

# UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AGRICULTURA

Gustavo Henrique MELO SOUZA, Alex Sandro R. DE SOUZA POLETTO

*gustaavo\_souzaa@hotmail.com, apoletto@femanet.com.br*

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo, explorar o avanço tecnológico no setor agrícola e apresentar o modo de como as máquinas inteligentes estão tornando a produção no campo mais sustentável e lucrativa a longo prazo. Por esse motivo serão demonstrados os conceitos de Inteligência Artificial, Machine Learning e Deep Learning, empregues na Agricultura Digital.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inteligência Artificial; Machine Learning; Deep Learning; Agricultura Digital; Sustentável e Agricultura.

**ABSTRACT:** This article aims to explore technological advances in the agricultural sector and to present how intelligent machines are making production in the field more sustainable and profitable in the long run. For this reason, the concepts of Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning, employed in Digital Agriculture, will be demonstrated.

**KEYWORDS:** Artificial intelligence; Machine Learning; Deep Learning; Digital Agriculture; Sustainable and Agriculture.

## **1. Advento da IA**

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

Os primeiros conceitos de Inteligência Artificial surgiram logo após o término da Segunda Grande Guerra Mundial em uma conferência realizada no campus do Dartmouth College (EUA, Nova Hampshire) em 1956, com o objetivo de destrinchar a ideia de uma máquina tão inteligente quanto os humanos (ou se duvidar até mais), para que dessa forma os computadores tomassem frente aos problemas e situações do cotidiano de forma mais precisa.

Dentre os participantes da conferência estavam, Allen Newell, Herbert Simon, Marvin Minsky, Oliver Selfridge e John McCarthy. Além destes, estava por trás dessa reunião também, Nathaniel Rochester, principal desenvolvedor do IBM 701 (primeiro computador científico comercial da IBM). A princípio a intenção do grupo formado por dez homens era passar dois meses discutindo somente sobre Inteligência Artificial e como a mesma poderia ser colocada em prática, muito embora na época discutir sobre máquinas que “pensam” como pessoas era considerado um absurdo até mesmo no ramo científico.

### **1.1. Alan Turing**

Mesmo a ideia de Inteligência Artificial surgindo apenas após a Segunda Grande Guerra Mundial, não podemos esquecer de mencionar Alan Turing, mais conhecido como o “Pai da Computação”, muitos o consideram como o verdadeiro fundador idealista sobre IA, o mesmo possuía uma habilidade única capaz de visionar um futuro em que as máquinas obtivessem conhecimento.

Alan Turing durante sua fase adulta, já formado em matemática pela Universidade de Cambridge, tinha como seu objetivo de vida decifrar a “Enigma”, uma máquina de escrever alemã, que trocava mensagens encriptadas entre seus soldados. Pouco tempo depois, sua maestria e inteligência vieram à tona, graças a ele, o Exército Britânico conseguiu decifrar os códigos antes impossíveis de serem lidos, na velocidade equiparada a um cérebro humano, mudando drasticamente o ritmo desastroso da guerra.

Além desse grande feito Turing também desenvolveu e publicou um artigo no qual colocava como tema o aprendizado da máquina (Machine Learning) e sua capacidade de “pensar”. Nele, Turing descreveu que para uma máquina ser superior ao ser humano, ela

teria que passar em seu teste, denominado como “Teste de Turing”. O teste era bem simples e consistia apenas em perguntas e respostas, sendo necessário para sua realização no mínimo duas pessoas e um computador. Uma dessas pessoas desempenharia o papel de interrogador, ou seja, era o responsável pela elaboração das perguntas. Enquanto a outra pessoa e a máquina (computador), teriam de responder as questões criadas pelo interrogador. Após as respostas terem sido concluídas, o interrogador terá de analisar as respostas dadas, e identificar quais delas eram da máquina e qual era da pessoa. Caso, o interrogador viesse a errar, a conclusão seria de que o pensamento de Turing estaria correto e a máquina passaria no teste.

## **1.2. Alguns Marcos Históricos Referentes a IA**

Para surpresa mundial um computador chamado “Eliza”, foi desenvolvido por Joseph Weizenbaum em 1966 com o intuito de confundir a mente humana exatamente como Turing. Joseph criou um software onde eram realizados testes entre diálogos de psicólogo e paciente. O teste era realizado da seguinte maneira, o psicólogo, que no caso era a máquina (Eliza), conversava com as pessoas com o objetivo de ajudá-las a sancionar seus problemas, acontece que no final do teste, todas as pessoas que foram testadas ficavam abismadas ao descobrir que estavam dialogando com uma máquina, e não com um ser humano, fazendo com que desta forma o teste criado por Joseph se tornasse um marco na história da computação.

Outro marco para a história da IA ocorreu em 1997 quando o “Deep Blue”, um computador da IBM, foi a primeira máquina a ganhar um jogo de xadrez, e tendo como seu adversário nada menos que Garry Kasparov, o melhor jogador de xadrez na época.

A partir de 1957 Frank Rosenblatt, psicólogo da Universidade de Cornell, foi o primeiro estudioso que conseguiu pôr em prática o conceito de Rede Neural Artificial, conhecida como Perceptron. A primeira máquina criada utilizando o Perceptron foi “Mark I”, utilizada para reconhecimento de imagem, usando uma grade de 400 fotocélulas como entrada. Os pesos que impulsionam as relações entre os “neurônios” poderiam ser ajustados quando erros de percepção eram cometidos pela máquina, que, portanto, tinha a capacidade de aprender com seus erros. A criação do Perceptron foi um passo significativo na história da Inteligência Artificial, uma vez que anunciava o ramo de aprendizado de máquina que hoje é predominante.

De 1966 a 1972, uma equipe do Stanford Research Institute trabalhou no primeiro robô móvel de uso geral, capaz de raciocinar sobre suas próprias ações. Este programa de

pesquisa foi pioneiro em várias abordagens em IA e robótica, e conseguiu integrar vários componentes de forma coesa como: Processamento de Linguagem Natural para entender instruções de humanos; Algoritmos de busca para traçar seu próprio curso; Sensores e visão computadorizada para interpretar o ambiente e Sistema de planejamento para se preparar para as próximas ações.

## 2. Conceitos de IA

Mesmo com todo envolvimento filosófico e científico na tentativa de explicar o que de fato é Inteligência Artificial, ainda se discute o real significado por trás da palavra “Inteligência”, afinal o que é IA?

IA é outra ambiciosa criação do homem, uma nova ciência que busca compreender o funcionamento de nossas atitudes e dessa forma transferi-las para uma mente robótica a fim de superar obstáculos do presente ou até mesmo do futuro da humanidade.

“A Inteligência Artificial é uma ciência multidisciplinar que busca desenvolver e aplicar técnicas computacionais que simulem o comportamento humano em atividades específicas”. (RIBEIRO, 2010, p. 8)

Waterman (1985) define IA como:

Uma subárea da Ciência da Computação que objetiva desenvolver programas computacionais inteligentes. Esses programas são: solucionadores de problemas, programas que melhoram sua própria performance, programas que interpretam linguagens, programas que reconhecem esquemas visuais, enfim que se comportam de maneira que seria considerada inteligente se observada num homem.

Segundo Shannon (1985) a IA atua em dois grandes campos: 1. Imitação das habilidades humanas (visão, fala, gestos, ...) 2. Duplicação de resultados estabelecidos pelo homem através de sua habilidade e/ou experiência.

“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas”. (KURZWEIL, 1990)

IA é a parte da Ciência da Computação que se preocupa em desenvolver sistemas computacionais inteligentes, isto é, sistemas que exibem características, as quais nós associamos com a inteligência no comportamento humano - por exemplo, compreensão da linguagem, aprendizado, raciocínio, resolução de problemas, etc. (BARR & FEIGENBAUM, 1981)

Um sistema de Inteligência Artificial deve ser capaz de fazer três coisas: (1) armazenar conhecimento, (2) aplicar o conhecimento armazenado para resolver problemas e (3) adquirir novo conhecimento através da experiência. Um sistema de IA tem três componentes fundamentais: representação, raciocínio e aprendizagem. (SAGE, 1990)

De forma resumida um sistema inteligente é aquele que apresenta condições humanas que por sua vez demonstra capacidade de raciocinar, planejar, resolver problemas, abstrair ideias, armazenar conhecimento, comunicar-se através de uma linguagem e por fim o mais importante “aprender”.

### **3. Machine Learning**

Machine Learning é o segundo passo para que a Inteligência Artificial se torne mais “inteligente” e seguir o caminho da automação de suas informações. É neste momento em que o que mais importa são os valores de entrada e não mais os de saída como ocorria em sua etapa anterior, ou seja, a própria máquina decidirá qual valor de saída será o melhor resultado com base em seu dados de entrada que serão comparados ao acervo de referências já adquiridos (chamado de experiência de máquina) e somente assim podendo tomar a decisão solicitada, ou seja, não é mais o programador que determina o que deverá ser apresentado se, somente se, a entrada de dados for coerente ao que está sendo proposto.

Existem duas metodologias de ensinamento para máquinas, são elas: Aprendizagem Supervisionadas e Não-Supervisionadas.

Supervisionadas: Conhecida pela alta velocidade em sua aprendizagem, baseia-se em alimentar a base de dados de sua máquina com informações que possuam diversas soluções já estabelecidas, ou seja, ela já terá a resposta quando se deparar com um problema.

Não-Supervisionadas: Nessa metodologia temos uma máquina que aceita apenas regras como parte de sua programação, temos um cenário onde ela recebe uma informação e apresenta um resultado retirado de um banco de dados vinculado a ela, caso a resposta seja negado, ela descartará a possibilidade já testada e partirá para outro teste até receber um sinal positivo.

#### **3.1. Conceitos de Machine Learning**

Em 1959, Arthur Samuel definiu aprendizado de máquina como o "campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados".

Segundo Bishop (2006), Machine Learning é uma ramificação da Inteligência Artificial baseado em estatística computacional e procedimentos de otimização, que

explora técnicas de aprendizado auto aperfeiçoadas para a solução de problemas ou execução de tarefas específicas. Diferente de outras abordagens da Inteligência Artificial, ramificações como a do Machine Learning tentam construir sistemas que não precisam ser programados para realizar as tarefas. Ainda, no caso específico do Machine Learning, são construídos modelos matemáticos a partir de dados de amostragem, chamados de dados de treino, para que os parâmetros do modelo sejam adaptados progressivamente até que seu desempenho em tarefas específicas seja melhorado sem qualquer intervenção humana

“Machine Learning é a ciência de fazer com que os computadores aprendam e ajam como os humanos, e melhorem seu aprendizado ao longo do tempo de maneira autônoma, alimentando dados e informações na forma de observações e interações no mundo real” - Daniel Faggella -Chefe de Pesquisa da Emerj.

“Um programa de computador aprende a partir da experiência E com respeito a alguma classe de tarefas T e medida de performance P, se sua performance em tarefas T, medidas por P, melhora com a experiência E”. (MITCHELL, 1997)

### **3.2. Aplicação**

Pneumocad é um software desenvolvido em 2016 utilizando a ideia de Machine Learning para identificar, de forma menos morosa uma possível pneumonia. O mesmo foi programado utilizando a metodologia supervisionada de ML, seu banco de dados consiste em um enorme conjunto de radiografias já classificadas com pneumonia e não pneumonia. Neste caso, após o médico enviar a radiografia para o software o mesmo irá compará-la com as outras em sua base de dados e assim retornará com as chances de o paciente estar ou não com pneumonia.

Identificadores de imagens e sons são muito utilizados no ML, em um aeroporto antes do piloto chegar ao solo ele necessita de várias confirmações sobre o estado da pista, principalmente se está livre para o pouso. É nesse momento que a máquina assume um papel fundamental de identificar possíveis obstáculos ou anomalias na pista. Para isso a máquina recorrerá de informações já capacitadas em seu sistema, das quais engloba reconhecer fisicamente o que é um pássaro ou qualquer outro animal que apresente risco, além de veículos e até mesmo pessoas. Sendo assim, caso não haja identificação de nenhum empecilho, sua resposta será positiva e o piloto terá permissão para realizar o pouso.

O mesmo ocorre com a identificação de animais através de sons ou imagens capturadas por microfones e câmeras, por exemplo, caso a máquina receba o som de uma jaguatirica, a mesma deverá ser capaz de identificar, afinal em seu banco de dados existem diversas informações armazenadas sobre o animal, podendo então apresentar até mesmo suas características.

## **4. Redes Neurais**

Nos dias atuais a Inteligência Artificial tem como contexto principal a comercialização de suas redes neurais, desenvolvidas para parecerem neurônios do cérebro humano com vários nós interconectados, desta forma quando as redes forem programadas por meio de algoritmos robustos, terão a capacidade de aprender, agregar e manipular dados com base no que foi coletado podendo até mesmo sugerir novos valores que apresentem melhor coerência.

### **4.1. O que é?**

Uma Rede Neural é um processador maciço paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que tem a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos:

1. O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem.
2. Forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido. (HAYKIN, 2001)

## **5. Deep Learning**

Deep Learning, ou Aprendizagem Profunda, é o segundo sub grupo referente aos estudos de inteligências artificiais, e está diretamente ligada com redes neurais sendo elas as responsáveis pelo “conhecimento adquirido pela máquina”.

Diferente do conceito proposto em Machine Learning, agora o objetivo é fazer com que o computador interprete um dado recebido (*input*), e determine como esses valores serão armazenados e moldados a um padrão pré-definido por meio de algoritmos sem nenhuma influência humana.

### **5.1. Como Acontece?**

Explicando de maneira simples, o computador terá uma metodologia de ensino, sendo essa a Deep Learning, por trás haverá um algoritmo potente, baseado em um sistema de redes neurais que visa copiar o comportamento dos neurônios do cérebro humano, este sistema possuirá diversos nós com dados já estabelecidos pela máquina,

chamados de pesos, por fim esses pesos possuem apenas duas saídas, verdadeiro e falso, tais saídas serão armazenadas em uma base de dados para que mais tarde sejam utilizadas.

A metodologia Deep Learning, provavelmente seja mais utilizada no ramo do reconhecimento facial, prática que vem sendo usada principalmente para sistemas de segurança na busca de criminosos foragidos. O programa consiste em receber a foto do criminoso perseguido na qual passará por uma enorme rede neural com intuito de que suas características sirvam para serem comparadas com outras fotos de banco de dados obtidas por meio de câmeras de segurança e principalmente fotos em redes sociais. Ou seja, uma rede neural programada com pesos do tipo, formato do rosto, cor da pele, cor dos olhos, cabelo, formato dos lábios, verificação de cicatrizes e tatuagens, etc.

## **6. IA na Agricultura**

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 inteligências artificiais e aprendizado de máquina.

Agricultura Digital ou Agricultura Inteligente é o termo utilizado atualmente para uma metodologia de gestão agrícola, que visa melhor produção possível, com mínimo percentual de perdas da safra e lucro máximo sem a necessidade de ter que expandir território.

Vale lembrar que existe outro conceito fundamental aplicado no meio da interação de máquina e usuário, que faz com que a velocidade e a integridade das informações compartilhadas sejam garantidas, conceito esse conhecido como IOT (Internet of Things) ou Internet das Coisas. Imagine um campo onde toda sua extensão estivesse conectada a várias máquinas capazes de identificar problemas e apresentar diversas soluções, porém toda vez que for necessário realizar a consulta desses dados, pessoas teriam que ir diretamente até a máquina para fazer a coleta dessas informações, teria um gasto de tempo tão grande quanto se a supervisão do campo fosse feita somente por humanos. É nesse ponto que o conceito de Internet das Coisas é aplicado, garantindo a ligação dos dados entre máquina e usuário.

De forma bem simples Internet das Coisas estabelece o modo como as máquinas estão conectadas entre si (machine-to-machine), e com o usuário (machine-to-user). Assim a situação do parágrafo anterior é solucionada garantindo a conexão que farão os dados coletados serem transferidos para um desktop ou smartphone independente da distância.

“O setor será transformado pela Ciência dos Dados e Inteligência Artificial. Os agricultores terão as ferramentas para obter o máximo de cada metro quadrado”. (SHEPPARD, [entre 2018 e 2020])

## **6.1. Aplicações**

As grandes áreas da aplicação inteligente em lavouras são: Monitoramento de safra; Previsões meteorológicas e Automação do maquinário agrícola.

### **Monitoramento da safra:**

A forma mais recente e inovadora de se monitorar uma lavoura com eficiência e credibilidade é com a utilização de drones com câmeras de alta qualidade, assim basta o produtor percorrer por toda plantação pilotando o aparelho através de um controle remoto, e todas as imagens captadas pela lente serão analisadas em tempo real por uma IA ou armazenadas em um banco de dados para serem tratadas mais tarde e no final do processo o produtor possuía todas as informações necessárias para saber a qualidade de sua produção.

O Google está treinando sua Inteligência Artificial para reconhecer por meio de drones, mais de cinco mil tipos de plantas e animais, facilitando, assim, a identificação de doenças e outros problemas na lavoura. Os resultados são mais rápidos e confiáveis permitindo que os produtores tomem providências em menos tempo.

Outro meio usado para monitorar a lavoura é a utilização de sensores de imagens instalados no solo que oferecem um monitoramento constante, evitando surpresas que antes surgiam no momento da colheita, por exemplo, o controle de pragas e doenças. Diante da quantidade de insetos encontrados em uma determinada área, o produtor consegue definir se a praga atingiu o nível de controle ou definir estratégias de aplicação de defensivos agrícolas. A coleta de informações por imagem é importante já que ela orienta o produtor sobre qual insumo agrícola usar, em qual momento e em que quantidade para que ele consiga atingir o máximo de produtividade em sua fazenda.

Já estão sendo testados equipamentos capazes de prever a quantidade de água que cada irrigador utilizará na irrigação, reduzindo assim o consumo de água e energia

elétrica. Além disso, a quantidade de água adequada em uso pode contribuir para o aumento da produtividade.

### **Previsões meteorológicas:**

Utilizando sensores climáticos pode-se obter maior capacidade de precisão na identificação de fenômenos climáticos que influenciam a lavoura, tais como temperatura, precipitação, direção e velocidade do vento praticamente em tempo real, o que torna a análise de dados muito valiosa. Com isso, é possível saber exatamente em qual parte da lavoura é necessário reforçar a irrigação ou o uso de fertilizantes, um tipo de técnica que é comum na agricultura de precisão.

### **Automação do maquinário agrícola:**

Apesar de algumas tecnologias utilizadas em tratores inteligentes não serem novidades à ninguém (por exemplo piloto automático), ainda sim, são de extrema importância para o avanço agrícola. Só de pensar em um trator que dispensa um operador, já nos remete a um ganho de tempo em todas as etapas do cultivo, além de aumentar a precisão e regularidade dos resultados obtidos.

Seguindo a mesma linha de raciocínio dos sensores conectados a uma gigantesca base de dados, novos tratores então sendo desenvolvidos com o objetivo de encurtar ainda mais a chance de erros e prejuízos ao produtor. O projeto consiste em um maquinário inteligente que conseguirá por meio de seus sensores identificar e desviar obstáculos, diferenciar o que está pronto para a colheita e o que está podre, otimizando ainda mais o tempo gasto no cultivo. Também terá a capacidade de verificar a qualidade do solo e assim propor ao produtor uma solução utilizando Deep Learning.

## **7. Alice**

A Solinftec foi a empresa responsável por disponibilizar a primeira assistente virtual do agronegócio, denominada Alice, uma plataforma que integra e monitora todas as operações da fazenda em tempo real.

Estamos falando de uma assistente virtual com que o agricultor pode conversar e tirar dúvidas sobre o desempenho de qualquer processo no campo. A Alice utiliza como suporte o Watson, da IBM, sistema baseado em redes neurais e numa tecnologia de aprendizagem chamada *Deep Learning*.

A Alice está sendo treinada para analisar grandes massas de dados. Ela é capaz de detectar padrões que escapam ao olho humano. O objetivo é melhorar o rendimento, indicar quais seriam as melhores práticas, comparar, alertar e

ajudar a programar as atividades da forma mais eficiente possível. (PADRÃO, 2018)

Seus softwares e algoritmos processam dados colhidos no campo através de computadores de bordo incorporados nas máquinas, sensores instalados na lavoura, estações meteorológicas, pluviômetros e outros equipamentos que formam um ecossistema inteligente para automatizar e otimizar as operações mecanizadas, racionalizar o uso de insumos e, no final do dia, aumentar a produtividade. “Futuramente ela dirá mais do que isso, indicando o melhor caminho aos produtores, garantindo uma probabilidade de mais de 80% de chances para atingir uma produtividade acima da média de sua região” (IAFELICE, 2020).

Para garantir a qualidade da conectividade no campo, a empresa estruturou a Solinfnet, uma rede de comunicação máquina a máquina que funciona como um “Wi-Fi no campo”, possibilitando a transmissão de dados mesmo em regiões remotas e de terrenos com relevo irregular.

## **8. Conclusão**

A Agricultura Digital surge como uma solução sustentável de maximizar a produção e minimizar o uso de recursos, podendo desta forma evitar riscos futuros e apresentar propostas mais eficazes, já que, apenas com a inteligência humana tal procedimento demandaria maior gasto e tempo. Estudos revelam que em alguns anos a procura por alimento multiplicará por todo o planeta, logo sua oferta também terá que seguir o mesmo ritmo, é nesse ponto em que as tecnologias orientadas por inteligências artificiais serão proliferadas.

A utilização de técnicas como Deep Learning, Machine Learning e IOT, vem adquirindo papel fundamental no ramo da agricultura, permitindo reduzir o impacto nas lavouras através da identificação automatizada e preventiva contra pragas e doenças, encurtando o tempo de colheita, realizando coleta de informações sobre o solo, obtendo tomadas de decisões com intuito de evitarem danos e perdas da produção e de forma a diminuir impactos ambientais. O caminho para uma agricultura inteligente ainda está inacabado já que a cada dia que passa ela se renova, aperfeiçoando ainda mais suas tecnologias e aplicações, além de modernizar o mercado tecnológico agrícola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agricultura 4.0 O mundo digital revoluciona o campo. *Fonte Tecnologia da Informação na Gestão Pública*. Ano 15 – nº 20 – dezembro de 2018.

AGROSABER. AGRICULTURA DIGITAL É A MAIOR VACINA PARA A SAÚDE DO AGRO BRASILEIRO. Disponível em: <https://agrosaber.com.br/agricultura-digital-e-a-maior-vacina-para-a-saude-do-agro-brasileiro/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

ALVES, André; PINA, Luiz; GOMES, Werick; SOUZA, Alan; SANTOS, Daiane. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: Conceitos, Aplicações e Linguagens. *Revista Conexão Eletrônica* – Três Lagoas, MS - Volume 14 – Número 1 – Ano 2017.

ARAÚJO, Ricardo. Aprendizado de máquina em sistemas complexos multiagentes: estudo de caso em um ambiente sob racionalidade limitada. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5654/000473615.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 jul. 2020.

BARRETO, Jorge. Introdução às Redes Neurais Artificiais. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~j.barreto/tutoriais/Survey.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BISHOP, Christopher M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer Verlag, 17 de agosto de 2006.

BOLEN, Alison. Métodos e aplicações de aprendizado profundo. Disponível em: <https://blogs.sas.com/content/sascom/2016/04/19/deep-learning-methods-and-applications/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASILAGRO. Solinftec apresenta inteligência artificial da Alice na Agrishow 2018. Disponível em: <https://www.brasilagro.com.br/conteudo/solinftec-apresenta-inteligencia-artificial-da-alice-na-agrishow-2018.html>. Acesso em: 14 jul. 2020.

COSTA, Miguel. Uma abordagem sobre inteligência artificial e simulação, com uma aplicação na pecuária de corte nacional. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prod/v2n1/v2n1a04.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

FACELI, Katti; et al. *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. Rio de Janeiro, Grupo Gen - LTC, 2011.

FACHINI, Moisés; MESQUITA, Nathalia; OLIVEIRA, Rafael; FRANÇA, Patrícia. INTERNET DAS COISAS: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. *Conex. Ci. e Tecnol.* Fortaleza/CE, v.11, n. 6, p. 85-90, dez. 2017. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1007>. Acesso em: 15 jul. 2020.

FREITAS, André; SANTANA JR, Orivaldo. MACHINE LEARNING: DESAFIOS PARA UM BRASIL COMPETITIVO. *Computação Brasil*. ED. 01 | 2019.

- FREITAS, Marcos; FREITAS, Gabriel. *Inteligência Artificial e Machine Learning: Teoria e Aplicações*. 1 ed. Mar. 2020.
- GAMA, Ana Luiza. O USO DE MACHINE LEARNING NA IMPLEMENTAÇÃO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM USINAS TERMELÉTRICAS. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021732.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- GOMES, Dennis. Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. *Revista Olhar Científico*. V. 01. dez. 2010. Disponível em: [https://www.academia.edu/28005380/Intelig%C3%Aancia\\_Artificial\\_Conceitos\\_e\\_Aplic%C3%A7%C3%B5es](https://www.academia.edu/28005380/Intelig%C3%Aancia_Artificial_Conceitos_e_Aplic%C3%A7%C3%B5es). Acesso em: 15 jul. 2020.
- HAYKIN, Simon. *Redes Neurais: Princípios e Prática*. 2ª Edição. ARTMED® EDITORA S.A. 2001.
- INTEL. A IA acionada pela Intel ajuda a otimizar o rendimento das colheitas. Disponível em: <https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/big-data/article/agriculture-harvests-big-data.html>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- MACHADO, Vinicius. Inteligência Artificial. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/n0e58c8>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- MENOTTI, David. Uma introdução à Machine Learning. Disponível em: <http://www.inf.ufpr.br/menotti/ci171-182/slides/ci171-intro.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.
- MUELLER, John; MASSARON, Luca. *Aprendizado de Máquina Para Leigos*. Editora Alta Books; Edição: 1 (8 de outubro de 2019).
- PACHECO, César; PEREIRA, Natasha. Deep Learning Conceitos e Utilização nas Diversas Áreas do Conhecimento. *Revista Ada Lovelace* • ISSN: 2596 - 3058 • <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/lovelace> • v. 2 (2018) jan - dez • p. 34-49.
- PASSOS FILHO, J. A. A.; CARDOSO, D. R. Machine Learning para a acessibilização de análises em escala urbana. *V!RUS*, São Carlos, n. 19, 2019. [online]. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus19/?sec=4&item=3&lang=pt>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- RIBEIRO, Ronaldo. *Uma Introdução à Inteligência Computacional: fundamentos, ferramentas e aplicações*. 1ª Edição. Rio de Janeiro, Alexander Daltio Vialli, 2010.
- RODRIGUES, Valter. *Como Máquinas Aprendem: ... Fundamentos e Algoritmos de Machine Learning, Redes Neurais e Deep Learning*. Independently Published, 7 de out. de 2018.
- SANTOS, Bruno; et al. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- ZUBEN, Fernando. Inteligência Artificial – Definição, Objetivos, Bibliografia, Histórico. Disponível em: [ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ea072\\_2s07/topico0\\_07.pdf](ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/vonzuben/ea072_2s07/topico0_07.pdf). Acesso em: 15 jul. 2020.