https://www.wipro.com/holmes/towards-future-farming-how-artificial-intelligenceis-transforming-the-agriculture-industry/>>. Acesso em: 28 maio 2021

SATO, Marcus Vinicius. Armadilhas de pragas automáticas e geoestatísticas aplicadas ao manejo integrado de pragas (MIP). **Biblioteca Virtual da FAPESP**, 2019. Disponível em:

<<https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/99429/armadilhas-de-pragas-automaticas-e-geoestatistica-aplicadas-ao-manejo-integrado-de-pragas-mip/>>. Acesso em: 30 maio 2021.

ZOLIN, Deni. Robô argentino mata ervas daninhas usando laser, sem agrotóxicos.

Diário Santa Maria, 2020. Disponível em:

<<https://diariosm.com.br/colunistas/colunistas-do-site/deni-zolin/robô-argentino-mata-ervas-daninhas-usando-laser-sem-agrotóxicos-1.2202516>>. Acesso em: 30 maio 2021.