

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

ANNA LUISA PACHECO

**AGRICULTURA 4.0: UM LEVANTAMENTO DAS TECNOLOGIAS PARA O FUTURO  
DA AGRICULTURA**

CHAPADÃO DO SUL - MS

NOVEMBRO - 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**AGRICULTURA 4.0: UM LEVANTAMENTO DAS TECNOLOGIAS PARA O FUTURO  
DA AGRICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Larissa Ribeiro Teodoro

CHAPADÃO DO SUL - MS

NOVEMBRO – 2021



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTORA: **ANNA LUISA ZANUTTO PACHECO DA SILVA.**

ORIENTADORA: **Profa. Dra. Larissa Pereira Ribeiro Teodoro.**

Aprovada pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHARELA EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da UFMS/CPCS.

**Profa. Dra. Larissa Pereira Ribeiro Teodoro**  
Presidente da Banca Examinadora e Orientadora

**Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro**  
Membro da Banca Examinadora

**Eng. Agr. Regimar Garcia dos Santos**  
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 19 de novembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Larissa Pereira Ribeiro, Professora do Magistério Superior**, em 19/11/2021, às 08:36, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Regimar Garcia dos Santos, Usuário Externo**, em 19/11/2021, às 08:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Teodoro, Professor do Magisterio Superior**, em 19/11/2021, às 08:54, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2917574** e o código CRC **D6644640**.

---

**COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO  
SUL**

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal

112Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

---

**Referência:** Processo nº 23455.000530/2021-48  
2917574

SEI nº

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por nunca me deixarem sozinha, por me sustentarem quando penso em desistir, por me permitirem ser quem sou e me abrir os olhos para esse mundo, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Minha gratidão a Deus por sua abundante graça que tem me acompanhado por todos os meus dias. Por me guiar, sustentar e abençoar. Sem Ele nada posso fazer. Até aqui me ajudou o Senhor!

Aos meus pais, por tamanha dedicação e cuidado, não só durante esses anos de graduação, mas sempre. Por me mostrarem o caminho segurando a minha mão. Pelas lágrimas que eles enxugaram e pelos sorrisos e sonhos compartilhados. Nada seria possível sem o amor infinito que recebo do papai e da mamãe. Amo vocês mais que tudo nessa vida!

Ao meu esposo, obrigada por me impulsionar a crescer, por me permitir voar, por me apoiar nos sonhos mais mirabolantes e me trazer para o chão quando necessário. Obrigada pelo companheirismo, por acreditar em mim quando eu mesma não acredito. Obrigada por aceitar esse desafio da graduação e do casamento comigo. Te amo mais que ontem e menos que amanhã!

A todos os colegas, de todos os estados desse Brasil, vocês me fizeram uma pessoa melhor, me fizeram enxergar o mundo por um novo olhar, me fizeram humilde. Em especial à Luiza Naves Silva Roriz, sem você eu não teria chegado aqui! Com você criei as minhas melhores lembranças da faculdade. Os cálculos de topografia que não acabavam, as noites em que chegávamos a sonhar com pragas de tanto estudar e os planos malsucedidos de querer colar em analítica. Além da sala de aula, vivemos momentos incríveis do lado de fora. Você me ensinou o que é a amizade verdadeira. Me faltam palavras para te agradecer. Te amo!

A todo o time da Syngenta Digital, minha eterna gratidão! Marketing de projetos, vocês estarão sempre em meu coração! Como já falei para vocês, o que consegui aqui dentro, ninguém me tira: o conhecimento! Beatriz Esteves, Thaís Almeida, Isabella Lima e Patrícia Sales, mil vezes obrigada!

À minha orientadora professora Larissa Ribeiro, muito obrigada por topar esse desafio comigo, pela paciência e por acreditar nesse trabalho. O agro também tem *girl power*!

À UFMS e todos os professores, auxiliares de laboratórios, tia da cantina, funcionárias da limpeza, da biblioteca, informática, levo vocês comigo no coração. Obrigada por tanto! Vocês abriram o caminho, espero conseguir honrá-los durante essa jornada.

## EPÍGRAFE

Uma coisa que notei a respeito dos românticos: eles tentam criar um mundo novo e melhor longe da monotonia do cotidiano.

(Howard Schultz)

## **AGRICULTURA 4.0: UM LEVANTAMENTO DAS TECNOLOGIAS PARA O FUTURO DA AGRICULTURA**

### **Resumo**

Ao longo dos últimos anos a agricultura tem sofrido transformações em decorrência das mudanças sociais, econômicas e ambientais em todo o mundo. Como consequência dessas alterações, foi preciso que o setor agrícola evoluísse para suprir a necessidade da produção de alimentos e contribuir para a cadeia industrial. Essa evolução só foi possível graças à tecnologia, que hoje empregada à agricultura, recebe o nome de agricultura 4.0; responsável por oferecer ao produtor informações detalhadas e em tempo real para que ele tome decisões assertivas a fim de aumentar a produtividade, girar a economia e promover sustentabilidade. Com o objetivo de avaliar o avanço da tecnologia dentro de campo e os rumos que a agricultura 4.0 tem tomado, este trabalho foi realizado a partir da revisão de artigos publicados, livros e revistas. A chegada da tecnologia a áreas cada vez mais distantes dos grandes centros, e a possibilidade de decisões mais assertivas pelos produtores através da digitalização dos processos da propriedade rural foram algumas das conclusões desta revisão de literatura.

Palavras-chave: tecnologia na agricultura, decisão agrícola, agricultura de precisão.

## **AGRICULTURE 4.0: A REVIEW OF TECHNOLOGIES FOR THE AGRICULTURE'S FUTURE**

### **Abstract**

Over the past few years, agriculture has gone through transformations as a result of social, economic and ecological changes. Agriculture sector had to evolve to serve the necessity of food production and contribute to industry chain. This development was only possible due to technology, that when used in agriculture, receives the name of agriculture 4.0, which is responsible for providing detailed and real-time information to the farmer in order to make better decisions, increase productivity, turn economy strong and promote sustainability. In order to evaluate the advancement of technology and the directions agriculture 4.0 has gone through, this issue has been done from a literature review, where it was possible to conclude that technology has arrived in farms that are way too far from large centers, and also the possibility of giving farmers informations that will help them to make assertive decisions through the digitalization of farm processes.

Key – words: technology in agriculture, agricultural decision, precision agriculture.

**Sumário**

Resumo .....	vi
Abstract .....	vii
Introdução .....	9
Metodologia de pesquisa .....	10
Sensoriamento remoto .....	11
Internet das coisas .....	17
Big Data .....	19
Machine Learning .....	21
Agricultura de precisão .....	22
Tecnologia e sustentabilidade .....	25
Desafios e tendências da agricultura 4.0 .....	27
Considerações finais .....	28
Referências Bibliográficas .....	29

## 1. Introdução

Ao longo dos últimos anos o setor da agricultura tem sofrido mudanças em todas as suas áreas de atuação: do pré-plantio até a pós-colheita. Com o avanço da ciência, da tecnologia e das novas descobertas, tem-se visto a transformação digital não só nas operações agrícolas como também na gestão administrativa das propriedades rurais. O uso da mecanização agrícola aumentou nos últimos anos com a chegada das inovações tecnológicas, integrando processos funcionais em máquinas ou sistemas de produção, fazendo dessa forma com que o agricultor possa gerenciar áreas de produção em escala (Mantovani et al., 2020).

A busca por uma produção de alimentos em larga escala que atenda toda a população mundial, que deve atingir 9 bilhões de pessoas até 2050 (ONU, 2019), em áreas menores e com melhor usabilidade de químicos, faz com que o produtor considere novas práticas de manejo e gerenciamento operacional com o uso da tecnologia. O desafio é aumentar a produção de alimentos por meio de práticas de gestão agrícola que sejam sustentáveis, deixando assim impacto mínimo no ambiente (Foley et al., 2011). O aumento da demanda populacional por alimentos, as mudanças no comportamento de dietas, os impactos da variabilidade climática e o aumento do preço de energia, forçam os produtores a buscar novos avanços tecnológicos para se manterem competitivos no mercado (Olesen, 2016).

Com necessidade e o interesse do cultivador em manter e até mesmo aumentar sua rentabilidade, em 2011 surgiu a agricultura 4.0 (Ribeiro et al., 2018). Com a ideia de beneficiar o produtor através de tecnologias que ofertem em tempo real o que está acontecendo na lavoura, a agricultura 4.0 proporciona aos decisores uma maior gama de informações para gerenciamento da fazenda. Esta agricultura se refere ao uso de tecnologias de ponta na agricultura visando estimular processos na cadeia de valor agregado da produção agrícola e na sustentabilidade ambiental. Incluem-se aí sistemas de rastreamento da sustentabilidade da produção agrícola e industrial e seus impactos na segurança alimentar e nutricional nas diferentes regiões do Brasil (Simões et al., 2017).

Para Ribeiro et al. (2018), a agricultura 4.0, cujo termo derivou-se da indústria 4.0, se refere ao uso de tecnologias para produção de alimento, que possibilitam a utilização máxima de recursos naturais, como por exemplo o emprego de menos água na irrigação ou de insumos na adubação do solo. Como descreve Lisbinski et al. (2020), a agricultura 4.0 pode ser abordada como um fenômeno que surge da aplicação de tecnologias como big data, a internet das coisas, a robótica, os sensores, a impressão 3D, a integração de sistemas, a conectividade ubíqua, a

inteligência artificial, o aprendizado de máquina, entre outras tecnologias, aplicados à agricultura e nas cadeias de abastecimento de alimentos, fibras e bioenergia.

A Agricultura 4.0 surge graças ao emprego de tecnologias atuais como Internet das coisas, Big Data, Inteligência Artificial, Computação em Nuvem, Sensoriamento Remoto etc. As aplicações dessas tecnologias podem melhorar significativamente a eficiência das atividades agrícolas (Zhai et al., 2020). Estima-se que até 2022 a agricultura 5.0 já será utilizada com muitas outras tecnologias (Esperidião et al., 2019). Chondrogiannis et al. (2021) afirmam que a agricultura 4.0 é datada pela digitalização a partir do desenvolvimento e da introdução de novas ferramentas que auxiliam a produção, como a Internet das coisas, a robótica, a automação, os veículos aéreos não tripulados e a inteligência artificial. Na era da agricultura 4.0, são coletados dados de todos os talhões. Quando esses são processados, proporcionam uma visão clara para os agricultores (Zhai et al., 2020).

O presente da agricultura é a tecnologia empregada nas operações e administração rural. A forma como essa é utilizada pelos produtores e pode contribuir para uma mais confiável tomada de decisão, está descrita neste trabalho. Com o avanço da ciência, a tecnologia tem chegado cada dia mais ao meio rural, promovendo um maior controle do produtor sobre sua lavoura. Para Lisbinski et al. (2020), a Agricultura 4.0 utiliza métodos computacionais de alto desempenho, rede de sensores, comunicação máquina para máquina, conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas que processam grandes volumes de dados e constroem sistemas de suporte à tomada de decisões. Os autores ainda concluíram na sua pesquisa que as vantagens da agricultura 4.0 são qualitativas e quantitativas, e que com o uso das tecnologias, as fazendas podem alcançar uma economia de cerca de 30% nos insumos produtivos, com um aumento na produção de aproximadamente 20%. Além dos benefícios que a tecnologia e o digital trazem ao produtor, os desafios também se fazem presentes. A falta de mão de obra e a aceitação dos produtores à tecnologia são temas expostos no último capítulo deste trabalho. A presente revisão de literatura tem como principal objetivo trazer informações sobre as tecnologias que cercam o meio rural e não só facilitam a vida do produtor, como toda a cadeia dependente do agronegócio.

## **2. Metodologia de Pesquisa**

Para desenvolver a presente revisão de literatura foram utilizados sites, livros e artigos publicados em revistas, no período de 10 de Agosto de 2021 a 25 de Outubro de 2021. As plataformas de busca utilizadas foram google acadêmico, Science Direct, Embrapa e MAPA.

As seguintes palavras-chaves foram empregadas nas buscas: agricultura de precisão, agricultura 4.0, tecnologia na agricultura e digitalização da lavoura.

### **3. Sensoriamento Remoto**

Os sistemas de sensoriamento remoto (SR) são conjuntos compostos de plataformas, sensores e radares que captam a radiação eletromagnética emitida e/ou refletida pelos objetos da superfície terrestre. As primeiras medições por SR foram realizadas através de câmeras acopladas em aeronaves, balões, pipas, foguetes e até pássaros. Atualmente, imagens de sensores remotos podem ser obtidas a partir de diversas plataformas, como satélites, aeronaves, veículos aéreos não tripulados (VANTs), máquinas agrícolas autopropelidas, entre outros (Bernardi et al., 2014). O uso do sensoriamento remoto na agricultura aumenta a eficiência das operações agrícolas, melhora a rentabilidade e reduz impactos ambientais (Silva et al, 2014)

De acordo com o departamento de defesa dos Estados Unidos, VANTs são definidos como veículos aéreos motorizados que não tem um operador humano a bordo, usam forças aerodinâmicas para proporcionar levantamento ao veículo, podem voar autonomamente ou ser pilotados remotamente, podem ser descartáveis ou recuperáveis e podem portar carga letal ou não letal (Morris, 2018). Os VANTs são utilizados desde os meados dos anos 80, e evoluem de acordo com o avanço da tecnologia, sendo possível desenvolver veículos mais refinados e capazes de acomodarem inúmeros sensores que atuam em diversas finalidades, tais como: captura de imagens, condições de variáveis climáticas e de navegação (Dutra e Guimarães, 2015).

Existem variações no tipo de plataforma VANT, os veículos podem ser em forma de pipas, dirigíveis, aviões (veículos de asas fixas) e helicópteros (veículos de asas rotativas, podendo ser convencional ou multirotor). Os aviões atingem maior velocidade e possuem maior autonomia de vôo (Longhitano, 2010), já os multirotores possuem possibilidade de programação de vôo estacionário, comando de retorno autônomo para a base operacional, baixo peso da plataforma e alto potencial de carregamento (Jorge e Inamasu, 2014).



**Figura 1** – À esquerda componentes do VANT de asas fixas, no canto superior direito componentes do VANT de asas rotativas. Fonte: Andrade (2013).

Em grande parte das aplicações feitas, os VANTs são plataformas que acoplam sensores remotos para obtenção de imagens e dados da superfície terrestre. Inicialmente, os sensores eram câmeras fotográficas de filmes comuns, de pequeno formato e monocromáticas, que mais tarde se tornaram coloridas. Com o avanço da tecnologia, o uso de filmadoras portáteis e câmeras fotográficas digitais também foi empregado, e ainda mais recente, tem-se desenvolvido sensores digitais, com geração de imagens nas faixas do espectro eletromagnético correspondente ao visível e infravermelho. Atualmente, há VANTs que embarcam sensores hyperspectrais, lasers e SARs – *Synthetic Aperture Radar* (Longhitano, 2010).

**Tabela 1** – Tipos de sensores e suas aplicações práticas.

<b>SENSORES</b>	<b>APLICAÇÕES</b>
Câmeras RGB	Câmeras do espectro visível, podendo ser vista a olho nu. Utilizadas para visualização da topografia do terreno e falhas no plantio.
Câmeras multiespectrais	Câmeras com múltiplos sensores capazes de absorver a radiação emitida pelas plantas. Utilizadas para compreender a saúde e desenvolvimento das plantas por meio de índices de vegetação, como o NDVI, que é possível graças a leitura mais precisa realizada pela câmera.
Câmeras térmicas	Aplicadas em monitoramento de estresse hídrico e orientação de adubação e irrigação.
Sensores ativos	Não exigem luz solar para seu funcionamento, podendo ser usadas a noite também.

As tecnologias de satélite que, ao longo dos anos, impactaram o desenvolvimento e a produção agrícola sustentável na forma de melhores safras são o sensoriamento remoto por satélite e o GPS. Através de GPS, os instrumentos, sejam eles drones ou satélites, sobrevoam a área desejada e com a ajuda de sensores, realizam a fotogrametria. O sensor utilizado mais específico para essa finalidade é a câmera NIR, que em inglês significa Near Infrared (infravermelho próximo) – cor invisível aos humanos, que enxergam imagens RGB (red, green, blue), cores primárias que formam as demais do espectro visível (Fig. 2).

**Figura 2** - À esquerda, imagem RGB e à direita, NIR. Fonte: RGB-NIR Data (2015).

No aspecto escalabilidade, os satélites possuem grande vantagem, uma vez que cada uma de suas imagens cobre uma vasta área de cerca de 10.000 hectares no caso da constelação

RapidEye, o que aumenta drasticamente o custo-benefício dessas imagens conforme aumenta a escala da área que se deseja imagear (Ocaña, 2019). A análise visual de dados de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens de satélite) pode utilizar alguns elementos que facilitam a caracterização dos alvos existentes na superfície terrestre. Estes elementos são: padrão, tonalidade e cor, forma e tamanho, textura e sombra (Steffen, 2011).

Existem 4 resoluções sensoriais: espacial, radiométrica, espectral e temporal. Para a agricultura, chamamos atenção da espectral, na qual água, solos e vegetações podem ser discriminados espectralmente com facilidade, mesmo usando intervalos amplos de comprimentos de ondas, também denominadas canais espectrais; e também da resolução temporal, uma vez que durante um ciclo de mais ou menos 3 meses de cultivo, como a soja por exemplo, os satélites com repetitividade da ordem de 16 dias, como os da Landsat, entregam de seis a sete imagens, alcançadas em níveis de estágio diferentes da cultura (Formaggio e Sanches, 2017).

A energia eletromagnética refletida pelos pontos terrestres apresenta diferenças de intensidade e comprimento de onda que estão relacionadas a densidade da cobertura vegetal. Dados da refletância têm sido associados às características das plantas como o índice da área foliar, a biomassa ou a fração radiativa interceptada fotossinteticamente (Bernardi et al., 2014).

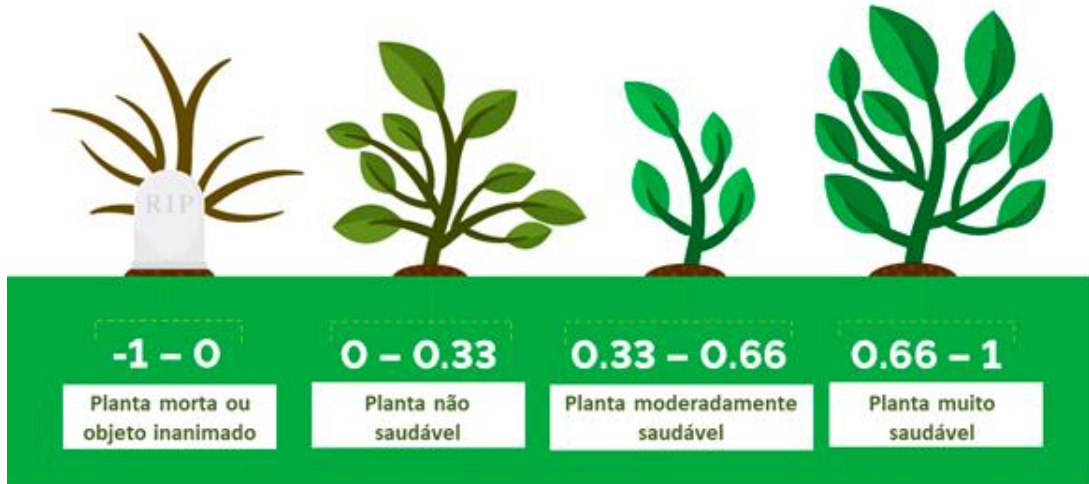
Através das diferentes bandas espectrais e modelos matemáticos, podemos combinar as refletâncias de cada faixa do espectro magnético e gerar informações relevantes a produtores para a condução das atividades agrícolas. São esses modelos matemáticos que chamamos de índices de vegetação, utilizados para caracterizar parâmetros biofísicos. Os índices de vegetação são medidas radiométricas adimensionais que, em geral, realçam o comportamento espectral da vegetação e se relacionam com a abundância relativa e parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde e teor de clorofila (Jiang et al, 2008).

O índice de vegetação existente mais conhecido e utilizado na agricultura é o NDVI, sigla em inglês para Normalized Difference Vegetation Index. O NDVI exhibe a saúde das plantas a partir de como elas refletem a luz (na maioria das vezes, solar) em frequências específicas. Este IV atua com sensores infravermelhos próximo (NIR), analisando a resposta espectral das plantas nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo (AEGRO, 2020).

O NDVI é definido pela seguinte equação:

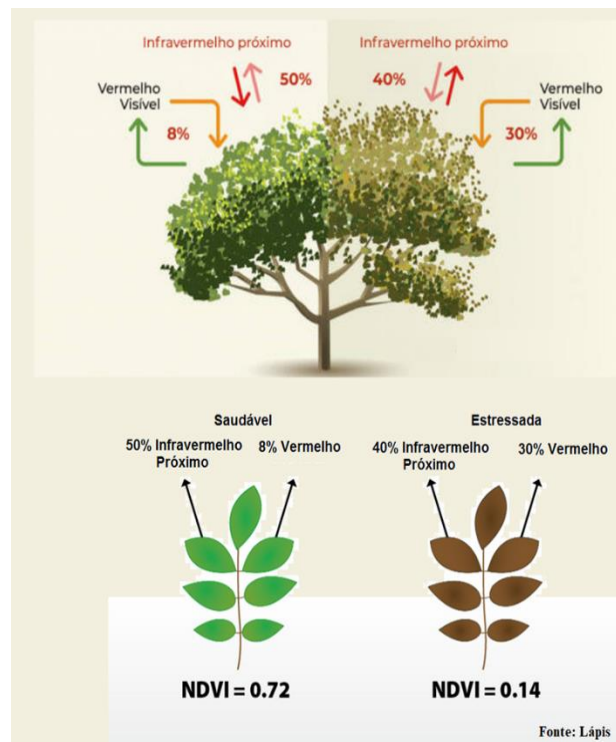
$$\text{NDVI} = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

Nela, IVP é a banda infravermelha e V a banda vermelha, tendo que seus valores variam de -1 a 1. Os valores próximos a 1 indicam uma planta saudável e que realiza fotossíntese, já valores negativos, apresentam uma vegetação inativa (Fig. 3).



**Figura 3** - Situação de plantas para diferentes valores de NDVI. Fonte: Revista Canavieiros (2021).

Se for feita a divisão  $IVP/V$  será obtido o realce da vegetação no qual o brilho é proporcional à saúde da vegetação. Segundo o Instituto de Computação da UNICAMP, a fotossíntese absorve entre 80-90% da luz visível e uma vegetação sadia reflete ente 40-50% do infravermelho, portanto, ao aplicar a equação **NDVI**, é possível mensurar o brilho referente à coloração verde e a umidade do solo. Estes dados, se bem interpretados, podem gerar indicadores sobre o estado da saúde de determinado plantio (Neto, 2014) (Fig. 4).



**Figura 4** – Relação do NDVI com a saúde das plantas. Fonte: Letras Ambientais (2021).

### 3.1. Exemplo prático do uso de sensoriamento remoto na agricultura

Em trabalho realizado por Brandão et al. (2011) para estimar a produtividade do algodoeiro através de imagens de satélite, concluiu-se que o NDVI, utilizado para avaliação do vigor das culturas, mostrou-se adequado para estimativa dos teores foliares do algodoeiro em florescimento. Foi observado ainda, que o NDVI possui uma alta correlação com o índice de área foliar (IAF) em todos os estádios fenológicos do algodoeiro. O IAF é um índice comumente utilizado na avaliação do crescimento das plantas, pois o aumento na área foliar oferece elevação na capacidade fotossintética das plantas. A produtividade pode ser estimada através do IAF obtido por imagens de satélite no período de florescimento pleno do algodoeiro, onde foi observado que a produtividade estimada cresceu linearmente em resposta a elevação do IAF.

Em um caso compartilhado pela Syngenta Digital, uma fazenda em Confresa no Mato Grosso, realizou um teste de comparação de cultivares para saber qual a maior produtividade. Entretanto, no decorrer do crescimento da cultura, foi realizada uma aplicação equivocada de herbicida no lugar de inseticida, o que fez com que a área em teste precisasse ser descartada. A comparação dos cultivares até depois da colheita não foi possível de ser realizada. Mas, com imagens de satélite em análises NDVI, foi possível avaliar o desempenho das sementes ao longo

do processo. Para isso, foram geradas imagens da área de antes da aplicação para uma avaliação do vigor das plantas (Syngenta Digital, 2021).

Em 2018, houve o lançamento do SmartFirmer, um dispositivo para semeadoras de grãos, que permite a tomada de decisão em tempo real, modificando e ajustando a profundidade e densidade da semeadura a partir de dados do solo e da presença de resíduos de palhada para aperfeiçoar o plantio e o estabelecimento da lavoura. Este feito só pode ser realizado através de sensores instalados na linha de semeio, que medem os níveis de matéria orgânica, o teor de umidade do solo e a localização do resíduo no sulco de plantio (Embrapa, 2020 apud Mantovani et al., 2020).

#### **4. Internet das Coisas**

IoT é a sigla que se refere a Internet das coisas, do inglês “Internet of Things”. Este é um termo usado para se referir a objetos comuns que ganham inteligência com a tecnologia e conseguem se conectar à internet. Com a evolução, esses mesmos objetos passam a ser provedores de ciência e sua utilidade é alterada. Como exemplo podemos citar celulares, televisões, relógios, carros, segurança de casas, aparelhos domésticos, maquinários agrícolas e uma longa lista que cresce ano após ano. É com essa inovação que surgiu o termo “smart” (inteligente) que acompanha os objetos citados. Utilizando as novas funções desses materiais, é possível facilitar a troca de informações, comunicação e acesso a dados dos dispositivos.

O conceito IoT é atribuído à possibilidade de conexão de qualquer coisa à internet. As coisas, ou objetos conectados, podem ou não possuir interações entre si, compartilhando informações, gerando e armazenando dados, tudo de uma forma rápida e segura. A IoT atualmente gera uma grande massa de dados pois existem bilhões de dispositivos conectados à rede, em crescimento vertiginoso (Paula e Duque, 2020).

A IoT coleta e armazena padrões mapeados, via crowdsourcing, sensores e bases múltiplas, transformando-os em dados úteis à tomada de decisão adaptadas para diferentes locais. O que dificulta o crescimento da IoT é a divergência dos instrumentos em memória, velocidade, qualidade e implementação. Para que a rede computacional funcione nesses objetos, há 05 blocos básicos: Identificação, sensores, computação, semântica, serviços e comunicação.

De acordo com McKinsey Global Institute (2016), após avaliarem mais de 150 casos de uso da IoT para diferentes serviços, estima-se que a Internet das coisas terá um impacto econômico potencial total de US\$ 3,9 trilhões a US\$ 11,1 trilhões, por ano, em 2025.

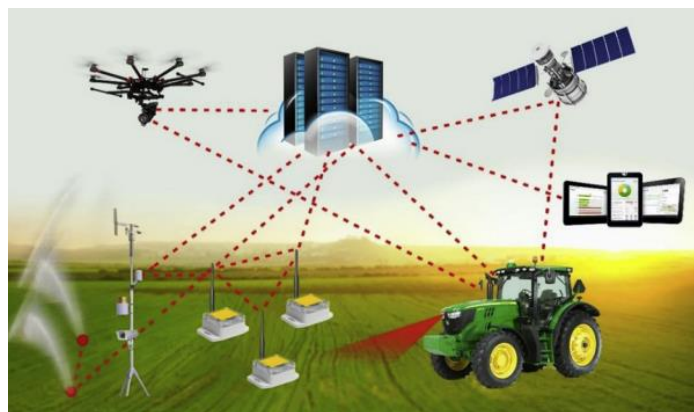
#### 4.1 IoT na agricultura

Na agricultura, a IoT se faz presente trazendo automação à indústria. No agronegócio, empresas de maquinários, sementes, armazéns e drones investem em inovação ampliando o setor da tecnologia.

O projeto realizado pelo pesquisador da Embrapa Marcos Cezar Visoli e pelo professor da UFABC, Carlos Kamienski, se baseia na IoT para criação de uma plataforma de irrigação de precisão. O Smart Water Management Platform – Plataforma de Gerenciamento Inteligente de Água (Swamp2) é uma colaboração entre instituições e empresas do Brasil e da Europa que visa desenvolver métodos e abordagens baseados em IoT para a irrigação de precisão na agricultura. Com 4 pilotos em áreas diferentes, o objetivo é gerar mapas de prescrição de irrigação individualizado para cada talhão. Com o uso da IoT é possível utilizar a água de maneira mais consciente. Neste projeto, os serviços de IoT são utilizados através de tecnologias que fazem o sensoriamento do solo e armazenamento de dados.



**Figura 5** – Exemplo do uso de internet das coisas em monitoramento de clima com base em serviços de análise de nuvem. Fonte: Tzounis et al (2017).



**Figura 6** – Drones, veículos autônomos, robôs e máquinas agrícolas com suporte da infraestrutura em nuvem proporcionado pela internet das coisas. Fonte: Tzounis et al (2017).

## 5. Big Data

Traduzido do inglês como grandes dados ou megadados, Big Data tem como finalidade levantar informações a partir de uma grande quantidade de dados. Em seu livro *Big Data in Practice*, Bernard Marr (2016) relaciona a Big Data ao fato de que agora podemos coletar e analisar dados de maneiras que eram simplesmente impossíveis até alguns anos atrás. Há duas coisas que estão alimentando esse movimento de Big Data: o fato de termos mais dados sobre qualquer coisa e a nossa capacidade aprimorada de armazenar e analisar quaisquer dados.

O termo Big Data está relacionado a capacidade de obter informações de diferentes fontes e compreender novas linhas de raciocínio e integração de sistemas. Também ultrapassa os métodos tradicionais de análise de informação, podendo ser aplicado a diversas áreas do conhecimento, incluindo a agricultura (Sagiroglu e Sinanc, 2013).

Para Alves e Cruvinel (2016), Big Data permite lidar com um grande conjunto de dados para que seja viável a criação de ambientes onde decisores tenham mais facilidades em definir seus propósitos, como na agricultura, por exemplo. Paula e Duque (2020) reconhecem o objetivo da Big Data como o de elevar os processos de trabalho dos seus usuários, por permitir interpretações rápidas e valiosas sobre as tendências de mercado, comportamento de consumo e oportunidades potenciais, dessa forma, o Big Data começa a ser analisado por cada vez mais empresas que buscam uma melhor posição no mercado.

O Big Data é organizado em 5 pilares, conhecido como os 5V's:

- Volume: a quantidade de dados é muito grande, e são obtidas através de inúmeras fontes diferentes.

- Velocidade: com tantos dados disponíveis na mesa para serem analisados, a velocidade precisa acompanhar a demanda para gerar informações em tempo preciso, caso ao contrário, os dados perderiam a validade. Graças ao Big Data, isso é feito em fração de segundos.

- Variedade: os tipos e fontes de dados variam. Os dados podem ser obtidos através de operações, imagens, vídeos, áudios, publicações, entre outros.

- Veracidade: os dados trabalhados devem ser de alta credibilidade, colocando assim os dados desatualizados como inverídicos, uma vez que podem não mais fazer parte da realidade da empresa e levar à uma análise equivocada.

- Valor: chega a hora de colocar inteligência em cima das informações retiradas de tantos dados coletados. Cabe ao analista saber o que levar a empresa com o que foi extraído e mostrar o valor dessas informações para que mudanças e ações sejam realizadas dentro da companhia.

As informações em tempo real podem ajudar na otimização da análise de desempenho para mostrar como os agricultores estão utilizando seus dados e quais adaptações são necessárias para levar em conta eventos climáticos emergentes, ou surtos de doenças/pestes. Para obter *insights* altamente valiosos, são necessários algoritmos avançados que mantêm o desempenho dos produtos, independentemente das mudanças de condições (Guerra, 2020).

Em um trabalho conduzido por Wolfert et al. (2017), em que aplicaram Big Data à agricultura inteligente, puderam observar que o Big Data é utilizado para oferecer aos agricultores visões preditivas das operações agrícolas e decisões em tempo real. Uma grande vantagem que a Big Data proporciona, citada no artigo de Bruno Guerra (2020), é a capacidade de gerar insights que informem ao produtor quando e o quanto irrigar uma lavoura, a saúde das plantas, previsões do tempo, infestação de pragas e daninhas e até mesmo condições de seca, diminuindo a necessidade de mão de obra física, cada vez mais escassa no mercado de análise de dados.

Com o aumento da população mundial em um ritmo extremamente acelerado, é necessário intensificar a produção de alimentos para acompanhar essa demanda. Bernard Marr (2016) conta como a empresa de maquinários John Deere utiliza Big Data em seus serviços, permitindo que os agricultores se beneficiem em tempo real do monitoramento de dados coletados de seus milhares de usuários.

Um exemplo, na prática, é o uso de combustível de diferentes colheitadeiras que pode ser monitorado e correlacionado com seus níveis de produtividade. A partir dos dados de milhares de fazendeiros, com culturas diferentes, em condições ambientais também diferentes, é possível ajustar as operações para níveis ideais de produção. O sistema também ajuda a minimizar o tempo de inatividade ao prever, com base em dados, quando e onde o equipamento pode falhar. Esses dados podem ser compartilhados com engenheiros que estarão prontos para fornecer novas peças e máquinas de serviço como e quando necessário - reduzindo o desperdício causado por máquinas caras paradas (Marr, 2016).

A engenheira ambiental Thais Prado Dompieri escolheu alguns momentos durante a safra em que os dados dão suporte à tomada de decisões: antes de iniciar o plantio, o produtor pode utilizá-los para selecionar as cultivares que tiveram melhor desempenho nas últimas safras; durante o plantio, é possível identificar falhas operacionais e armazenar dados da cultura; nas aplicações é importante documentar testes de novos insumos agrícolas, bem como quantas aplicações foram feitas e em qual época; na colheita é quando é quantificado a performance do híbrido e mais uma vez, documentado os dados da operação.

## 6. Machine Learning

Traduzido do inglês, Machine Learning significa aprendizado da máquina. David Matos (2021) classifica Machine learning como um método computacional associado a inteligência artificial que, por meio de múltiplas experiências passadas, consegue alterar sua conduta de forma autônoma, com o mínimo de interferência humana durante todo o processo.

Liakos et al. (2018) exploraram as técnicas do Machine Learning na agricultura e concluíram que a inteligência artificial em tempo real, possibilita que os programas de computador gerem recomendações e percepções aos agricultores, para que os mesmos tomem melhores decisões.

No livro Machine Learning and Big Data, Dulhare, Ahmad e Bin Ahmad (2020), detalham Machine Learning como um método de programação que tem por finalidade aperfeiçoar o desempenho de um programa, usando dados e experiências anteriores, promovendo mudanças na estrutura do mesmo. Pode-se dizer que o machine learning está buscando uma forma de criar um desempenho automático a partir de dados já coletados.

Os algoritmos utilizados pelo Machine Learning, dentro do agronegócio, dão suporte para a análise do Big Data. Esses algoritmos, operam sobre grandes bancos de dados, que contém décadas de informações sobre produtividade, clima, características do solo, entre outras. Tais análises colaboram para que o produtor seja mais consciente de suas escolhas na área rural (Campos, 2021).

Machine Learning é parte integrante da agricultura de precisão, onde os defensivos agrícolas são direcionados em termos de tempo de lugar (Liakos et al., 2018). A utilização de sensores, câmeras, GPS e algoritmos inteligentes como os do Machine Learning, permite mudar a rota de máquinas agrícolas remotamente e por meio de notificações sobre o clima em tempo real. Outro exemplo é a utilização de sensores e de modelos matemáticos para avaliação da escassez hídrica, perdas da biodiversidade, resistência dos ecossistemas e alterações nos serviços ecossistemas (Simões et al., 2017).

Em um artigo publicado por Sharma et al. (2020), sobre como o Machine Learning (ML) pode ser aplicado na agricultura sustentável, conclui-se que na fase pré-produção, o ML é aplicado para a previsão do rendimento da cultura, informações sobre a propriedade do solo e requisitos para correta irrigação. Já na fase de produção, o ML é usado para previsão do tempo, detecção de daninhas e doenças, nutrição do solo e gestão pecuária. Na etapa de processamento, o uso do ML é para estimar a demanda e planejamento da produção. No estágio de distribuição, destaca-se o ML para gerenciamento e análise do consumidor.

Ramos et al. (2017) realizaram um trabalho em que a contagem de café é feita de forma automática. Eles relataram alguns exemplos de aplicações do Machine Learning para auxiliar durante o processo: encontrar um método para contagem automática dos frutos de café que seja eficiente, de baixo custo e não destrutivo. A prática seleciona os grãos em: prontos para serem colhidos, fora do ponto de colheita, e os que ainda não chegaram no estágio de maturação. Além disso, o método também estima o peso e a porcentagem de maturação dos frutos de café. O objetivo do trabalho foi fornecer informações aos cafeicultores para melhor desempenho econômico e planejamento do trabalho agrícola.

Os algoritmos do Machine Learning em conjunto com sensores podem proporcionar uma precisa identificação de plantas daninhas com baixo custo e sem danos ambientais. O Machine Learning pode permitir o desenvolvimento de ferramentas e robôs para destruir daninhas, o que minimiza a necessidade de herbicidas (Liakos et al., 2018). No estudo realizado por, foi apresentado um método baseado em um contador de propagação (CP ANN) e imagens multiespectrais capturados por sensores de aeronaves para identificação de *Silybum marianum*, uma erva daninha de difícil eliminação e que prejudica o rendimento da colheita (Pantazi et al., 2017).

## **7. Agricultura de Precisão**

A agricultura de precisão (AP) permite ao produtor conhecer a fundo sua região e maximizar sua produtividade a partir de atividades na área agrícola com o uso da tecnologia. Tendo consciência de que dentro de uma mesma propriedade podem existir diferentes tipos de solos e desigualdade nos fatores climáticos, a AP auxilia o produtor em tomar decisões mais assertivas nos cuidados da fazenda, como a aplicação de insumos na quantidade correta e local adequado. A agricultura de precisão oferece ao usuário dados e informações que resultam em um manejo personalizado para cada área, se diferenciando, portanto, da agricultura tradicional (Inamasu et al, 2014).

Os primeiros relatos do uso da agricultura de precisão no Brasil foram em meados da década de 90, com a importação de colhedoras que possuíam monitor de produtividade de grãos (Molin et al., 2015). Barbosa et al. (2020) colocam a agricultura de precisão como uma forma estratégica de gestão para enfrentar o desafio de aumentar a produção de alimentos de forma segura para o meio ambiente e que seja viável financeiramente.

A base da agricultura de precisão são as tecnologias digitais que ajudam a lidar com dois grandes desafios da agricultura moderna: a necessidade do aumento de produção e cumprir os níveis de qualidade e mínimo impacto ambiental (Trivelli et al., 2019). Para Mantovani et

al. (2020), a agricultura de precisão possibilita a coleta de dados, permitindo o mapeamento georreferenciado de variáveis do solo, da produtividade de grãos e outros fatores de produção.

De acordo com Adekunle (2013), a agricultura de precisão se aplica na maioria das operações agrícolas e é baseada na tecnologia de informação, o que permite com que o produtor tenha mais dados, que sejam confiáveis, para tomada de decisão. Alves e Cruvinel (2016) descrevem a importância da agricultura de precisão devido ao fato de o seu uso permitir a aplicação racional de insumos em taxas variáveis, uma melhor compreensão da variabilidade espacial e de tempo nos parâmetros do solo e da planta.

Para Guerra (2020), o principal objetivo da agricultura de precisão é garantir rentabilidade, eficiência e sustentabilidade usando os dados coletados para orientar a tomada de decisão imediata e futura. Isso pode abranger tudo - desde quando é melhor aplicar fertilizantes, produtos químicos e sementes. Canzian et al. (1999) trazem como vantagem da AP, o registro e medida da variabilidade do campo, que podem ser usadas para otimizar as aplicações em cada ponto, sendo este o novo conceito de agricultura de precisão.

Segundo Mantovani et al. (2020), a agricultura de precisão engloba o uso de tecnologias atuais para o manejo de solo, insumos e culturas, de modo adequado às variações espaciais e temporais em fatores que afetam a produtividade das mesmas. Para Cisternas et al. (2020), a agricultura de precisão consiste em reconhecer, localizar, quantificar e registrar a variabilidade especial e temporal de cada unidade agrícola. De acordo com Molin et al. (2015), a agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente.

A agricultura de precisão pode ser interpretada como a aplicação da tecnologia de informação nos processos agrícolas durante a condução das lavouras, proporcionando uma gestão da fazenda com um nível de detalhamento que permite tratar corretamente a variabilidade intrínseca da mesma (Molin et al., 2015).

A agricultura de precisão está alicerçada em um conjunto de recursos que permitem que se faça em áreas extensas o que os pequenos agricultores sempre fizeram, que é o tratamento dos detalhes considerando as diferenças existentes dentro de um talhão, agregando todo o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias até hoje (Molin et al., 2015). Inamasu e Bernardi (2014) afirmam que considerar a variabilidade é reconhecer que o campo não é uniforme e nela há aptidões agrônômicas diferentes, mesmo em uma propriedade cuja dimensão não seja extensa.

O Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), com o avanço do uso da AP, viu a necessidade de criar um órgão que tivesse como compromisso auxiliar as demandas estratégicas para melhor desempenho da tecnologia. A Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) define a AP como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade protetiva, visando ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013).

Existem várias formas de se empregar a agricultura de precisão no mercado. Entre as diversas práticas, a predominante no Brasil é a gestão da adubação das lavouras baseada na amostra georreferenciada de solo e aplicação de corretivos e fertilizantes de forma localizada e em doses variáveis (Molin et al., 2015).

Molin et al. (2015) exemplificam bem o uso da AP e sua aplicabilidade em áreas que produzem de forma diferente, e nas quais o rendimento não depende das atitudes humanas, como por exemplo a textura do solo. A solução é tratar as regiões de baixa produtividade de acordo com o seu baixo potencial, com menor aporte de insumos visando obter lucro mesmo que com baixa produtividade. Já as regiões de maior potencial de resposta das lavouras devem receber um aporte maior de insumos visando explorar o limite econômica desse potencial (Molin et al., 2015).

Artuzo et al. (2017), em trabalho realizado para verificar se uma mudança tecnológica é capaz de tornar a produção de soja “mais” econômica e analisar a capacidade de se fazer melhor e mais consciente uso de recursos escassos, observaram que todas as áreas de AP resultaram em maior produtividade, quando comparadas com a agricultura convencional. A média resultante do incremento de produtividade nas áreas avaliadas foi de 10,39%, demonstrando que a AP pode ser utilizada como uma forma de elevar os índices produtivos na cultura da soja.

Um outro recurso da agricultura de precisão, apontado por Mcbratney et al. (2005), é oferecer ao consumidor a possibilidade de rastrear informações sobre o produto adquirido através de um rótulo que pode ser lido por um computador ou telefone.

Com o intuito de levar o produtor a maior produtividade e conhecimento de sua área, a AP utiliza de dados georreferenciados para expor as desigualdades do terreno. Apesar dos procedimentos da análise geoestatística não diferirem conceitualmente para aplicações de diversos fins, na agricultura de precisão, a disponibilidade de dados em alta resolução espacial viabiliza não só uma maior precisão e robustez nos resultados, como também facilita o

entendimento integrado das correlações espaço temporais entre os diferentes fatores de produção (de Oliveira, 2016).

Para que o produtor identifique com maiores detalhes os locais de altas e baixas produtividades, é necessário automatizar o processo, que depende de algumas tecnologias recentes apenas adaptadas para o meio agrícola, como é o caso dos sistemas de posicionamento por satélites, sistemas de informação geográfica, da informática e de sensores e controladores utilizados nas máquinas agrícolas (Molin et al., 2015).

Ao longo dos anos, a tecnologia dos satélites, como o sensoriamento remoto e o GPS, impactou o desenvolvimento da agricultura de forma sustentável, resultando em melhores safras. Essa prática agrícola, que emprega a utilização dessas tecnologias, é conhecida como agricultura de precisão (Adekunle, 2013).

A necessidade de caracterizar a autocorrelação espacial de muitas variáveis e de mapear a estrutura espacial de suas variações relaciona a geoestatística diretamente aos processos de adoção da AP. Um fator inerente aos dados da AP que é requisição básica da geoestatística está no registro das coordenadas individuais de cada observação. Dados georreferenciados podem ser obtidos por satélites, mapas temáticos e imagens de satélites (de Oliveira, 2016).

O primeiro satélite lançado à órbita foi enviado pela União Soviética em 1957 com o nome Sputnik 1 (Molin et al., 2015). Com o passar dos anos e a necessidade de informações mais exatas, os aparelhos foram sendo aprimorados. Conhecido mundialmente, o GPS (Global Positioning System) é o componente de maior autoridade no Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS).

Para Molin et al. (2015), uma das características mais importantes do GPS é permitir que o usuário de qualquer lugar da superfície terrestre ou próximo a ela, tenha à sua disposição no mínimo quatro satélites “visíveis”, rastreados e sintonizáveis simultaneamente pelo mesmo receptor, permitindo assim a realização do posicionamento em tempo real.

## **8. Tecnologia e Sustentabilidade**

É possível observar cada vez mais pessoas julgando o agronegócio como principal razão pelo desmatamento e danos a fauna e flora. Além de serem informações equivocadas, a falta de conteúdo especializado na área faz com que a agricultura seja vista de forma errônea para aqueles que não a conhecem.

A agricultura sustentável abrange sistemas integrados de práticas empregadas na produção de plantas e animais em determinados ambientes, que com o passar do tempo, atenderão as necessidades da população de fibras e alimentos e irá melhorar a qualidade

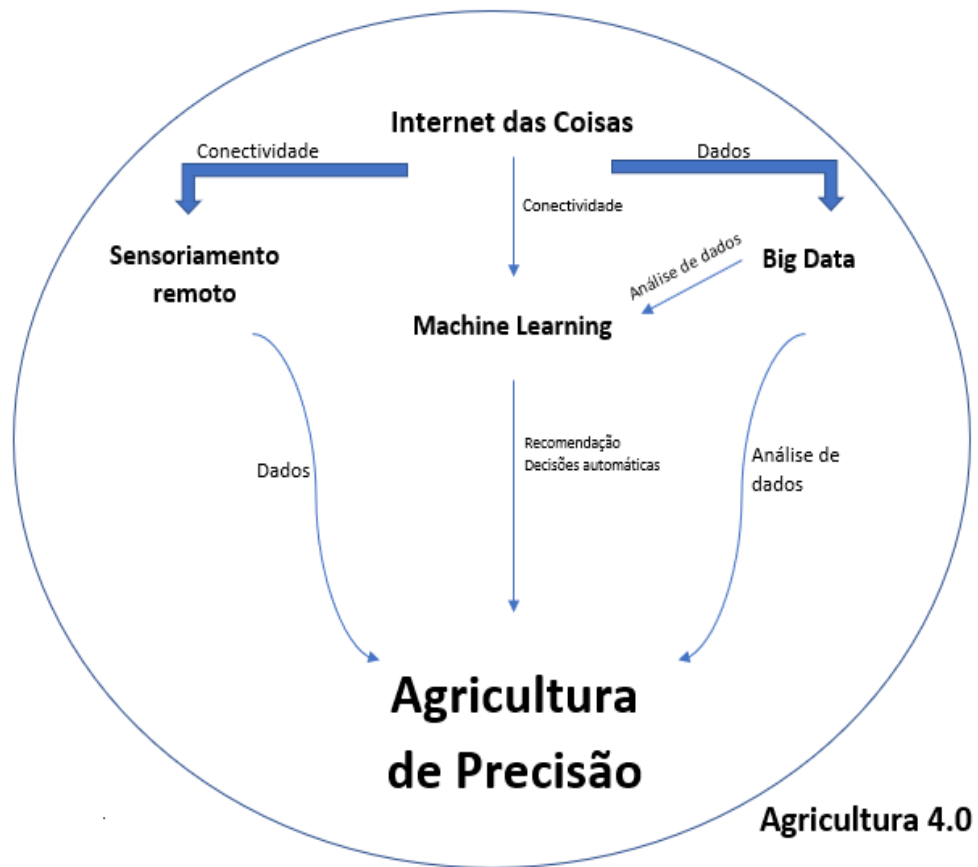
ambiental. O uso de recursos não renováveis será feito de forma consciente, o controle biológico será aplicado sempre que apropriado, e conseqüentemente, a qualidade de vida dos produtores e da sociedade como um todo passará a ser superior (Cornell University, 2016).

A tecnologia é uma das ferramentas que dão suporte ao produtor para que ele mantenha sua fazenda dentro das leis ambientais e promova ainda maior sustentabilidade. Iniciativas de produção sustentável têm sido lideradas por pequenos agricultores em alternativa aos custos de insumos, à falta de incentivos e aos riscos do uso contínuo de agrotóxicos.

Com a necessidade de descobrir quais são as possíveis soluções que atendam os sistemas socioambientais em 2050, onde se projeta um mundo com 9 milhões de pessoas, mudanças climáticas incertas e eventualmente catastróficas, o cenário das chamadas fazendas inteligentes, a automação no campo e a busca do homem por tecnologias que o ajudem a viver de forma sustentável já é uma realidade (Simões et al., 2017).

A tecnologia é uma peça fundamental para a sustentabilidade, porém dependente das decisões humanas em sua forma de uso (Embrapa, 2018). A agricultura de precisão, por exemplo, possibilita ao produtor que ele faça tratamento localizado para daninhas, doenças e pragas, oferecendo ao decisor subsídios para que faça aplicações mínimas de insumos, tendendo à economia e ao menor impacto ambiental possível (Molin et al., 2015).

## 9. Desafios e tendências da agricultura 4.0



**Figura 7** - Tecnologias da agricultura 4.0. Fonte: autor.

A adoção da tecnologia nas propriedades rurais não acontece de um dia para o outro. Muitos são os desafios encontrados pelos produtores para implementar os temas que aqui foram apresentados. Barbosa et al. (2020) relataram que o Machine Learning oferece maior precisão de previsão, entretanto apresentam um desenvolvimento mais desafiador devido à sua forma mais complexa.

Para atender a demanda populacional de alimentos, fibras e biocombustíveis, o Brasil tem o desafio de produzir mais em cada hectare rural, e de forma sustentável. A dificuldade é o aumento no preço das terras, a falta de mão de obra qualificada e a necessidade de preservação de solos, água e áreas naturais (Embrapa, 2018).

Outro desafio é encarar a sociedade com críticas, muitas vezes equivocadas, sobre a agricultura e o meio ambiente. Os aspectos ambientais ainda não são suficientemente estudados pelo setor produtivo agrícola. Além disso, há uma parte da comunidade que culpa a agricultura moderna e as tecnologias envolvidas no processo de serem grandes degradadores ambientais (Molin et al., 2015).

Cuidar da água é outro desafio que a agricultura moderna irá enfrentar, uma vez que se estima uma perda de 40% de água em sistemas inadequados de irrigação ou vazamento nas tubulações. O uso da água no meio rural é equivalente a 83% da demanda de captação de água total brasileira. Já se sabe que a poluição urbana é a principal fonte de degradação da água, entretanto, o elevado uso de fertilizantes e inseticidas podem impactar na qualidade da água, sendo essencial o uso da tecnologia para manter a característica da mesma (Embrapa, 2018).

A mão de obra no meio rural está cada vez mais difícil de ser encontrada, dois motivos se destacam como os principais: a concentração da riqueza limitando as oportunidades sociais e mantendo a pobreza rural, e a busca pela população mais jovem de melhores oportunidades em grandes cidades (Embrapa, 2018).

De acordo com o trabalho Visão 2030 realizado pela Embrapa, a interoperabilidade por meio da IoT permitirá ampliar a supervisão e a análise das operações nas propriedades rurais. O número de aplicativos para pequenos, médios e grandes produtores terá elevado desenvolvimento, especialmente para a gestão das áreas agrícolas, manejo de rebanhos, cotação de insumos, previsão de clima, identificação de doenças, uso de defensivos, irrigação, código florestal e comercialização.

Outra tendência para o futuro do agro relatada pela Embrapa são as novas plataformas acessadas por inúmeras vias, incluindo dispositivos móveis, que devem prover acesso a dados e informações estratégicas, projeções, cenários e comunicação diretamente para a sociedade, em escalas locais. Análises integradas desses dados deverão apoiar a tomada de decisão e incrementar a capacidade dos produtores de antecipação e de adaptação dos seus sistemas produtivos às diferentes fontes de riscos.

Frente às mudanças culturais, econômicas e sociais em todo o globo, a agricultura passará conseqüentemente por transformações baseadas na convergência tecnológica e de conhecimentos na agricultura. A convergência das geotecnologias (GPS, Vants e sistemas de informação) com a agricultura de precisão (robótica, automação, inteligência artificial e impressoras 3D) proporcionarão novos patamares de eficiência e sustentabilidade na produção animal e vegetal via agricultura digital (Embrapa, 2018).

## **10. Considerações finais**

Conclui-se a partir da revisão dos conteúdos analisados que o futuro do agronegócio tende a depender cada vez mais da tecnologia para aumentar a sustentabilidade das áreas cultivadas, auxiliar o manejo agrícola e oferecer informações que facilitem o produtor a tomar decisões sobre aplicação de insumos, plantio e replantio, aplicação localizada e gestão administrativa.

Ainda é possível observar que a maior parte da tecnologia e dos produtos digitais para o campo estão empregados em grandes companhias e produtores rurais. Uma possível razão que podemos levar em consideração é o fato dos mesmos terem melhores condições financeiras, de estrutura e logística para contratar serviços digitais e mão de obra capacitada para operar os serviços.

Por mais que a tecnologia esteja presente em grandes propriedades e agricultores que detenham milhares de hectares, vimos com essa revisão que nos próximos anos a tecnologia irá alcançar até mesmo as pequenas áreas. Com a digitalização de processos em cada vez mais fazendas, existe a possibilidade do aumento da produção de alimentos em um mesmo espaço geográfico, cooperando para a alimentação da população mundial.

### Referências Bibliográficas

Adekunle, I.O., 2013. Precision Agriculture: Applicability and Opportunities for Nigerian Agriculture. *Middle East Journal of Scientific Research*. 13, 9, 1230-1237.

AEGRO, Software de Gestão Agrícola. 2021. Como usar imagens NDVI para melhorar a tomada de decisão na sua lavoura. <https://blog.aegro.com.br/imagens-ndvi/> (acessado em 11 de setembro de 2021).

Alves, G.M., Cruvinel, P.E., 2016. Big Data Environment for Agricultural Soil Analysis from CT Digital Images. 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC).

Andrade, R. O., 2013. O voo do Falcão. *Pesquisa FAPESP*, n. 11.

Artuzo, F.D., Foguesatto, C., Silva, L., 2017. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. *Tecnologia e Sociedade*. 13, 146-163.

Barbosa, A., Trevisan, R., Hovakimyan, N., Martin, N.F., 2020. Modeling yield response to crop Management using convolutional neural networks. *Comput. Electron. Agric.* 170, 105197. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105197>.

Bernardi, A.C.C., Naime, J.M., Resende, A.V., Bassoi, L.H., Inamasu, R.Y., 2014. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Embrapa. [file:///C:/Users/gverr/Downloads/Agriculturadeprecisao2014%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/gverr/Downloads/Agriculturadeprecisao2014%20(1).pdf) (acessado em 25 de agosto de 2021).

Brandão, Z.N., Sofiatti, V., da Silva, B.B., 2011. Índice de vegetação obtido por imagens de satélite como estimadores do IAF e nitrogênio do algodoeiro (Vegetation indices obtained satellite images as the LAI and nitrogen estimators in the cotton). In XV Congresso Brasileiro de Algodão. São Paulo: Embrapa Algodão, 15-18.

Campos, H., R., 2021. Quanta Júnior, consultoria e Soluções. “Machine Learning: Aprenda o que é e Valorize seus Dados” <https://www.quanta.org/machine-learning-na-agricultura/> (acessado em 19 de setembro de 2021).

Canzian, E., Saraiva, A.M., Cugnasca, C.E., Paz, S.M., 1999. Projeto de um monitor de semeadora com GPS para pesquisa em agricultura de precisão. <https://www.fsantos.utad.pt/bibliografia> (acessado em 09 de outubro de 2021).

Chondrogiannis, E., Symeonaki, E., Papachristos, D., Loukatos, D., Arvanitis, K.G., 2021. Computational Thinking and STEM in Agriculture Vocational Training: A Case Study in a Greek Vocational Education Institution. *Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ.* 11, 1, 230-250.

Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A., Rodríguez, A., 2020. Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture.* 176, 1, 105626. [10.1016/j.compag.2020.105626](https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105626)

Cornell University. College of Agriculture and Life Sciences, 2016. Digital Agriculture in New York State. <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/5/2127/files/2016/11/StateonPrecisionAgFinalReport110716-1o99jgm.pdf> (acessado em 29 de setembro de 2021).

De Oliveira, R.P., 2016. Apoio à Decisão na Adoção da Agricultura de Precisão: a Tecnologia da Informação em Apoio ao Conhecimento Agrônomo. *RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã*, 2, 1, 89-109.

De Paula, A.H.P., Duque, J.W.G., 2020. Uso de Big Data e Implementação do Processo de EDA: um Case de Dados Climáticos para Gestão de Agricultura. *Fatec. Revista Científica H-Tec (Humanidades e Tecnologia)*, 4, ed. especial.

Dulhare, U. N., Ahmad, K., Ahmad, K. A. B., 2020. *Machine Learning and Big Data: Concepts, Algorithms, Tools and Applications*. Scrivener Publishing. 1ªed, 503p.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (2021). *Visão 2030. O futuro da agricultura brasileira*. <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829> (acessado em 09 de setembro de 2021).

Esperidião, T. L., Santos, T. C., Amarante, M. S., 2019. *Agricultura 4.0: Software de Gerenciamento de Produção*.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M.; Mueller, N. D., O'connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennet, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Sieber, S., Tillman, D., Zaks, D. P. M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature, Nova York*, 478, 7369, 337–342.

Formaggio, A. R., Sanchez, I. D., 2017. *Sensoriamento Remoto em agricultura. Oficina de Textos.* 245 p.

Guerra, B., 2020. “Como o Big Data revolucionará a agricultura que conhecemos hoje?” *Inteligência de negócios* <https://blog.in1.com.br/como-o-big-data-revolucionar%C3%A1-a-agricultura-que-conhecemos-hoje> (acessado em 25 de setembro de 2021).

Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., Miura, T., 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band, remote Sensing of Environment.

Inamasu, R. Y., Bernardi, A. C. De Campos., 2014. *Agricultura de Precisão*. In: *Agricultura de Precisão: Resultados de um Novo Olhar*, Embrapa.

Letras Ambientais, 2021. “Os 15 fatos que você precisa saber sobre uso de NDVI na agricultura”, <https://www.letrasambientais.org.br/posts/os-15-fatos-que-voce-precisa-saber-sobre-uso-de-ndvi-na-agricultura> (acessado em 22 de julho de 2021).

Liakos, K. G., Busato, P.; Moshou, D., Pearson, S., Bochtis, D., 2018. Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors.* 18, 8, 2674.

Lima, D. C., 2020. Métodos para estimativa de imagens NIR a partir de imagens de câmeras RGB. *Centro de ciências exatas e de tecnologia de São Carlos*.

Lisbinski, F. C., Muhl, D. D., De Oliveira, L., Coronel, D. A., 2020. *Perspectivas e Desafios da Agricultura 4.0 para o Setor Agrícola*.

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/218601/001122708.pdf?sequence=1> (acessado de 20 de julho de 2021).

Longhitano, G. F., 2010. Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas.

Mantovani, E., Miranda, R., Landau, E., Passos, A., 2020. Agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade. Boletim de pesquisa e desenvolvimento Embrapa.

Marr, B., 2016. *Big Data in Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results*. Wiley, 277p.

Mcbratney, A., Whelan, B., Ancev, T., Bouma, J., 2005. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*. 6. 7-23.

McKinsey Global Institute, 2016. “Internet das coisas é realidade, porém falta regulamentá-la”. <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/blog-made-in-brazil/internet-das-coisas-ja-e-realidade-porem-falta-regulamenta-la> (acessado em 07 de outubro de 2021).

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. *Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária. Principais Conceitos e Expressões Utilizados na Agricultura de Precisão – AP* (acessado em 10 de setembro de 2021).

Molin, J. P., Amaral, L. R., Colaço, A. F., 2015. *Agricultura de Precisão. Oficina de Textos*, 224p.

Neto, M. S., 2014. NDVI com Drones: A saúde da vegetação através de imagens. *Drones e Engenharia* <https://blog.droneng.com.br/ndvi-com-drones-saude-da-vegetacao-atraves-de-imagens> (acessado em 25 de agosto de 2021).

Ocaña, L., 2019. “Drones e Satélites: Conheça as Vantagens de cada Plataforma” *Auster tecnologia*. <https://www.austertecnologia.com/single-post/drones-e-satelites> (acessado em 24 de junho de 2021).

Olesen, J. E., 2016. Socio-economic Impacts—Agricultural Systems. In: *North Sea Region Climate Change Assessment. Regional Climate Studies*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 397-407.

Organização das Nações Unidas – ONU, 2019. *World Population Prospects 2019: Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division ST/ESA/SER.A/423. 46 p.

Pantazi, X. E., Tamouridou, A. A., Alexandridis, T. K., Lagopodi, A. L., Kashefi, J., Moshou, D., 2017. Evaluation of hierarchical self-organising maps for weed mapping using UAS multispectral imagery. *Comput. Electron. Agric.*, 139, 224–230.

Pereira, B. C. B., 2017. *Análise Da Evolução De Processos Erosivos Com Fotografias Obtidas Por Vant (Rpas)*.

Ramos, P. J., Prieto, F. A., Montoya, E. C., Oliveros, C.E., 2017. Automatic fruit count on coffee branches using computer vision. *Comput. Electron. Agric.*, 137, 9–22.

Revista Canavieiros, 2021. “O que são mapas NDVI e como utilizá-los na fazenda” <https://www.revistacanavieiros.com.br/o-que-sao-mapas-ndvi-e-como-utiliza-los-na-fazenda> (acessado em 8 de agosto de 2021).

RGB-NIR Data, 2015. “RGB-NIR Scene Dataset”. <http://matthewalunbrown.com/nirscene/nirscene.html> (acesso em 12 de agosto de 2021).

Ribeiro, J. G., Marinho, D. Y., Espinosa, J. W. M., 2018. *Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas*.

Rodrigues, E. L. L., Jorge, L., A., C., 2014. A new approach to automate the seed vigor analysis on soybean seedling using digital images, X Workshop de Visão Computacional.

Sagiroglu, S., Sinanc, D., 2013. *A Big Data: a review*. IEEE International Conference on Collaboration Technologies and Systems.

Sharma, R., Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Kumar, V., Kumar, A., 2020. A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance. *Computers and Operations Research*. 119, 104926.

Silva, A. P., 2020. *Uso de Drone na agricultura 4.0*.

Silva, C. A. V., Silva, H. A., de Oliveira, T., H., Galvincto, J. D., 2009. Uso de sensoriamento remoto através de índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itmaracá – PE.

Silva, G. G., de Souza, K. P., Gonçalves, A. B., Pistori, H., Gonzaga, J. F., 2014. Veículos aéreos não tripulados com visão computacional na agricultura: aplicações, desafios e perspectivas.

Simões, M., Soler, L., Py, H., 2017. *Tecnologias A Serviço Da Sustentabilidade E Da Agricultura*. Boletim Informativo da SBCS.

Stafford, J., 2000. Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. *J. Agric. Eng. Res.* 76, 267–275.

Steffen, C. A., 2011. *Introdução ao sensoriamento remoto*. <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm> (acessado em 07 de outubro de 2021).

Syngenta Digital, 2021. “NDVI Na Prática: Identificando Problemas Na Lavoura Com Imagens De Satélite”. <https://blog.syngentadigital.ag/o-que-e-ndvi/>. (acessado em 18 de setembro de 2021).

Trivelli, L., Apicella, A., Chiarello, F., Rana, R., Fantoni, G., Tarabella, A., 2019. From precision agriculture to Industry 4.0: Unveiling technological connections in the agrifood sector. *British Food Journal*, 121, 1730–1743.

Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Kittas, C., 2017. Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C., 2017. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, 164, 31–48.

Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., Martínez, N. L., 2020. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105-256.

Wolfert, Sjaak & Ge, Lan & Verdouw, Cor & Bogaardt, M.J., 2017. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*. 153. 69-80. 10.1016/j.agry.2017.01.023.