



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

AGATHA PEREIRA DOS SANTOS

SUBSÍDIOS DO GEOPROCESSAMENTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

ANANINDEUA, PA
2024

AGATHA PEREIRA DOS SANTOS

SUBSÍDIOS DO GEOPROCESSAMENTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, campus Ananindeua.

Orientador: Dr. Lúcio Correia Miranda

ANANINDEUA
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

S237s Santos, Agatha Pereira dos.
SUBSÍDIOS DO GEOPROCESSAMENTO NA
AGRICULTURA DE PRECISÃO / Agatha Pereira dos
Santos. — 2024.
27 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua,
Curso de Geoprocessamento, Ananindeua, 2024.

1. Agricultura de Precisão. 2. Geotecnologia.
3. Tecnologia da Informação. 4. Gestão agrícola. I. Título.

CDD 630.981

AGATHA PEREIRA DOS SANTOS

SUBSÍDIOS DO GEOPROCESSAMENTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, campus Ananindeua.

Data da aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
orientador

Prof. Dr. Marcelo V.
Examinador I

Prof. Dr. Bittencourt
Examinador II

RESUMO

Durante muito tempo os agricultores desempenharam a agricultura sem ferramentas adequadas que possibilitasse um manejo mais eficiente de culturas agrícolas. Assim, caracteriza-se por baixa produtividade, dependente das características físico-naturais do ambiente, inclusive presença ou não de pragas e meios para combatê-las. Por outro lado, o surgimento das técnicas de geoprocessamento permitiu o exercício mais preciso da agricultura, por meio do armazenamento e processamento de dados e informações coletadas através do uso de um sistema tecnológico o qual viabiliza um grau maior de assertividade para o setor. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar as ferramentas e técnicas de geotecnologia aplicadas na Agricultura de Precisão. Assim, a metodologia aplicada foi a pesquisa bibliográfica na construção de análise qualitativa da agricultura de precisão mostrando uma abordagem moderna na gestão agrícola que utiliza tecnologias avançadas para otimizar a produção e aumentar a eficiência. Os resultados demonstram que, na agricultura de precisão, o geoprocessamento desempenha um papel crucial ao fornecer subsídios para o gerenciamento eficiente e sustentável das atividades agrícolas. A Agricultura de Precisão utiliza da análise de informações nas etapas inter e intra cultivos, levando em consideração os aspectos atinentes à variabilidade do solo e do clima nas atividades agrônômicas. Deste modo, é através de técnicas de geoprocessamento que são averiguadas as informações relativas às áreas georreferenciadas para que se realize o adequado processo de automação agrícola promovendo o sucesso do setor.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Geotecnologia. Tecnologia da Informação. Gestão agrícola.

ABSTRACT

For a long time farmers have been farming without adequate tools to enable more efficient management of agricultural crops. Thus, it is characterized by low productivity, dependent on the physical-natural characteristics of the environment, including presence or not of pests and means to combat them. On the other hand, the emergence of geoprocessing techniques allowed more precise exercise of agriculture, through the storage and processing of data and information collected through the use of a technological system that enables a greater degree of assertiveness for the sector. In this sense, the objective of this work is to analyze the tools and geotechnology techniques applied in Precision Agriculture. Thus, the methodology applied was literature search in the construction of qualitative analysis of precision agriculture showing a modern approach in agricultural management that uses advanced technologies to optimize production and increase efficiency. The results demonstrate that, in precision agriculture, geoprocessing plays a crucial role by providing subsidies for efficient and sustainable management of agricultural activities. Precision Agriculture uses the analysis of information in the inter and intra-crop stages, taking into account aspects related to soil variability and climate in agronomic activities. Thus, it is through geoprocessing techniques that the information about the georeferenced areas are verified so that the appropriate process of agricultural automation can be realized promoting the success of the sector.

Keywords: Precision agriculture. Geotechnology. Information Technology. Agricultural management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	10
2.1 O SETOR AGRÍCOLA NO BRASIL.....	12
3 METODOLOGIA.....	15
4 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DAS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS.....	16
5 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

As ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TICs) são programas computacionais que promovem processos mais eficientes e enxutos, com uma comunicação mais rápida entre indivíduos e organizações. Ao automatizar tarefas repetitivas e rotineiras, é possível que os colaboradores direcionem seu foco para atividades mais estratégicas e com maior valor agregado, o que resulta em redução de custos, melhoria da qualidade e minimização de erros humanos, entre outros benefícios nos processos de uma organização (JESUS, 2021).

Deste modo, tais ferramentas são compostas por uma vasta gama de recursos tecnológicos os quais garantem a operacionalização da comunicação e dos processos derivados dela, especialmente na área da agricultura, que é o foco principal desta pesquisa, em que o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) está se tornando cada vez mais frequente (CONCEIÇÃO, 2023; NUNES, 2023).

A Internet potencializou ainda mais as ferramentas denominadas como de TI, ou seja, o ambiente virtual e em rede advindo da Internet tornou ainda mais concreta a automação dos processos de informação e comunicação.

No setor agrícola, as TICs também são bastante utilizadas, principalmente na Agricultura de Precisão por meio de técnicas de geoprocessamento. Ferramentas como os microprocessadores e os aparelhos de GPS, quando acoplados em implementos agrícolas, tornam possível a coleta de dados e informações que servem como base e fonte de dados para as análises necessárias relativas ao manejo das culturas agrícolas de maneira mais assertiva (ROCHA, 2021).

O objetivo da Agricultura de Precisão é reconhecer e lidar com a diversidade existente no campo, relacionada a variáveis temporais e espaciais, visando aprimorar a produção, aplicar intervenções no processo produtivo com maior precisão e eficiência no controle das operações, entre outros aspectos (MONTELEONE, 2022).

Logo, a finalidade primordial das técnicas de geoprocessamento que a Agricultura de Precisão se vale, é tornar possível a melhora no manejo das culturas agrícolas promovendo a diminuição das despesas com a produção ao mesmo tempo em que realiza o aumento da produtividade (GUIMARÃES, 2021).

Conseqüentemente, a busca por tal objetivo deve estar atrelada ao aperfeiçoamento do uso de insumos agropecuários de modo que estes não prejudiquem nem o solo nem o meio ambiente. Mesmo porque, as mais variadas

características dos solos e das culturas existentes fazem com que os recursos tecnológicos utilizados no manejo aperfeiçoem a produção em razão do constante melhoramento que fornecem ao setor.

A Agricultura de Precisão revolucionou as práticas agrícolas ao permitir uma abordagem mais personalizada e eficiente no cultivo de plantas e criação de animais. Essa abordagem utiliza tecnologias avançadas, como sensores, drones, sistemas de informações geográficas (GIS), o sistema de posicionamento global (*Global Positioning System*-GPS), que inclui automação de processos, o acompanhamento das condições climáticas, a utilização de drones para mapeamento, a aplicação de análise de dados para melhorar a eficiência e a produtividade para entender e responder às variabilidades que existem em uma mesma área agrícola, por exemplo (DALBEM et al., 2023).

A diferença entre a agricultura de precisão e o manejo agrícola convencional em larga escala reside na capacidade de tratar cada unidade de terra individualmente, reconhecendo que as condições e necessidades podem variar consideravelmente em diferentes partes da mesma propriedade. Enquanto o manejo convencional tende a aplicar insumos uniformemente em toda a área, a agricultura de precisão se baseia em informações detalhadas sobre características do solo, clima, topografia e outras variáveis para adaptar as práticas agrícolas às necessidades específicas de cada setor do campo (QUEIROZ et al., 2022).

Alguns dos problemas enfrentados pelo manejo agrícola convencional em larga escala incluem desperdício de insumos, redução da produtividade, custos elevados e impactos ambientais. A expansão das áreas de cultivo por meio do desmatamento frequentemente também tem causado a perda significativa de habitats naturais e ecossistemas vitais, o que resulta na diminuição da biodiversidade e em impactos negativos no equilíbrio ecológico (NASCIMENTO, 2022).

Além disso, o uso frequente de queimadas para limpar terrenos agrícolas contribui para a poluição do ar e a emissão de gases de efeito estufa, intensificando as preocupações com as mudanças climáticas. O uso excessivo e indiscriminado de agrotóxicos sem controle adequado pode contaminar os solos e os recursos hídricos, prejudicando a saúde ambiental e a segurança alimentar. Essas práticas têm um impacto direto na qualidade de vida das pessoas, podendo causar problemas de saúde, escassez de recursos naturais e dificuldades socioeconômicas, especialmente nas comunidades rurais que dependem da agricultura (NASCIMENTO, 2022).

Por outro lado, a agricultura de precisão apresenta soluções para esses problemas por meio do uso inteligente de tecnologias e análise de dados, como o uso eficiente de insumos, preservação ambiental, aumento da produtividade e monitoramento contínuo, por exemplo (QUEIROZ et al., 2022).

Diante do exposto, este trabalho tem como problema de partida o seguinte questionamento: de que maneira as técnicas de geoprocessamento favorecem o manejo das diversas culturas no setor agrícola brasileiro? Para responder ao questionamento, o objetivo geral do trabalho é: Analisar os principais benefícios que o uso de ferramentas de geoprocessamento proporciona ao desenvolvimento da agricultura de precisão no Brasil.

Para se alcançar o objetivo geral, este trabalho deverá cumprir com os seguintes objetivos específicos: compreender os fundamentos da Agricultura de Precisão; caracterizar as ferramentas de geoprocessamento utilizadas na Agricultura de Precisão e seus benefícios.

Neste sentido, a justificativa deste trabalho é promover o debate e a discussão a respeito do tema, principalmente no que diz respeito ao uso de ferramentas de geoprocessamento para o alcance contínuo de melhorias na agricultura nacional, sem que estas prejudiquem o meio ambiente.

Assim, a metodologia utilizada foi a de revisão sistemática de literatura, pelo método dedutivo, onde se analisou em fonte de dados online – Portal de Periódicos CAPES e SCIELO – as publicações referentes ao tema, por meio dos seguintes descritores: Agricultura de Precisão, ferramentas de geoprocessamento, recursos tecnológicos na agricultura. Além de que, as seções do trabalho se organizam da seguinte forma: 1 Agricultura de Precisão; 2 Ferramentas de Geoprocessamento; 3 Benefícios das Ferramentas de Geoprocessamento na Agricultura do Brasil.

2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Trata-se de uma nova agricultura, a qual é constituída por uma inteligência agrícola a qual se perfaz pela utilização de recursos tecnológicos como, por exemplo, sistema global de posicionamento por satélites, sensoriamento remoto, drones e softwares. O uso de tais ferramentas permite o processamento de milhões de dados, os quais são convertidos em informações úteis que permitem um maior monitoramento e planejamento do setor agrícola (DA ROSA, 2020).

Para Pires, De Rezende e Brandão (2022), a Agricultura de Precisão faz uma abordagem da cultura agrícola de maneira a se obter melhores rendimentos ao levar em consideração atributos atinentes à localização, à fertilidade do solo, dentre outras variáveis. Em suma, ela tem como finalidade realizar a otimização da produção através de técnicas de gerenciamento de cultivo que viabilizam a minimização de despesas no cultivo (PIRES; DE RESENDE; BRANDÃO, 2022).

Ademais, a Agricultura de Precisão, é formada por uma conjuntura de sistemas multidisciplinares que viabilizam a implementação dos conceitos agronômicos por meio do processamento de múltiplos dados advindos de sistemas de informação que possibilitam um maneja mais propício e adequado em relação a cada talhão (PIRES; DE RESENDE; BRANDÃO, 2022).

A adoção da Agricultura de Precisão no Brasil fortalece bastante o setor do agronegócio. O surgimento de diversas tecnologias e equipamentos possibilitou a acessibilidade de tais ferramentas por parte dos produtores.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) a Agricultura de Precisão é “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao meio ambiente” (BRASIL, 2012, p. 6). Assim, trata-se de um modelo de gestão o qual se concentra em questões como a variabilidade espacial do campo e que tem como finalidade alcançar a sustentabilidade social, econômica e ambiental.

A agricultura no Brasil está em constante expansão, deste modo, a utilização da Agricultura de Precisão em tal conjuntura permite uma gestão mais efetiva da propriedade, visto que leva em conta critérios que se relacionam com a variabilidade espacial para o retorno econômico e também o menor risco ao meio ambiente.

O processo de modernização da agricultura ocorreu de maneira mais lenta até a década de 1950, onde a maior parte da agricultura brasileira ainda estava atrelada a formas tradicionais de produção [...]. Já na década de 1950 até 1960 esse número dá um salto expressivo para 61.345, um aumento de 52.970 unidades de tratores. Todo esse volume de tratores, entretanto, eram importados, pois a oferta interna de tratores, até então era nula. Apesar da modernização da agricultura já apresentar níveis significativos, esse processo era limitado devido à inexistência de um setor de bens de capital, como tratores e máquinas e fertilizantes dentro do território nacional. A modernização, em grande parte, dependia das importações desses insumos e, conseqüentemente, da capacidade de endividamento externo e das políticas cambiais (PAVANI, 2022, p. 16).

A modernização da agricultura brasileira, ao longo dos anos, foi um dos pilares que contribuiu para o desenvolvimento da Agricultura de Precisão. A internalização de tecnologias, como máquinas agrícolas, fertilizantes e defensivos químicos, proporcionou um avanço significativo na produtividade e eficiência do setor agrícola (PAVANI, 2022).

O acesso ao crédito rural e o estímulo à adoção de tecnologias no período entre os anos 1960 e 1980 permitiram que muitos produtores começassem a utilizar práticas mais sofisticadas para o cultivo de suas lavouras. Com o aumento do uso de máquinas e insumos agrícolas, surgiu uma maior disponibilidade de dados e informações sobre as características do solo, clima, e outras variáveis relacionadas à produção (PAVANI, 2022).

Esse cenário criou a base para a Agricultura de Precisão, que se apoia fortemente na coleta e análise de dados geoespaciais para tomar decisões mais assertivas no manejo agrícola. O desenvolvimento de sistemas de informações geográficas (GIS) e o uso de sensores, drones e satélites permitiram uma visão mais detalhada e específica de cada parte da área agrícola (PAVANI, 2022).

Além disso, a experiência adquirida com o Programa Nacional do Alcool - PROÁLCOOL, mostrou o potencial das tecnologias agrícolas para a produção de biocombustíveis e incentivou a busca por métodos mais eficientes de cultivo (PAVANI, 2022).

A partir dessas bases, a Agricultura de Precisão foi se aprimorando e incorporando avanços tecnológicos, como a automação de máquinas agrícolas, o uso de sistemas de posicionamento global (GPS) para orientação e direcionamento, e a aplicação de algoritmos de inteligência artificial para análise de dados e tomada de decisões (PAVANI, 2022).

As máquinas e equipamentos utilizados pela Agricultura de Precisão possibilitam que o agricultor reconheça a variabilidade e atue no sentido de adequar o manejo da cultura agrícola de acordo com as variáveis previamente identificadas.

2.1 O SETOR AGRÍCOLA NO BRASIL

A Agricultura de Precisão teve início no Brasil na década de 1990, a partir da necessidade da indústria agrícola em utilizar máquinas e equipamentos importados para mapear a lavoura de maneira a facilitar e tornar mais eficiente o manejo de culturas agrícolas no país como a cana-de-açúcar, café, laranja, soja, tabaco, milho, dentre outras (QUEIROZ et al., 2022).

As áreas de expansão de toda atividade agrícola no país, considerando os períodos de 1994 a 2013, estão representadas na figura 1 a seguir.

Figura 1 – Áreas de expansão agrícola, segundo as mesorregiões brasileiras (1994-2013)

N	Mesorregião	C
1	Norte do Amapá (AP)	6,60
2	Oriental do Tocantins (TO)	4,00
3	Sul do Amapá (AP)	3,32
4	Norte Mato-grossense (MT)	2,74
5	Sul Maranhense (MA)	2,54
6	Nordeste Mato-grossense (MT)	2,35
7	Sul Amazonense (AM)	2,04
8	Extremo Oeste Baiano (BA)	1,10
9	Vale do Juruá (AC)	1,06
10	Leste Goiano (GO)	1,02
11	Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	0,93
12	Sudoeste Piauiense (PI)	0,89
13	Presidente Prudente (SP)	0,78
14	Sudeste Mato-grossense (MT)	0,66
15	Noroeste Paranaense (PR)	0,65
16	Sul Goiano (GO)	0,61
17	Centro-Sul Mato-grossense (MT)	0,60
18	Araçatuba (SP)	0,56
19	Norte de Roraima (RR)	0,53
20	Centro Amazonense (AM)	0,46
21	Noroeste de Minas (MG)	0,45
22	Centro Ocidental Rio-grandense (RS)	0,40
23	Centro-Norte de Mato Grosso do Sul (MS)	0,38
24	Sudoeste Mato-grossense (MT)	0,35
25	Nordeste Rio-grandense (RS)	0,29
26	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	0,29
27	Centro Oriental Paranaense (PR)	0,28
28	Bauru (SP)	0,27
29	Sudoeste Amazonense (AM)	0,27
30	Marília (SP)	0,26
31	Sul de Roraima (RR)	0,23
32	Baixo Amazonas (PA)	0,22
33	Sudoeste Rio-grandense (RS)	0,21
34	São José do Rio Preto (SP)	0,20
35	Distrito Federal (DF)	0,19
36	Norte Pioneiro Paranaense (PR)	0,13
37	Itapetininga (SP)	0,07
38	Sudeste Paranaense (PR)	0,06
39	Madeira-Guaporé (RO)	0,04
40	Norte Central Paranaense (PR)	0,03
41	Centro Ocidental Paranaense (PR)	-0,01
42	Nordeste Baiano (BA)	-0,15



Fonte: FREITAS E MACIENTE (2015, n. p) apud IBGE (2015, p. 02)

A coluna C da Figura 1, representa o crescimento percentual da área destinada à colheita no Brasil, em diferentes regiões, entre os anos de 1994 e 2013 para as diferentes mesorregiões. Essa coluna indica como a participação da área agrícola mudou ao longo desse período em relação ao ano de 1994. Os valores em C, em percentual, mostram o aumento ou diminuição percentual da área de colheita em relação ao ano base de 1994.

Ou seja, conforme demonstrado na imagem, o valor expresso na coluna C representa um comparativo em relação à participação da mesorregião em relação ao ano de 1994, sendo o ano atual considerado, o de 2013. Neste sentido, as dez mesorregiões destacadas na imagem representam as que tiveram maior expansão agrícola no país entre o período de 1994 a 2013, em percentual, sendo elas: Norte do Amapá (AP) – 6,60%; Oriental do Tocantins (TO) – 4,00%; Sul do Amapá (AP) – 3,32%; Norte Mato-grossense (MT) – 2,74%; Sul Maranhense (MA) – 2,54%; Nordeste Mato-grossense (MT) – 2,35%; Sul Amazonense (AM) – 2,04%; Extremo Oeste Baiano (BA) – 1,10%; Vale do Juruá (AC) – 1,06%; Leste Goiano (GO) – 1,02%.

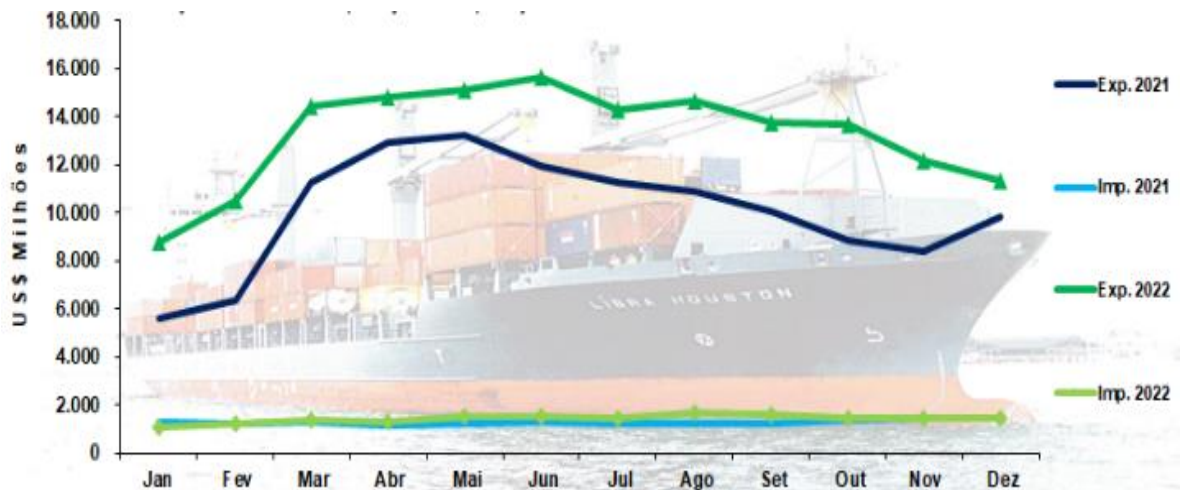
Já no que diz respeito ao ano de 2023, em comparação com o ano de 2022, as projeções para o setor do agronegócio no país são bem otimistas. Visto que prevê uma safra de cereais, leguminosas e oleaginosas de 296,2 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 12,6% em relação ao ano de 2022, isto é, um aumento de 33,1 milhões de toneladas de grãos. Todavia, o aumento na produção não irá se refletir na lucratividade do produtor rural, o qual terá que arcar com despesas mais elevadas para custear o manejo, principalmente em razão da guerra entre Rússia e Ucrânia, no cenário externo, e questões tributárias e inflacionárias, no mercado doméstico (ESTADÃO, 2023).

Pontua-se que o setor agrícola brasileiro é responsável por aproximadamente 21% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional (CRUZ, 2021). Neste sentido, a agricultura é responsável por boa parte de geração de riquezas no Brasil, tendo papel primordial na geração de renda e também no abastecimento do mercado interno no que cerne aos produtos agrícolas, em razão de deixarem a cesta básica por um preço mais acessível, mesmo que a produção esteja mais voltada para a exportação.

No ano de 2022, as vendas para o exterior no setor do agronegócio do Brasil alcançaram a marca de US\$ 159,09 bilhões, registrando um crescimento de 32% em relação ao ano anterior. O setor agrícola foi responsável por quase metade do total das exportações do país durante esse período, com uma participação de mercado de

47,6%. Em contrapartida, as importações totalizaram US\$ 17,24 bilhões (KRUG, 2023). Conforme pode ser observado no Gráfico 1, a seguir:

Gráfico 1 – Balança Comercial do Agronegócio



Fonte: BRASIL, (2023).

As projeções para os próximos anos, no que cerne à produção agrícola no Brasil, indicam que o país será o que mais crescerá. Alcançando em 2030 uma produção de grãos que ultrapassa 318 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 68 milhões de toneladas em relação à produção agrícola do país em 2019 (EMBRAPA, 2019).

Diante do exposto, nos últimos 40 anos, o Brasil passou a assumir uma nova posição no setor agrícola mundial, ou seja, de provedor de alimentos do mundo todo, tornando-se um país de destaque no agronegócio.

Frisa-se que a história de desenvolvimento do agronegócio no Brasil é recente. Visto que ainda nos anos de 1950 e 1960 menos de 2% das propriedades rurais do Brasil utilizavam máquinas em suas propriedades onde prevalecia o trabalho braçal no manejo das culturas agrícolas (CRESOL, 2023).

Contudo, em 1971, estudos demonstravam que existia no país uma clara deficiência relativa ao conhecimento a respeito dos solos tropicais e de maneiras mais eficientes de manuseá-los. Ou seja, não se tinha noção a respeito dos benefícios que advinham da utilização de fertilizantes no solo muito menos do uso de ração nos rebanhos e de doenças nas lavouras (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Deste modo, a carência de entendimento no setor agrícola advindos de estudos e pesquisas prejudicavam a produção a qual era caracterizada pelo baixo rendimento

por hectare. Além de que, as práticas inadequadas de cultivo causavam prejuízos ao meio ambiente com o surgimento de erosão e assoreamento que são determinantes para a ocorrência tanto de danos ambientais como sociais (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Em tal conjuntura, o que se observava no setor agrícola do Brasil era o aumento da demanda e o não atendimento dela em razão da baixa produção. Ou seja, o cenário nacional pautava-se na escassez de alimentos, na crescente industrialização, no aumento da população e do poder aquisitivo (MAZOYER; ROUDART, 2010).

A partir desta situação desfavorável existente no setor, o governo resolveu apoiar políticas próprias que incentivassem a produção e a produtividade agrícola por meio de investimentos públicos direcionados à pesquisa e ao crédito rural. Tais medidas tornaram possíveis a modernização da agricultura brasileira (SANTOS, 2020).

Logo, na década de 1970 surgiram novas formas de organização agrícola no cenário nacional que acompanhara o intenso processo de modernização pautado em pesquisas e inserção de máquinas e tecnologias na agricultura no Brasil. Assim, uma nova mentalidade voltada para a implementação de uma cadeia produtiva mais eficaz foi se formando no país (SANTOS, 2020).

Todavia, apesar de ter ocorrido o crescimento neste setor, devido a apoio governamental e implementação de tecnologias na produção agrícola, é preciso que o país adote medidas no sentido de tornar a produção mais sustentável, ou seja, de forma a não tornar solos e pastagens degradados com o uso de agroquímicos que causem danos à saúde e ao meio ambiente, bem como no controle do desmatamento.

A pesquisa agropecuária é de suma importância em um cenário que se mostra em constante crescimento. Sendo que a constituição de sistemas agrícolas busca atender o aumento da procura por alimentos de qualidade. Logo, o uso de insumos agrícolas deve ocorrer de forma sustentável para não causar impactos negativos ao meio ambiente.

3 METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica como revisão sistemática de literatura por meio de pesquisas e estudos de artigos científicos, livros e pesquisas

acadêmicas, com o intuito de analisar a utilização do geoprocessamento na agricultura de precisão.

Para o alcance dos resultados, foram analisados diversos artigos científicos, assim como sites e livros referentes à temática abordada. Assim, almejando compreender a integração do geoprocessamento na agricultura de precisão, bem como as consequências desta no planejamento e gestão das atividades agrícolas, tendo como base o desenvolvimento local.

Com base em uma busca eletrônica que resultou em 44 artigos e trabalhos científicos, analisados divididos da seguinte forma: Foram realizadas buscas nas bases de dados da Scielo com 21 artigos; no Capes com 12 trabalhos; e no Portal de Periódicos com 11 artigos relevantes publicados entre janeiro de 2021 e fevereiro 2023. Para direcionar a pesquisa pelos artigos utilizou-se as seguintes palavras-chave: "Agricultura de Precisão"; "Geoprocessamento"; "Tecnologia da Informação"; "Geotecnologia".

Os títulos e resumos dos artigos foram previamente analisados para a pré-seleção dos estudos, utilizando-se os critérios de elegibilidade. Os estudos pré-selecionados foram então submetidos à análise na íntegra, utilizando os critérios de avaliação de qualidade de divergência de opinião. Nesta etapa, alguns artigos foram descartados, pois, por não atenderem aos critérios de elegibilidade.

Os critérios de inclusão foram: Uma análise mais aprofundada sobre a Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, Tecnologia da Informação e Geotecnologia. Os critérios de exclusão foram: pouca análise relacionando geotecnologia e a agricultura de precisão.

4 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DAS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS

A agricultura de precisão é uma abordagem moderna de gestão agrícola que utiliza tecnologias avançadas para otimizar o uso dos recursos e aumentar a produtividade. O geoprocessamento desempenha um papel crucial, fornecendo subsídios importantes para a tomada de decisões.

Pierce, F. J., & Nowak, P. (1999), abordam em seus estudos diversos aspectos da agricultura de precisão, incluindo o uso de tecnologias de geoprocessamento para melhorar a eficiência agrícola. Apresentando as principais

ferramentas do geoprocessamento, como o Sensoriamento Remoto, e a utilização de imagens de satélite e drones equipados com câmeras multiespectrais e hiperespectrais para capturar informações sobre a saúde das plantas, níveis de umidade do solo, e outras variáveis importantes. GPS (Sistema de Posicionamento Global) para mapear precisamente as áreas de cultivo e registrar a localização exata dos dados coletados.

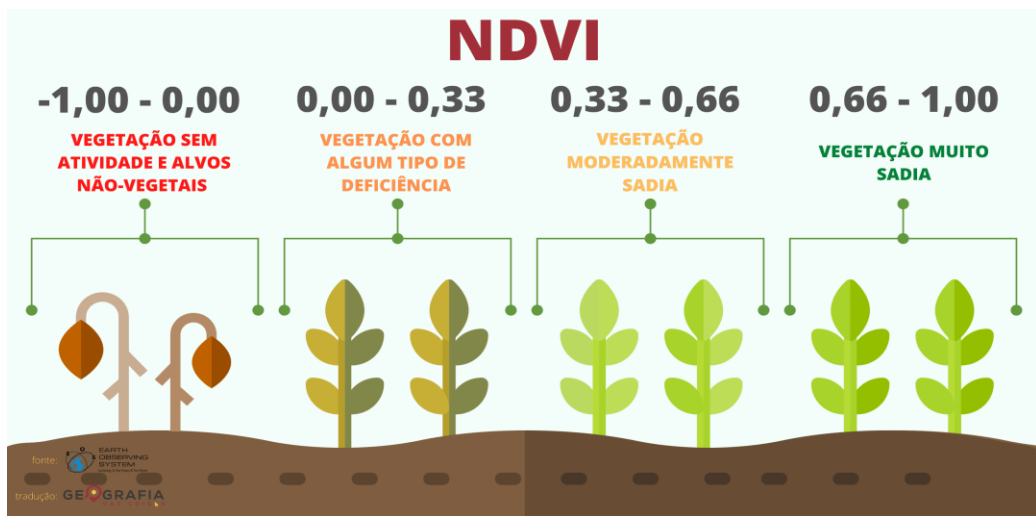
Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para armazenar, analisar e visualizar os dados espaciais coletados. Softwares como ArcGIS, QGIS, oferecem ferramentas essenciais para a elaboração da modelagem espacial embasados em fundamentos matemáticos e estatísticos, dando suporte para interpretar os dados, gerar mapas temáticos e direcionando as tomadas de decisão que melhor adequem às especificidades dos solos e das espécies cultivadas.

Planejamento de intervenções com base nos mapas de variabilidade e zoneamento de manejo, para planejar intervenções precisas, como aplicação de fertilizantes, pesticidas, e água de forma variável, para coleta de imagens aéreas detalhadas, sensores de solo para medir propriedades físicas e químicas do solo em tempo real, com base em monitoramento contínuo para avaliar a eficácia das intervenções e ajustar conforme a necessidade.

As ferramentas e técnicas das geotecnologias permitem utilizar informações espaciais para analisar, interpretar e gerenciar dados geográficos. McBratney, et al (2005), fazem referências sobre as direções futuras da agricultura de precisão, com foco em tecnologias de geoprocessamento e suas aplicações que oferecem um conjunto de ferramentas e técnicas poderosas que estão transformando a maneira como a agricultura é praticada. Ao proporcionar informações detalhadas e precisas sobre as condições do solo, das culturas e do ambiente, essas tecnologias permitem uma gestão mais eficiente e sustentável das atividades agrícolas. Com a adoção crescente dessas inovações, percebe-se que a agricultura continuará a evoluir, aumentando a produtividade e minimizando os impactos ambientais.

No contexto das práticas agrícolas, essas tecnologias tem desempenhado um papel fundamental na otimização do uso dos recursos, aumento da produtividade e sustentabilidade das atividades agrícolas. Dentre os produtos gerados, com as ferramentas das geotecnologias, destacam-se os índices físicos, como por exemplo o Índice da Vegetação por Diferença Normalizado (NDVI), conforme destacada na figura 01.

Figura 2: Intervalos do NDVI para análise da vegetação



Fonte: EOS (2019)

É importante ressaltar que as particularidades regionais devem sempre ser levadas em consideração, junto do tipo de planta implantada no sistema. Para que a leitura dos valores seja precisa. No exemplo acima pode-se observar uma área coberta exclusivamente por vegetação. Esta mesma área apresenta vários níveis de saúde, apontados por valores que variam de -1 a 1. O solo exposto quase sempre tem valor NDVI negativo de 0,1 a 0,2; a vegetação deverá apresentar índices positivos entre 0,2 e 1. O dossel superior da vegetação densa e saudável geralmente apresenta valores acima de 0,5 e a vegetação esparsa deverá apresentar valores entre 0,2 e 0,5 (CEREDA, 2020).

O sensoriamento remoto envolve a coleta de dados sobre a superfície terrestre através de satélites ou drones equipados com sensores (MAROUELLI et al, 2010). Essas imagens podem ser utilizadas para monitorar o crescimento das culturas, identificar áreas afetadas por pragas ou doenças, e avaliar a saúde das plantas. Com o uso de índices como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), é possível obter informações detalhadas sobre a vegetação e tomar decisões pontuais sobre o manejo agrícola. Importante destacar que a análise da tensão de água na matriz do solo (valor positivo do potencial matricial), se apresenta como um importante indicador de disponibilidade de água para as plantas, pois caracteriza o estado da energia da água que interage com a matriz do solo, representando uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo.

Sendo assim, é importante observar que quanto mais fortemente a água estiver retida no solo, maior será a quantidade de energia que a planta terá que despende para absorver a água necessária a atender às suas necessidades metabólicas, com destaque para a transpiração. Desse modo, medidas de tensão podem ser utilizadas para avaliar indiretamente a deficiência hídrica das plantas, pois a taxa de transpiração é controlada dentro de certos limites do próprio solo (MAROUELLI et al, 2010). Tais conhecimentos são fundamentais para o controle da necessidade e quantidade de água na irrigação.

Na realidade, se constatou que na maioria dos casos, quando nos deparamos com valores NDVI entre 0,2 e 0,4 correspondem a áreas com vegetação esparsa; vegetação intermediária tende a ter valores entre 0,4 e 0,6; qualquer classificação acima de 0,6 indica uma alta possibilidade de folhas verdes (CEREDA JUNIOR, 2023).

Assim como as aplicações de Sensoriamento remoto, na agricultura de precisão, o uso integrado das geotecnologias, como por exemplo o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a aquisição de informações e execução de ações relevantes para o êxito na produtividade, minimizando os desperdícios dos insumos e os impactos ambientais adversos.

O GPS permite a localização precisa de pontos na superfície terrestre, o que é essencial para a agricultura de precisão. Com o uso de GPS, os agricultores podem mapear suas propriedades, planejar a aplicação de insumos de forma localizada e monitorar as operações agrícolas em tempo real. Isso resulta em uma utilização mais eficiente de fertilizantes, defensivos agrícolas e água, reduzindo custos e problemas ambientais (CEREDA JUNIOR, 2023).

Os SIGs são ferramentas poderosas para o armazenamento, análise e visualização de dados geoespaciais. Na agricultura, esses sistemas podem ser utilizados para criar mapas temáticos que mostram a distribuição de diferentes tipos de solo, a topografia do terreno, a disponibilidade de água e outros fatores relevantes. Com essas informações, os agricultores podem planejar melhor o uso da terra, escolher as culturas mais adequadas para cada área e implementar práticas de manejo mais eficientes (CEREDA JUNIOR, 2023).

Assim, possibilitando a agricultura de precisão utilizar um conjunto de técnicas e informações detalhadas, sobre as condições do solo e das culturas, para otimizar o

uso de insumos e aumentar a produtividade. As geotecnologias são fundamentais para a implementação dessas técnicas, permitindo a coleta e análise de dados em alta resolução. Com isso, é possível realizar a aplicação variável de insumos, o monitoramento contínuo das lavouras e a tomada de decisões baseada em dados.

Por meio da aplicação de modelagem e simulação de processos agrícolas permitem prever o comportamento das culturas sob diferentes condições ambientais e de manejo. Utilizando dados geoespaciais e modelos matemáticos, é possível simular cenários futuros e avaliar o impacto de diferentes práticas agrícolas. Isso auxilia os agricultores na escolha das melhores estratégias de manejo e na mitigação de riscos associados às variações climáticas e outros fatores externos.

A Agricultura de Precisão impulsionada por avançadas técnicas de geoprocessamento, como Sistemas de Informações Geográficas (SIG/GIS), Sensoriamento Remoto e GPS (Sistemas de Posicionamento Global), desempenha um papel essencial no monitoramento e controle da qualidade e eficiência na agricultura. O Sensoriamento Remoto, por meio de imagens de satélite e fotografias aéreas, permite o acompanhamento em tempo real das culturas agrícolas, identificando variações de vegetação, pragas, doenças e outras condições do campo, facilitando decisões para aprimorar a produção (REGHINI; CAVICHIOLI, 2020).

A aplicação do GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) na automação da lavoura revoluciona o setor agrícola, integrando máquinas, como tratores e colheitadeiras, para operar coordenada e autonomamente, o que resulta em maior eficiência no plantio, colheita e aplicação de insumos agrícolas, consolidando a Agricultura Digital.

A Agricultura Digital, abrangendo a adoção de tecnologias digitais no campo e as práticas da Agricultura de Precisão, envolve a coleta, armazenamento e análise de grandes volumes de dados agrícolas, possibilitando o uso de algoritmos de inteligência artificial e aprendizado de máquina para otimizar a gestão das lavouras (REGHINI; CAVICHIOLI, 2020).

Todas essas tecnologias não somente impactam a eficiência na produção agrícola, como também transformam a mão-de-obra operacional no campo. A automação e praticidade de tarefas anteriormente realizadas manualmente ou de forma rudimentar resulta em uma mudança no perfil do trabalhador agrícola, exigindo habilidades mais tecnológicas e gerenciais.

Somando-se as contribuições das geotecnologias na construção de

informações geoespaciais aplicadas às lavouras, destaca-se o potencial do O Sensoriamento Remoto com o aprimoramento espectral dos sensores, como as multiespectrais e hiperespectrais, aplicadas na captura de informações sobre a saúde das plantas, níveis de umidade do solo, subsidiando o monitoramento e mapeamento das especificidades em da vegetação em recortes espaciais e temporais com grande exatidão na identificação do potencial produtivo e anomalias. As informações geoespaciais referem-se aos dados que têm um componente espacial ou geográfico, ou seja, estão associadas a um local específico na superfície terrestre. A importância dessas informações na agricultura atual é vasta e multifacetada. Primeiramente as informações geoespaciais permitem um mapeamento detalhado das propriedades agrícolas. Com o uso de sistemas de informação geográfica (SIG) e imagens de satélite, os agricultores podem criar mapas precisos de suas terras, identificando diferentes tipos de solo, áreas de cultivo, e até mesmo zonas de irrigação. Esta precisão facilita a tomada de decisões informadas sobre onde plantar determinadas culturas, otimizando o uso do solo e aumentando a produtividade. Por exemplo, fertilizantes e pesticidas podem ser aplicados apenas nas áreas que realmente necessitam, reduzindo custos e minimizando impactos ambientais. Sensores e drones equipados com tecnologia GPS podem monitorar as condições das culturas em tempo real, permitindo intervenções rápidas e precisas.

Outro aspecto crucial é a gestão de recursos hídricos. As informações geoespaciais ajudam a monitorar a disponibilidade e a qualidade da água, essencial para a irrigação. Sistemas de irrigação inteligentes, baseados em dados geoespaciais, ajustam automaticamente a quantidade de água fornecida às plantas, evitando desperdícios e garantindo que cada planta receba a quantidade necessária para um crescimento saudável.

As informações geoespaciais ajudam a monitorar a disponibilidade e a qualidade da água, essencial para a irrigação. Sistemas de irrigação inteligentes, baseados em dados geoespaciais, ajustam automaticamente a quantidade de água fornecida às plantas, evitando desperdícios e garantindo que cada planta receba a quantidade necessária para um crescimento saudável.

As mudanças climáticas são outro desafio que a agricultura enfrenta atualmente. As informações geoespaciais são fundamentais para prever e mitigar os efeitos dessas mudanças. Modelos climáticos baseados em dados geoespaciais podem prever padrões de precipitação, temperaturas extremas e outros eventos

climáticos adversos. Com essas previsões, os agricultores podem se preparar melhor, ajustando seus calendários de plantio e colheita, e implementando medidas de proteção contra condições climáticas adversas.

As geotecnologias fornecem informações geoespaciais fundamentais na rastreabilidade. A capacidade de rastrear a origem dos produtos agrícolas desde o campo até a mesa do consumidor garante a transparência e a confiança no setor alimentício. Em caso de problemas como contaminação, é possível identificar rapidamente a fonte e tomar as medidas necessárias para proteger a saúde pública.

O uso em conjunto destas ferramentas possibilita e potencializa a construção de modelagem espacial, sob os alicerces matemáticos e estatísticos de fundamental importância na implementação de ações de planejamento e gestão agrícola, considerando as potencialidades, as susceptibilidades dos fatores que influenciam a produtividade, conduzindo o aprimoramento das ações corretivas em diferentes etapas do desenvolvimento dos cultivos, monitoramento contínuo das culturas, na detecção precoce de pragas, doenças, deficiências nutricionais dos solos e/ou na efetivação de ações corretivas.

Mulla, D. J. (2013), argumenta que os avanços e lacunas no conhecimento sobre o uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento na agricultura de precisão são debatidos ao longo de 25 anos. Ele ressalta a importância que o geoprocessamento e o sensoriamento remoto desempenham na agricultura de precisão, considerando a promoção da sustentabilidade e eficiente para produção agrícola. Ele finaliza com análise de evolução contínua dessas tecnologias e a integração de novas fontes de dados, a agricultura de precisão continua a avançar.

Alguns autores, como por exemplo, Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010), defendem que a agricultura de precisão pode contribuir para a segurança alimentar global, maximizando a produtividade em consonância às ações que garantem a minimização de impactos ambientais.

Ao utilizar tecnologias avançadas, para coletar, processar, e analisar dados espaciais, é possível otimizar a produção, reduzir custos e minimizar impactos ambientais, resultando em uma agricultura mais inteligente e sustentável. A adoção e o desenvolvimento contínuo dessas tecnologias são essenciais para enfrentar os desafios atuais e futuros da agricultura.

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o geoprocessamento na agricultura de precisão tem se mostrado uma ferramenta essencial para otimizar a produção agrícola. Analisando estudos de diversos autores podemos observar efetividade indicando que o uso de tecnologias de geoprocessamento permite um melhor planejamento e gestão das atividades agrícolas, resultando em diversos benefícios para área da agricultura. Assim, é fundamental para a agricultura moderna, proporcionando uma gestão mais eficiente, sustentável e rentável das propriedades agrícolas.

Ao longo do estudo, foi possível analisar diferentes conceitos de Agricultura de Precisão e discorrer sobre as ferramentas de geoprocessamento utilizadas nesse contexto, como Sistemas de Informações Geográficas (SIG/GIS), Sensoriamento Remoto e GPS (Sistemas de Posicionamento Global). Essas tecnologias permitiram um mapeamento aeroespacial que beneficia significativamente o manejo agrícola, possibilitando uma coleta de dados mais assertiva e uma gestão mais eficiente das culturas agrícolas.

As ferramentas de geoprocessamento, aliadas às políticas públicas de incentivo, à mudança da mentalidade dos empreendedores rurais e à implementação de tecnologias, têm impulsionado o setor agrícola brasileiro.

A tendência da produção agrícola no Brasil é continuar em expansão, graças às melhorias contínuas proporcionadas pelas ferramentas de geoprocessamento na Agricultura de Precisão. Essas tecnologias têm sido fundamentais para uma tomada de decisão mais correta e eficiente por parte dos agricultores.

Este trabalho reforça a importância do uso de ferramentas de geoprocessamento na Agricultura de Precisão, destacando seus benefícios para o desenvolvimento agrícola no país.

Constatou-se que o uso das ferramentas e técnicas de geoprocessamento pode promover a sustentabilidade no desenvolvimento da agricultura, considerando as especificidades dos sistemas ambientais e atendendo às demandas da sociedade.

Sendo assim, percebe-se que é de suma importância que os gestores tenham o conhecimento da relevância do geoprocessamento, considerando a sua potencialidade em conduzir, com maiores acertos, as tomadas de decisões na implementação das ações produtivas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **EXPORTAÇÕES do agronegócio fecham 2022 com US\$ 159 bilhões em vendas.** Gov, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-fecham-2022-com-us-159-bilhoes-em-vendas>. Acesso em: 05 mar. 2023.

BDGEX. **Serviços OGC**, Diretoria de Serviço Geográfico, Geoportal do Exército, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, 2021. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=221&lang=pt> Acesso em: 16 out. 2023.

CEREDA JUNIOR, Abimael. Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0 – parte 1. 2023. Disponível em: <https://geografiadascoisas.com.br/artigos/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-ndvi-parte-1/>. Acesso em: 18 mar.2024.

CONCEIÇÃO, Ívens Hungria da. **Histórico do uso de drones na agricultura: uma revisão**, 2023.

CRESOL. **Agronegócio: um setor em constante crescimento**, 2023. Disponível: <<https://blog.cresol.com.br/agronegocio/#:~:text=Nos%20anos%201950%20e%201960,ainda%20mais%20produtivo%20e%20eficiente.>> Acesso em: 20 jul. 2023.

CRUZ, Giovana Maria da. **O posicionamento brasileiro sob o regime internacional de mudança climática**, 2021.

DA ROSA, MARCO AURÉLIO LIMA. **Fazenda 4.0 A Automação Empregada Na Agricultura De Precisão**, 2020.

DALBEM, Délis Moletta et al. **Índice de digitalização e tecnologias de produtores de soja brasileiros**, 2023.

EMBRAPA. **VISÃO 2030 o futuro da agricultura brasileira**, Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 06 mar. 2023.

ESTADÃO. **Conheça projeções e tendências do agronegócio para 2023**, Summit Agro, 2023. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/comercio->

exterior/conheca-projecoes-e-tendencias-do-agronegocio-para-2023/. Acesso em: 01 jul. 2023.

EXPORTAÇÕES do agronegócio fecham 2022 com US\$ 159 bilhões em vendas. **Gov**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-fecham-2022-com-us-159-bilhoes-em-vendas>. Acesso em: 05 mar. 2023.

Pierce, F. J., & Nowak, P. (1999). Aspects of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy*, 67, 1-85.

FREITAS, Christian Rezende et al. Tecnologias de Geoinformação no planejamento territorial: novas formas de produção, compartilhamento e uso de dados espaciais, 2020.

Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358-371.

GUIMARÃES, Edson. Valor agregado em propriedades pecuárias que adotam tecnologias e melhores práticas produtivas. 2021. Tese de Doutorado.

IBGE. Geociências: downloads, 2010. Disponível em: ftp://geoftpp.ibge.gov.br/mapas/fotos_aereas/ Acesso em: 07 mar. 2023.

JESUS, Victória Santos de. Automação de processos: uma aplicação na indústria de serviços de tecnologia da informação e comunicação. 2021.

KRUG, Andrea Urack. Cooperativismo, modelo de desenvolvimento sustentável: uma contribuição fundamentada nos princípios ESG para cooperativas agropecuárias do Rio Grande do Sul, 2023.

LEITE, M. E. Geotecnologias aplicadas aos estudos geográficos. Montes Claros, 2013.

LUCHIARI J. R., A. et al. Estratégias para estabelecer zonas de manejo para manejo de nutrientes específicos do local. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture*, Bloomington, Minnesota, EUA, 16-19 de julho de 2000. Sociedade Americana de Agronomia, 2000. p. 1-10.

MAROTTA, Victor dos Santos. Um framework para a disponibilização de informação geográfica municipal na Web, 2021.

MONTELEONE, SERGIO. Exploração da adoção de agricultura de precisão no contexto da agricultura 4.0, 2022.

MAZOYER, Marcel. ROUDART, Laurence. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea, tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira, São Paulo, Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.

MARQUELLI, Waldir Aparecido; OLIVEIRA, Áureo Silva de Oliveira; COELHO, Eugênio Ferreira; NOGUEIRA, Luis Carlos; SOUSA, Valdemício Ferreira de. Manejo da água de irrigação. Capítulo 5. 2010. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55931/1/IRRIGACAO-e-FERTIRRIGACAO-cap5.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

NASCIMENTO, Ana Juvelina; DENADAI, Marcelo Scantamburlo. Geoprocessamento e o Uso de Drone. *Tekhne e Logos*, v. 13, n. 3, p. 1-10, 2022. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/825>. Acesso em: 12 mar. 2024.

NASCIMENTO, Everton Farias do, et al. Agricultura sustentável uma forma de mudar o mundo, 2022.

NUNES, Vitor de Sá. Tópicos em visão computacional: uma revisão sistemática com aplicações em economia 4.0, 2023.

PAVANI, Luís Otávio. Inovação e modernização da agricultura brasileira: a dificuldade de inserção do agricultor familiar, 2022.

PINHEIRO, R. Agricultura de Precisão: estudos de uma tecnologia favorável, na suscitação de melhorias na qualidade de técnicas empregadas no campo por José Paulo Molin. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, v. 2, n. 1, pág. 53-71, 2016. Disponível em: <https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/23>. Acesso em: 07 mar. 2023.

PIRES, João Leonardo Fernandes; DE RESENDE, A. V.; BRANDÃO, Ziany Neiva. Indicações metodológicas para a realização de ensaios on-farm no âmbito da Agricultura de Precisão, 2022.

QUEIROZ, Daniel Marçal et al. (Ed.). Agricultura digital. Oficina de Textos, 2022.

ROCHA, Eduardo Tadeu Bueno da. Agricultura 4.0 nas lavouras: estudo multicaso para caracterização em propriedades rurais. 2021. Disponível Em: ROCHA, Eduardo Tadeu Bueno da. Agricultura 4.0 nas lavouras: estudo multicaso para caracterização em propriedades rurais. 2021. Acesso em: 10 mar. 2024.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais. Alegre, ES: CAUFES, 2010.

SANTOS, Arthur Saldanha. A modernização da agricultura no Brasil: transições agrícolas e autogestão. *DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 7, n. 3, p. 209-229, 2020.

SIMÃO, Franciele Leal; FERREIRA, Matheus Martins. Agricultura de precisão: avanços tecnológicos e suas aplicações na produção agrícola, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifaema.edu.br/bitstream/123456789/3394/1/FRANCIELE%20LEAL%20SIM%c3%83O.pdf>. Acesso 11 mar. 2024.

McBratney, A. B., Whelan, B. M., Ancev, T., & Bouma, J. (2005). Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture*, 6(1), 7-23.

SILVA, Diego Moura de Oliveira. O emprego de ferramentas de geoinformação para o planejamento digital de operações no processo de ensino aprendizagem do curso de aperfeiçoamento de oficiais da ESAO, 2020.

TREMEA, Cesar Bochi. Proposta De Adoção Da Agricultura De Precisão Em Uma Propriedade Rural: Modelo De Melhoria De Processos Por Meio Da Agricultura 4.0, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ffd3f480-e333-4369-8f43-b15ab32cbcfb/content>. Acesso em: 12 mar. 2024.

VISÃO 2030 o futuro da agricultura brasileira. Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 06 de mar. de 2023.

CEREDA JUNIOR, A. (Org. Trad.) **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0 - parte 1**, maio 2020.

EOS - EARTH OBSERVING SYSTEM. NDVI FAQ: **All you need to know about NDVI**. Artigo de 30 ago. 2019.