



Revista Inovação, vol. 4, 2025.

ISSN 2764-9199

TELEMETRIA: INOVAÇÕES E BENEFÍCIOS PARA A GESTÃO NO AGRONEGÓCIO

Eduardo Orth¹

Anderson Clayton Rhoden²

Neuri Antonio Feldmann²

Lauro Luiz Somavila²

RESUMO

A evolução da agricultura traz consigo a inteligência artificial e o monitoramento instantâneo das operações a campo, obtendo informações transcritas em mapas.

Com a coleta de informações, é possível o confrontamento de dados no final de cada safra, analisando detalhadamente as variações de produtividade em cada área e planejando manejos que sejam efetivos para aumentar a média produtiva de cada talhão. Através da coleta, transmissão e análise de dados em tempo real, é possível monitorar equipamentos, operações no campo e condições ambientais, otimizando a tomada de decisão. Essa tecnologia, que alia inovação e conectividade, vem transformando a forma como produtores gerenciam recursos, reduzem custos e aumentam a produtividade. O trabalho tem como objetivo apresentar informações possíveis de serem coletadas a campo, e que auxiliam na tomada de decisões na época de planejamento da safra ou de operações durante a mesma safra. Através dessas informações, é possível dividir as áreas em zonas de produção, efetuando correções nutricionais efetivas, elevando o grau de sustentabilidade e lucratividade.

Palavras-chave: John Deere; Otimização de Recursos; IoT (Internet das Coisas).

ABSTRACT

The evolution of agriculture brings with it artificial intelligence and instant monitoring of field operations, obtaining information transcribed into maps. By collecting information, it is possible to compare data at the end of each harvest, analyzing in detail the variations in productivity in each area and planning management that is effective in increasing the average production of each plot. Through the collection, transmission and analysis of data in real time, it is possible to monitor equipment, field operations and environmental conditions, optimizing decision making. This technology, which combines innovation and connectivity, has been transforming the way producers manage resources, reduce costs and increase productivity. The objective of the work is to present information that can be collected in the field, and that helps in decision-making when planning the harvest or operations during the same harvest. Using this information, it is possible to divide areas into production zones, making effective nutritional corrections, increasing the degree of sustainability and profitability.

Keywords: John Deere; Resource Optimization; IoT (Internet of Things).

¹ Acadêmico do curso de Agronomia da Unidade Central de Educação FAI Faculdades - UCEFF/Itapiranga, SC, Brasil. E-mail:

² Unidade Central de Educação FAI Faculdades - UCEFF/Itapiranga, SC, Brasil.



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

1 INTRODUÇÃO

A agricultura 5.0 engloba todas as tecnologias possíveis de agrupar dados das culturas e de suas operações, amplia a eficiência da agricultura. Através dessas tecnologias são realizadas as coletas de informações da variabilidade espacial dos talhões e das condições das operações no momento em que são realizadas. Através das informações adquiridas a campo, é disponibilizado uma gestão eficiente dos insumos aplicados durante o cultivo, utilizando doses corretas e no tempo correto para o melhor desenvolvimento em cada estágio de desenvolvimento das culturas agrícolas.

A introdução do monitoramento de máquinas agrícolas aliado a informação em momento real, aumenta a coleta de dados e informações no campo. Através da telemetria, existe a possibilidade do monitoramento da máquina durante suas operações, levando em consideração seu desempenho, resultando na redução de custos com manutenções preventivas (Balaceanu *et al.*, 2019). Além das informações de saúde da máquina que são possíveis de ser acompanhadas em momento real, e ainda, são monitoradas as mais diversas informações agrônômicas que tem possibilidade de serem coletadas através dos sensores nas quais as máquinas possuem, indicadores esses que determinam a eficiência operacional em relação a produtividade das culturas.

Na agricultura 5.0 as tecnologias são usadas em favor de aumento de produção, eficiência produtiva e sustentabilidade nas atividades agrícolas. A telemetria em tempo real permite o monitoramento instantâneo e as tomadas de decisões mais assertivas. Informações essas que são confiáveis, pois partem das máquinas na qual realizam as operações a campo, parâmetros que se necessários poderão ser ajustados, formando um banco de dados para avaliação da produção e das operações (Marques *et al.*, 2022)

Com as coletas de dados a campo, entra a agricultura de precisão, a qual propõe o gerenciamento da adubação em relação a variabilidade do solo. A AP utiliza das informações tecnológicas para incrementar exatidão nas operações e uso



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

de insumos, seja na sua quantidade, formulação, tempo e aplicação conforme a condição do solo. Com a AP é realizada a gestão através do georreferenciamento da área aplicada, juntando informações de colheitas das culturas anteriores, das condições de nutrição do solo, onde juntos essas informações ofertam uma eficiência nas aplicações e incremento de produção as culturas (Barnes *et al.*, 2019).

Com as informações dos dados a campo em mãos da variabilidade da área, através dos mapas de fertilidade de solo, rendimento de colheita e imagens NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), onde podem ser analisados e mostram a diferença de produção dando oportunidade para melhorar os rendimentos de cada situação da área. Com a formação dos mapas das operações, de desenvolvimento vegetativo e dos rendimentos das culturas, é possível melhorar a eficiência produtiva da área, formando prescrições através de mapas que façam a correção dos nutrientes em falta em cada ponto do talhão, utilizando a aplicação de fertilizantes em taxa variável (Lange; Peake, 2020).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

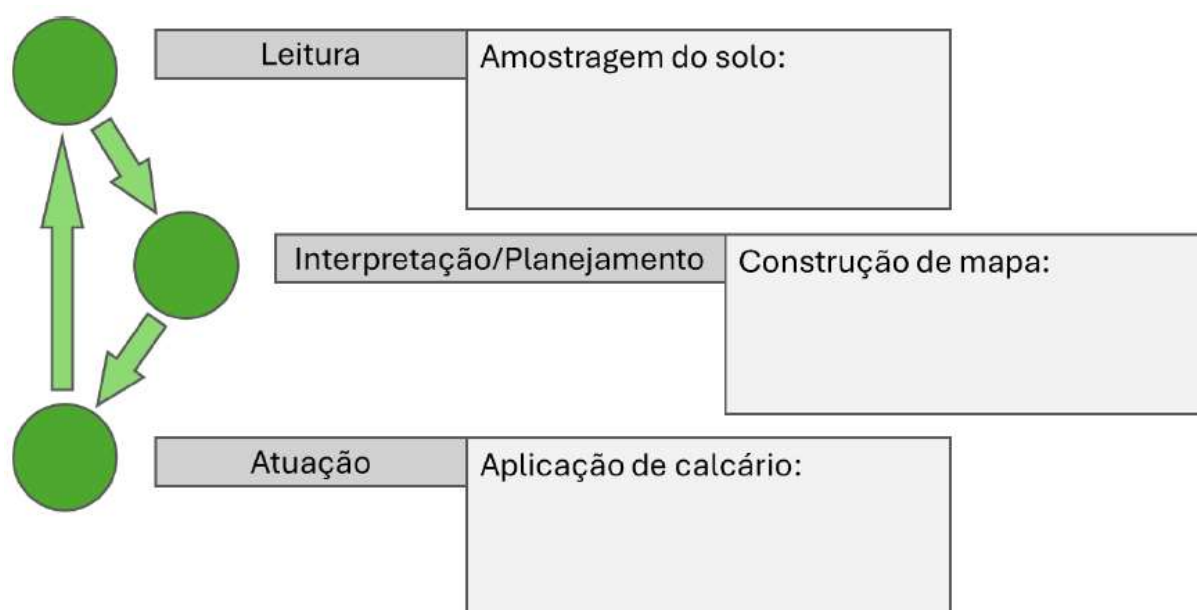
2.1 HISTÓRIA DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Agricultura de Precisão (AP) ainda é uma tecnologia que tem muito a evoluir em relação ao seu uso a campo. Os primeiros conceitos de Agricultura de Precisão foram usados aproximadamente no ano de 1929, junto a um campo experimental de Illinois, Linsley e Bauer, onde os primeiros feitos da AP eram o mapeamento da área para aplicação de calcário, dividindo as faixas da área em relação a acidez do solo para correção mais precisa, sendo esse o mais antigo registro que se tem sobre esse feito histórico para a agricultura (Bernardi *et al.*, 2014).

Na Figura 01 pode-se evidenciar como eram realizadas as coletas de dados e aplicadas as correções com os primeiros mapas. Inicialmente se coletava amostra de solo, em faixas de áreas menores, onde com os dados das análises se fazia um

mapa aproximado para a correção conforme a necessidade de correção da acidez do solo. Assim, o talhão era dividido em glebas, sendo após realizada a correção local.

Figura 01 - Ciclo da AP documentado em 1929 para correção de acidez do solo.



Fonte: Adaptado de Molin (2004).

Starfford (2000) enfatiza que os agricultores já usavam da variabilidade do terreno para a implantação das lavouras, buscando conhecer a área que cultivavam e praticando manejos diferentes ao longo dos talhões, aumentando adubação, realizando drenagens, repondo palha fora da área para agregar matéria orgânica ou outros manejos nas manchas em que o solo apresentava menores potenciais de produtividade.

O primeiro sistema de navegação global foi conduzido por satélite (Global Navigation Satellite Systems – GNSS), desenvolvido nos Estados Unidos e chamado de GPS (Global Positioning System), iniciando as primeiras conectividades em meados de 1978, e sendo considerado pronto para uso em 1995. No ano seguinte, de 1996, vieram ao mercado as primeiras colhedoras que tinham a capacidade de realizar o mapeamento da área colhida com sua produção, iniciando assim uma



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

nova era da agricultura de precisão com dados mais precisos, realizando o mapeamento da produção e posteriormente conseguindo aplicar a taxa variável de insumos por meio de máquinas (Bernardi *et al.*, 2014).

Junto a implantação da agricultura de precisão que vieram as máquinas embarcadas, trazendo consigo modelos de tecnologia de última geração, podendo gerar informação da colheita para aplicar em modelos agrônômicos que tornassem mais eficiente a agricultura, na qual criou uma forte imagem da AP com máquinas sofisticadas. A instalação do GPS em máquinas agrícolas trouxe um avanço não somente para a agricultura, mas para meios rodoviários também, pois como eram instalados em máquinas de alto porte, necessitava-se de um sinal e processamento sofisticado para a conectividade e leitura das informações. Como o sistema de sinal era de alto desempenho, seu custo de instalação também era elevado, viabilizando o sistema de AP somente para equipamentos maiores e áreas maiores (Bernardi *et al.*, 2014).

2.2 UM NOVO CONCEITO DE AGRICULTURA DIGITAL

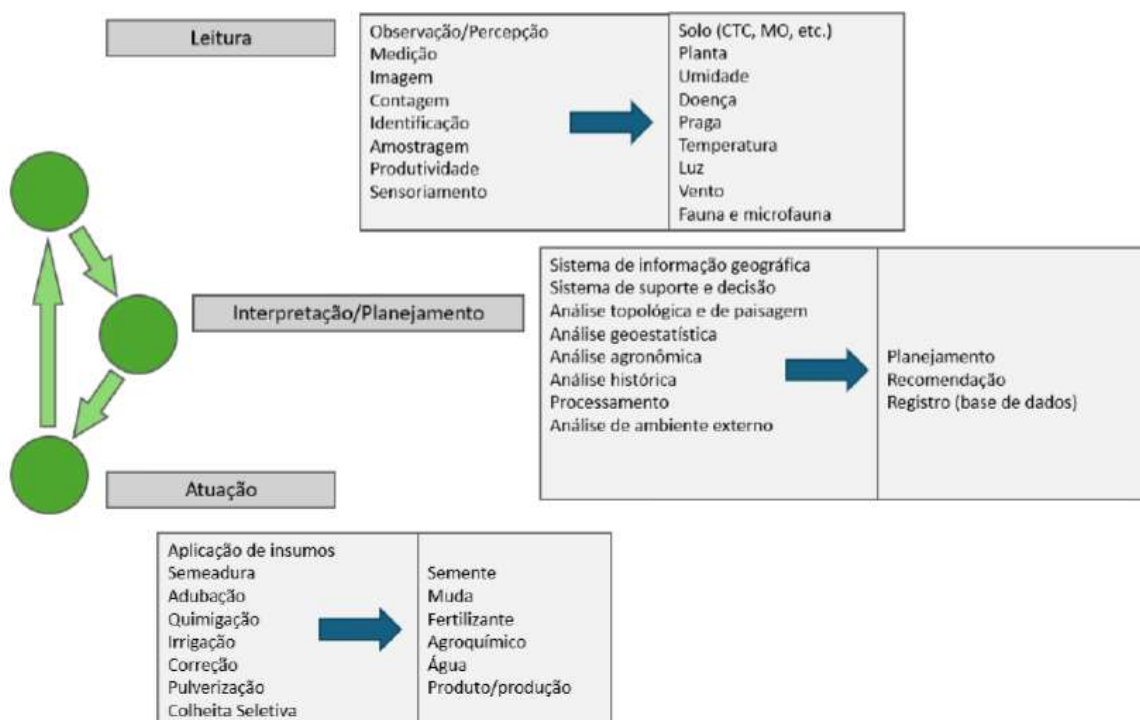
Inicialmente nos trabalhos com a AP eram realizadas coletas de dados do talhão, onde são separados em grades através de dados de colheita obtidos por máquinas. Essas máquinas possuem sinal por receptores GNSS que fazem a leitura e armazenamento das informações. A partir desses dados são realizadas coletas de solo, dividindo a área a partir do mapa gerido pela colheita, com objetivo de coletar informações do solo com a colheita proporcionada pelo grid informado. Para cada variação de produtividade é criado um número recomendável de amostras para coleta, dados esses jogados no sistema que a partir de cálculos e variação geográfica, entre outros modelos, são projetados os mapas para aplicação em taxa variável de insumos no talhão (Bernardi *et al.*, 2014).

O sistema de gerenciamento da AP é concedido por três etapas, tendo cada uma função importante para que seu resultado seja expresso da maneira mais eficiente possível. A primeira etapa é realizada pela obtenção do levantamento e

leitura de dados, obtidos através da colheita, imagens de satélite, sensores que monitoram o desenvolvimento da cultura e dados de solo. O segundo passo, é a interpretação dos dados a partir das leituras feitas, realizando planejamento das operações para serem postas em prática a campo. A terceira e última, é a operação e execução do planejamento a campo (Bernardi *et al.*, 2014). Conceitos esses que são exemplificados na Figura 2.

Num conceito geral, a AP é o gerenciamento de informações através da aplicação de tecnologias e métodos da variabilidade temporal e espacial relacionado aos modelos de produção agrícola buscando explorar o máximo desempenho da cultura no ambiente implantado. Seu êxito tem relação direta ao uso correto da tecnologia para a coleta de dados, gerenciamento dos mesmo para que a partir deles possam ser repassados e executas da forma correta, alcançando produtividades e eficiência como nunca estimados (Gebbers; Adamchuk, 2010).

Figura 02 - Ciclo da agricultura de precisão.

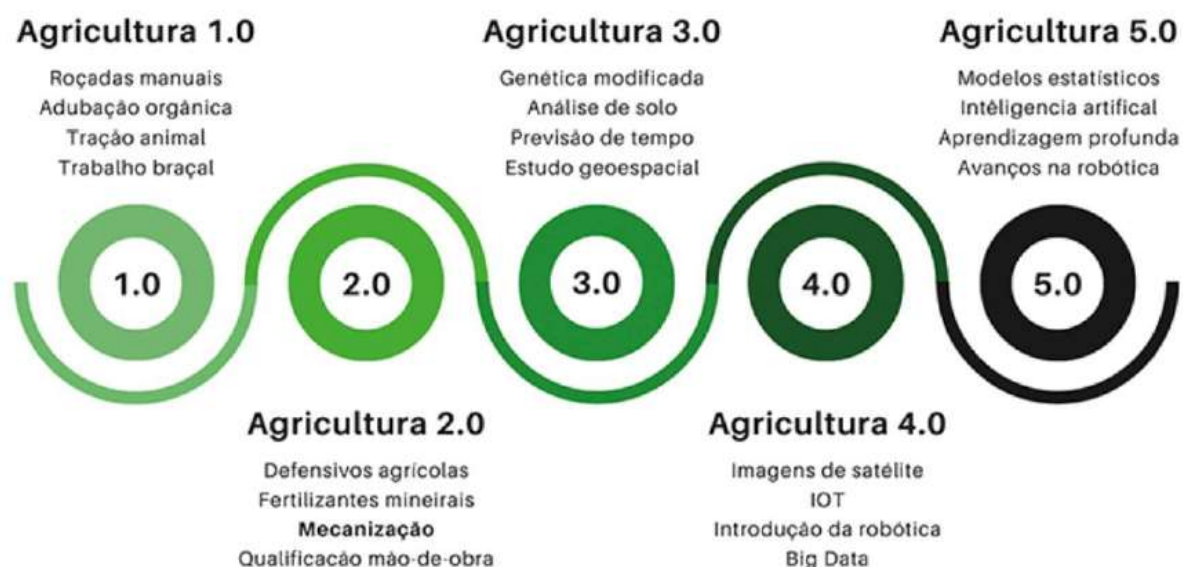


Fonte: Adaptado de Molin, (2004).

2.3 A ERA DA AGRICULTURA DIGITAL NO BRASIL 1.0 A 5.0

A agricultura percorreu por fases para se aproximar a entregar as tecnologias na qual conhecemos atualmente. Hoje há a união entre campo e tecnologia, automação e novos modelos de produção, juntos com o objetivo de trazer eficiência econômica, produtiva, agilidade nas operações, produção em altas escalas, onde tudo isso, passou a ser monitorado com informações instantâneas das operações auxiliando na tomada de decisão mais assertivas. A Figura 03 mostra a linha de tempo da agricultura ao passar dos anos (Revista Cultivar, 2020).

Figura 03 - A evolução da agricultura.



Fonte: Revista Cultivar (2020).

Os primeiros trabalhos que se denominaram de agricultura foram quando iniciaram a criação de animais e culturas para sua subsistência. Esse modelo de trabalho foi dotado como início da agricultura 1.0, na época maneira essa que dava obtenção de alimentos para o povo em maior escala nunca visto até então. Momento esse que os povos passaram a deixar a vida nômade e iniciaram a colonização de áreas criando raízes, formando as primeiras sociedades. Esse foi o cenário na qual



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

marcou o início da agricultura 1.0, onde as mulheres e homens faziam o funcionar com o trabalho árduo e pesado (BASF, 2024).

O marco da agricultura 2.0 foi dado com a descoberta dos motores a combustão, preenchendo a fonte de tratores e outras máquinas agrícolas, tendo a presença de tratores e máquinas agrícolas veio para facilitar e auxiliar no preparo do solo, tratamentos culturais e na colheita da produção, avanço esse que trouxe agilidade e praticidade para as atividades, permitindo o aumento da escala produtiva e o comércio global. Essa era também ficou conhecida pela vinda dos defensivos agrícolas e fertilizantes minerais, sendo um importante passo a agricultura (Universe, 2023).

A partir da década de 90 se inicia um novo modelo de agricultura, voltado a sustentabilidade e automação a campo, dando início a chamada agricultura 3.0. Modelo esse que trouxe a coleta de dados a campo, com objetivo de melhorar e aumentar a assertividade nas decisões dos manejos, marcada com o início do uso do GPS para as operações. Naquele período se ampliou os estudos experimentais com agroquímicos e insumos, trazendo um novo modelo de agricultura, facilitando alguns manejos, aumentando ainda mais a produtividade em relação a área cultivada (BASF, 2024).

A agricultura 4.0 veio para trazer um modelo de agricultura moderno, buscando trazer a automação aliado a conectividade das operações a campo. A partir dessa era, se iniciou o uso de sensores nas máquinas, com sistema de informação conectada em toda a cadeia produtiva, interação essa chamada de ciberfísicos, na qual utiliza protocolos de internet para prever falhas, configurar a máquina e adaptar-se a mudanças rápidas. Essas condições trazem a indústria uma maior eficiência e agilidade nas operações e, com redução de custos (Rüßmann *et al.*, 2015).

Enquanto a agricultura 4.0 ficou conhecida na automação das máquinas agrícolas, conectividade entre elas, soluções digitais, internet das coisas (IoT), o agro 5.0 veio no mesmo impulso para revolucionar, apresentando modelos de produção autônomos, com coleta de inúmeras informações em tempo real e em



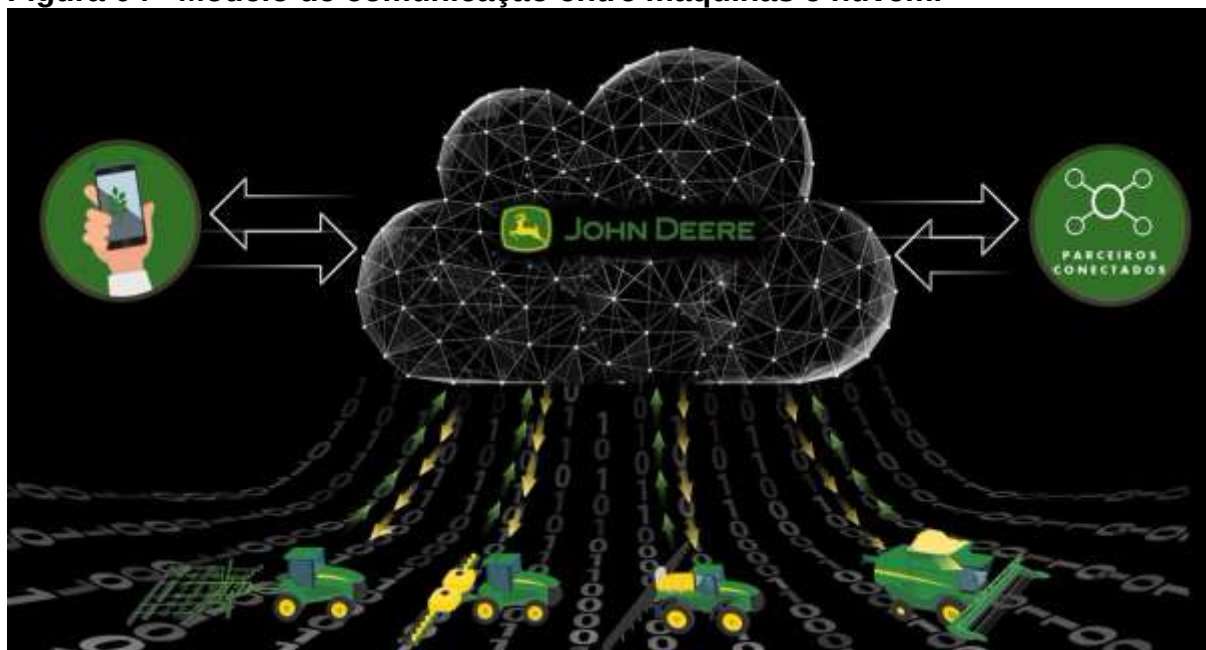
Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

larga escala de tecnologia, onde esses dados são absorvidos e interpretados pela inteligência artificial, facilitando e agilizando a sua leitura para uma gestão de fazenda mais eficiente e mais ágil (Estadão, 2023).

Informações e decisões autônomas marcam essa nova era de tecnologia embarcada nas fazendas, a imersão no mundo digital com cruzamento de inúmeros dados com precisão, na qual automatizam o processo e melhoram o gerenciamento operacional. As tomadas de decisões passaram a estar sob responsabilidade das máquinas, que contêm vantagens de tomar decisões mais racionais, sem ser influenciadas pela emoção e instinto. Nesse novo modelo de agricultura, o produtor rural passa a ser gestor e fiscal das decisões tomadas pela tecnologia, exigindo profissionalismo e intimidade com as ferramentas tecnológicas (Ecotrace, 2024).

Com a vinda da agricultura 5.0, se traz um novo método de tomada de decisões, onde por meio da obtenção de dados gerados, sensores e pela internet das coisas (IoT). As informações são analisadas e processadas pela inteligência artificial, a qual pode apontar alguma irregularidade em qualquer processo aplicado a campo (FieldView, 2021). A Figura 04 mostra como a agricultura 5.0 atua.

Figura 04 - Modelo de comunicação entre máquinas e nuvem.



Fonte: John Deere (2024).

2.4 O USO DA TELEMETRIA EM DADOS AGRONÔMICOS

Com a evolução das operações precisas a campo, veio a telemetria, a qual usufrui da tecnologia para a coleta e compartilhamento de dados dos equipamentos e máquinas agrícolas a campo durante as suas operações. Na prática, isso funciona a partir da comunicação de dados entre uma central e as máquinas a partir da transmissão via internet, na qual dados e as informações são transmitidas momentaneamente e armazenadas na nuvem para diagnósticos durante as operações (FieldView, 2022).

A coleta de dados é realizada através de sensores que estão presentes nas máquinas agrícolas, seja nos tratores, colheitadeiras e pulverizadores. Entre esses sensores estão o medidor de combustível, medidor de temperatura, acelerômetro, sensores de patinagem, sensor de carga do motor, sensores de óleo, componentes esses que fazem parte da máquina coletando as informações e fazendo conectividade com a nuvem (Arara seed, 2023).

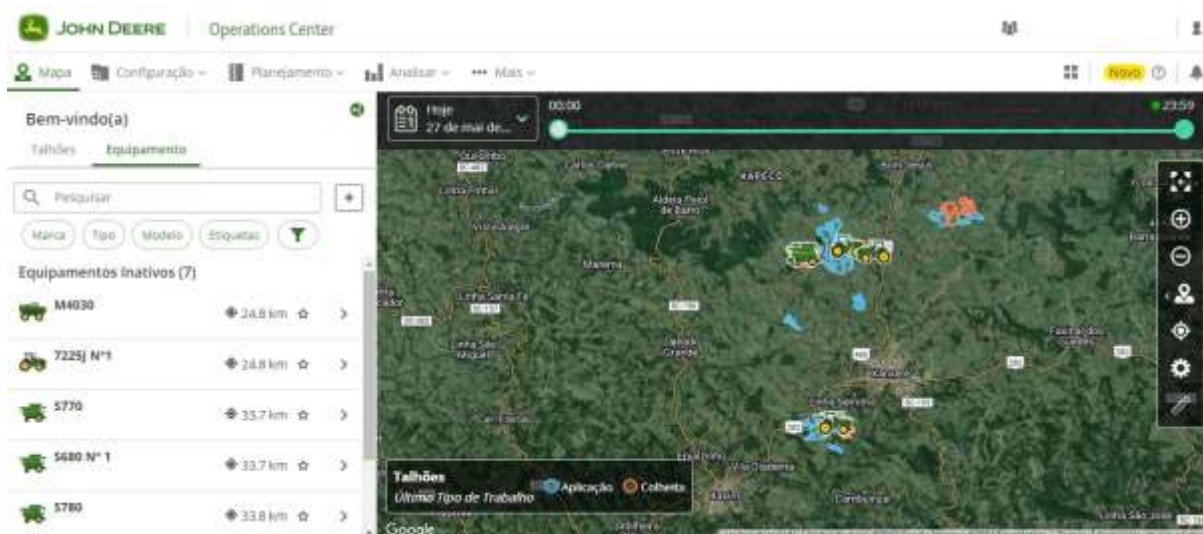


Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

Os sensores instalados nas máquinas não são somente para a coleta de dados telemétricos, mas também para a coleta de dados agrônômicos. Através dos sensores são monitorados os deslocamentos da máquina, consumo de combustível, altitude, distância percorrida, localização e trajeto, temperatura do motor e sua rotação, rentabilidade da máquina enquanto ligada, eficiência na operação, pontos de parada entre outros vários detalhes que são observados. Com essas informações é possível analisar e identificar possíveis problemas que a máquina poderá futuramente apresentar, podendo assim fazer uma revisão com antecedência (Delta Global, 2023).

No mundo das tecnologias, as empresas de máquinas agrícolas trouxeram a telemetria ao seu favor, fazendo assim com que a vida útil e eficiência das operações seja a máxima. Com isso, a John deere evoluiu com a criação do Operations Center, onde através da tecnologia JDlink monitora as máquinas direto da concessionária, conseguindo monitorar as operações de qualquer lugar e instante, a partir de uma conexão de internet (John Deere, 2024). Na Figura 05, está apresentado como funciona na prática o monitoramento da frota, seu histórico de operação, relatório criado e a comparação de eficiência entre as máquinas.

Figura 05 - Localização da frota através do mapa.

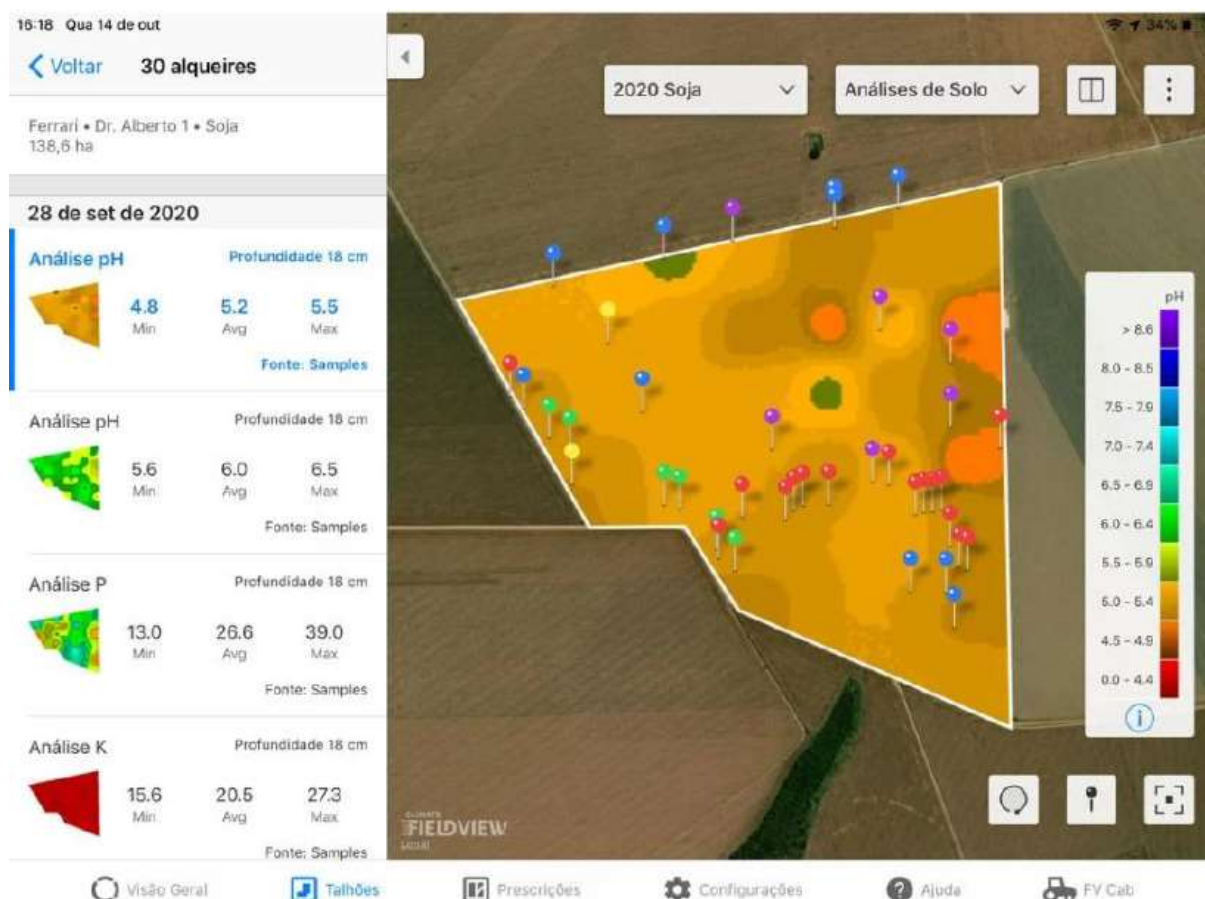


Fonte: Do Autor (2024).

2.4.1 Análise de solo

Através de medições e coletas de solo são realizados mapas de fertilidade da área para o monitoramento dos níveis de fertilidade do solo. Neste modelo de análise, é possível repor a quantidade necessária de cada nutriente em falta, e nos locais necessários a serem repostos. Com base em todas essas informações, a inteligência artificial consegue apontar e adotar as melhores estratégias de reposição de nutrientes em todos os pontos da área, podendo ser aplicada nas doses certas (FieldView, 2021). A Figura 06 apresenta os pontos de coleta de solo realizados e o mapa de fertilidade gerado pelo sistema FieldView para a efetivação da correção em taxa variável da parte química do solo.

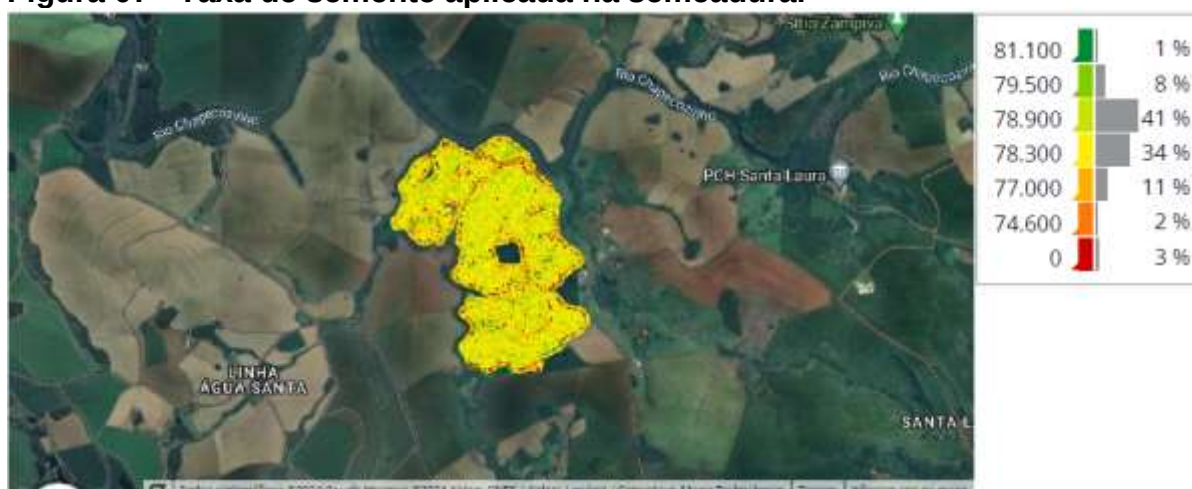
Figura 06 - Mapa de análise de solo de um talhão.



2.4.2 Semeaduras

Na semeadura são utilizadas inúmeras tecnologias, iniciando pela aplicação de taxa variável de adubo e semente. Após obter os dados do histórico da área, coletados na colheita e análise de solo, são realizadas zonas de manejo para aplicação variável de fertilizantes e semente para adequar a população e adubação conforme a resposta do solo naquele local. Os dados são interpretados pela IoT, por serem informações que precisam ser analisadas e interpretadas com precisão maior para aumentar a eficiência na produção da cultura (FieldView, 2020). A Figura 7 amostra um exemplo de semeadura realizado com taxa fixa de semente, na qual ilustra a quantidade de semente depositada pela máquina em cada zona do talhão.

Figura 07 - Taxa de semente aplicada na semeadura.



Fonte: Do autor (2024).

2.4.3 Pulverizações

Ao longo da safra são armazenadas informações dos manejos realizados na área, através disso, ocorre um planejamento para a cultura seguinte implantada na mesma área, facilitando o planejamento dos manejos, fazendo com que não se perca o tempo de nenhuma aplicação. O histórico da área, aliado aos dados de colheita,

auxiliam a realizar uma programação de pulverização de determinada área, conseguindo assim entender melhor os antecedentes de um talhão e com isso identificar as zonas problemáticas da área (FieldView, 2020).

Através da plataforma operations center (Figura 08), é possível coletar informações durante a aplicação e comparar mapas no momento da colheita, avaliando a qualidade da aplicação em relação a produtividade.

Figura 08 - Mapa de aplicação.



Fonte: Do autor (2024).

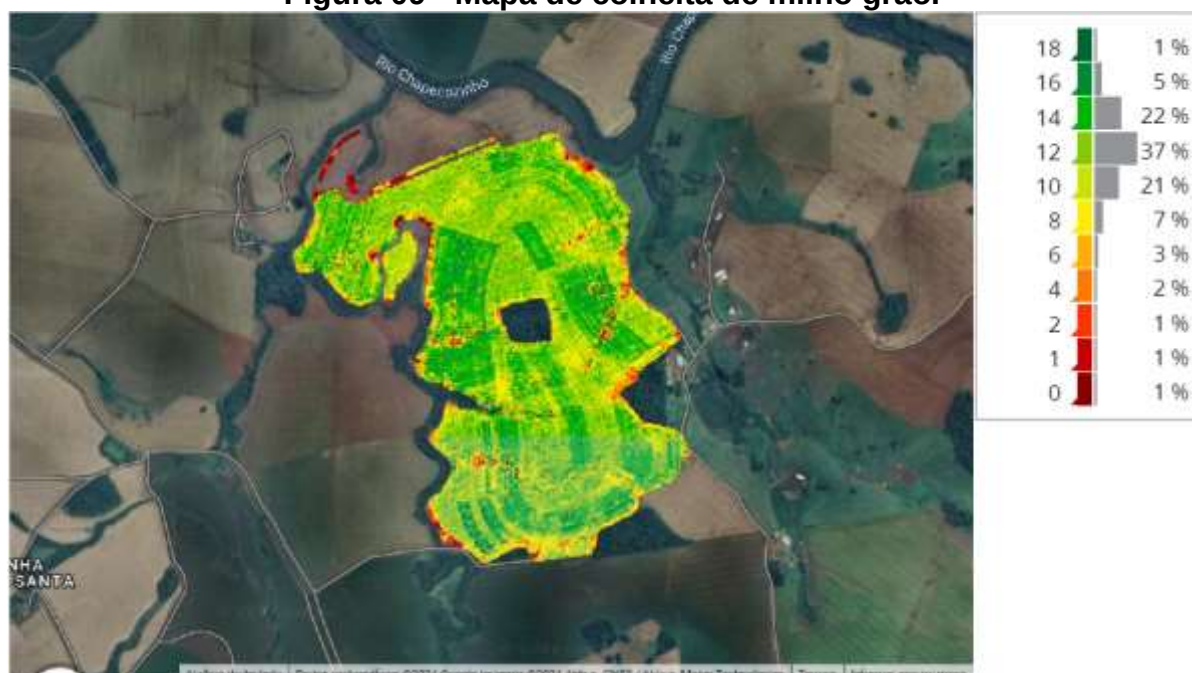
2.4.4 Colheitas

Com os novos conceitos de colheita, as máquinas vieram para agregar na produção da próxima cultura, obtendo o mínimo de perda da produção durante a colheita da mesma, efetivando ajustes automáticos e momentâneos que proporcionam uma efetividade e rentabilidade maior da colheita. Com sistemas de regulação a cada instante, reguladas através de uma série de sensores que realizam as leituras, onde algoritmos do sistema da máquina realizam os ajustes necessários para que ela opere em capacidade máxima com o mínimo de desperdício possível (John Deere, 2024).

Além de todas essas tecnologias que a máquina ainda pode oferecer, através de sistemas de sinal, a máquina realiza um mapa de colheita, na qual pode ser utilizado para o planejamento da próxima safra. Através dele poderão ser analisados

os pontos mais produtivos da área e os menos, e assim, dividir a área em glebas para a realização de uma coleta de solo em cada ponto demarcado para chegar ao denominador produtivo daquela mancha da área (John Deere, 2024). A Figura 9 mostra o exemplo de um mapa de colheita gerado por uma máquina John Deere.

Figura 09 - Mapa de colheita de milho grão.



Fonte: Do autor (2024).

3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi conduzido em uma fazenda situada no município de Faxinal dos Guedes, Santa Catarina, através da concessionária Tecnosafra, revenda John Deere. As informações são coletadas de um talhão da fazenda, apresentando todas as operações realizadas durante a cultura do milho, desde a coleta de solo para formação dos dados de fertilidade até a colheita que finaliza o ciclo desta cultura.

A tecnologia da telemetria, na qual faz a comunicação entre as máquinas e as operações realizadas a campo trouxe uma gama de oportunidades para a coleta de dados em informações agronômicas. Através desse método, a máquina faz a



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

comunicação com o servidor remoto, permitindo a coleta de dados operacionais e agronômicos em tempo real, alcançando precisão na tomada de decisões.

Para acessar as informações na plataforma, vários processos ocorrem na máquina antes da transmissão para a nuvem. Partindo do princípio, é essencial que as máquinas estejam equipadas com sensores de capacidade na obtenção de dados desejados. Esses sensores devem ser integrados para que a informação individual contribua para dados finais precisos, a exemplo da combinação do sensor de horímetro com o sensor operacional, que no final da operação, fornece a informação sobre o rendimento do equipamento. Além da necessidade dos sensores, a máquina precisa possuir um sistema inteligente que absorva as informações e converta em dados operacionais e agronômicos.

Possuindo uma máquina com as informações prontamente disponíveis, é necessário a comunicação dessas informações com a rede. A exemplo do trabalho feito em máquinas John Deere, cada máquina com sistema embarcado possui uma controladora MTG, onde ela é responsável por fazer a conectividade entre a máquina e a internet. Os últimos lançamentos, a MTG vem com o sinal JDLink – M Modem, a qual possui um chip de internet, conectando o sinal 4G e 5G de qualquer operadora, juntamente com sinal de Wi-Fi onde possui conectividade com roteador, com conectividade de sinal com GPS, passando a localização da máquina em tempo real. Até o momento, estão sendo realizados testes com a StarLink, possuindo sinal de internet em qualquer local do mundo.

Os receptores de sinal instalados nas máquinas possuem a função de buscar sinal de satélite para aperfeiçoar as operações. Através deles que são dadas as direções as máquinas quanto a posicionamento, operação a ser realizada ou dados a serem coletados. A exemplo da operação de semeadura de uma cultura com taxa variável de fertilizante e semente, as informações são repassadas a máquina, e quem fica responsável pela execução, é o receptor e os monitores embarcados nas máquinas. Atualmente, a John Deere possui a maior exatidão nas operações devido a quantidade de constelações alcançadas pelos receptores ao mesmo tempo, fazendo a correção de sinal através deles.



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

Com a relação entre o sistema de receptor, monitor e a MTG, as informações passam até a nuvem, sendo coletadas para a realização da comparação entre os mapas de operação.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

Através da tecnologia utilizada a campo, atualmente é possível a coleta de inúmeros dados, desde dados operacionais até os agronômicos, onde após uma análise completa são usados para aumentar a eficiência das próximas safras e operações a serem realizadas.

Segundo FieldView (2024), a compilação de dados operacionais durante a safra transformada em mapas tem uma importância significativa na tomada de decisões. Através desses dados, podem ser analisados manejos e operações, permitindo entender o rendimento de cada talhão. Essas informações também poderão ser utilizadas para investigar possíveis causas de baixa produção, como a presença de pragas, compactação de solo, clima, fertilidade, operações indesejadas entre outros fatores.

Para conseguir explorar o máximo de produção das áreas é preciso entender que o talhão é dividido em zonas de produção, necessitando manejos diferentes para cada situação. No mesmo talhão se encontram situações de relevo, fertilidade, drenagem, condições físicas diferentes, comprometendo produções mais elevadas (FieldView, 2020). Ao planejar a próxima safra é essencial analisar vários fatores para aumentar a eficiência produtiva. Com isso, o monitoramento de trabalhos nas operações é importante, pois permite informações detalhadas de cada operação realizada ao longo do ciclo da cultura anterior.

A seguir, serão confrontados os dados possíveis de serem coletados em cada momento da cultura, coleta essa que foi realizada no operations center contendo os dados de uma área localizada no município de Faxinal dos Guedes, Santa Catarina.

4.1 FERTILIDADE DA ÁREA

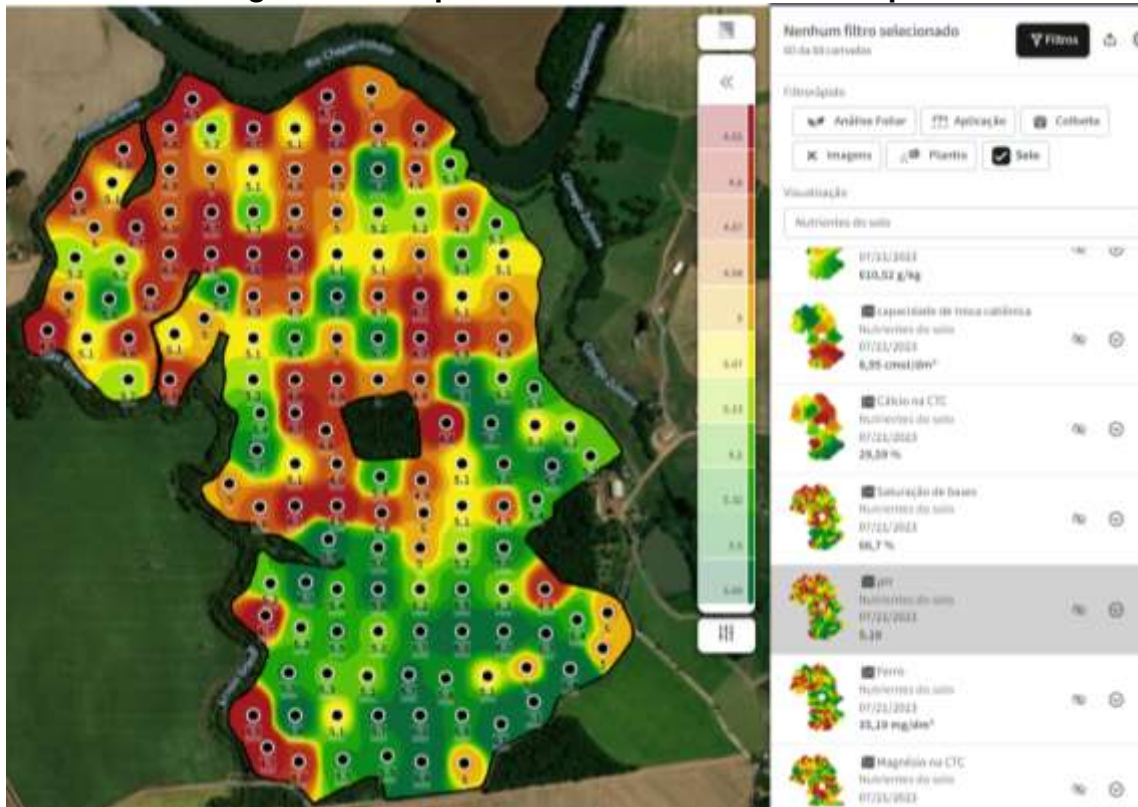


Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

Através das coletas de solo a área pode ser dividida em zonas, recebendo tratamentos diferentes a cada situação. Em talhões maiores, foram utilizados grid de 5 hectares para a coleta de solo, dando a possibilidade de analisar os nutrientes disponíveis em cada ponto coletado, formando um mapa de fertilidade com os nutrientes em maior e menor quantidade, podendo ser adotados manejos estratégicos para aumentar a produção e melhorar a eficiência dos insumos aplicados. Segundo Bazzi *et al.* (2015), quanto menor a unidade delimitada do solo para a realização das coletas, mais preciso se tornará a gestão dos talhões e das operações a campo.

A agricultura de precisão parte da obtenção de mapas através de imagens de satélites, mapas de colheita onde após demarcados pontos estratégicos, são coletadas amostras de solo para com isso, realizar o planejamento dos insumos utilizados (Embrapa, 2018). Com isso, busca-se entender a relação de equilíbrio dos nutrientes no solo, aplicando a eficiência do balanço nutricional, destinando os nutrientes para cada situação apresentada no mapa. Com a geração de mapas, inicia o processo de repassar os dados as máquinas para aplicação de adubação a taxa variável. Na Figura 10, mostra o pH do solo dividido em zonas.

Figura 10 - Mapa de fertilidade na leitura do pH.



Fonte: Do autor (2024).

4.2 APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE NA SEMEADURA

Após a leitura dos mapas de fertilidade e colheita da safra passada, é possível confrontar as informações para iniciar o planejamento da safra. A partir dessas informações, se aplicam insumos a taxa variável para otimizar a utilização dos fertilizantes em relação as zonas de manejo definidas, aumentando o grau de eficiência do manejo em relação a uma aplicação a taxa fixa.

Com o resultado das safras anteriores nas mãos será possível a realização de correções pontuais e em áreas específicas. Através da leitura da fertilidade, biomassa, é possível a identificação de zonas menos produtivas, necessitando de avaliações mais criteriosas para aumentar o nível de produção do talhão como um todo (FieldView, 2020).

A exemplo disso, nesta área em específico foram realizados dois manejos de aplicação do fertilizante NPK 10-50-00 em semeadura, repartindo o talhão em dois. Na Figura 11 a aplicação do insumo foi trabalhada em taxa fixa, observando a necessidade média da área em relação ao mapa de fertilidade. Nesta faixa de área composta por 73,4 hectares, a taxa alvo passada para o equipamento foi de 333,3 kg/ha de NPK 10-50-00 aplicado, resultando na aplicação média de 330,9 kg/ha aplicado no final da operação realizada.

Figura 11 - Mapa de aplicação de NPK 10-50-00 em taxa fixa.



Fonte: Do Autor (2024).

Na outra parte do talhão foi aplicado em taxa variável, mapa esse feito respeitando os níveis de fertilidade da área. Nessa situação foi conduzida a quantidade de 60,2 hectares, com uma taxa alvo repassada pro equipamento de 250,3 kg/ha, finalizando o serviço com uma taxa aplicada de 248,7 kg/ha, como ilustra na Figura 12.

Figura 12 - Mapa de aplicação de NPK 10-50-00 em taxa variável.



Fonte: Do Autor (2024).

4.3 TAXA DA SEMENTE NA SEMEADURA

No manejo da semeadura foi trabalhado na taxa fixa a adubação e a semente, na qual não havendo respectivas informações a serem comparadas com a produção. Os fatores analisados foram a velocidade da semeadura e a quantidade de semente utilizada, como pode ser verificado nas Figuras 13 e 14.

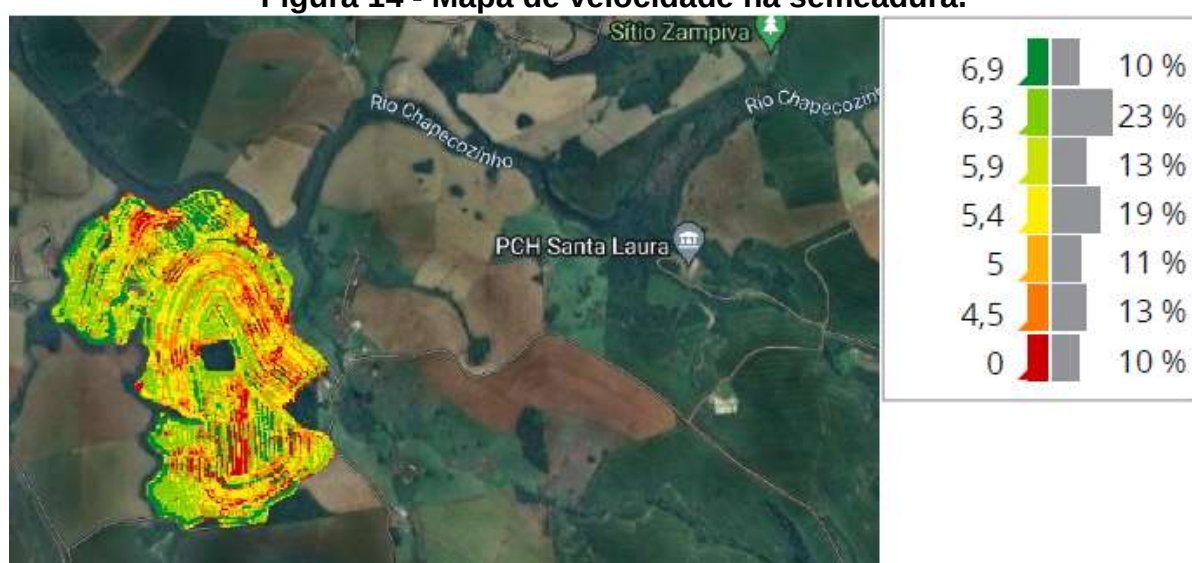
Através da informação do mapa de velocidade da operação na semeadura, é analisado a germinação e desenvolvimento da plântula do milho. Com esse dado, se analisa o quanto a operação foi positiva para uma semeadura de alta qualidade, conseguindo assim comparar informações operacionais com as agrônômicas no início da cultura do milho.

Figura 13 - Mapa de aplicação de semente na semeadura.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 14 - Mapa de velocidade na semeadura.



Fonte: Do Autor (2024).

4.4 PULVERIZAÇÕES

Através dos manejos realizados na pulverização, no final das operações feitas, são analisados os dados operacionais e agronômicos da aplicação. Com as doses aplicadas, os dados poderão ser confrontados com os mapas de NDVI,

avaliando a resposta do desenvolvimento vegetativo em relação a aplicação realizada.

Nesta situação, houve um ajuste operacional para a finalização da aplicação do talhão, sendo que o operador diminuiu a quantidade de calda aplicada para finalizar a aplicação desta área, resultando num menor desenvolvimento de planta, podendo esse ser observado na imagem gerada pelo NDVI. A base da calda nesta aplicação era de nutrientes e fungicidas, na qual resultou em um desenvolvimento e uma diferença maior na imagem do mapa NDVI.

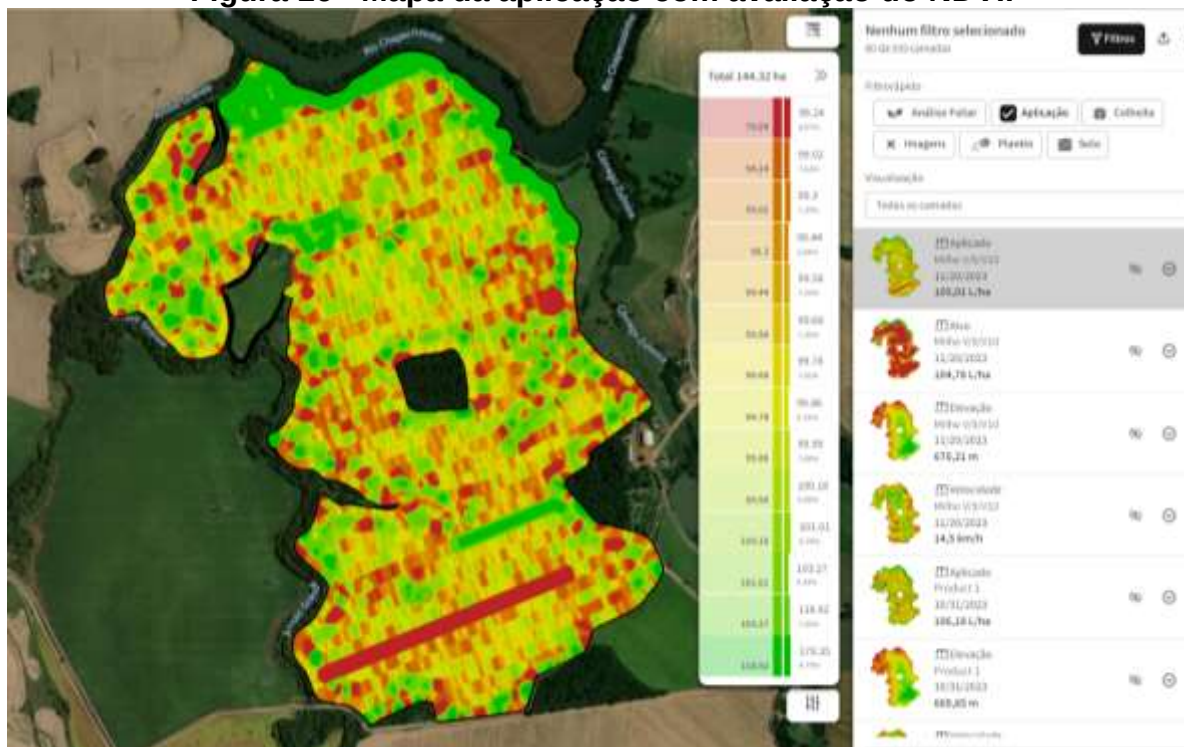
A comparação do mapa de aplicação da máquina através do operations center em relação a imagem NDVI coletada pela plataforma Tellus, podendo ser verificado nas figuras 15 e 16.

Figura 15 - Mapa de aplicação com a taxa aplicada.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 16 - Mapa da aplicação com avaliação do NDVI.



Fonte: Do Autor (2024).

4.5 CONFRONTAMENTO DAS OPERAÇÕES EM RELAÇÃO AO MAPA DE COLHEITA

Ao final da safra, ao ser analisado o mapa de colheita, pode-se sobrepôr aos mapas das operações e manejos realizados durante a safra. Nessas comparações poderão ser analisados inúmeros dados agrônômicos e operacionais que afetam diretamente na produtividade, sendo importantes ferramentas de planejamento de uma fazenda, auxiliando na tomada de decisões futuras e mais precisas. Os principais dados a serem analisados são os das operações de pulverização, adubação, velocidade de semeadura, qual podem ter influência direta com a produtividade.

A agricultura de precisão é o método que reúne inúmeros dados para o gerenciamento do cultivo. Através dessa ferramenta, é trabalhado o método de adubação a taxa variável, onde se aplica o nutriente em local estratégico, otimizando o uso do fertilizante, visando aumentar o rendimento da cultura. Em muitas vezes, a

aplicação dos nutrientes é realizada de forma equivocada, sendo aplicado acima da necessidade real da planta e do solo no local, ocasionando a aplicação demasiada, acarretando o aumento nutricional, podendo ocasionar desequilíbrio de fertilidade, além de investir financeiramente em zonas que não irão aumentar seu teto produtivo (Lamparelli, 2016).

Na primeira situação, o confrontamento do mapa de produção em relação a aplicação do fertilizante NPK 10-50-00 em taxa fixa, podendo ser analisado as produções da área total e da produção na qual dividida em zonas desse mapa (Figuras 17 e 18).

Figura 17 - Mapa de aplicação de NPK 10-50-00 em taxa fixa.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 18 - Mapa de colheita com aplicação de NPK 10-50-00 em taxa fixa.



Fonte: Do Autor (2024).

Na área (Figura 19) em que o fertilizante foi aplicado em taxa fixa, contabilizou-se 49,8 hectares, se obteve uma produção de 12,5 t/ha de milho grão.

Figura 19 - Mapa de aplicação de NPK 10-50-00 em taxa variável.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 20 - Mapa de colheita com aplicação de NPK 10-50-00 em taxa variável.



Fonte: Do Autor (2024).

No talhão (Figura 20) em que foi utilizado a aplicação do fertilizante em taxa variável, área colhida de 57 hectares, obteve-se uma produção de 12,6 t/ha de milho grão.

Comparando os dois talhões de manejos realizados, evidenciou-se uma produção menor em relação a área em que foi utilizado adubo em taxa fixa em comparação a área que foi utilizado adubação em taxa variável. Em relação ao fertilizante consumido, na taxa fixa foram aplicados 330,9 kg/ha, já na situação de taxa variável foram aplicados 248,7 kg/ha, resultando numa aplicação de 82,2 kg/ha de fertilizantes a mais na condição da área na qual foi aplicado a taxa fixa, o que representa 24,84% a mais de fertilizante. Com essa avaliação feita, pode-se observar a importância da tecnologia para trabalhar a adubação em taxa variável e aplicar os métodos de agricultura de precisão nas lavouras, resultando em assertividade da aplicação dos insumos.

A aplicação de insumo a taxa variável traz um incremento em produtividade de 100 kg por hectares, o que representa R\$ 116,66, contando o valor da saca do dia, de R\$ 70,00. Porém, nessa comparação feita a redução do uso de insumo foi um fator que demonstrou a viabilidade da adoção da tecnologia de aplicação do



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

fertilizante a taxa variável. Quando analisados os dados, a aplicação de 82,2 kg/ha do fertilizante NPK 10-50-00 representa um montante de valor monetário de R\$ 312,36 por hectare, cotado o valor de R\$ 190,00 a saca do insumo naquele dia. Essas cotações foram realizadas na data de 09/12/2024 na filial da Cooper A1. Com esses dados, são observados o quão importante é a tecnologia a campo principalmente na redução do insumo aplicado em situações que não há necessidade.

Beras *et all* (2020), fizeram uma avaliação de produtividade confrontando as aplicações de taxa variável em relação a taxa fixa, mostrando o incremento de produtividade de 3,3% superior na adoção de taxa variável na adubação. Além do incremento na produção, o uso de fertilizante na taxa fixa foi superior a 0,8% em relação a taxa variável, apresentando uma viabilidade econômica positiva na adoção do uso da tecnologia, obtendo uma sobra financeira 7,2% a mais na adoção da tecnologia.

Segundo Fieldview (2020), para explorar o máximo da lavoura com alta sustentabilidade, é preciso considerar que as áreas possuem ambientes de produção que demandam de nutrientes diferentes e em doses variadas. Cada ambiente de produção é definido por várias informações, seja características físicas, químicas, biológicas, topográficas e climatológicas que influenciam nas necessidades particulares de cada terreno.

Os investimentos em algumas culturas com insumos podem chegar até 40% do custo total da lavoura. Assim, a aplicação de insumos nas zonas qual demanda de mais nutrientes, aumenta a eficiência da produção da área, tornando a produção mais sustentável. Investimentos em tecnologia de gestão das fazendas, aliada ao uso da inteligência artificial e da tecnologia nas aplicações dos insumos, são investimentos que rentabilizam e trazem maior produtividade junto com a lucratividade a campo (John Deere, 2024).



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as constantes evoluções na agricultura e a necessidade de aumento da eficiência produtiva das culturas, entra em destaque a tecnologia, trazendo inúmeras ferramentas que auxiliam na tomada de decisão para a realização de manejos. Através disso, é possível obter informações sólidas para decisões estratégicas, podendo-se obter conhecimento de cada zona de produção da área, adotando manejos que entregam viabilidade econômica.

Essas tecnologias trazem a inovação do agronegócio, exigindo investimentos em capacitação e infraestrutura digital. O uso de informações através de mapas de produção e operação não apenas favorecem a eficiência das atividades agrícolas, mas também cria um ciclo de melhorar ano a ano a produção da área, preparando o setor para novos desafios e oportunidades desse mercado tão competitivo. Esses avanços abrem caminhos para novos modelos de negócios e oportunidades.

A combinação da tecnologia com as práticas agronômicas oportuniza um setor com mais eficiência, permitindo com que pequenos e grandes produtores alcancem altos tetos produtivos, com assertividade nas aplicações de insumos. A agricultura digital é um futuro promissor e essencial para enfrentar os desafios da necessidade de alimentação com o crescimento da população, ao mesmo tempo em que preserva os recursos naturais e promove uma produção mais sustentável.

REFERÊNCIAS

Arara Seed. **Telemetria no agronegócio: uma tecnologia que visa melhorar a gestão no campo.** Publicado em: 14/07/2023. Acessado em: 25/05/2024. Disponível em: <https://blog.araraseed.com.br/telemetria-agronegocio-gestao-campo/>

BALACEANU, Cristina Mihaela; MARCU, I.; SUCIU, George. **Telemetry system for smart agriculture.** In: Business Information Systems Workshops: BIS 2019 International Workshops, Seville, Spain, June 26–28, 2019, Revised Papers 22. Springer International Publishing, 2019. p. 573-584.

BARNES, A. P. *et al.* **Exploring the adoption of precision agricultural echnologies: A cross regional study of EU farmers.** Land Use Policy, v. 80, n.



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

November 2017, p. 163–174, 2019.

BASF. **Agricultura 5.0: O que é, Conceito, História e Como Funciona.** Acessado em 17/05/2024. Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/conteudos/cultivos-e-sementes/veja-mais-cultivos/agricultura-5-0.html>

BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; KONOPATZKI, M. R.; NÓBREGA, L. H. P.

Management zones applied to pear orchard. Journal of Food Agriculture & Environment, v. 13, n. 1, p. 98-104, 2015.

BERAS, Guilherme Jost.; RUSSINI, Alexandre.; SCHLOSSER, José Fernando.; FARIAS, Marcelo Silveira de.; **Cultivo de soja com taxa variável de fertilizantes.** Revista Cultivar. Nema, UFSC. Artigo 152 da revista Cultivar Máquinas. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/cultivo-de-soja-com-taxa-variavel-de-fertilizantes> Acesso em: 01/12/2024

BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p

Delta Global. **Telemetria para máquinas agrícolas: o que é, como funciona e por que usar?** Publicado em agosto de 2023. Acessado em: 25/05/2024. Disponível em: <https://blog.deltaglobal.com.br/telemetria-para-maquinas-agricolas/>

ECOTRACE. **Agricultura 5.0: O futuro do Agro é Logo Ali, 2024.** Acessado em 02/05/2024. Disponível Em: <https://ecotrace.info/agricultura>.

Estadão. **Agro 5.0: desafios e o que esperar dessa inovação.** Publicado em: 04/01/2023. Acessado em: 17/05/2024 Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/tendencias-e-tecnologia/agro-5-0-desafios-e-o-que-esperar-dessa-inovacao/>

EMBRAPA. **O que é agricultura de precisão.** Publicado em: 2018. Disponível em: <https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/o-que-e-agricultura-deprecisao>. Acesso em: 30/11/2024

FieldView. **5 funcionalidades da agricultura digital para defensivos.** Publicado em: 30/11/2020. Acessado em: 14/06/2024. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/5-funcionalidades-da-agricultura-digital-que-ajudam-na-aplicacao-de-defensivos>

FieldView. **Conheças as vantagens de utilizar mapas de fertilidade na agricultura de precisão.** Publicado em: 03/08/2022. Acessado em: 13/06/2024. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/mapas-fertilidade-agricultura-precisao>



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

FieldView. **O que é agricultura 5.0 e como a inteligência artificial está revolucionando as lavouras?** Publicado em: 20/12/2021. Acessado em: 17/05/2024. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/agricultura-5-0>

FieldView. **O que é a telemetria de máquinas agrícolas e por que deve ser usada?** Publicado em: 19/01/2022. Acessado em: 25/05/2024. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/telemetria-maquinas-agricolas>

FieldView. **Mapa de Colheita: como utilizar para planejar e aumentar a eficiência da safra.** Publicado em: 15/10/2024. Acessado em: 12/11/2024. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/mapa-de-colheita>

FieldView. **Taxa variável revoluciona o conceito da aplicação de insumos.** Publicado: 20/07/2020. Acessado em: 13/06/2024. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/como-a-taxa-variavel-revolucionou-o-conceito-de-aplicacao-de-insumos-nas-lavouras-brasileiras>

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I.; **Precision agriculture and food security.** n. 5967, pág. 828-831, fev, 2010.

John Deere. **JDLink™.** Publicado em: 2024. Acessado em: 25/05/2024. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt/agricultura-de-precis%C3%A3o/gerenciamento-de-informa%C3%A7%C3%B5es/sistema-de-telemetria-jdlink/>

John Deere. **Combine Advisor.** Publicado: 2024. Acessado em: 16/06/2024. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt/pe%C3%A7as-e-servi%C3%A7os/john-deere-upgrades/combine-advisor/>

John Deere. **Taxa Variada para Sólidos GreenStar™.** Publicado em: 2024. Acessado em: 01/12/2024. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt/agricultura-de-precis%C3%A3o/solu%C3%A7%C3%B5es-para-opera%C3%A7%C3%B5es-no-campo/taxa-variada-para-s%C3%B3lidos-greenstar/>

LAMPARELLI, R. **Agência Embrapa de Informações Tecnológica.** 2016. Acessado em: 12/11/2024. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTA_G01_72_711200516719.html

LANGE, Arthur F.; PEAKE, John. **Precision agriculture. Position, Navigation, and Timing Technologies in the 21st Century: Integrated Satellite Navigation, Sensor Systems, and Civil Applications,** v. 2, p. 1735-1747, 2020.

MARQUES, Leomar Santos et al. **Agricultural Machinery Telemetry: A Bibliometric Analysis.** AgriEngineering, v. 4, n. 4, p. 939-950, 2022.



Revista Inovação, vol. 4, 2025.
ISSN 2764-9199

MOLIN, J. P. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. p. 1-10.

Revista Cultivar. **Como avança o processo de modernização da agricultura**. Publicado em 29/10/2020. Acessado em: 17/05/2024. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/como-avanca-o-processo-de-modernizacao-da-agricultura>

RÜSSMANN, Michael. Lorenz, Markus. Gerbert, Philipp. Waldner, Manuela. Engel, Pascal. Harnisch, Michael. Justus, Jan. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Acessado em 17/05/2024. Disponível em: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries

STAFFORD, J. V. **Implementando Agricultura de Precisão no século 21**. Jornal de Pesquisa em Engenharia Agrícola, 76, pág. 267-275, 2000. <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.2000.0577>

UNIVERSO AGRO GALAXY. **Tecnologia na Agricultura: uma parceria necessária**. Acessado em 17/05/2024. Disponível em: <https://universo.agrogalaxy.com.br/2023/04/21/a-tecnologia-na-agricultura/>