

Relatório Final de Avaliação

AgroConnect: Projeto Piloto de IoT na Agricultura em Larga Escala

Coordenador:

Prof. Flávio de Oliveira Silva, Ph.D. - flavio@ufu.br

Faculdade de Computação (FACOM)

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Uberlândia, MG

Outubro, 2021

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estação da SciCrop instalada no campo.	14
Figura 2 – Diagrama de instalação da estação SE-2600.	15
Figura 3 – Exemplo de consultas da plataforma WEB da <i>SciCrop</i>	16
Figura 4 – Indicadores meteorológicos da <i>Zeus Agrotech</i>	18
Figura 5 – Percentual de assertividade da plataforma WEB da <i>Zeus Agrotech</i> . . .	19
Figura 6 – Discriminação e categorização de falhas de plantio com espaços maiores que 50 cm entre plantas.	21
Figura 7 – Índice de vegetação VARI. Define a variabilidade de biomassa e atividade fotossintética para identificação de anomalias (doenças, pragas, estresse nutricional e hídrico).	22
Figura 8 – Imagem que representa o índice de vegetação NDRE.	23
Figura 9 – Talhões mapeados da fazenda Gaia pela plataforma <i>APagri Monitora</i> . .	24
Figura 10 – Mapa de recomendação da Inceres.	25
Figura 11 – Previsão de irrigação diária por pivô.	27
Figura 12 – Equipamento <i>Field Commander</i> instalado no pivô.	28
Figura 13 – Rastreamento e status de uma máquina REX.	30
Figura 14 – Controlador de bordo e controlador eletrônico REX.	30
Figura 15 – Especificação do pulverizador TS instalado na Algar Farming.	32
Figura 16 – Algumas métricas exibidas pelo monitor <i>20/20</i> da <i>Precision Planting</i> .	34
Figura 17 – Visão geral da plataforma IoT <i>AgroConnect</i>	36
Figura 18 – Arquitetura do <i>Datalake AgroConnect</i>	37
Figura 19 – <i>Card Clima</i> - Mapa de estações meteorológicas	39
Figura 20 – <i>Card Clima</i> - Situação das estações meteorológicas	39
Figura 21 – <i>Card Clima</i> - Previsão meteorológica de médio prazo	39
Figura 22 – <i>Card Clima</i> - Previsão meteorológica de longo prazo	40
Figura 23 – <i>Card Máquinas</i> - Dados do maquinário, visão geral e gráficos de horas por classe de operação	40
Figura 24 – <i>Card Máquinas</i> - Horas por operação e Rendimento Diário	41
Figura 25 – <i>Card Produtividade</i> - Upload de dados	41
Figura 26 – <i>Card Produtividade</i> - Análise de produtividade média (sc)	42
Figura 27 – <i>Card Produtividade</i> - Produtividade média (sc/ha)	42
Figura 28 – <i>Card Produtividade</i> - Área colhida (ha)	43
Figura 29 – Mapa de cores exibido pelo <i>portal WEB AgroConnect</i>	43
Figura 30 – <i>Card Imagens</i> - Mapa dos Talhões	44
Figura 31 – <i>Card Imagens</i> - Mapa dos Talhões	44
Figura 32 – Desempenho das previsões de curto prazo da <i>FITec</i>	45

Figura 33 – Alguns dados de solo da <i>Apagri</i> exibidos pelo <i>portal AgroConnect</i>	47
Figura 34 – Áreas da <i>Algar Farming</i> onde foram executados os protocolos experimentais da solução <i>Pro Solus</i>	65
Figura 35 – Comparativo de análise de solo da Fazenda São Paulo.	67
Figura 36 – Mapa de fertilidade referente à concentração de enxofre na fazenda São Paulo no ano de 2020.	68
Figura 37 – Mapas NDVI de diferentes períodos da Fazenda São Paulo.	69
Figura 38 – Mapa NDVI exibindo falhas de plantio na fazenda São Paulo e fotos reais das plantas encontradas na região.	70
Figura 39 – Profundidade e distanciamento uniforme no metro do plantio onde é utilizada a solução IoT da <i>Precision Planting</i>	71
Figura 40 – Mapa NDRE do talhão França.	72
Figura 41 – Falhas de plantio no talhão França.	73
Figura 42 – Histórico de precipitação do talhão França retirado da plataforma <i>Zeus</i>	73
Figura 43 – Geada do dia 01/07/2021 no talhão Maringá. Imagem retirada da plataforma <i>Zeus</i>	74
Figura 44 – Detalhes Instalação SciCrop - Vista 1.	107
Figura 45 – Detalhes Instalação SciCrop - Vista 2.	108
Figura 46 – Detalhes Instalação Zeus Agrotech - Vista 1.	109
Figura 47 – Detalhes Instalação Zeus Agrotech - Vista 2.	109
Figura 48 – Detalhes Instalação Irriger - Vista 1.	110
Figura 49 – Detalhes Instalação Irriger - Vista 2.	110
Figura 50 – Detalhes Instalação REX - Vista 1.	111
Figura 51 – Detalhes Instalação REX - Vista 2.	112
Figura 52 – Detalhes Instalação Pro-Solus - Vista 1.	113
Figura 53 – Detalhes Instalação Pro-Solus - Vista 2.	113
Figura 54 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 1.	114
Figura 55 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 2.	114
Figura 56 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 3.	115
Figura 57 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 4.	115
Figura 58 – Cultura de Soja - Vista 1.	116
Figura 59 – Cultura de Soja - Vista 2.	116
Figura 60 – Cultura de Soja - Vista 3.	117
Figura 61 – Cultura de Soja - Vista 4.	117
Figura 62 – Colheita de Soja - Vista 1.	118
Figura 63 – Colheita de Soja - Vista 2.	118
Figura 64 – Colheita de Soja - Vista 3.	119
Figura 65 – Colheita de Soja - Vista 4.	119

Lista de tabelas

Tabela 1 – Empresas fornecedoras de soluções IoT	12
Tabela 2 – Desempenho dos serviços de previsão da <i>Fitec</i> , <i>Zeus</i> e da <i>Scicrop</i> ; medido através do Erro Médio Absoluto(EMA). Refere-se aos erros da previsão de curto prazo das características listadas.	46
Tabela 3 – Tecnologias de Conectividade Utilizadas na Fazenda	49
Tabela 4 – Média efetiva histórica das safras da <i>Algar Farming</i> em períodos anteriores a 2019 - antes da implantação do projeto.)	53
Tabela 5 – Data do contrato e da instalação das soluções IoT no complexo de fazendas Gaia.	53
Tabela 6 – Talhões utilizados na safra de 2019/2020.	56
Tabela 7 – Características dos talhões da safra de 2019/2020.	57
Tabela 8 – Valores dos indicadores de performance da safra de soja de 2019/2020.	59
Tabela 9 – Ganhos de receita da safra de 2019/2020 em relação aos resultados médios obtidos das safras anteriores ao período do projeto (ver Tabela 4). Os cálculos são baseados nos indicadores de performance previstos pelo projeto <i>AgroConnect</i>	60
Tabela 10 – Ensaio de nematicidas na fazenda Gaia - Pivô 6.	62
Tabela 11 – Histórico de intervenções e produtividade do solo na Fazenda São Paulo.	67
Tabela 12 – Talhões utilizados na safra de 2020/2021.	76
Tabela 13 – Características dos talhões da safra de 2020/2021.	77
Tabela 14 – Valores dos indicadores de performance da safra de soja de 2020/2021.	78
Tabela 15 – Ganhos de receita da safra de 2020/2021 em relação aos resultados médios obtidos das safras anteriores ao período do projeto (ver Tabela 4). Os cálculos são baseados nos indicadores de performance previstos pelo projeto <i>AgroConnect</i>	79
Tabela 16 – Valores dos indicadores de performance da safra de soja de 2020/2021 em relação à safra de 2019/2020.	81
Tabela 17 – Custos fixos e variáveis em reais (R\$) do projeto <i>AgroConnect</i>	84
Tabela 18 – Balanço financeiro sintético do projeto <i>AgroConnect</i>	85
Tabela 19 – Mecanismos de Segurança das Soluções IoT Avaliadas.	97

Sumário

1	Resumo Executivo	7
2	Introdução	9
3	Contextualização do Projeto AgroConnect	10
3.1	Parceiros Envolvidos	11
3.2	Descrições das Soluções de IoT por área de atuação	11
3.3	Plataforma IoT AgroConnect	35
3.4	Conectividade	48
3.5	Área de Realização do Projeto	50
4	Desempenho Técnico-Econômico	51
4.1	Primeiro ano do projeto <i>AgroConnect</i>	53
4.2	Segundo ano do projeto <i>AgroConnect</i>	61
4.3	Uma comparação evolutiva dos indicadores de performance referentes às safras do projeto <i>AgroConnect</i> de 2019/2020 e 2020/2021	82
4.4	Resultados que envolvem o balanço financeiro dos indicadores de performance propostos pelo projeto <i>AgroConnect</i>	83
5	Identificação de Oportunidades e Barreiras para Replicação das Soluções	86
5.1	Barreiras	86
5.2	Oportunidades	89
6	Contribuição para definição de padrões e certificações técnicas de soluções de IoT	91
7	Avaliação de requisitos relacionados à segurança e privacidade	92
7.1	Requisitos fundamentais de proteção à privacidade na Internet e em Ambientes IoT	93
7.2	Avaliação geral dos serviços de segurança das soluções IoT do projeto <i>AgroConnect</i>	96
8	Estruturação de modelo de negócio sustentável para difusão da solução	97
9	Considerações Finais	99
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICES	106
	APÊNDICE A – SOLUÇÕES INSTALADAS DURANTE O PROJETO AGROCONNECT	107

1	SciCrop	107
2	Zeus Agrotech	109
3	Irriger	110
4	REX	111
5	Pro-Solus	113

APÊNDICE B – COMPLEXO GAIA - CULTURA E COLHEITA

DA SOJA NO PROJETO *AGROCONNECT* . . . 114

6	Fotos Complexo Gaia	114
7	Fotos Cultura da Soja	116
8	Fotos Colheita da Soja	118

1 Resumo Executivo

A agricultura é um dos mais importantes negócios nacionais com grande participação no PIB. O agronegócio representa quase a metade das exportações totais do Brasil e em 2020 a soja respondeu por cerca de 35% das exportações Brasileiras.

O agronegócio enfrenta vários desafios. Estudos indicam que até o ano de 2050, para atender às demandas de segurança alimentar, será preciso aumentar em mais de 70% a produção global de alimentos e é fundamental que essa expansão seja acompanhada de sustentabilidade. Otimizar os processos de produção é fundamental para produzir mais e com menos insumos.

Em 2018, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) realizou uma chamada pública para pilotos do uso de Internet das Coisas (IoT) em larga escala a fim de avaliar o uso de IoT em ambientes reais.

O projeto *AgroConnect*, um dos selecionados nesta chamada, possui como objetivo implantar em um ambiente real, integrar e avaliar diferentes soluções baseadas na Internet das Coisas (IoT) focadas no agronegócio e disponíveis no mercado.

As soluções de IoT utilizadas englobam o monitoramento meteorológico, fornecido pelas empresas *Zeus Agrotech* e *SciCrop*; o sensoriamento remoto de lavouras, realizado pela *Sensix*; o monitoramento do solo realizado pela *InCeres* e *APagri*, o monitoramento dos recursos hídricos, pela *Irriger*; o monitoramento de operações agrícolas e ativos, através da *Velos* e ainda outros dispositivos de agricultura de precisão fornecidos pela *Precision Planting* e *Pro Solus*.

Os parceiros envolvidos na realização do projeto *AgroConnect* são a *Fundação para Inovações Tecnológicas (FITec)*, a *Nokia Solutions and Networks(Nokia)* e *Algar Telecom*. A instituição avaliadora é *Universidade Federal de Uberlândia (UFU)*. O piloto foi realizado nos fazendas do Complexo Gaia de propriedade da *Algar Farming* onde todas as tecnologias foram implantadas e utilizadas durante o período de 2019 a 2021. O complexo Gaia possui uma área de 7.000 hectares e está localizado no bioma do cerrado, em Minas Gerais. O projeto envolveu uma área de 1.758,46 hectares onde as soluções foram implantadas e avaliadas com a participação direta do pessoal da *Algar Farming* no uso e avaliação das soluções ao longo das safras realizadas no período.

Além do uso das soluções, no piloto foi criada a *Plataforma IoT AgroConnect* que foi responsável por integrar em um ambiente de computação em nuvem todos os dados dados provenientes das diversas soluções. A plataforma é responsável por coletar, processar e realizar uma análise inteligente dos dados verticais de cada solução, através do uso de técnicas de inteligência artificial, e assim extrair informações relevantes não encontradas nas soluções implantadas buscando aumentar a qualidade da informação para a tomada de decisão pelo produtor.

Este relatório apresenta a análise do desempenho técnico-econômico das soluções implantadas levando em conta os custos de instalação (*capex*) e operação (*opex*) e as receitas geradas com o aumento da produtividade ocasionado pela agricultura de precisão levando em conta a média histórica de diferentes indicadores utilizados pela *Algar Farming*. O relatório apresenta uma análise tanto do primeiro ano do projeto, referente à safra 2019/2020 quanto do segundo ano, envolvendo a safra 2020/2021.

Alguns dos resultados do primeiro ano indicam um aumento de produtividade de 19,35% em sacas de soja por hectare frente à média histórica de safras anteriores. Um aumento de 12,50% na porcentagem de acerto da previsão meteorológica e ainda aumento de 142% na singulação. Para o segundo ano, os números indicam um aumento de 19,45% na produtividade de sacas de soja por hectare, e números promissores em relação à outros indicadores.

O balanço financeiro indica que os ganhos obtidos com a primeira safra foram suficientes para pagar o investimento referente a equipamentos e serviços e ainda que o custo com fornecedores de serviços caem cerca de 55,12% após o período de dois anos.

A partir da observação prática do uso das tecnologias em ambiente real e em larga escala, este relatório apresenta um conjunto de oportunidades para replicação destas soluções por outros produtores. E também apresenta um conjunto de barreiras observadas e que podem ser objeto de atenção pelos diversos atores envolvidos, ou seja, os produtores, os provedores de soluções, operadores de telecomunicações e governo.

O relatório explora ainda contribuições para definição de padrões e certificações técnicas de soluções de IoT, uma avaliação relacionada à segurança e privacidade das soluções utilizadas e ainda a proposição de um modelo de negócio sustentável para difusão do uso da solução pelo setor do agronegócio Brasileiro.

2 Introdução

Em 2018, uma iniciativa do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a partir de um desdobramento do estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil” (BNDES, 2017), foi realizada uma chamada aberta para projetos pilotos de IoT em larga escala (BNDES, 2019).

Os pilotos em larga escala permitem integrar diferentes soluções e testá-las em ambiente real a fim de avaliar o impacto das tecnologias, seus benefícios e os desafios associados à sua aplicação (ELIJAH et al., 2018).

Uma das propostas selecionadas foi a "Plataforma integrada de dados (clima, solo, manejo, máquinas, eficiência energética e eficiência hídrica) para monitoramento e recomendações sobre o uso de recursos naturais, insumos e maquinário" denominada *AgroConnect*.

O objetivo do projeto *AgroConnect* é desenvolver essa plataforma piloto capaz de integrar diferentes soluções baseadas na Internet das Coisas (IoT) focadas no agronegócio e testar diversas tecnologias de conectividade que viabilizem o monitoramento do ambiente rural através de sensores e diferentes equipamentos; com a finalidade de aumentar a produtividade e a rentabilidade da produção no campo.

O objetivo deste relatório é descrever diferentes aspectos relacionados com o piloto de IoT abordando as diversas soluções IoT utilizadas e seus impactos na produção agrícola. Para esse fim, este relatório deve apresentar um conjunto de *KPIs* que visa avaliar a viabilidade técnico-econômica do projeto, levando em conta custos de instalação (capex) e operação (opex). Além disso, deve identificar oportunidades e barreiras para replicação, contribuir para definição de indicadores e padrões de certificação para soluções IoT, apresentar requisitos de segurança e privacidade atendidos e possíveis modelos de negócio para a difusão das soluções envolvidas no piloto.

Este documento está organizado da seguinte forma: A Seção 3 apresenta um contexto geral do projeto *AgroConnect*. A Seção 4 descreve uma avaliação do projeto do ponto de vista do desempenho técnico-econômico. A Seção 5 aborda oportunidades e barreiras para replicação das soluções. A Seção 6 visa definir padrões e certificações técnicas de soluções IoT. A Seção 7 apresenta uma avaliação do projeto em relação à segurança e privacidade. A Seção 8 discute sobre um modelo de negócio sustentável para difusão da solução. Finalmente, a Seção 9 apresenta as considerações finais.

3 Contextualização do Projeto AgroConnect

A agricultura é um dos mais importantes negócios nacionais com grande participação do PIB. Tem-se demonstrado muito produtiva, sustentando níveis positivos na balança comercial como também é responsável por uma fatia considerável do desempenho da economia nacional. A participação do agronegócio nas exportações totais do país foi de 43% em 2019; e, no acumulado dos últimos 20 anos (de 2000 a 2019), o saldo comercial do agronegócio brasileiro (receitas das exportações menos gastos com importações em dólares) aumentou mais de cinco vezes, apresentando crescimento de 442% (CEPEA, 2020).

Entretanto, enfrenta vários desafios. Alguns estudos verificaram que até o ano de 2050, para atender às demandas de segurança alimentar, será preciso aumentar em mais de 70% a produção global de alimentos; além disso, é fundamental que essa expansão seja acompanhada de sustentabilidade. O esgotamento da energia fóssil e o impacto ambiental negativo causado por ela exige mudanças significativas na matriz energética (IPEA, 2020). Otimizar os processos de produção é fundamental para produzir mais com menos insumos.

Nesse contexto, o projeto *AgroConnect* se justifica; pois tem a finalidade de implantar na *Algar Farming* (ALGAR, 2020) uma *Agricultura de Precisão* com um sistema de manejo integrado de informações e tecnologias, fundamentado no conceito de que as variabilidades de espaço e tempo influenciam nos rendimentos de cultivo. Para esse fim, algumas soluções IoT que visam o monitoramento meteorológico, sensoriamento remoto de lavouras, monitoramento de solo, monitoramento de recursos hídricos e monitoramento de operações agrícolas e ativos da propriedade foram contratadas com o objetivo de otimizar o ciclo produtivo da fazenda. Além disso, foram adquiridos equipamentos tais como pulverizadores, motores elétricos de linhas de produção, dosadores de sementes, sensores de plantio, monitores e outros; que desempenham funções pontuais com a finalidade de otimizar a produção e os custos das operações executadas no campo.

O projeto *AgroConnect* baseia-se na integração de diversas soluções IoT que desempenham agronomia de precisão em várias áreas de atuação distintas, tais como solo, clima, manejo, rastreamento de ativos, etc. Nesse contexto, foi desenvolvida a *plataforma Iot AgroConnect* que automatiza essa integração e cria novas informações que agregam valor nas tomadas de decisão do produtor.

A subseção 3.1 apresenta os parceiros envolvidos no projeto, a seção 3.2 contextualiza, justifica e descreve as soluções IoT contratadas pelo projeto por área de atuação (conforme Tabela 1) e a seção 3.3 descreve a *plataforma Iot AgroConnect* desenvolvida pelo projeto.

3.1 Parceiros Envolvidos

A instituição tecnológica proponente do projeto é a Fundação para Inovações tecnológicas (FITec) (FITEC, 2018), que é responsável pela sua execução e implantação. Trata-se de uma fundação privada de fins não lucrativos, credenciada no Ministério da Ciência e Tecnologia junto ao Comitê da Área de Tecnologia da Informação (CATI). Os seus serviços incluem desenvolvimento de software, projeto de equipamentos eletrônicos desde sua especificação até suporte à produção e aos serviços de engenharia.

A instituição cofinanciadora é a Nokia Solutions and Networks (NOKIA, 2015), que além de aporte de contrapartida financeira oferece cooperação tecnológica para apoio na instalação, configuração e integração de equipamentos e sistemas.

O piloto é realizado na fazenda modelo da Algar Farming (ALGAR, 2020). A Algar Farming é uma empresa produtora de commodities agrícolas, que atua integralmente no plantio e na comercialização de grãos, principalmente soja e milho, e na criação de gado de corte. Além da fazenda onde é realizada a implantação de toda a infraestrutura do piloto, a Algar Farming fornece dados de colheitas referentes a outras safras e suporte necessário durante a execução do piloto, a realização de testes e a validação das tecnologias em diferentes áreas e equipamentos da fazenda.

A empresa parceira envolvida é a Algar Telecom (TELECOM, 2019), que atua no projeto como a demandante das soluções. Além disso, a Algar Telecom contribui com a instalação de infraestrutura para comunicação na fazenda modelo, apoiando ainda na configuração e integração de equipamentos e sistemas.

A instituição avaliadora é a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) (UFU, 2019), responsável pelo acompanhamento de todo o processo de implantação do piloto, bem como avaliar os resultados antes e após o desenvolvimento do projeto, e ainda registrar os desafios, dificuldades e as lições aprendidas, de forma a compartilhar com outras empresas que queiram implementar esse tipo de solução.

O projeto conta ainda com fornecedores de soluções em diversas áreas. A Tabela 1 apresenta essas empresas fornecedoras conforme sua área tecnológica de atuação.

3.2 Descrições das Soluções de IoT por área de atuação

As soluções de IoT fornecidas pelos parceiros indicados na Tabela 1 envolvem algumas áreas de atuação tecnológica.

3.2.1 Monitoramento Meteorológico

É importante para o desenvolvimento de qualquer cultura e lavoura o conhecimento das condições climáticas da região. Tentar obter sucesso sem conhecer o índice pluviométrico,

Tabela 1 – Empresas fornecedoras de soluções IoT

Área de atuação	Empresas fornecedoras
Monitoramento meteorológico	Zeus Agrotech (AGROTECH, 2020)
	SciCrop (SCICROP, 2020)
Sensoriamento de lavouras	Sensix (SENSIX, 2020)
Monitoramento do solo	InCeres (INCERES, 2020)
	APagri (APAGRI, 2020)
Monitoramento dos recursos hídricos	Irriger (IRRIGER, 2020)
Monitoramento de operações agrícolas e ativos	Velos (VELOS, 2020)
Outros dispositivos de agricultura de precisão adquiridos para o projeto <i>AgroConnect</i>	Pro Solus (SOLUS, 2020)
	Precision Planting (PLANTING, 2020)

Fonte: Autor.

a umidade do ar, a taxa de incidência solar e todos os outros fatores naturais é uma atitude arbitrária; que pode atrapalhar o desempenho do processo produtivo.

Por essa razão, é necessário que o produtor - seja pequeno, médio ou grande - possua todas as informações possíveis sobre o entorno da sua fazenda. A coleta de dados sobre o clima e o tempo são fundamentais para o produtor rural, pois afetam diretamente a lucratividade do agronegócio e ajudam a mitigar possíveis prejuízos do investimento. O agronegócio é um investimento de risco, e quem corre esse risco é o produtor.

O clima é o histórico da média das condições de tempo em um local determinado que pode ser elaborada com análises de até 30 anos. Com isso, é possível planejar as atividades agrícolas, de acordo com quantidade de chuvas ou períodos de secas, já que cada planta tem condições diferentes e exige variadas condutas de irrigação, manejo e plantio. O tempo meteorológico refere-se às condições da atmosfera em curtos períodos,

tais como horas ou dias. Pode-se prever com mais chances de acerto em um período até de 05 dias. O clima planeja as ações, enquanto o tempo monitora. É necessário que o produtor pense nos dois, de forma combinada, para suas tomadas de decisão no que se refere ao ciclo produtivo.

Essas informações são importantes para que o produtor adeque seus mecanismos de produção; tais como as condições adequadas para o tráfego de máquinas, época ideal para aplicar defensivos, irrigar, fazer a colheita e plantio. Fenômenos de risco potencial tais como *El Niño* e *La Niña* também devem ser acompanhados, pois mudam padrões de vento a nível mundial e regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias.

O monitoramento meteorológico tem o objetivo de fornecer esses dados com precisão e rapidez. A ideia inicial do projeto envolve a contratação de duas soluções, sendo que uma delas oferece o serviço de monitoramento com baixo custo. O objetivo é compará-las em termos de eficiência e ter diferentes portfólios de soluções que podem ser oferecidos a agricultores com diferentes realidades financeiras. As soluções contratadas do projeto *AgroConnect* responsáveis por esse quesito envolvem as empresas *SciCrop* ([SCICROP, 2020](#)) (baixo custo) e *Zeus Agrotech* ([AGROTECH, 2020](#)).

3.2.1.1 Scicrop

A *SciCrop* oferece soluções de coleta e processamento de dados em tempo real, de forma a entregar informações estratégicas para gerenciamento do agronegócio.

SciCrop CLIMA é uma solução de coleta e monitoramento de dados climáticos hiperlocais. A partir da instalação de uma rede de estações meteorológicas, é disponibilizado uma série de dados climáticos e previsões customizadas dos próximos 15 dias.

Essas previsões são essenciais para a melhor tomada de decisão do agricultor quanto à otimização das atividades do ciclo produtivo da lavoura, tais como prevenção contra compactação do solo através do planejamento de entrada de veículos no período de chuvas, planejamento de irrigação, planejamento de aplicações de insumos de acordo com os dados do vento, entre outros.

Quanto à estação meteorológica instalada na fazenda, exibida na Fig. 1, trata-se da *estação SE-2600 SciCrop*; ela consiste de um receptor e plataformas compostas por diversos sensores. Dentre os sensores que compõem a estação, pode-se citar o indicador de direção e velocidade do vento, painel solar, sensor termo higrômetro, sensor ultra-violeta e sensor de luminosidade. A Fig. 2 ilustra o caminho dos dados coletados desde os sensores até os servidores da *SciCrop*; onde ficarão armazenados. O Apêndice A, na Seção 1, apresenta mais detalhes sobre a estação meteorológica da *SciCrop*.

Todos os equipamentos têm autonomia energética via carregamento solar, e já saem para instalação testados e calibrados. A energia é mantida nos equipamentos através

Figura 1 – Estação da SciCrop instalada no campo.



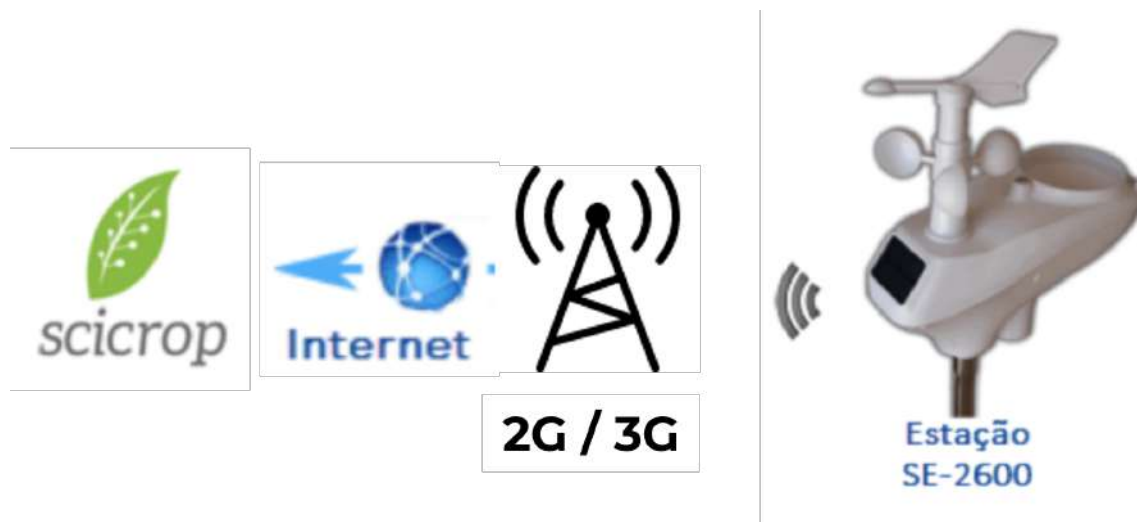
de baterias recarregáveis. No momento da instalação, os mesmos já estão configurados na plataforma de coleta e disponibilização dos dados. Desta forma, será disponibilizado no mesmo dia acesso aos dados das estações que são instaladas. Os dados podem ser consultados de forma web, mobile ou por serviços de *web services*.

Os dados das estações são coletados e armazenados em *cloud*, utilizando para isso mecanismos de criptografia. Para acessar esses dados através de *web services*, a *Scicrop* disponibiliza a *AgroAPI*; que funciona como um *middleware* de integração entre os dados armazenados e o software do cliente. A utilização dessa *Application Programming Interface* (API) passa pela utilização do objeto *authEntity*, que faz a autenticação do cliente, tais como o IP e o ID de sessão do usuário. A *SciCrop* ainda possui a opção de contratação de um serviço onde a própria empresa faz a inserção de dados de forma ativa na aplicação do cliente.

A *SciCrop* oferece a integração dos seus dados com outros modelos de pluviômetros e estações automáticas. Para tanto esses equipamentos devem apresentar interface para coleta de dados. Para equipamentos do cliente que se faça necessária a integração, basta utilizar a *AgroAPI* disponibilizada para que se consiga unir os dados das estações da *SciCrop* com outras informações do cliente na mesma plataforma. O *portal WEB AgroConnect* desenvolvido pela *FITec* utilizará desse recurso para a elaboração da sua plataforma de integração de várias soluções IoT.

Quanto à conectividade, a comunicação pode ser feita via 2G; 3G; *LPWA LTE CAT-M1* e *LTE CAT NB1*; LoRa; e, via rádio de transmissão VHF de grande alcance. A coleta de dados do equipamento é feita a cada 16 segundos e depois enviados para a *cloud* da *SciCrop*, conforme mostrado na Fig. 2.

Figura 2 – Diagrama de instalação da estação SE-2600.



Segundo a própria *SciCrop*, ela garante disponibilidade de 99,5% em relação aos seus equipamentos (estação e sensores); 95,3% em relação à conectividade GPRS (se contratada pela própria empresa); 99,8% em relação às suas API's e 99,8% em relação aos seus *dashboards* e sistemas.

Em relação à *plataforma WEB* disponibilizada pela *SciCrop*, ela inclui controle de acesso com restrição de perfil do usuário. Dessa forma, o conteúdo das plataformas são liberados ou bloqueados de acordo com o perfil configurado para cada usuário. A *solução WEB* é responsiva e pode ser utilizada em todo tipo de dispositivo, tais como *laptops*, *tablets* e *smartphones*. Ela também possui uma interface customizada com as cores e identidade visual do cliente, que também recebe um endereço eletrônico próprio.

São disponibilizadas diversas consultas, tais como: dados climáticos hiperlocais em tempo real; pluviometria acumulada diariamente; previsão de 15 dias sob medida; dados históricos climáticos da propriedade; gráficos comparativos de dados climáticos entre safras; consulta de índices climáticos personalizados ao plantio; cadastro de alertas de impactos climáticos e aplicações.

A Fig. 3 ilustra dois exemplos de consultas da plataforma WEB da *SciCrop*: a primeira consulta exposta na Fig. 3-a exibe várias características meteorológicas coletadas entre 30/11/2020 e 07/12/2020 referente à estação S20190016 da Fazenda Gaia, tais como temperatura mínima e máxima no dia, média da velocidade do vento no dia, umidade mínima e máxima no dia, etc; a segunda consulta é recebida diariamente pela plataforma e indica as previsões de chuva, na fazenda Gaia, nos próximos 10 dias. Uma das limitações

é que a consulta diária da plataforma não apresenta o percentual de acerto das previsões; apenas as classifica em alta, média e baixa confiabilidade.

Figura 3 – Exemplo de consultas da plataforma WEB da *SciCrop*.

(a) Dados climáticos hiperlocais da Fazenda Gaia coletada na estação S20190016

PREVISÃO HIPERLOCAL CLIMATEMPO

Selecione a estação de referência para a previsão

Fazenda Gaia (Algar Farming) [S20190016] Processar

Data	Temp. (min °C)	Temp. (max °C)	Chuva (mm)	Chuva (%)	Vento (média km/h)	Vento (rajadas km/h)	Dir. Vento	Umidade (min %)	Umidade (max %)	Pressão At (hPa)
30/11/2020	22.00	33.00	0.00	0.00	15.00	32.20	NE	32.00	72.00	928
01/12/2020	20.00	35.00	3.82	90.00	12.00	31.17	NNE	29.00	76.00	926
02/12/2020	21.00	35.00	8.00	83.00	10.00	27.09	N	33.00	70.00	924
03/12/2020	21.00	35.00	9.74	90.00	11.00	25.37	NNO	33.00	81.00	924
04/12/2020	20.00	35.00	4.34	66.00	10.00	23.12	NNO	33.00	83.00	925
05/12/2020	21.00	33.00	1.74	90.00	7.00	18.56	O	31.00	80.00	927
06/12/2020	22.00	34.00	5.09	90.00	6.00	15.86	ONO	30.00	78.00	926
07/12/2020	22.00	31.00	6.32	90.00	9.00	22.41	NNE	43.00	85.00	926

(b) Relatório diário de previsão climática

Relatório diário de Previsão Climática - 24/11/2020 (Fonte: Clima Tempo e SciCrop)

Estação	Cidade	Chuva - MM										Total (10 dias)
		Alta Confiabilidade			Média Confiabilidade			Baixa Confiabilidade				
		24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11	01/12	02/12	03/12	
Fazenda Gaia (Algar Farming)	Monte Alegre de Minas	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	0.0
		10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	31.4

3.2.1.2 Zeus Agrotech

A *Zeus Agrotech* pesquisa, projeta, fabrica, instala, monitora e analisa equipamentos e dados climáticos. Dentre as soluções, a empresa garante previsão climática com mais de 80% de assertividade, monitoramento das condições do pivô em tempo real, e o fornecimento de estações meteorológicas digitais que permitem o acesso ao histórico de todas as informações coletadas.

Esses serviços são essenciais para que o agricultor possa melhorar a qualidade da sua tomada de decisão quanto ao planejamento do ciclo produtivo da sua lavoura, tornando-a mais eficiente. Pode-se escolher melhores janelas para o plantio, colheita e aplicações de insumos. Dessa forma, a expectativa é que o produtor consiga aumentar os ganhos; otimizando a produção e o desperdício.

Quanto à estrutura de rede das estações meteorológicas, é instalada no campo o que a *Zeus Agrotech* denomina de *Plataforma Inteligente de Coleta* (PIC). Essa plataforma de inteligência é instalada de acordo com as áreas do campo que devem ser cobertas pela tecnologia. A análise da região e a sugestão de como se dá a distribuição de equipamentos de monitoramento, extensão e previsão são oferecidos pela equipe da própria empresa.

No caso da *Algar Farming*, foi instalada 1 plataforma de previsão, 4 plataformas de monitoramento e 1 plataforma de extensão. É válido salientar que essas plataformas estão interligadas em rede e são responsáveis pela coleta e processamento dos dados, além de elaborar indicadores climáticos tais como precipitação, umidade relativa do ar, temperatura, pressão, luminosidade, velocidade e direção do vento.

Os dados das estações são coletados e armazenados em *cloud*. Para acessar esses dados através de *web services*, a *Zeus Agrotech* disponibiliza a *ZeusAgro API*, que possui um conjunto de métodos responsáveis pelas listagens dos dados coletados pela PIC e outros dados de configuração necessários, tais como a listagem de PICs instaladas na propriedade. O consumo desses métodos via API depende da autenticação do cliente e da utilização de um token digital temporário.

Quanto à conectividade, a comunicação dos dados de coleta até o *gateway* da *Zeus Agrotech* é feita através da tecnologia *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) denominada LoRa; trata-se de uma rede local propícia para soluções IoT. Entretanto, os tipos de interfaces de comunicação utilizados pelo(s) *gateway(s)* limitam-se às tecnologias 2G, 3G e satélite. Uma limitação é a falta de interfaces de comunicação para redes IoT tais como LPWA LTE CAT-M1 e LTE CAT-NB1.

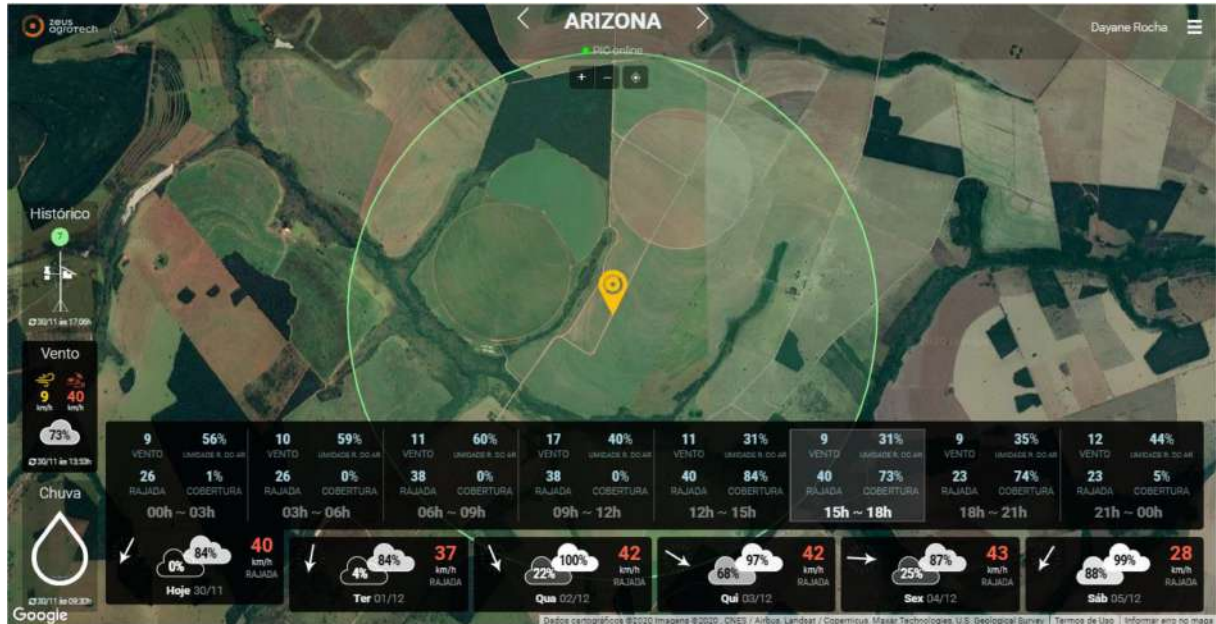
Através da coleta de dados na propriedade, a *Zeus Agrotech* consegue elaborar previsões detalhadas de curto, médio e longo prazo. A perspectiva da empresa é aumentar o nível de confiabilidade das suas previsões através de algoritmos avançados e criar uma grande rede colaborativa de dados no Brasil. Os dados coletados na propriedade podem ser acessados através de uma *plataforma Web* ou direto do celular via aplicativo.

Em relação ao acesso da *plataforma WEB*, ela inclui controle de acesso com restrição do perfil do usuário. Dessa forma, cada perfil do usuário possui a sua capacidade de acesso aos conteúdos.

Diversas informações são disponibilizadas, tais como: temperatura; umidade relativa do ar; precipitação registrada na estação desde o dia de sua instalação; informações de cobertura de nuvens; velocidade, direção e rajadas de vento; etc. Alguns desses indicadores podem ser vistos na Fig. 4. Além disso, o cliente pode acompanhar o volume que choveu no mês. Os registros chegam a detalhes de hora em hora dos volumes pluviométricos colhidos na estação. A solução fornece gráficos de distribuição horária da precipitação, comportamento da temperatura e da umidade do ar. O Apêndice A, na Seção 2, apresenta

mais detalhes sobre a estação meteorológica da *Zeus Agrotech* instalada para o projeto *AgroConnect*.

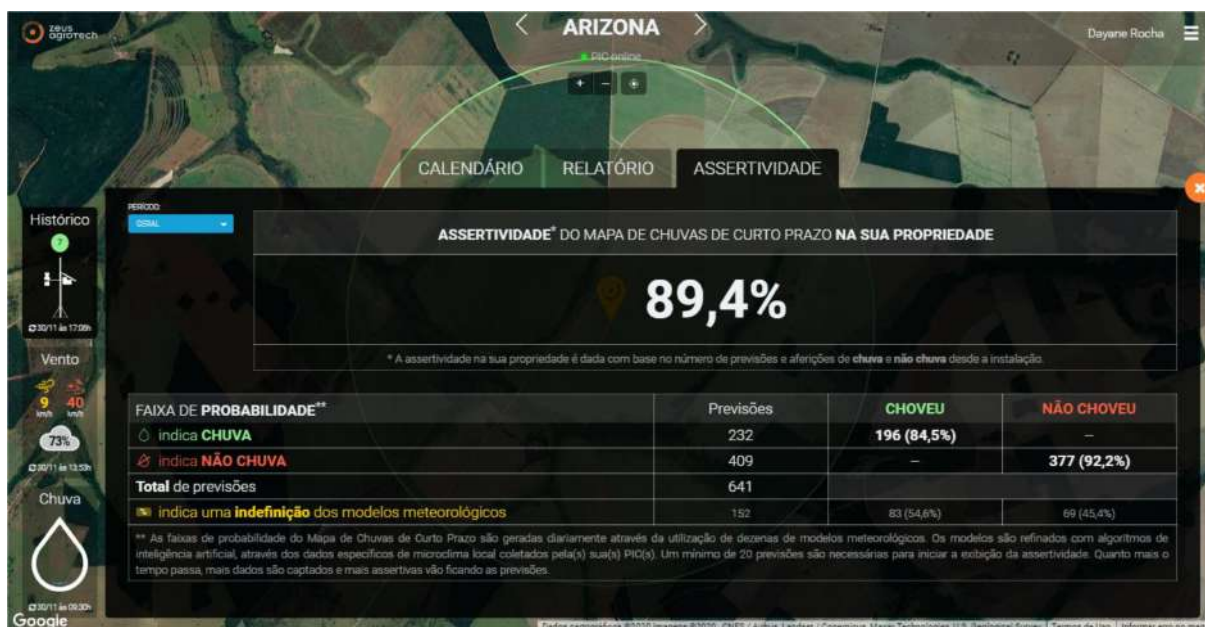
Figura 4 – Indicadores meteorológicos da *Zeus Agrotech*.



Os relatórios são diversos: para cada característica meteorológica coletada; consegue-se fazer previsões de curto, médio e longo prazo. Um exemplo é em relação a previsão de chuva. Verifica-se a previsão de ocorrência de chuva a curto prazo. Para os primeiros três dias, tem-se a indicação se a chuva é generalizada ou isolada. Verifica-se também a temperatura mínima e máxima prevista para cada dia. Ainda em relação a previsão de chuva, a previsão a médio prazo calcula a distribuição de chuva para os próximos 30 dias. A previsão é distribuída em cada dezena, podendo a chuva se concentrar na segunda dezena desses 30 dias. Em relação à previsão de longo prazo, tem-se por exemplo a previsão de precipitação para os próximos 06 meses.

Um dado importante da plataforma e que é o grande responsável pela confiabilidade dos algoritmos de previsão é o percentual de assertividade. Para cada um das faixas de previsão - faixa verde (é provável que o evento aconteça), faixa amarela (probabilidade do evento ocorrer é indefinida), faixa vermelha (probabilidade do evento não ocorrer) - é calculada o percentual de acerto entre o previsto e realizado. A Fig. 5 exibe a assertividade de cada uma dessas faixas. A faixa verde indica uma acurácia de 84,5% em 232 previsões, a faixa vermelha apresenta uma acurácia de 92,2% em 409 previsões e a faixa amarela exibe que em 152 previsões, 83 (54,6%) choveu e 69 (45,5%) não choveu; o que indica que a indefinição de ocorrência de chuvas apontada pelo aplicativo está correta. Bem destacado, encontra-se o percentual médio da acurácia das faixas verdes e vermelhas, que é 89,4%.

Figura 5 – Percentual de assertividade da plataforma WEB da Zeus Agrotech.



3.2.2 Sensoriamento remoto de lavouras

O sensoriamento remoto é uma técnica de aquisição de informações de um objeto através de sensores sem que haja um contato físico (SHIRATSUCHI et al., 2014). Dessa forma, as medições são obtidas facilmente em lugares de difícil acesso ou acidentados, dá-se para fazer cobertura de grandes áreas geográficas contendo observações isoladas pontuais, a coleta de dados é não destrutiva, e pode-se ajustar erros através da avaliação de séries históricas de imagens (JENSEN et al., 1996).

Essas informações são coletadas através de sensores acoplados principalmente em veículos aéreos não tripulados (VANTs) e satélites. Esses sensores baseiam-se em *espectroscopia de reflectância*. Essa técnica mede a reflexão da radiação eletromagnética (REM) após a sua interação com diferentes superfícies em diferentes comprimentos de onda. A medida espectral da cultura, do solo ou água estabelece um comportamento espectral que é resultado direto das suas propriedades físicas, químicas, bem como da estrutura atômica dos seus átomos (JORGE; INAMASU, 2014).

Cada alvo possui uma característica exclusiva de emissão e reflexão de energia eletromagnética. O estudo das bandas do comportamento espectral das ondas eletromagnéticas refletidas das superfícies, principalmente das zonas do visível (VIS - 0.4 - 0.7 μm) e infravermelho próximo (NIR - 0.7 - 1.3 μm), resultam no que denominou-se de *índices de vegetação*.

Um índice de vegetação é uma combinação aritmética entre duas ou mais bandas que evidencia algum componente de interesse (JORGE; INAMASU, 2014). A aplicação desses índices na agricultura são diversos: auxilia na elaboração de um mapa de dessecação

da cultura; o histórico desses índices na região auxilia na detecção de ciclos sazonais e com isso o agricultor consegue definir com maior exatidão unidades de manejo de alto potencial produtivo; avalia diferentes unidades de manejo para leguminosas em diferentes estádios; estima o potencial produtivo da lavoura; avalia o índice de ocupação das plantas; estima a biomassa; monitora o estresse hídrico das plantas; monitora o crescimento como também os níveis de nitrogênio da planta, otimizando dessa forma a estratégia de fertilização; no geral, identifica problemas com semeadura, alagamento e aplicações (CARNEIRO, 2018).

O sensoriamento remoto tem o objetivo de fornecer ortomosaicos de imagens que provisionam índices de vegetação de forma rápida e eficaz. A solução contratada do projeto *AgroConnect* responsável pela coleta dessas informações é a Sensix (SENSIX, 2020).

3.2.2.1 Sensix

A *Sensix* fornece o serviço de sensoriamento remoto de lavouras utilizando imagens de *drones* e satélites.

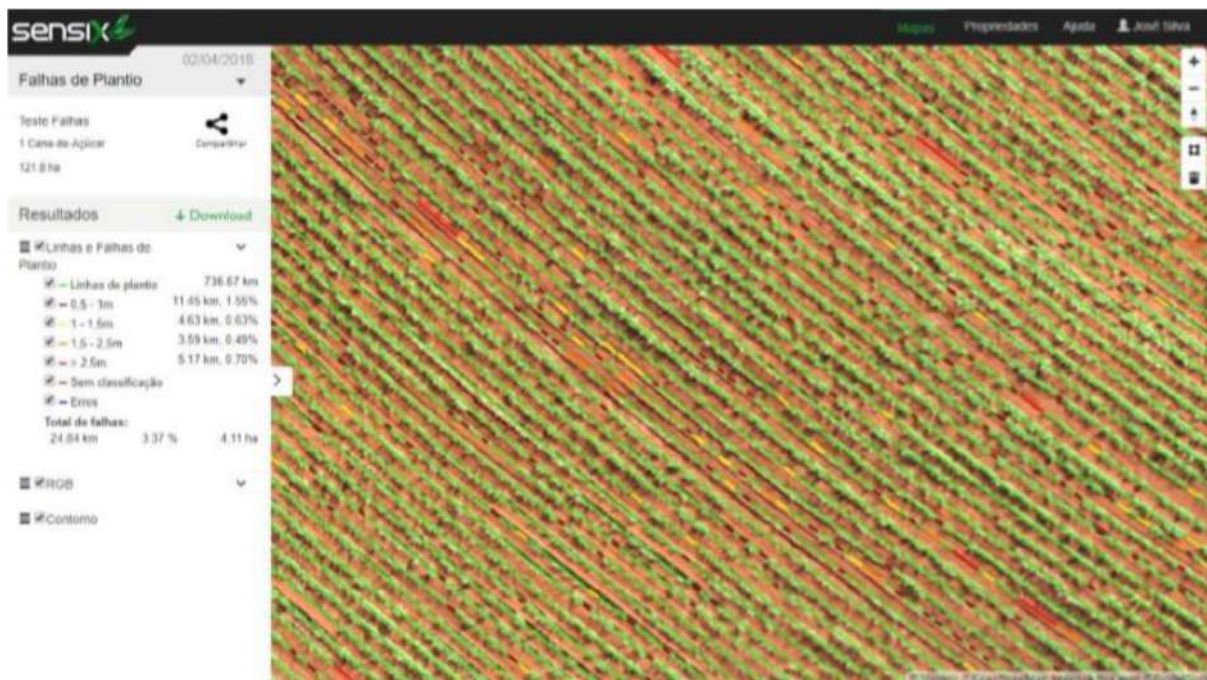
Sensix Fieldscan é uma solução capaz de entregar mapas de localização de plantas daninhas, quantificar falhas de plantio, identificar variabilidades de vigor e biomassa para aplicação a taxa variável de fertilizantes, nematicidas, reguladores de crescimento, indutores de resistência e herbicidas, se comunicando diretamente com o maquinário da aplicação e impactando em economia de insumos, maior homogeneidade de cultivo e aumento de produtividade. Trata-se de uma plataforma especializada em coleta remota de informações através de sensores instalados em aeronaves remotamente pilotadas (RPAs) e satélites. A Fig. 6 exibe um exemplo de discriminação e categorização de falha de plantio elaborada pela solução.

Os dados são coletados pelos RPAs ou satélites e são processados, resultando em ortomosaicos (RGB); índices de vegetação, tais como NDVI, NDRE e VARI; zonas e grids de classificação e aplicação vetorizados.

No que se refere ao fornecimento de índices de vegetação, cada um possui seus propósitos e limitações; e isso depende da cultura estabelecida.

A câmara RGB, apesar de não possuir sensores multiespectrais, conseguem extrair o indicador VARI; que consegue diferenciar as cores verde e vermelho presentes na região visível do espectro eletromagnético. Com isso, esse indicador não precisa classificar *bandas de reflectância específicas* para conseguir analisar comportamentos de manchas mais avançadas, regiões com cascalho, falhas de plantio, e várias outras medidas que dependem apenas da visualização de diferenças na área foliar verde da planta. Apesar desse indicativo não se mostrar tão sensível como os índices de reflectância, sua coleta é de menor custo e já consegue em alguns casos exibir o estresse em regiões específicas da cultura e gerar

Figura 6 – Discriminação e categorização de falhas de plantio com espaços maiores que 50 cm entre plantas.



prescrições de taxas variáveis. A Fig. 7 exibe a aplicação desse índice na plataforma *Sensix Fieldscan*.

O NDVI é calculado a partir de uma combinação aritmética de normalização entre a reflectância da banda vermelha da região do visível e do infravermelho próximo (*Near Infrared* - NIR) (JORGE; INAMASU, 2014). Trata-se de um índice de vegetação que é focado na estrutura dossel das plantas. Quanto se está trabalhando com uma cultura que tem evolução do dossel até a fase de reprodução, como é o caso da soja, você consegue utilizar muito bem o NDVI no estágio vegetativo. Com esse índice, você é capaz de estimar a biomassa, avaliar o índice de ocupação das plantas, determinar a quantidade de nitrogênio nas plantas por hectare, elaborar mapas de dessecação para aplicação de herbicidas, monitorar o crescimento entre os estádios da cultura, etc.

A grande limitação do NDVI, é que em algumas culturas, como a soja, a partir dos estádios reprodutivos R2/R3, o dossel se fecha e passa apenas a maturar; apresentando, dessa forma, um comportamento menos agressivo em termos de crescimento folheado. A partir daí, o índice NDVI perde sua sensibilidade. Diz-se que houve a maturação do índice. Nesse contexto, depois dos estádios citados, o NDRE, índice de vegetação calculado a partir das bandas NIR e vermelho limítrofe (Red-Edge), possui maior sensibilidade às atividades fotossintéticas da planta e por isso consegue visualizar melhor as diferenças de características entre estádios da cultura. A Fig. 8 exibe um exemplo de imagem NDRE elaborada pela plataforma *Sensix Fieldscan*.

Figura 7 – Índice de vegetação VARI. Define a variabilidade de biomassa e atividade fotosintética para identificação de anomalias (doenças, pragas, estresse nutricional e hídrico).



Esses três índices de vegetação fornecidos pela *Sensix Fieldscan* se completam e fornecem informações suficientes para acompanhar o desenvolvimento da cultura e criar estratégias que ajudam no aumento da rentabilidade do negócio.

Quanto à conectividade, não foi necessário instalar equipamentos da *Sensix* na fazenda. As imagens são feitas por RPAs e satélites.

3.2.3 Monitoramento do solo

Parte fundamental da *Agricultura de Precisão* é o monitoramento do solo, que possui importância estratégica para seus objetivos. A característica física do solo (teor da argila) e acompanhamento de fertilidade por meio de análise química são conhecimentos fundamentais para se tentar reduzir os custos de produção (EMBRAPA, 2020).

Com a análise apropriada do solo, o produtor consegue definir a adubação do próximo cultivo de forma racional. Dessa forma, consegue-se corrigir uma possível acidez do solo com calcário; pode-se definir se o gesso será aplicado para aprofundamento do sistema radicular, o que aumenta a resiliência da planta em períodos de estiagem; é possível decidir pela quantidade ideal de adubo e o melhor momento da aplicação.

As soluções contratadas do projeto *AgroConnect* responsáveis pela análise e apresentação dos dados coletados no solo pertencem às empresas APagri (APAGRI, 2020) e InCeres (INCERES, 2020); respectivamente.

Figura 8 – Imagem que representa o índice de vegetação NDRE.



3.2.3.1 APagri

A *APagri* é uma empresa de consultoria agrônômica preocupada no oferecimento de estratégias customizadas para agriculturas de precisão. Dentre os serviços oferecidos, encontram-se: coleta e processamento dos dados do solo; geração de mapas de fertilidade do solo e recomendações de tratamento; interpretação dos resultados e arquivos de aplicação de corretivos; etc.

Essas informações de análise do solo podem ajudar a reduzir os custos de produção. Um exemplo é que uma possível aplicação de adubo sem fazer primeiramente uma adequada correção de acidez do solo é um erro que aumenta esses custos. Nesse sentido, uma solução de monitoramento minimiza os erros de tomada de decisão do agricultor antes mesmo de semear a cultura.

Através de um sistema de processamento, os consultores podem simular diversos cenários de produtividade, em tempo real, nas fazendas, para definirem as melhores estratégias de investimento.

Os dados fornecidos pela *APagri* são armazenados em *cloud* e são disponibilizados apenas via plataforma WEB, denominada *APagri Monitora*. Para acessá-la, é necessário autenticar o usuário do cliente. O conteúdo disponibilizado é controlado através dos perfis configurados para cada usuário. A Fig. 9 exibe os talhões mapeados da Fazenda Gaia pela plataforma APagri.

Nessa ferramenta, consegue-se consultar todas as informações sobre a lavoura e

Figura 9 – Talhões mapeados da fazenda Gaia pela plataforma *APagri Monitora*.



até mesmo fazer pequenas alterações nas recomendações. No caso da Algar Farming, a *APagri* disponibilizou diversos relatórios originados a partir da coleta e processamento dos dados, tais como: relatório do caminhamento de amostragem da área validada, relatório das análises laboratoriais certificadas em PDF, relatório com os mapas de fertilidade e recomendações, arquivos de mapas de aplicação, relatório de avaliação do campo de florescimento, etc.

A ausência de uma API remota para consumo dessas informações é uma limitação da plataforma.

3.2.3.2 Inceres

A *Inceres* é uma empresa de tecnologia especializada em soluções para manejo da agricultura que nasceu em 2013 após o desenvolvimento de soluções para o setor de agricultura de precisão. Localizada em Piracicaba, interior de SP, ela faz parte do grupo de empresas do ecossistema do vale do Piracicaba *AgTech Valley*; polo brasileiro de tecnologia voltado para inovação agrícola.

A solução contratada da Inceres é a *plataforma Inceres*; trata-se de um ambiente online que tem como objetivo unir a cadeia do agronegócio, principalmente aquela relacionada ao manejo de fertilidade do solo. É uma plataforma que reúne todas as pessoas interessadas na gestão da fazenda, tais como o produtor, consultores agrônômicos, etc. O cliente acessa a plataforma através de uma autenticação de usuário; onde o controle do conteúdo é feito por configuração de perfis. O acesso é bloqueado ou liberado de acordo com a configuração do perfil de cada usuário. A plataforma não oferece API ou qualquer forma alternativa para exportação dos dados analisados e processados pela ferramenta.

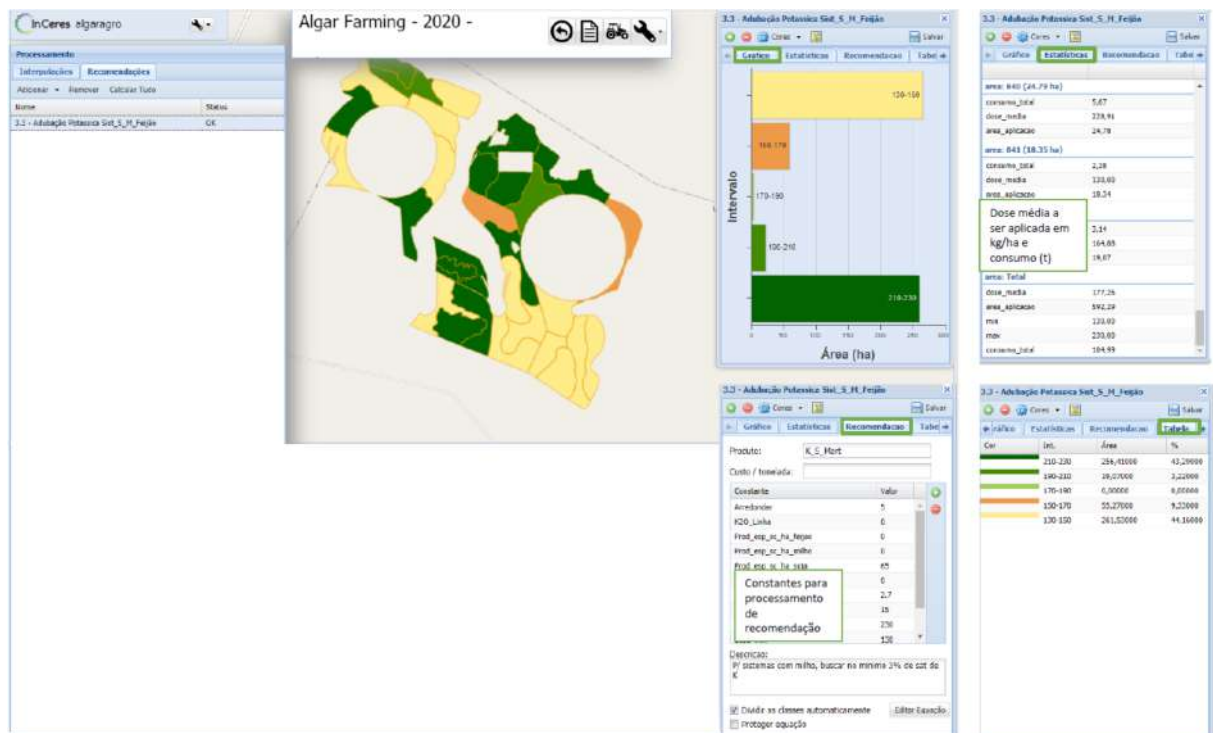
Os passos de utilização se dão da seguinte forma: o produtor acessa a plataforma e

faz a configuração dos contornos da fazenda (talhões, estradas, etc.). O sistema recomenda e gera pontos amostrais para análises do solo. A plataforma integra os dados analisados por laboratório de análise de solo assim que ficam prontos os resultados. Através dos mapas de fertilidade, consegue-se fazer as recomendações necessárias de aplicação através da variabilidade espacial analisada.

A plataforma oferece mapas de recomendação gerados por processos geoestatísticos de krigagem. Outro recurso importante da plataforma é a visualização dos históricos de correção de solo. Tanto os mapas de recomendação quanto os históricos de correção de solo auxiliam na tomada de decisão por parte do produtor em relação à aplicabilidade de insumos e manejos localizados. O objetivo é otimizar a produção e os custos do ciclo produtivo.

A Fig. 10 exibe o mapa de recomendação processado pela plataforma *Inceres*.

Figura 10 – Mapa de recomendação da Inceres.



3.2.4 Monitoramento dos recursos hídricos

Atualmente, aproximadamente 7,5 bilhões de habitantes consomem cerca de 4.8 bilhões de litros de água por ano e cerca de 70% do consumo se deve à agricultura (FAO, 2020a; FAO, 2020b). Um dos principais limitantes para o aumento da produção de alimentos no mundo é a escassez de água. Até o Brasil, que concentra 12% de água doce da superfície do planeta, existem regiões onde esse recurso se mostra bastante escasso (FAO, 2020b).

Nesse contexto, o monitoramento dos recursos hídricos proporciona uma irrigação inteligente que tem o objetivo principal de otimizar a produtividade com eficiência hídrica e energética. Um sistema automatizado de irrigação é capaz de otimizar as operações de mão de obra; melhorar as tomadas de decisão que se referem aos insumos aplicados na lavoura e à melhora do posicionamento dos equipamentos de irrigação; aprimorar com uso de tecnologia a quantidade de água aplicada na safra por região; etc. Todos esses benefícios agrega no final do ciclo produtivo mais produtividade e mais eficiência energética e hídrica; o que gera mais lucratividade e economia para o produtor.

A solução contratada pelo projeto *AgroConnect* responsável pelo monitoramento e irrigação inteligente da safra é disponibilizada pela empresa *Irriger*.

3.2.4.1 Irriger

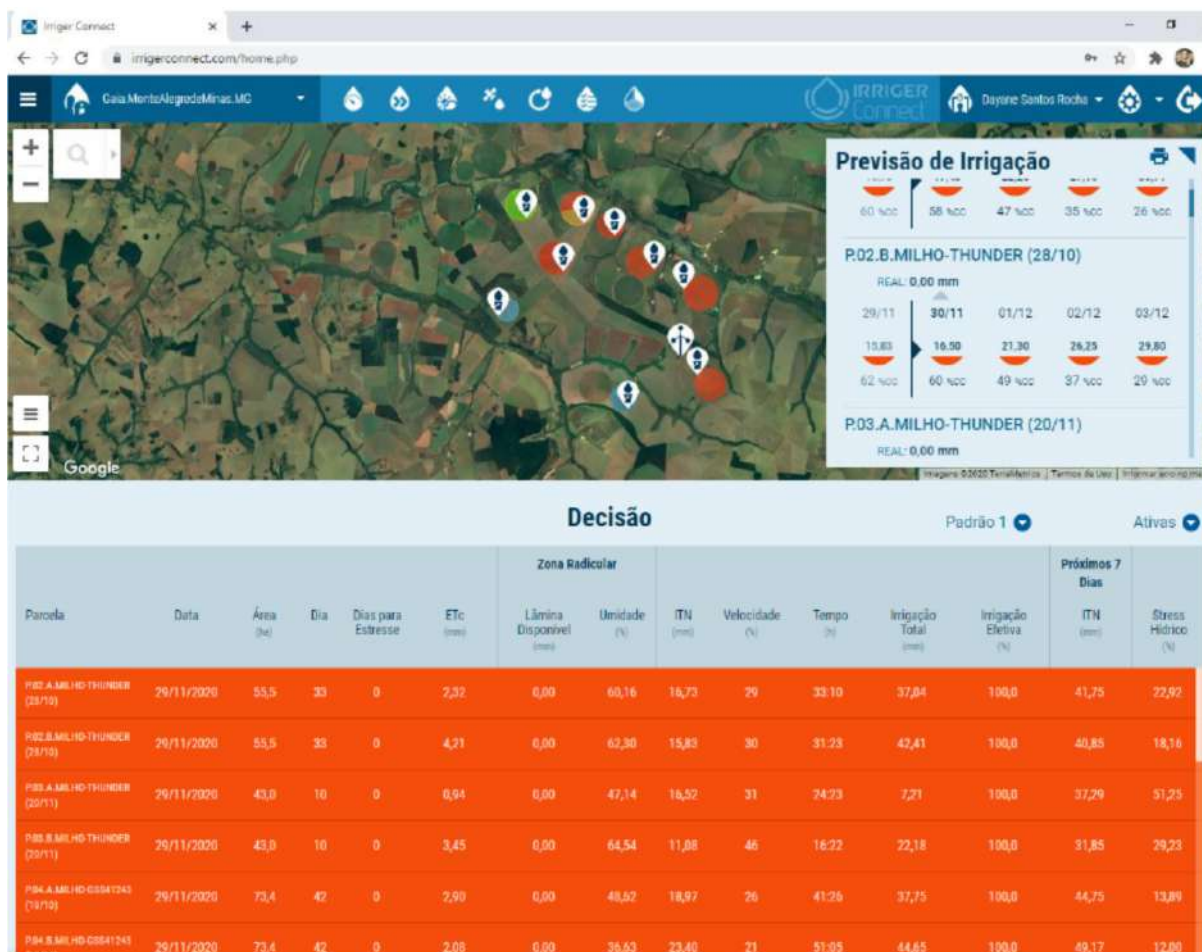
A *Irriger* (IRRIGER, 2020) é uma empresa de base tecnológica que faz parte do grupo *Valmont* e se dedica à prestação de serviços em gerenciamento e engenharia de irrigação.

Irriger Connect é um sistema de gestão de irrigação que a empresa fornece; trata-se de uma ferramenta com capacidade de estimar a necessidade diária de irrigação através de balanço hídrico, sensores de solo, dados meteorológicos, sistema automático de obtenção de imagens via satélite, previsão climática, demanda hídrica, dentre outros. Todas as informações coletadas e geradas pelo sistema são disponibilizadas para celulares, *tablets* e computadores através de aplicativos de dispositivos móveis ou pela WEB. Além disso, a ferramenta é disponibilizada em diversos idiomas e reconhece diferentes sistemas de unidade.

A Fig. 11 exibe a previsão de irrigação diária por pivô. Outras informações também são mostradas, tais como o tamanho da área de cobertura do pivô, o indicador de stress hídrico, a programação de irrigação para os próximos 04 dias, índice de evapotranspiração, quantidade de irrigação total que tem que ser aplicada no dia, entre outros. Diversos relatórios são gerados pela plataforma, tais como histórico de mapas NDVI que destaca manchas que podem ser provenientes de problemas na irrigação causados por defeitos do equipamento; relatórios de déficit diário de água; relatórios de consumo de água e energia; curvas de irrigação que mostra perda de produtividade em prol de déficits de desidratação do solo, entre outros. Quando os índices de evapotranspiração e umidade do solo apontam uma desidratação hídrica da área analisada, o sistema dispara sinais de alerta via *email* e/ou SMS.

A integração de várias informações é imprescindível para o cálculo das previsões de irrigação. Com os sensores de solo, é possível monitorar automaticamente a umidade do solo. A inserção automática dessa informação na plataforma *Irriger Connect* pode ser feita

Figura 11 – Previsão de irrigação diária por pivô.



pelo sensor *Aqua Trac* (AQUATRAC, 2020) ou através dos painéis inteligentes ICON da *Valley Irriger* (ICONLINK, 2020). Outro exemplo de integração é que as ferramentas de controle e monitoramento nos permite automação das operações do equipamento e inserção automática dos dados de chuva e irrigação na plataforma; que é feita através do módulo Valley ICON Link (ICONLINK, 2020), ou através do aplicativo AgSense (AGSENSE, 2020), ou através da solução Valley BaseStation3 (BASESTATION3, 2020).

É importante salientar que a solução da plataforma *Irriger Connect* não possui interoperabilidade genérica com outras soluções que porventura pudessem estar instaladas na propriedade; como soluções de monitoramento de solo, tais como a Apagri/ e Inceres; ou soluções meteorológicas, tais como a Zeus e SciCrop. Dessa forma, ela fica limitada apenas a alguns fornecedores de soluções que participam do seu domínio administrativo. As integrações dessa plataforma de irrigação são pontuais; e portanto, pode ser considerada uma solução exclusivamente vertical.

A ideia principal da solução é integrar parceiros e enviar as informações em tempo-real para que o produtor possa analisar suas previsões de irrigação dos próximos dias

baseadas em informações mais atuais. Para tanto, a *Irriger* disponibiliza algumas soluções de telemetria, tais como o *Field Commander* (COMMANDER, 2020) e outras já citadas; tais como as soluções *Valley ICON Link* e *Valley Aqua Trac*. A Fig. 12 exibe o equipamento *Field Commander* instalado no pivô.

Figura 12 – Equipamento *Field Commander* instalado no pivô.



No caso da *Algar Farming*, foram instalados 13 equipamentos *Field Commander* na borda de cada pivô. Esses dispositivos permitem a emissão em tempo-real de informações de chuva e de irrigação para o *sistema Irriger*. Além disso, essa solução não apenas possui função de sensor do ambiente irrigado, mas também de atuador. É capaz de transformar qualquer celular, tablet e computador em um painel de controle virtual para monitorar e controlar máquinas de irrigação de qualquer lugar do mundo. O Apêndice A, na Seção 3, apresenta outras fotos dos equipamentos da *Irriger* instalados para o projeto *AgroConnect*.

Os dados das estações são coletados e armazenados em *cloud*. O acesso a esses dados é feito de maneira restrita. O cliente entra em contato com a empresa e solicita a criação de um novo usuário. Essa logística de acesso se deve ao aumento do nível de segurança quanto aos acessos às informações da propriedade e os conteúdos são liberados ou bloqueados conforme configuração dos perfis feitos para cada usuário. Outra forma de acesso é através de APIs remotas, que também possuem um processo para autenticação do usuário.

Quanto à conectividade desses 13 equipamentos instalados, a comunicação é feita via 2G e 3G. Uma das limitações da solução é que não há previsão para evoluir essas conectividades para redes IoT tais como *LPWA LTE CAT-M1*, *LTE CAT NB1* e *LoRa*.

3.2.5 Monitoramento de operações agrícolas e ativos

O monitoramento de operações agrícolas e ativos também fazem parte da agricultura de precisão. Os dados das máquinas são enviados através de telemetria e o monitoramento dessas informações são gerenciados à fim de otimizar a eficiência das operações que estão sendo realizadas, tais como semeadura, pulverização e colheita; averiguar periodicamente o estado de funcionamento da máquina para fins de manutenção; verificar a qualidade do trabalho desempenhado pelo operador da máquina; entre outros.

O objetivo desse monitoramento é aumentar a produtividade e diminuir os custos operacionais da produção. A solução contratada pelo projeto *AgroConnect* para executar essa função pertence à empresa Velos (VELOS, 2020).

3.2.5.1 Velos

A empresa Velos desenvolve soluções digitais para monitoramento, inteligência e otimização de processos agrícolas. (VELOS, 2020).

REX é uma solução de coleta e monitoramento das operações agrícolas e ativos fornecida pela *Velos*. A partir da instalação dos dispositivos da REX nas máquinas estabelecidas, são disponibilizadas via plataforma uma série de informações relativas ao maquinário e à eficiência das operações agrícolas realizadas pelos ativos.

Quanto às informações, são disponibilizadas pela plataforma em tempo-real. Os dados são diversos: trajetos; velocidades; áreas nas quais as operações são executadas; tempo total para realização das operações; tempo de motor consumido; medição de desempenho das atividades; alertas de conformidade tais como excesso de temperatura do motor e velocidade fora do padrão da operação realizada; conhecimento e registro dos locais de origem, destino e o rastro percorrido pela máquina; etc. A Fig 13 mostra o rastro e o *status* da máquina em cada setor da trajetória em que está operando.

Com todas essas informações, pode-se melhorar as tomadas de decisão do processo produtivo. Dessa forma, os resultados esperados passam pela redução da ociosidade do motor; redução do tempo de manobra e deslocamento das máquinas; economia de consumo de combustível; aumento da disponibilidade da máquina; racionalização do custo de insumos; detecção de problemas da máquina para execução de manutenções; etc. A gestão efetiva das jornadas de trabalho através do acompanhamento dos horários de refeição, reabastecimento de insumos e rastreamento realizado pela máquina podem inclusive reduzir o número de ativos no campo ao melhorar a eficiência das operações realizadas pelo sistema de gerenciamento.

A velocidade padrão executada na semeadura e pulverização da safra é um dado importante para a eficiência dessas operações. Se a velocidade estiver fora do padrão, aumenta a chance de aparição de pragas ou desperdício de defensivos no caso da pulverização;

Figura 13 – Rastreamento e status de uma máquina REX.



ou aumenta o risco de falhas ou duplas e o decorrente desperdício de semente no caso da semeadura.

Quanto aos dispositivos do sistema REX instalados; foram instalados cinco rastreadores de máquina: três em plantadeiras e dois em pulverizadores. Cada *kit* é composto por um computador de bordo e um controlador eletrônico responsável pela telemetria. A Fig. 14 exibe os equipamentos que são instalados em cada máquina REX. O Apêndice A, na Seção 4, apresenta outras fotos do equipamento da *Velos* instalado para o projeto *AgroConnect*.

Figura 14 – Controlador de bordo e controlador eletrônico REX.



Os dados das estações são coletados e armazenados em *cloud*. O acesso à essas informações se dá de duas formas: através da plataforma REX ou através da utilização de APIs. No primeiro caso, o acesso é feito através de uma autenticação de usuário. Esse usuário é criado pelo próprio cliente da plataforma. Os conteúdos são liberados ou

bloqueados através da permissão configurada para cada usuário. No segundo caso, é preciso que o cliente possua as credenciais adequadas para acessar as informações através das APIs disponibilizadas pelo fornecedor. Essas credenciais são representadas através de um *token digital* de acesso, que é adquirido através do serviço de *Login*.

Quanto à conectividade, a comunicação pode ser feita via 2G, 3G, *LPWA LTE CAT-M1*, *LTE CAT NB1* e LoRa.

3.2.6 Outros dispositivos de agricultura de precisão adquiridos para o projeto AgroConnect

Além de todas as soluções descritas nessa seção, outros dispositivos que integram a agricultura de precisão se tornam necessárias, tais como equipamentos de pulverização e de monitoramento da semeadura da safra.

A descrição das empresas contratadas e das soluções complementares adquiridas pelo projeto são descritas nas subseções 3.2.6.1 e 3.2.6.2.

3.2.6.1 Pro Solus

A Pro Solus ([SOLUS, 2020](#)) é uma empresa de tecnologia genuinamente brasileira que, desde 2003, fabrica produtos para a agricultura de precisão e oferece soluções para que o agricultor diminua seus custos de produção e aumente sua lucratividade, seja no plantio ou na pulverização.

Quanto aos equipamentos da *Pro Solus* instalados na *Algar Farming*; tratam-se de 3 *kits* de pulverizadores TS de 650 litros. São acionados pelo sistema elétrico da máquina agrícola e são adaptáveis a qualquer modelo de plantadeira ou trator. Esses equipamentos executam operações de pulverização dirigida através de sensores de fluxo que ligam e desligam a aplicação de acordo com a necessidade de injeção de produtos no solo; reguladores de pressão que aumenta ou diminui a vazão de produtos de acordo com a situação estabelecida; etc. A Fig. 15 exibe a especificação do *pulverizador TS* instalado na *Algar Farming*. O Apêndice A, na Seção 5, apresenta outras fotos dos equipamentos da *Pro Solus* instalados para o projeto *AgroConnect*.

Acoplados a tratores ou plantadeiras, os pulverizadores da *Pro Solus* aplicam insumos químicos ou biológicos diretamente no sulco do plantio. Essa prática permite aplicar produtos dentro do solo com extrema precisão e eficiência; dando maior proteção a semente e sem custo operacional adicional. A melhora de eficiência e precisão se deve ao fato das inoculações serem aplicadas apenas nos locais necessários e na dosagem correta.

Outros benefícios dessa aplicação são visíveis: melhora a germinação e vigor da safra, pois elimina danos mecânicos na semente causados pelo tratamento convencional; melhora a produção de nitrogênio, pois aumenta a quantidade de bactérias viáveis da inoculação; elimina a mão de obra de eventuais retratamentos da semente que foi tratada

Figura 15 – Especificação do pulverizador TS instalado na Algar Farming.

Modelo: Elétrico
Dimensões: 115x120x92cm (AxCxL);
Peso: 70 kg;
Volume: 650 litros;
Variação da dose: 25 a 100 litros por hectare;
Número de linhas: entre 11 e 18 linhas;
Motobombas: 12V. 18,9L/Min;



industrialmente (TSI), evitando até mesmo perda de garantias das empresas fornecedoras; entre outros.

Os equipamentos adquiridos pela *Algar Farming* da *Pro Solus* não coletam informações referentes ao plantio. O painel localizado na cabine da máquina agrícola tem apenas a função de exibir o volume de produtos aplicados ou configurar o modo de acionamento da operação de pulverização, que pode ser manual ou automática. No caso do operador precisar forçar uma pulverização em um determinado local, o painel consegue desempenhar essa função. Os dados da operação ficam registrados localmente e só podem ser extraídos de forma manual.

Como não há plataforma WEB, os equipamentos da *Pro Solus* possuem função apenas operacional. Não existem relatórios gerenciais que avaliem os resultados da aplicação da tecnologia em campo.

Quanto à integração, a *Pro Solus* recebe informações de outras plataformas de forma manual a fim de executar a operação de pulverização de maneira inteligente e dirigida. O equipamento lê os mapas da região gerados por outras ferramentas e consegue fazer a injeção de fertilizantes a taxas variadas no local correto.

3.2.6.2 Precision Planting

A *Precision Planting* (PLANTING, 2020), fundada em *Illinois* em 1993, fornece componentes tecnológicos para a agricultura que possuem como premissa a identificação de problemas agronômicos, mecânicos ou operacionais do ciclo produtivo que diminuem a lucratividade do produtor. O intuito desses equipamentos é melhorar o plantio, a aplicação de insumos e as operações de colheita das propriedades rurais.

Quanto aos equipamentos instalados na *Algar Farming*; tratam-se de quatro dispositivos que otimizam diretamente alguns indicadores de produção, tais como singulação, coeficiente de variação e custos referentes às compras de sementes tratadas industrialmente. O *kit* de equipamentos adquiridos é composto pelos dosadores de sementes *vDrive* e *eSet*,

pelo distribuidor e posicionador de sementes *WaveVision* e pelo monitor *20|20*.

Vdrive substitui o sistema de transmissão mecânico. O motor elétrico *Vdrive* é montado em cada dosador de sementes e transforma cada linha em uma única plantadeira, porque cada linha passa a ser controlada individualmente. Isso possibilita que cada linha seja desligada onde você já plantou ou que os dosadores de sementes girem em velocidades diferentes dependendo da situação de cada linha de plantio. A expectativa é que o equipamento acerte a população de sementes em cada linha semeada e aumente a produtividade. Além disso, espera-se economia nos insumos, já que esse dispositivo evita sobreposição.

eSet é um sistema de modernização para ser instalado dentro dos dosadores de sementes à vácuo da John Deere, que usa um disco plano sem células sensíveis ao tamanho e formato da semente. A expectativa é que a distribuição das sementes seja eficiente sem as configurações de ajustes presentes nos equipamentos tradicionais.

WaveVision é o sensor responsável pela contagem eficiente das sementes plantadas na propriedade. Ao usar ondas de rádio de alta frequência, esse sensor mede a massa em vez da forma. Desse modo, ele consegue diferenciar a semente de alguns resíduos como a poeira. Além disso, o *WaveVison* está montado em um tubo de sementes que possui uma parede frontal lisa, permitindo eficiência em termo de escoamento e melhor espaçamento entre sementes. A expectativa é que os dados exibidos no monitor correspondam ao que está sendo efetivamente plantado e que os índices de singulação e coeficiente de variação sejam afetados positivamente com a ausência de duplas, falhas e sobreposições.

20|20 é um monitor atrelado a diversos sensores. Tem a capacidade de medir diversos parâmetros e transformar os dados em informação útil para a tomada de decisão do produtor. Ele utiliza cores (verde, amarelo e vermelho) como se fosse um semáforo; para alertar o produtor em tempo-real quanto aos parâmetros e padrões de qualidade que o plantio está alcançando.

Apesar de não haver plataforma WEB ou aplicativos de acesso em celular, o sistema *20|20* apresenta os dados coletados e agrega essas informações para que o produtor consiga analisar os resultados da utilização da tecnologia na sua lavoura. A Fig. 16 exibe algumas métricas exibidas pelo monitor *20|20*. O indicador de singulação(singulation) apresentado é importante; pois mede a capacidade da tecnologia em entregar uma safra singular, sem sobreposição e falhas de sementes. Além da singulação, são exibidos dados da população, qualidade de espaçamento, contato das linha com o solo, força aplicada no solo, dados de vazão de líquidos; tudo isso no momento da operação de plantio.

Um fator limitante é quanto ao acesso dessas informações: são coletadas apenas localmente e a integração dessas informações com as de outras máquinas da mesma empresa é feita de forma manual. Não são gerados relatórios gerenciais. Os dados coletados

Figura 16 – Algumas métricas exibidas pelo monitor 20/20 da *Precision Planting*



são organizados e processados manualmente pelos profissionais da *Precision Planting* e apresentados para o produtor à fim de tentar demonstrar os ganhos da safra com a utilização dos equipamentos descritos.

Dois fatos que aconteceram no projeto quanto à aquisição dos produtos da *Precision Planting* merecem destaque: o sensor *WaveVision* foi adquirido com recursos da *Algar Farming*; a compra de dois kits da *Precision Planting* previstos no começo do projeto não foi realizada.

Quanto à compra do sensor *WaveVision*, não houve uma autorização de compra definitiva do BNDES em relação a esse produto. A razão é que esse componente, em meados de maio de 2020, não possuía código FINAME nem atestado de inexistência de produção nacional emitido pela ABIMAQ. Foi encontrado um equipamento substitutivo nacional produzido pela empresa *AgroSystem Indústrias Comércio Importação e Exportação LTDA* (AGROSYSTEM, 2020), de Ribeirão Preto. A *Precision Planting* juntamente com a *FITec* recorreram à decisão desse parecer, mas o departamento de análise técnico da ABIMAQ deu parecer favorável à *AgroSystem*. A resolução desse imbróglio se deu da seguinte forma: três produtos do kit (*vdrive*, *eset* e *20/20*) foram fornecidos com recursos do BNDES e o *WaveVision* foi adquirido com recursos da *Algar Farming*.

Quanto à compra de dois kits da *Precision Planting* previstas no início do projeto que integrariam o total de duas máquinas agrícolas; só um kit foi adquirido. Essa decisão deveu-se a análise do fluxo de caixa aliada ao grande desembolso que teria que ser

realizado para a compra desse produto. O fato é que se trata de um dispositivo diretamente relacionado à otimização de índices de produtividade e custos. Dessa forma, a não utilização dessa máquina no plantio pode influir diretamente nos indicadores técnico-econômicos que são analisados posteriormente. No mais, a mudança de estratégia na compra desse kit possibilitou a aquisição de outros equipamentos agrícolas que compõem a agricultura de precisão e que não estavam previstos, tais como os dois equipamentos da plataforma REX destinados ao monitoramento de pulverizadores.

3.3 Plataforma IoT AgroConnect

A *plataforma IoT AgroConnect* tem como premissa integrar as diversas soluções IoT apresentadas na Tabela 1 a fim de apresentar informações novas que gerem valor agregado para o produtor rural. O objetivo é que informações relevantes não encontradas nas soluções tradicionais possa aumentar a qualidade da tomada de decisão do produtor antes, após e no decorrer do plantio. Extrapolar o desempenho das soluções verticais da agricultura de precisão utilizando recursos que visam a coleta, o processamento e a análise inteligente dos dados de forma integrada é a contribuição mais promissora dessa ferramenta.

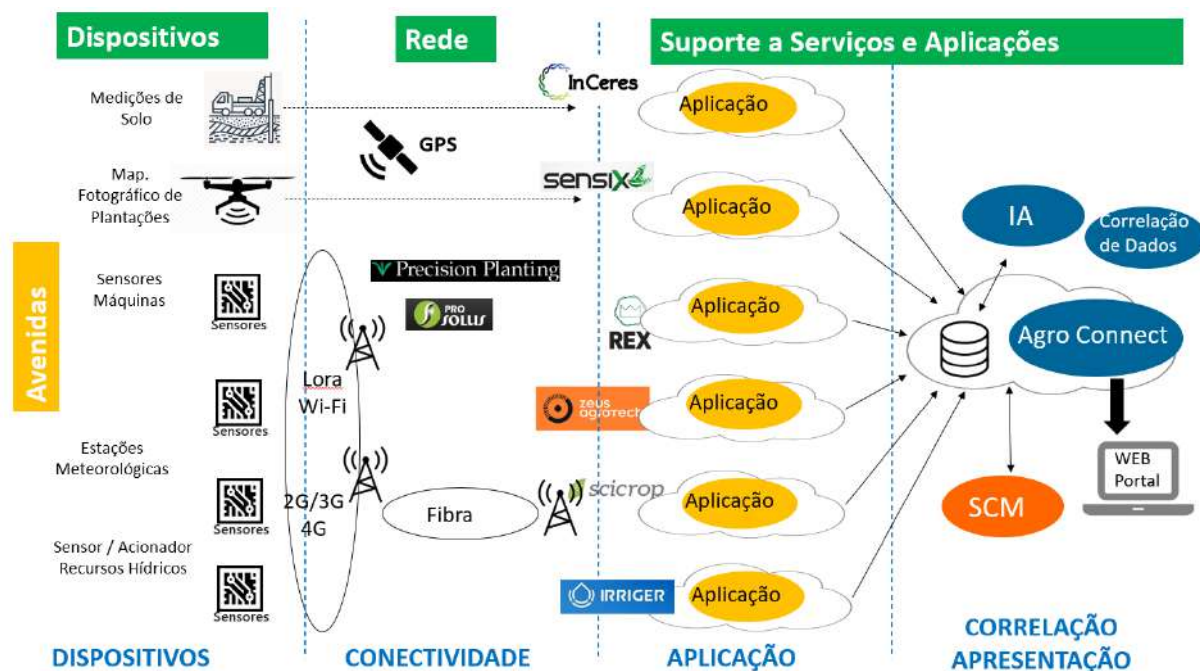
Esta seção está subdividida em três partes. A subseção 3.3.1 apresenta a visão geral da *plataforma IoT AgroConnect*. A subseção 3.3.2 descreve o desenvolvimento e as funcionalidades do *portal WEB AgroConnect*. A subseção 3.3.3 detalha os requisitos funcionais da integração do *portal WEB AgroConnect* com a plataforma de telecomunicação SCM da *Algar Telecom*.

3.3.1 Visão geral da *plataforma IoT AgroConnect*

A Fig. 17 exibe a visão geral da *plataforma IoT AgroConnect*. A camada de dispositivos apresenta as diversas soluções de IoT. Além dos dispositivos instalados na fazenda a figura também apresenta dos dispositivos que são apenas utilizados em determinados momentos, como nos casos dos VANTs utilizados pela *Sensix*, que são levados para a fazenda somente para a realização dos sobrevoos. A camada de rede representa as redes para conectividade e transporte de dados que foram utilizadas durante o piloto *AgroConnect*. Por fim, a camada de Serviços e Aplicações apresenta as diversas APIs oferecidas por cada fornecedor que são utilizadas para acesso aos dados e sua agregação em um *datalake* onde são realizadas análises e correlações entre os diversos dados obtidos nas diversas soluções utilizando técnicas de inteligência artificial.

A fim de sintetizar a arquitetura exibida na Fig. 17; a camada de Dispositivos exibe apenas os dispositivos IoT que atuam em várias áreas agrícolas. Os dispositivos são responsáveis pela coleta de dados do solo, do vento, da chuva, do imageamento da

Figura 17 – Visão geral da plataforma IoT *AgroConnect*



propriedade, dentre outros. A camada de Rede apresenta as redes de acesso que foram utilizadas no piloto *AgroConnect* que foram LORA e rede móvel de celular (2G/3G/4G).

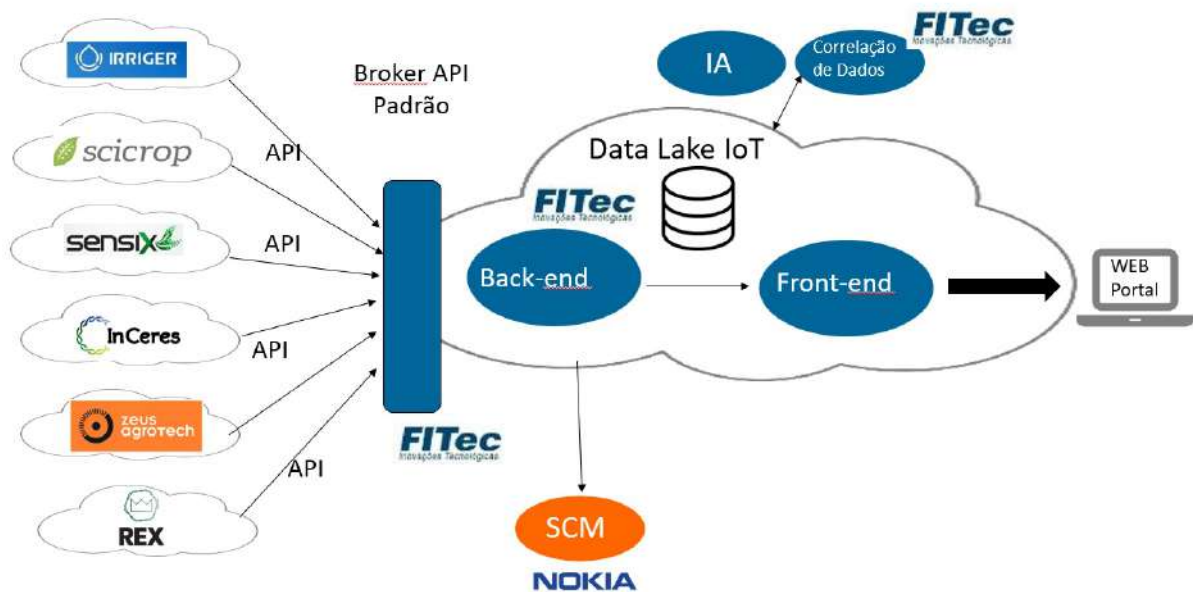
Utilizando a rede mostrada na Fig. 17, os dados obtidos no campo são enviados até os servidores de aplicação das soluções IoT contratadas. A partir daí, esses servidores oferecem a visualização dos dados coletados e processados através das suas respectivas plataformas WEB ou aplicativos de dispositivos móveis. Ainda oferecem APIs para o fomento do *datalake* cuja infraestrutura é fornecida pela *Amazon Web Services* (AWS). Algumas das soluções não oferecem tal API (como já foi descrito na seção 3) e a fomentação desses dados se dá de maneira manual.

Após os dados dos fornecedores serem armazenados em nuvem (no *datalake*); é realizado a análise e processamento de algumas informações selecionadas com o objetivo de integrá-las e gerar novos *insights*. Algumas dessas informações são processadas a partir de algoritmos inteligentes supervisionados e outras informações são geradas através da análise de imagens que extraem *features* distintas daquelas realizadas pelas soluções IoT disponíveis.

O *datalake* é um repositório centralizado na AWS que permite armazenar todos os dados disponibilizados pelas soluções IoT contratadas. A vantagem de um ambiente em *cloud* é desfrutar dos recursos de *big data* oferecidos sem despendar muito tempo com desenvolvimento e implantação. Entre estes recursos estão: o processamento de massivo de grande quantidade de dados; APIs para uso de ferramentas de inteligência artificial, tais como redes neurais e algoritmos genéticos; análises operacionais, tais como monitoramento

de aplicativos e análise de logs; coleta, processamento e análise dos dados em tempo real; taxas de disponibilidade que se aproximam de 99%; elasticidade; serviços de segurança e escalabilidade. No mais, o ambiente em nuvem permite a criação de APIs de consulta que tem a função de fomentar o *Portal WEB AgroConnect*; que exibe as informações processadas e coletadas para o cliente final. A Fig. 18 apresenta uma visão geral do uso do *datalake* no projeto *AgroConnect*.

Figura 18 – Arquitetura do *Datalake AgroConnect*



Apesar do *Web Server* que hospeda o portal não se localizar no ambiente de nuvem, a tecnologia empregada em seu desenvolvimento se estende facilmente para os serviços da Amazon; ou seja, poder-se-ia ter um *Web Farm* que incorpora vários *Web Services* sem ter muito custo nessa operação.

3.3.2 Portal Web AgroConnect

A fundação parceira do projeto *AgroConnect* que é responsável pelo desenvolvimento do *portal WEB AgroConnect* é a *FITec*.

O *portal WEB AgroConnect* possui como principal objetivo exibir os dados coletados e informações relevantes que agregam valor para a tomada de decisão do agricultor em uma *interface* amigável de fácil manuseio. Nesse momento, os dados coletados pelas soluções IoT já estão armazenados na nuvem e já passaram por um processo de análise e processamento a fim de gerar *insights* que não poderiam ser criados apenas com a utilização vertical das soluções IoT contratadas.

Conforme pode ser visto na Fig. 17, a apresentação dessas informações passa pela utilização da API remota gerada para consumir os dados armazenados no *data lake*. A

utilização dessa API requer a autenticação do cliente e a utilização de um *token* digital temporário. Nem todas as informações dos fornecedores são enviadas automaticamente via API, e por conta disso, o portal possui algumas funcionalidades de *upload* manual que também fomentam o *data lake*. Entre essas informações, podemos citar os mapas de produção da propriedade rural; os arquivos de georreferenciamento dos pontos de coleta de solo (Shapefile - SHP) e os arquivos que possuem os dados de coleta e análise de cada um desses pontos (DBX) fornecidos pela *Apagri*.

Em relação ao acesso das informações via portal WEB, se dá através da autenticação do usuário através de senha. O portal possui controle de acesso com restrição de perfil do usuário. Dessa forma, os conteúdos são liberados ou bloqueados de acordo com o perfis configurados para cada usuário. Essa solução é disponibilizada apenas através da WEB; não possui aplicativos para acesso em dispositivos móveis.

Quanto às funcionalidades, foram desenvolvidas de acordo com os requisitos funcionais da *Algar Farming*. As informações são exibidas através de *cards*, que são estruturas de visualização que apresentam formulários de consultas específicas. Alguns desses *cards* - tais como *Clima*, *Máquinas*, *Produtividade* e *Maps* - apresentam as mesmas informações coletadas que existem dentro das plataformas WEB dos fornecedores. Outros *cards* - tais como *Imagens* e *Desempenho* - apresentam informações que são analisadas e processadas pela *plataforma IoT AgroConnect* com o intuito de gerar novas informações de valor agregado. Nenhum *card* dos que foram citados integra informações de mais de um fornecedor a fim de produzir *insights* significativos.

O *card Clima* exibe informações da fornecedora de dados meteorológicos *Zeus Agrotech*. Dados tais como previsões climáticas (tais como velocidade do vento, umidade, rajada e pluviometria) são fornecidos de 3 em 3 horas para o dia corrente. Além disso, são apresentadas as previsões de chuva de médio e longo prazo.

Na Fig. 19, é apresentado o mapa de estações para localização geográfica das estações climáticas na fazenda onde é possível escolher a região para exibição dos dados. A escolha pode ser realizada pela caixa denominada 'Estação' ou clicando em alguma estação no mapa.

A Fig. 20 apresenta a situação de uma estação em particular e exibe as previsões de tempo de 3 em 3 horas do dia da consulta, assim como, o histórico das temperaturas máximas e mínimas de 3 dias anteriores e até 2 dias a frente ao dia da consulta. As previsões de chuva para as semanas seguintes são mostradas na Fig. 21.

Finalmente, as previsões do acúmulo mensal de chuva de para os 6 meses seguintes são apresentadas na Fig. 22, onde também são exibidos os acúmulos de chuva mensal para os anos anteriores.

O *card Máquinas* apresenta informações relacionadas ao maquinário que são obtidos

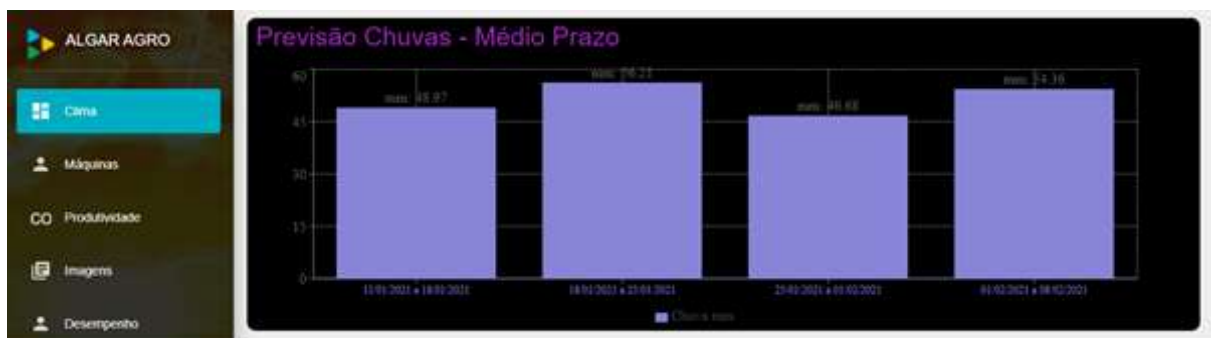
Figura 19 – *Card Clima* - Mapa de estações meteorológicas



Figura 20 – *Card Clima* - Situação das estações meteorológicas



Figura 21 – *Card Clima* - Previsão meteorológica de médio prazo



da plataforma REX. Dados do ativo tais como número de dias trabalhados, produtividade, disponibilidade mecânica, área de cobertura do ativo, tempo de motor ocioso e tempo de motor ligado são exibidos. Além disso, o formulário apresenta alguns gráficos, tais como o rendimento diário do ativo medido em ha/h.

A Fig. 23 apresenta os dados gerais de cada máquina contendo o número de dias trabalhados, a sua produtividade, a disponibilidade mecânica, área trabalhada, número de

Figura 22 – *Card Clima* - Previsão meteorológica de longo prazo



Figura 23 – *Card Máquinas* - Dados do maquinário, visão geral e gráficos de horas por classe de operação



horas com o motor ligado, e o número de horas com o motor ocioso. A produtividade é a divisão da soma total da área trabalhada no período pelo número de horas efetivamente trabalhadas no mesmo período.

A Fig. 24 exibe gráficos diários de operação de cada máquina e apresenta as horas diárias de operação e rendimento diário.

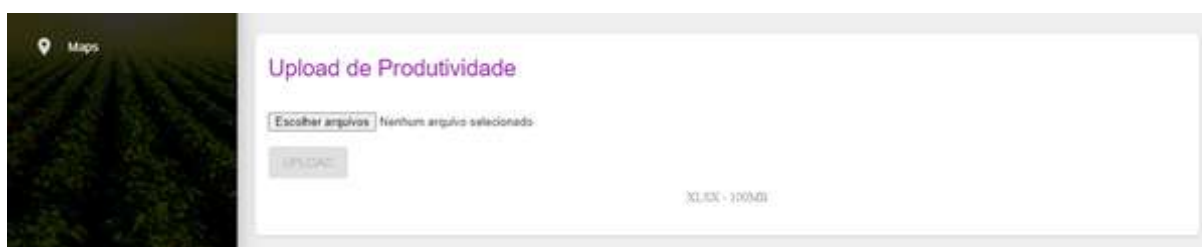
O *card Produtividade* apresenta informações referentes às planilhas de produtividade fornecidas pela *Algar Farming*. Os dados de produtividade de safras anteriores, da atual e das próximas safras podem ser incluídos na plataforma através da operação de *upload* desde que a planilha possua o mesmo layout que está estabelecido no manual do portal WEB. A Fig. 25 apresenta a interface para a carga dos dados. Durante o projeto, para fins de comparações históricas, foi realizado o *upload* da produtividade referente ao período de 2017 a 2020.

O *card Produtividade* exibe gráficos tais como a produção média - medida em sacas -

Figura 24 – *Card Máquinas* - Horas por operação e Rendimento Diário



Figura 25 – *Card Produtividade* - Upload de dados



das regiões onde é aplicada a tecnologia versus regiões onde não são aplicadas a tecnologia; produtividade média - medidas em sacas/ha - em regiões onde é aplicada a tecnologia versus regiões onde não são aplicadas a tecnologia; e área colhida versus área não colhida medida em ha. A Fig. 26 apresenta a produtividade em sacas juntamente com diversos filtros para comparação.

Ainda neste *card* é possível observar ainda a produtividade média em sacas por hectare (conforme apresentado na Fig. 27) e ainda a área colhida em hectares (conforme apresentado na Fig. 28).

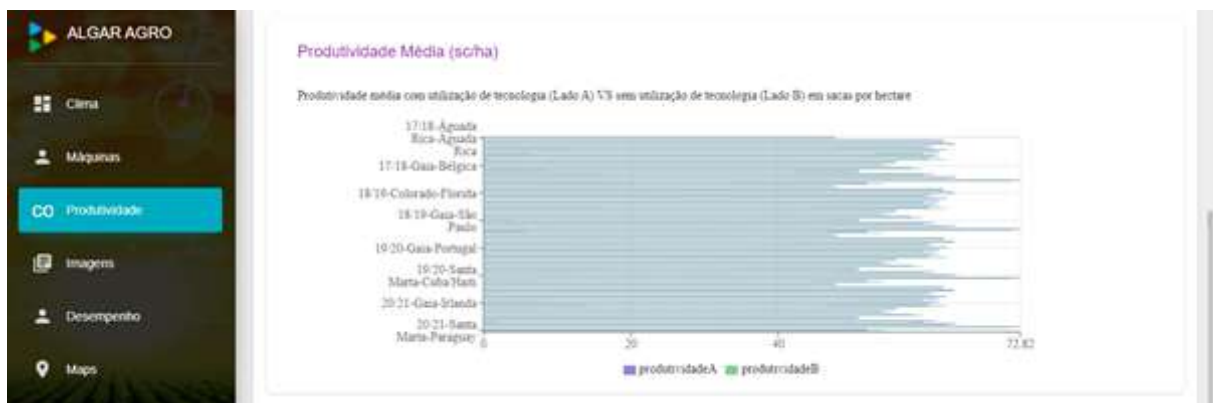
O *card Imagens* é um exemplo de *card* que além de apresentar as imagens coletadas pelas RPAs da *Sensix*; também exhibe algumas informações novas geradas através de análise e processamento dos dados originais. As imagens originais coletadas pela empresa *Sensix* (NDRE, NDVI e VARI) apresentam as cores verde (normalidade), vermelho (problema) e amarelo (alerta); que representam a saúde da plantação na região analisada.

Além do *card Imagens* apresentar cada uma dessas imagens por talhão; também apresenta a decomposição delas em mapas referentes a cada uma dessas cores; ou seja, cada imagem NDRE, NDVI e VARI gera três mapas de cores (verde, vermelho e amarelo). A Fig. 29 exhibe um exemplo de imagem original coletada pela *Sensix* decomposta nos

Figura 26 – *Card Produtividade* - Análise de produtividade média (sc)



Figura 27 – *Card Produtividade* - Produtividade média (sc/ha)



mapas de cores vermelho, amarelo e verde.

Os mapas de cores são gerados a partir do processamento e análise da imagem original. No rodapé de cada imagem é exibido o percentual de cada cor da região analisada. Essa informação associada a cada mapa de cor agrega valor à imagem original, pois com as áreas separadas em cores consegue-se verificar de forma mais precisa a saúde da plantação em cada região e a partir daí tomar decisões mais efetivas em relação a correção de solo, aplicação de fertilizantes, entre outras.

A Fig. 30 apresenta no *Card Imagens* o mapa de talhões, destinado à escolha da região de análise. As imagens da região escolhida são exibidas no card *Situação dos Talhões*, conforme apresentado na Fig. 31.

O *Card Desempenho* exhibe as previsões de várias características meteorológicas tais como chuva; velocidade da rajada do vento; radiação solar; temperatura instantânea,

Figura 28 – Card Produtividade - Área colhida (ha)

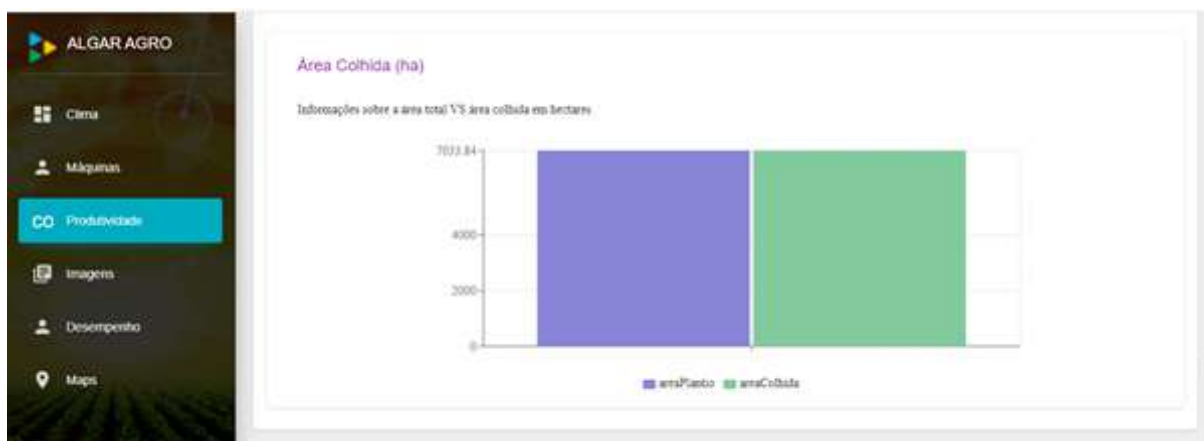
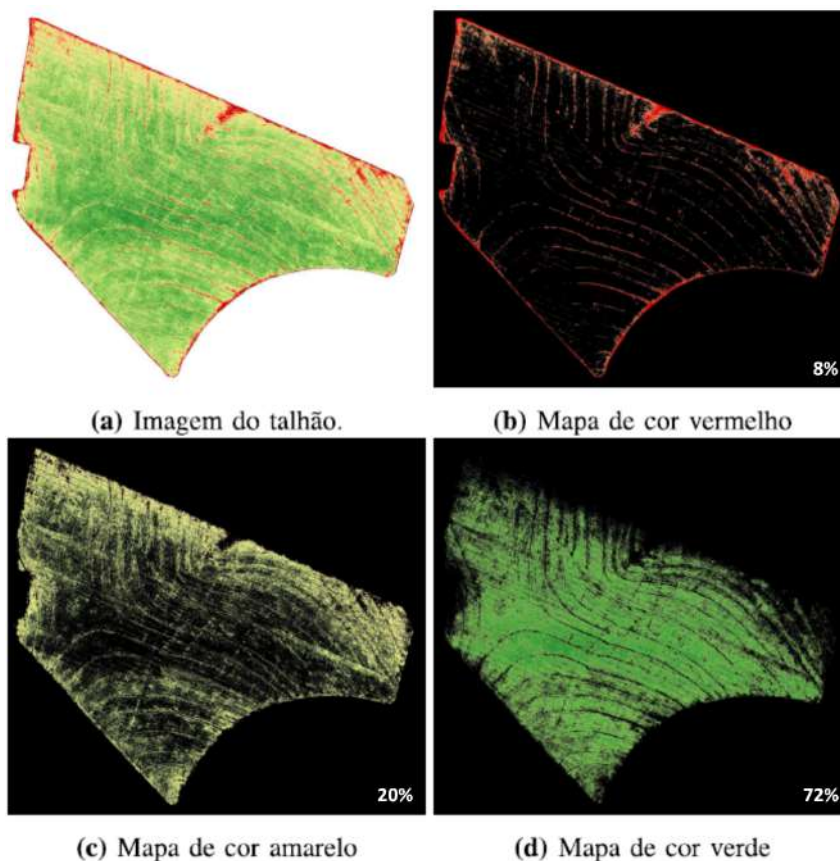


Figura 29 – Mapa de cores exibido pelo portal WEB AgroConnect



mínima e máxima; pressão atmosférica instantânea, mínima e máxima; e, umidade instantânea, mínima e máxima. O nome *Desempenho* deve-se à exibição do que foi previsto e o que foi realizado para cada característica. Dessa forma, pode-se medir o desempenho de acurácia dessas previsões à curto e longo prazo. A Fig. 32 exibe algumas dessas previsões realizadas para os próximos 2 dias.

Quanto às previsões de médio prazo, tratam-se de dados exibidos da empresa *Zeus*;

Figura 30 – *Card Imagens* - Mapa dos Talhões

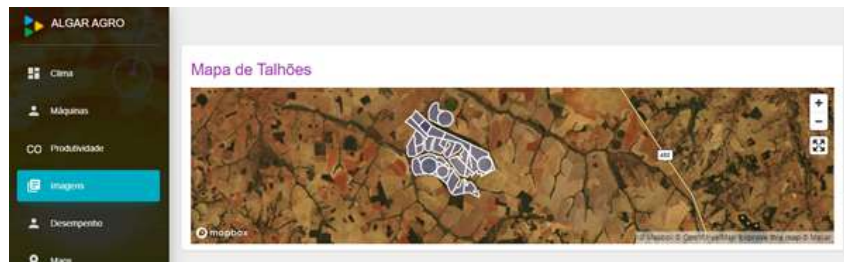


Figura 31 – *Card Imagens* - Mapa dos Talhões

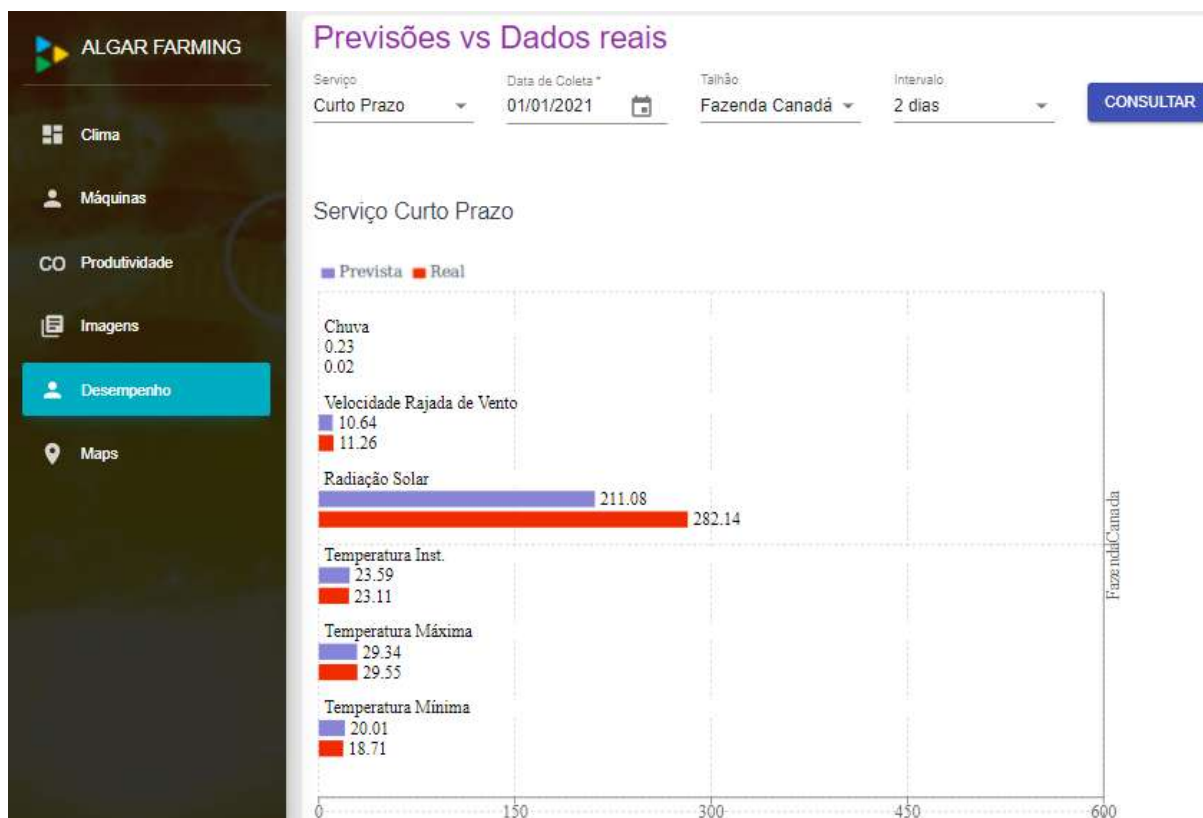


e a empresa, nesse caso, oferece apenas a previsão de chuva nos períodos que variam entre 1 e 4 semanas.

Quanto às previsões de curto prazo, são informações novas criadas a partir do processamento e análise de dados de cada uma das características meteorológicas disponibilizadas pela *Zeus* em um determinado período de tempo. Esses dados servem como fonte para elaboração dos *datasets* que auxiliam a fase de treino das redes neurais supervisionadas responsáveis pela geração das previsões exibidas nesse *card*. Uma preocupação eminente é que o processamento da rede neural em *datasets* que representam todo o histórico de dados meteorológicos disponíveis é inviável por conta de limitações físicas da infraestrutura (tais como processamento) e a decisão de limitar o *dataset* a apenas um período determinado de informações coletadas pode afetar a acurácia do método; e, a relevância dessa informação só agrega valor para o produtor no caso de apresentar melhores resultados dos que existem nas soluções IoT contratadas pelo projeto. Outra limitação é que a geração dessa nova previsão depende, necessariamente, da contratação da empresa *Zeus*.

A Tabela 2 exibe o desempenho das previsões das características listadas calculadas a partir do Erro Médio Absoluto(EMA). Apesar dos dados não possuírem um caráter comparativo, quando analisadas *características* parecidas; pode-se perceber que a acurácia das previsões da *Fitec* (Tabela 2-c), em alguns casos, sobressaem-se às previsões calculadas pela *Zeus* (Tabela 2-a) e pela *SciCrop* (Tabela 2-b). Um exemplo é a média dos erros das previsões das precipitações média, máxima e mínima calculadas pela *Zeus* para os próximos dois dias, cujo valor é $0,940230$; já a média do erro da precipitação calculada

Figura 32 – Desempenho das previsões de curto prazo da *FITec*



pela *Fitec* é $0,241$. Em outras situações a média da *Fitec* fica um pouco acima, tais como as medidas realizadas da temperatura máxima e mínima; a *Zeus* possui um erro médio de $1,721245667$ e a *SciCrop* de $2,391463$. Já a previsão da *Fitec* em relação à temperatura instantânea, possui um erro médio de $1,746500$.

Apesar das discussões realizadas entre os dados gerados pelos fornecedores e os novos *insights* de previsão gerados pela *Fitec*, os mesmos não possuem caráter comparativo; pois como pode-se perceber; são dados de regiões diferentes. Além disso, algumas características previstas pela *Fitec* são novas; tais como a velocidade de rajada de vento e umidade instantânea; outras, são complementares às características dos fornecedores. Enquanto a *SciCrop* e *Zeus* preveem temperatura máxima e mínima; e, precipitação média, máxima e mínima; a *Fitec* prevê temperatura e precipitação instantânea. Um dos objetivos de uma ferramenta de integração é justamente essa; é gerar *insights* novos que agregam o domínio de informações do cliente. Além disso, pode-se perceber que os índices de erro em geral são baixos; o que corrobora a alta confiabilidade e qualidade da informação gerada.

Ainda sobre os *insights* novos em relação às previsões, nota-se que em Tabela 2-c; algumas previsões são exibidas como *NaN*. Isso deve-se ao fato de que em algumas

Tabela 2 – Desempenho dos serviços de previsão da *Fitec*, *Zeus* e da *Scicrop*; medido através do Erro Médio Absoluto(EMA). Refere-se aos erros da previsão de curto prazo das características listadas.

(a) EMA da previsão da *Zeus* de 02 dias à frente dos dados monitorados

Referente aos dados de 24/04/2020 à 09/02/2021			
Features	Talhões		
	Maringá	Canadá	Arizona
Precipitação média	0.928854	0.909665	1.030118
Precipitação máxima	1.313736	1.284239	1.499457
Precipitação mínima	0.482418	0.474457	0.539130
Temperatura máxima	1.954379	1.528902	1.383596
Temperatura mínima	2.283609	1.508786	1.668202

(b) EMA da previsão da *SciCrop* de 01, 02, 03, 04 e 05 dias à frente dos dados monitorados

Referente aos dados de 24/04/2020 à 09/02/2021					
Features	Dia(s) à frente				
	01 dia	02 dias	03 dias	04 dias	05 dias
Temperatura Máxima	2.461363	2.338211	2.261864	2.350427	2.286325
Temperatura Mínima	2.370454	2.444715	2.472881	2.656410	2.789743

(c) EMA da previsão da *Fitec* de 02 dias à frente dos dados monitorados

Referente aos dados de 27/07/2020 à 09/02/2021						
Características	Talhões					
	Canadá	Palotina	Irlanda	Roma	Arizona	Paraguai
Velocidade da rajada de vento	3.412	NaN	NaN	NaN	4.545	NaN
Umidade instantânea	10.732	9.245	9.074	8.981	10.295	9.049
Precipitação	0.201	0.306	0.178	0.175	0.156	0.189
Temperatura instantânea	1.911	1.708	1.679	1.669	1.772	1.740
Média da velocidade do vento	1.521	NaN	NaN	NaN	2.693	NaN
Velocidade instantânea do vento	1.533	NaN	NaN	NaN	2.719	NaN

regiões não foram contratados os serviços de monitoramento necessários para o cálculo das previsões da *Fitec*. Um exemplo é a região Palotina, cuja característica de velocidade de rajada de vento não está sendo coletada pelo fornecedor.

O *card Maps* exibe um mapa que contém os contornos dos talhões que integram o projeto *AgroConnect*. Além disso, exibe nesse mapa os dados de coleta, análise e processamento realizados pela empresa *APagri*. Nesse momento, esses dados já foram enviados ao *data lake* através da importação manual dos arquivos SHP e DBX. O primeiro representa o georreferenciamento dos pontos de coleta e o segundo contém os dados de solo de cada um desses pontos. Na Fig. 33, pode-se verificar algumas medições referentes ao alumínio(al1), ao boro(b1), ao cálcio(ca1), à capacidade de troca de cátions(ctc1), ao

potencial hidrogeniônico(ph1) e outros.

Figura 33 – Alguns dados de solo da *Apagri* exibidos pelo *portal AgroConnect*



A capacidade de uma plataforma IoT integrar fontes de dados heterogêneas para produzir informações agregadas que geram valor na cadeia produtiva e a utilização de tecnologias de ponta tais como computação em nuvem, big data e inteligência artificial (IA) são o cerne da *Agricultura 4.0* (ARAÚJO et al., 2021). É válido salientar que a *plataforma Web AgroConnect* é um piloto que caminha nessa direção e oferece subsídio direto para ampliar as discussões referentes a identificação de oportunidades e barreiras para replicação das soluções IoT (seção 5), a definição de padrões e certificações técnicas de soluções IoT (seção 6) e a novas oportunidades de negócios (seção 8).

3.3.3 Integração do Portal Web AgroConnect com a plataforma de telecomunicação WING

No planejamento inicial do piloto IoT *AgroConnect* estava previsto as integrações entre o Portal Web *AgroConnect* desenvolvido pela FITec, a plataforma *Worldwide IoT Network Grid* (WING) (NOKIA, 2021) desenvolvida pela *Nokia* e as APIs da operadora *Algar*. Estava sendo considerado que a plataforma *AgroConnect* disponibilizasse informações mínimas de conectividade dos dispositivos através da integração mencionada.

Para que essa integração ocorresse seria necessário que a *Nokia* e *Algar Telecom* disponibilizassem pessoal técnico com o conhecimento necessário para que a *FITec* pudesse

obter informações suficientes para o desenvolvimento. Desse modo, além de possibilitar acesso às informações reais da operadora *Algar* de possíveis clientes da plataforma *AgroConnect*; também seria possível acessar e obter informações das várias conectividades oferecidas pelas soluções contratadas. Uma discussão importante dessa integração seria a avaliação da plataforma *WING* no contexto de um possível novo portfólio de serviços IoT oferecidos pela *Algar*.

No entanto, em função dos impactos econômicos ocasionados pela pandemia em 2020 e as consequentes reduções de receita das operadoras; a implementação dessa solução na rede da *Algar Telecom* foi adiada para além do período da realização do projeto.

Devido a esse atraso, a integração com a plataforma *WING* foi retirada do escopo do projeto; e, substituída pela plataforma *SCM* (também desenvolvida pela NOKIA), que dá acesso aos cartões SIM contratados e possibilita a extração e exibição dos dados em *Cards* da plataforma *AgroConnect*. Além disso, possibilita a análise de algumas métricas de rede tais como perda de pacotes e taxa de transferência média das várias conectividades oferecidas pelas soluções contratadas. Teoricamente, essa integração demanda um pouco menos de esforço do que a primeira proposta pelo fato de já ser conhecida pela equipe da *FITec* e então considerou-a ideal para o momento.

No entanto, como a iniciativa de modificar a integração da plataforma *WING* pela *SCM* se deu com o projeto em andamento; alguns problemas de negócio foram encontrados no ato dessa implementação. Um que merece destaque é que os cartões SIM foram contratados pelos fornecedores de solução; ou seja, para fazer um gerenciamento desses dispositivos; os fornecedores teriam que dar permissão para que a *FITec* pudesse ter acesso às informações desses chips. Como o contrato é feito por CNPJ; se um fornecedor permitir acesso ao chip contratado que se localiza na *Algar Farming*, ele está também dando acesso a todos os outros chips que estão vinculados em seu contrato. Isso levou a um impasse político e a integração se tornou inviável.

Uma possível solução seria transferir todos os cartões *SIM* localizados na *Algar Farming* para o CNPJ da *FITec*; porém, a safra de 2020/2021 já estava em andamento e a troca desses cartões poderia influir diretamente no ciclo produtivo.

3.4 Conectividade

A conectividade no campo é um aspecto fundamental para suportar a IoT. O objetivo do piloto *AgroConnect* foi experimentar no campo as tecnologias de IoT e seu impacto na agricultura levando em conta opções de conectividade que usualmente estão disponíveis no campo.

Assim a opção foi em utilizar para conectividade as redes disponíveis na fazenda no início do piloto: rede celular convencional (2G/3G) e rede LoRa. Segundo os fornecedores,

esta conectividade seria suficiente para implantar todas as soluções previstas para o piloto. Esta abordagem contribuía ainda para atuar no máximo de safras dentro do período previsto do projeto, de 24 meses, visto que não seria necessário aguardar a instalação de outros tipos de infraestrutura para conectividade. Diante deste cenário, estas foram as soluções de conectividade utilizadas a fim de permitir a avaliação da tecnologia em larga escala pelo período de duas safras.

A Tabela 3 apresenta a tecnologia de conectividade utilizada em cada solução. É importante ressaltar que algumas soluções não utilizam tecnologias de conectividade como é o caso da Inceres, APagri, Pro Solus e Precision Planting. No caso da Sensix há o uso de conectividade porém não é necessário que esteja previamente instalada na fazenda para o uso da solução. No caso da Sensix, a conectividade para comunicação e controle dos drones é integrante do serviço oferecido.

Tabela 3 – Tecnologias de Conectividade Utilizadas na Fazenda

Empresa fornecedora	Conectividade
Zeus Agrotech (AGROTECH, 2020)	2G/3G
SciCrop (SCICROP, 2020)	2G/3G
Sensix (SENSIX, 2020)	NA
InCeres (INCERES, 2020)	NA
APagri (APAGRI, 2020)	NA
Irriger (IRRIGER, 2020)	2G/3G
Velos (VELOS, 2020)	LORA
Pro Solus (SOLUS, 2020)	NA
Precision Planting (PLANTING, 2020)	NA

Fonte: Autor.

No início do projeto, havia o objetivo de realizar um comparativo entre estas tecnologias e as novas tecnologias IoT para redes celulares, no caso NB-IoT. No entanto, em função dos impactos econômicos ocasionados pela pandemia da COVID-19 em 2020 e as consequentes reduções de receita das operadoras, a implementação dessas novas tecnologias na rede da Algar Telecom na área de cobertura da fazenda foi adiada para além do período da realização do projeto. Como forma alternativa de teste foi feita uma conexão de uma das soluções em rede IoT com interface NB-IoT, que foi implementada pela Nokia para avaliação já no final do piloto. Este teste envolveu a solução de monitoramento de maquinário, a REX.

De maneira geral as tecnologias de conectividade atenderam às necessidades das soluções implementadas, não tendo havido nenhum problema na qualidade de operação de cada uma delas por algum impacto de conectividade. Uma característica das soluções implementadas e que nenhuma delas requeria uma grande capacidade de vazão de dados para a comunicação e assim, todas as tecnologias se comportaram bem e suportaram a carga.

Havia ainda, no início do projeto, a expectativa de realizar durante o segundo ano do piloto um conjunto de testes em campo envolvendo vazão, latência e perdas nas transmissões. Porém a pandemia da COVID-19 impediu a realização destes testes visto que na maioria do período a fazenda ficou fechada. Durante o fechamento, apenas as pessoas que estavam diretamente ligadas com a produção na fazenda que podiam frequentá-la.

3.5 Área de Realização do Projeto

A *Algar Farming* é uma empresa produtora de commodities agrícolas, composta por um conjunto de fazendas localizadas na região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pará. A empresa atua integralmente no plantio e comercialização de grãos, principalmente soja e milho, com área plantada de mais de 20.000 hectares. Além disso, possui criação de gado de corte em fazendas localizadas em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul com plantel em torno de 8,5 mil cabeças.

A fazenda escolhida para o piloto está no *Complexo Gaia*, formado pelas fazendas Águada Rica, Cachoeira, Colorado, Gaia e Santa Marta. Esse complexo está localizado a 82 Km de Uberlândia no município de Monte Alegre de Minas às margens da BR 365, no Km 682.

O complexo Gaia possui uma área de 7.000 ha dividida em 5 fazendas e está localizada no bioma do cerrado; porém, apenas 1.758,46 ha compõem os talhões onde se dá a análise das aplicações tecnológicas contratadas pelo *projeto AgroConnect*. Segue os talhões envolvidos: Água Rica, Jacarezinho, Flórida, Londres, Portugal, Alemanha, Irlanda, P-05, Bulgária, Bélgica, Itália, São Paulo, Brasil, Cuba/Haiti, Jamaica e Paraguai.

A Fig. 33 exibe a delimitação dos talhões do projeto.

As culturas de sequeiro, milho e soja são os principais cultivos, sendo rotacionadas com outras culturas complementares e de estação. O sistema de produção adotado envolve tecnologia no manejo cultural, como o sistema de plantio direto, tecnologia em genética de sementes, porém não possui sistemas automatizados ou digitalizados. Dessa forma, todas as tecnologias desse projeto são desenvolvidas como piloto.

Considerando as culturas de milho e soja, o projeto *AgroConnect* teve como foco o uso das tecnologias na cultura de soja. O foco na soja foi motivado pelos seguintes fatores:

- O Brasil é o maior produtor mundial de soja (EMBRAPA, 2021b) e também o maior exportador (EMBRAPA, 2021a). Em 2020, a soja foi responsável por cerca de 35% do total das exportações Brasileiras (AGÊNCIABRASIL, 2021). Isto indica que este grão é o está em maior evidência na agricultura Brasileira e um dos mais relevantes em seu portfólio de produção;
- A cultura de soja no complexo Gaia é mais representativa do que outros grãos, como o milho. Na safra (verão) 2019/2020 enquanto área de soja cultivada foi de 4.782,48 hectares, a área de milho foi de 554,62 hectares, ou seja, cerca de 12%. Dessa forma, tanto pela área cultivada quanto pelo valor econômico da produção, a cultura de soja se mostrou muito mais significativa para a análise dos impactos do uso das soluções de IoT utilizadas no projeto;
- Além do milho possuir uma área cultivada menor tanto na safra de verão quanto na safra de inverno, a safra de inverno é considerada uma safra de risco em função da pluviometria, onde usualmente se emprega menos tecnologia em função do menor retorno financeiro. Para este caso foi possível concluir que mesmo com o uso de tecnologias não haveria ganho ou retorno financeiro que justificasse o investimento.

Diante deste contexto a *FITEC* solicitou ao *BNDES* a alteração da finalidade do projeto para avaliar o uso integrado das soluções de IoT para cultura de grãos, tendo como foco a soja.

O Apêndice B apresenta algumas fotos do *Complexo Gaia* (Seção 6) e ainda apresenta algumas fotos que mostram o processo de cultivo da soja (Seção 7) e da sua colheita (Seção 8) durante a realização do *projeto AgroConnect*.

4 Desempenho Técnico-Econômico

O objetivo desta seção é apresentar a viabilidade técnica e financeira do uso das soluções de IoT que foram implantadas no complexo de fazendas Gaia. A viabilidade técnica e financeira apresentam os custos de instalação (capex) e operação (opex) das

soluções e, os contrapõem com as receitas geradas com o aumento da produtividade ocasionada pela agricultura de precisão.

A hipótese descrita no projeto piloto *AgroConnect* visa otimizar a produtividade (sacas por hectare) em 10% ao final das safras analisadas. No entanto, o conjunto de *Indicadores-Chaves de Performance* (KPIs) definido no projeto alcança uma dimensão maior do que simplesmente a análise da produtividade final; pois também apresentam outras informações que fazem parte do ciclo produtivo do agronegócio e devem, necessariamente, ser levadas em conta; tais como otimização de custos e qualidade da colheita. Um exemplo são os indicadores diretamente ligados aos equipamentos da *Precision Planting*; singularização e coeficiente de variação. A otimização desses dois indicadores determinam a qualidade da plantação em cada linha semeada e a redução dos custos com sementes tratadas industrialmente.

A análise desses três fatores: otimização da qualidade dos processos produtivos (pulverização, plantio e colheita), dos custos de produção e do desempenho de produtividade fecham o ciclo que determina a viabilidade do negócio para pequenos, médios e grandes produtores. No caso dessa seção, o caso de uso analisado são os plantios de soja realizados nos 1758,46 ha da *Algar Farming* onde foram aplicadas as tecnologias do projeto.

A Tabela 4 exibe a média efetiva de desempenho histórico de alguns indicadores de produção. Trata-se de valores coletados em 2019 pela *Algar Farming* e representam a eficiência média histórica do ciclo de produção das suas safras em relação aos indicadores listados. Nesse período, o projeto *AgroConnect* ainda não havia sido implantado. Essa tabela inicial é a referência para nosso estudo de caso, que conforme hipótese do piloto inicial, quer demonstrar a otimização da produtividade e dos custos de produção à medida que as soluções IoT contratadas vão sendo instaladas nos talhões analisados pelo projeto. Outras tabelas são construídas no decorrer dessa seção para demonstrar esse avanço; porém três indicadores são acrescentados aos indicadores iniciais: coeficiente de variação, velocidade média de plantio e velocidade média de pulverização. Esses indicadores tem ligação direta com a otimização da qualidade do plantio e de produtividade. A *Algar Farming* deu um foco significativo na gestão desses indicadores e por conseguinte; foram considerados importantes para a evolução das discussões.

Esta seção se subdivide em três subseções. A primeira apresenta as discussões referentes ao ciclo produtivo da safra de soja produzida em 2019/2020 e realizada no primeiro ano do projeto *AgroConnect*. A segunda refere-se ao ciclo produtivo da safra de soja produzida em 2020/2021 e realizada no segundo ano do projeto. A terceira apresenta o resultado dos indicadores de performance técnico-econômicos e um balanço dos possíveis retornos financeiros que compensam os investimentos tecnológicos realizados na agricultura de precisão pela *Algar Farming*, que pode representar através desse caso de uso clientes em potencial.

Tabela 4 – Média efetiva histórica das safras da *Algar Farming* em períodos anteriores a 2019 - antes da implantação do projeto.)

Indicador-Chave de Performance (KPI)	Valores
Produtividade da cultura de soja	48,16 sacas/hectare
Previsão meteorológica	80% de acerto
Singulação (taxa de duplas, triplas e falhas)	40% de duplas, triplas ou falhas
Consumo de óleo diesel na fase de plantio	12 litros/hectare
Consumo de óleo diesel na fase de pulverização	1,2 litro/hectare
Consumo de óleo diesel na fase de colheita	15 litros/hectare
Eficiência de Irrigação	80% de eficiência
Custo de energia elétrica por mm de água irrigado	R\$2,37 por mm irrigado
Consumo de água estimado	450 mm/ano

Tabela 5 – Data do contrato e da instalação das soluções IoT no complexo de fazendas Gaia.

Soluções Iot contratadas	Data do contrato	Data de instalação
Zeus Agrotech	27/09/2019	23/10/2019
SciCrop	20/09/2019	08/11/2019
REX	20/09/2019	01/10/2019
Sensix	14/11/2019	24/11/2019
Irriger	20/09/2019	01/11/2019
APagri	29/04/2020	15/05/2020
Precision Planting	02/12/2019	20/01/2020
Pro Solus	15/10/2019	–

Essas subseções tem o papel de apresentar os protocolos aplicados na fazenda que envolvem a utilização das soluções IoT contratadas e os resultados adquiridos com essas aquisições. Além disso, é importante vincular esses protocolos e os resultados aos indicadores de performance propostos na Tabela 4; e, fazer uma contraposição entre o que foi previsto e o que foi realizado pada cada indicador proposto. Outras informações, tais como a importância do aumento da qualidade das tomadas de decisão via suporte das tecnologias, elaboração de mecanismos de ciclos produtivos para testar hipóteses que eventualmente podem melhorar as produções das próximas safras e como cada tecnologia é utilizada em cada contexto diferente do ciclo produtivo também são temas discutidos. Os vários protocolos descritos nessa subseções também tem a função de gerar um capital de conhecimento para o agricultor que leva-o a conhecer mais profundamente o potencial produtivo das suas regiões de plantio; permitindo-o através do histórico evolutivo das suas safras a melhora gradual da suas tomadas de decisão.

4.1 Primeiro ano do projeto *AgroConnect*

O projeto tem início em agosto de 2019 e os primeiros meses caracterizam-se pela seleção dos fornecedores de soluções IoT que melhor se adaptam aos requisitos do piloto.

A ideia inicial é contratar fornecedores de várias áreas de atuação dentro do domínio do agronegócio que possam coletar dados referentes ao clima, lavoura, solo, recursos hídricos, operações agrícolas e ativos. Além disso, espera-se também adquirir ou locar equipamentos que possam melhorar distribuição das sementes de soja no ato do plantio, proporcionando assim a qualidade do plantio e a otimização do custo dessas sementes; que são industriais.

O objeto de análise nesse primeiro ano é a safra de soja de 2019/2020 das regiões delimitadas pelas fazendas do complexo Gaia.

4.1.1 Metodologia do primeiro ano

Concomitantemente às discussões que levaram à escolha das soluções contratadas, a equipe da *Algar Farming* iniciou a elaboração de protocolos que pudessem materializar a implantação da agricultura de precisão. Esses protocolos levam em conta todo o ciclo produtivo, desde a recomendação de pontos estratégicos recomendados pela plataforma *Inceres* para fazer análise do solo até a colheita final da safra.

A implantação desses protocolos dependem, necessariamente, da primeira fase do projeto, que é a instalação das soluções listadas na Tabela 1 e instaladas conforme mostrado na Tabela 5 .

Essa dependência deve-se a vários fatores e cada um desses fatores está diretamente relacionado às informações coletadas pelos fornecedores contratados. O exemplo foi dado acima: os pontos estratégicos de análise do solo são recomendados pela plataforma *Inceres*. Todas as fases que compõem o planejamento desses protocolos passa necessariamente pelo estudo das informações coletadas no campo referentes às várias áreas de atuação dos fornecedores contratos. A lista de fornecedores e a área de atuação de cada um pode ser visto na Tabela 1;

Outro exemplo de preocupação desses protocolos é a gestão da disponibilidade hídrica das regiões analisadas. Sabe-se que reduções significativas na produtividade é ocasionada pela deficiência hídrica do solo causada pela baixa quantidade ou pela distribuição irregular de chuvas. Sabe-se também; que dependendo da região, há períodos em que a precipitação pluvial não é suficiente para atender a demanda hídrica da cultura de soja no estágio fenológico que vai do início da floração até o enchimento de grãos. Outros fatores também são alvos de preocupação do protocolo nessa questão hídrica, como por exemplo, a desidratação provocada pela evapotranspiração.

É natural que a gestão hídrica esteja em uma das funcionalidades de gestão dos protocolos implantados. No entanto, a solução contratada *Irriger* que é a responsável pelo controle hídrico da safra só foi instalada em 01/11/2019 (ver Tabela 5). Esse fato indica que não houve tratamento hídrico do solo antes do plantio. Para averiguar essa informação, veja as datas de início de cada plantio na Tabela 7. A datas de início de plantio varia

entre os intervalos de 25/10/2019 no talhão Jacarezinho até 28/11/2019 no talhão São Paulo. É importante salientar que também há um tempo de adaptação dos funcionários à tecnologia e que seria impossível utilizá-la em sua plenitude nas safras de 2019/2020 tendo em vista as datas mencionadas.

Outros exemplos podem ser mencionados. Os equipamentos da *Precision Planting* são parte fundamental dos protocolos elaborados, pois têm ligação direta com pelo menos três KPIs: *singulação*, *coeficiente de variação* e *produtividade*. Esses equipamentos proporcionam um plantio singular, posiciona e dosa corretamente a semente por linha de plantio, distribui as sementes uniformemente dentro do metro; e, por conseguinte, aumenta o valor dos indicadores de produção citados. Esse fornecedor foi instalado em 20/01/2020 (ver Tabela 5). Nesse momento, todas as regiões já haviam começado os seus plantios (ver Tabela 7).

Pois bem, apesar da equipe mostrar-se ativa na contratação dos fornecedores; há um tempo que tem que ser considerado em relação à escolha dos fornecedores que melhor se adaptam aos protocolos que se quer implantar, à burocracia de contratação desses serviços, ao tempo de instalação dos equipamentos e antenas de conectividade da rede locais de cada solução, à curva de aprendizado dos funcionários da fazenda em relação a cada solução contratada; etc.

O fato é que as instalações ocorreram praticamente com o plantio em andamento; e as soluções não estavam completamente implantadas na safra de 2019/2020; que é objeto de análise desse primeiro ano. Isso provocou um impacto negativo na implantação dos protocolos de produção, pois não foram executados em sua totalidade; e, por conseguinte, os resultados esperados nessa primeira safra não foram atingidos. Apesar do esforço de se fazer uma comparação entre as áreas que têm as tecnologias do projeto *AgroConnect* e áreas que não têm essas tecnologias, o que se fez na realidade foi uma comparação entre áreas que não têm a tecnologia com áreas que não possuem a tecnologia em sua totalidade; pois a instalação das soluções aconteceram tardiamente em relação ao começo dos plantios das regiões analisadas.

Por conta disso, os resultados dessa primeira safra não se mostram com a eficiência esperada no que tange à comparação entre áreas com e sem tecnologia; pois os protocolos elaborados pela *Algar Farming* no começo do projeto só foram completamente implantados no segundo ano do projeto *AgroConnect*, motivo pelo qual são detalhados apenas na subseção 4.2. Desse modo, decidiu-se fazer uma comparação evolutiva para averiguar a eficiência da safra de 2019/2020 e 2020/2021 em relação aos anos anteriores ao período do projeto. Afinal de contas, a hipótese do piloto do projeto *AgroConnect* é justamente essa: tentar aumentar em 10% os indicadores de performance referentes à média do desempenho histórico de performance das safras anteriores.

O método para comparar a performance desses protocolos, no primeiro ano, é dividir

a região analisada em zonas de manejo, pois regiões geográficas com menor heterogeneidade de atributos de solo facilitam a prescrição de interferências para corrigir os atributos que comprometem o rendimento, buscando assim elevar o potencial produtivo (AMADO et al., 2006). Além disso, caso não seja possível solucionar os fatores limitantes, existe a possibilidade de ajustar a eficiência na utilização de insumos ao potencial produtivo daquela determinada zona de manejo (AMADO et al., 2006).

Dessa forma, as fazendas que compõem o *Complexo Gaia* foram divididas em talhões. Cada talhão é dividido novamente em duas áreas: um *lado A*, onde são empregadas as tecnologias contratadas pelo projeto; e, um *lado B*, onde essas tecnologias não são utilizadas. Como dito anteriormente, a comparação entre essas áreas foi abandonada por conta da instalação tardia dos fornecedores, e no lugar disso o que fez-se foi uma comparação evolutiva entre as safras do projeto em relação às safras anteriores à 2019.

A Tabela 6 mostra a separação das áreas adotada no primeiro ano do projeto. O LADO-A da tabela representa a aplicação das tecnologias de agricultura de precisão que já faziam parte das fazendas do *Complexo Gaia*; como também a aplicação das tecnologias do projeto *AgroConnect* que, neste momento, ainda estavam sendo instaladas nesse lado do talhão. O LADO-B representa apenas a aplicação das tecnologias de agricultura de precisão que já faziam parte do ciclo produtivo da *Algar Farming*. O total da área analisado pelo projeto é 1.758,46 ha.

Tabela 6 – Talhões utilizados na safra de 2019/2020.

Fazenda	Talhão	Área (ha)	LADO-A	LADO-B
Águada Rica	Águada Rica	134.39	50% da área do talhão possui tecnologias de Agricultura de Precisão da <i>Algar Farming</i> + tecnologias de Agricultura de Precisão das soluções do projeto <i>AgroConnect</i> BNDES	50% da área do talhão possui tecnologias de Agricultura de Precisão da <i>Algar Farming</i>
Cachoeira	Jacarezinho	68.73		
Colorado	Florida	59.31		
Gaia	Londres	90.61		
Gaia	Portugal	100.41		
Gaia	Alemanha	114.76		
Gaia	Irlanda	122.10		
Gaia	P-05	116.69		
Gaia	Bulgaria	78.05		
Gaia	Bélgica	120.06		
Gaia	Itália	101.80		
Gaia	São Paulo	230.00		
Santa Marta	Brasil/Arg	102.10		
Santa Marta	Cuba/Haiti	100.39		
Santa Marta	Jamaica	92.30		
Santa Marta	Paraguay	126.76		
Total da área analisada:		1758.46		

4.1.2 Avaliação dos resultados do primeiro ano

Como mencionamos na descrição da metodologia descrita na subseção 4.1.1, fez-se necessário a implementação de protocolos operacionais que dependem intrinsecamente das informações IoT coletadas pelos fornecedores contratados.

Como a implementação desses fornecedores, nessa fase do projeto, ainda está em andamento, a expectativa dos resultados não são as ideais. No entanto, os resultados desta subseção são importantes para demonstrar posteriormente que a evolução dos indicadores de produção propostos no segundo ano do projeto está intrinsecamente ligada ao crescendo das aplicações dos protocolos implantados no campo. No segundo ano, as informações coletadas pelas soluções IoT estão completas e espera-se que a integração dessas informações; juntamente com a aplicação dos protocolos mencionados possam gerar resultados mais eficientes quanto à otimização do ciclo de produção.

A Tabela 7 lista os talhões que delimitam o projeto *AgroConnect*; e, apresenta a variedade de soja, a data de início do plantio e da colheita de cada talhão.

Tabela 7 – Características dos talhões da safra de 2019/2020.

Talhão	Variedade	Início do Plantio	Início da Colheita
Águada Rica	NS 7490 RR	27/11/2019	06/04/2020
Jacarezinho	5G8015 IPRO	25/10/2019	17/03/2020
Florida	NS 7490 RR	23/11/2019	27/03/2020
Londres	M-SOY 7739 IPRO	29/10/2019	29/02/2020
Portugal	M-SOY 7739 IPRO	29/10/2019	02/03/2020
Alemanha	M-SOY 7739 IPRO	01/11/2019	08/03/2020
Irlanda	M-SOY 7739 IPRO	30/10/2019	10/03/2020
P-05	BRS 7380 RR	3/11/2019	11/03/2020
Bulgaria	NS 7490 RR	19/11/2019	25/03/2020
Bélgica	BRS VALIOSA RR	16/11/2019	29/03/2020
Itália	NS 7490 RR	21/11/2019	26/03/2020
São Paulo	M-SOY 7739 IPRO	28/11/2019	08/04/2020
Brasil/Arg	8473 DESAFIO	06/11/2019	08/03/2020
Cuba/Haiti	NS 7670 RR	05/11/2019	12/03/2020
Jamaica	NS 7670 RR	05/11/2019	15/03/2020
Paraguay	NS 7670 RR	11/11/2019	02/04/2020

A análise da safra de 2019/2020 leva em conta os indicadores propostos pelo projeto listados na Tabela 4. Alguns indicadores que mensuram qualidade de plantio são adicionados nas safras de 2019/2020 e posteriores, quais sejam: coeficiente de variação e velocidade média do maquinário na fase de plantio e pulverização. O intuito é que a avaliação financeira e a avaliação de qualidade do plantio possam ser realizadas apenas nesse domínio de indicadores propostos; e que a partir daí, consiga-se discutir de forma sintética o retorno de investimento. Também é feita uma análise comparativa do que foi previsto para determinada safra pelos técnicos da *Algar Farming* e o que foi efetivamente realizado em campo. A expectativa é que o realizado supere as expectativas desses técnicos.

A Tabela 8 exibe duas colunas principais: diferença de percentual entre valor previsto e realizado da safra de 2019/2020 (DPPR) e diferença de percentual entre o valor obtido na safra de 2019/2020 e os resultados médios históricos obtidos das safras anteriores ao período do projeto apresentados na Tabela 4 (DPOO).

A primeira coluna visa obter em percentual uma abordagem comparativa, levando em conta os indicadores propostos, entre os valores previstos pelos técnicos da *Algar Farming* e o que foi efetivamente realizado em campo. Apesar das soluções contratadas ainda não estarem completamente instaladas, os resultados obtidos são otimistas. A segunda coluna realiza uma abordagem comparativa entre os resultados obtidos na safra de 2019/2020 e as safras anteriores à realização do projeto. Os valores também são otimistas. As setas verdes indicam resultados favoráveis, as setas vermelhas resultados desfavoráveis e o hífen vermelho indica que a informação não existe ainda por conta do fornecedor contratado ainda não estar disponível para utilização; ou seja, nesse momento, a instalação desse fornecedor ainda não foi completada. Outra justificativa para informação inexistente deve-se ao fato de que o indicador correspondente não existe na Tabela 4 por ter sido adicionado aos indicadores previstos pelo projeto somente nas safras de 2019/2020 e 2020/2021. Um exemplo é a coluna DPOO dos indicadores de velocidades médias.

É importante salientar que as expectativas referem-se apenas às metas traçadas pelos agrônomos da *Algar Farming* para a safra corrente. Esses valores não refletem o retorno de investimento; que é calculado a partir do ganho do valor realizado em relação às safras anteriores ao período do projeto. Quanto às expectativas dos técnicos da *Algar Farming*, alguns indicadores merecem destaque.

O aumento da produtividade de 6,44% revela mais otimismo de produtividade para as próximas safras, quando todas as soluções do projeto já estiverem completamente implantadas; e, esse otimismo impacta positivamente nas finanças da fazenda.

A melhora na qualidade da safra em relação às expectativas também merece destaque. A singulação e o coeficiente de variação obtêm valores bem promissores. O primeiro chegou a 96,90% de eficiência. Vale lembrar que quanto mais perto de 100% mais perto se está de um plantio singular. No caso do coeficiente de variação, houve um decréscimo de 56,25% da expectativa inicial. Vale lembrar que esse indicador, quanto mais perto de 0, mais indica um plantio singular. A importância desses dois indicadores está relacionada à uniformidade de sementes no metro e ausência de duplas, falhas e sobreposições.

Ainda em relação às expectativas, apesar de um aumento promissor na eficiência da irrigação, o custo de energia elétrica e o consumo de água por milímetro obtêm um aumento considerável que é desfavorável. O custo de energia acima das expectativas deve-se ao aumento no custo da energia elétrica em relação aos anos anteriores a 2019; em relação ao aumento do consumo de água, deve-se à diminuição dos índices pluviométricos em 2019 também em relação aos anos anteriores.

Outro resultado adverso obtido em relação às expectativas é a questão do consumo de óleo diesel na fase de plantio. É natural que esse consumo tenha aumentado em relação aos anos anteriores à 2019; cujas safras ainda não tinham ganho o uso do conjunto de

Tabela 8 – Valores dos indicadores de performance da safra de soja de 2019/2020.

**DPPR - Diferença de percentual entre valor previsto e realizado
da safra de 2019/2020**

**DPOO - Diferença de percentual entre o valor obtido na safra de 2019/2020
e os resultados médios históricos obtidos das safras anteriores ao período
do projeto apresentados na Tabela 4**

↓ e ↑ - resultados favoráveis

↓ e ↑ - resultados desfavoráveis

– - informação inexistente

KPI	Plataforma	Valor Previsto	Resultado Obtido	DPPR	DPOO
Produtividade (sacas/hectare)	Boletim Agrícola Algar Farming	54 sa/ha	57,48 sa/ha	↑ 06,44%	↑ 19,35%
Previsão meteorológica (% de acerto)	SciCrop e Zeus Agrotech	> 85%	90%	↑ 05,88%	↑ 12,50%
Singulação (%)	Precision Planting	> 90%	96,90%	↑ 07,66%	↑ 142,25%
Coefficiente de variação (%)	Precision Planting	< 40%	17,50%	↓ 56,25%	–
Consumo de óleo diesel Fase de plantio (l/h)	REX	12 l/ha	13,45 l/ha	↑ 12,08%	↑ 12,08%
Consumo de óleo diesel Fase de pulverização (l/h)	REX	1,1 l/ha	–	–	–
Consumo de óleo diesel Fase de colheita (l/h)	–	15 l/ha	–	–	–
Velocidade média do maquinário Fase de plantio (km/h)	REX	7,0 km/h	6,8 km/h	↓ 02,85%	–
Velocidade média do maquinário Fase de pulverização (km/h)	REX	15 km/h	–	–	–
Eficiência de Irrigação (%)	Irriger	85%	87,95%	↑ 03,47%	↑ 09,93%
Custo de energia elétrica da irrigação (R\$ mm/ha)	Irriger	R\$2,20 mm/ha	R\$2,29 mm/ha	↑ 04,09%	↓ 03,37%
Consumo de água estimado (mm/ano))	Irriger	450 mm/ano	507 mm/ano	↑ 12,66%	↑ 12,66%

máquinas contratadas pelo projeto. São equipamentos de tecnologia avançada, tais como os dosadores e posicionadores de sementes, equipamentos que garantem o controle por linha de produção, pulverizadores de controle automatizado, entre outros. Um fator que deve ser considerado é que o maior monitoramento permitiu acompanhar o consumo de combustível em maior detalhe melhorando a qualidade da informação face à maneira como o consumo era obtido anteriormente o que pode também contribuir para a discrepância.

Quando os resultados são transformados em valores financeiros, percebe-se que os resultados adversos dos custos tem um crescimento relativamente menor do que os resultados positivos do aumento da produtividade (ver Tabela 9). A consequência desse balanço é positivo para a rentabilidade da fazenda e são valores adquiridos através da

Tabela 9 – Ganhos de receita da safra de 2019/2020 em relação aos resultados médios obtidos das safras anteriores ao período do projeto (ver Tabela 4). Os cálculos são baseados nos indicadores de performance previstos pelo projeto *AgroConnect*.

↓ e ↑ - diminuições e aumentos favoráveis em relação às safras anteriores

↓ e ↑ - diminuições e aumentos desfavoráveis em relação às safras anteriores

– - Fornecedores que provisionam a informação ainda não implantados ou informação inconsistente com o indicador correspondente

KPI	Receita	Custos	Valor unitário	Valor líquido
Produtividade	↑ R\$ 2.376.382,84	–	R\$ 145,00/saca de soja	↑ R\$ 2.376.382,84
Consumo de óleo diesel Fase de plantio	–	↑ R\$ -9.944,09	R\$ 3,90/litro de óleo diesel	↑ R\$ -9.944,09
Consumo de óleo diesel Fase da pulverização	–	–	–	–
Consumo de óleo diesel Fase da colheita	–	–	–	–
Custo de energia elétrica da irrigação	–	↑ R\$ -166.227,22	R\$ 2,37 mm/ha (safras < 2019) R\$ 2,29 mm/ha (safra 2019/2020)	↑ R\$ -166.227,22
Totais	↑ R\$ 2.376.382,84	↑ R\$ -189.887,29	–	↑ R\$ 2.200.211,53

relação entre os valores obtidos das safras do projeto *AgroConnect* e os valores das safras anteriores à 2019.

Quanto aos resultados obtidos em relação às safras anteriores ao projeto; esses sim afetam diretamente a capacidade financeira gerada pelas soluções IoT contratadas pela fazenda. Todos os valores referentes aos custos e às receitas levam em conta que a área do projeto analisado é de *1758,46 ha* (conforme Tabela 6). A Tabela 9 apresenta os ganhos de receita da safra de 2019/2020 levando em conta a DPOO calculada na Tabela 8. Entre os resultados obtidos na coluna DPOO da Tabela 8, alguns merecem destaque.

A produtividade subiu *19,35%* em relação aos anos anteriores. Isso representa um aumento de *9,32 sacas de soja/hectare* e uma receita adicional de *R\$ 2.376.382,84* (ver Tabela 9).

Os custos adversos referentes ao consumo de óleo diesel na fase de plantio (que obteve um aumento de *12,08%*) e ao consumo de água (que obteve um aumento de *12,66%*) também estão sendo representados em formato financeiro na tabela 9. O aumento do custo do óleo diesel e o aumento do custo de energia elétrica proporcionam gastos adicionais de *R\$ 9.944,09* e *R\$ 166.227,22*, respectivamente.

É interessante mencionar que mesmo havendo um aumento no consumo de água

em 2019 referente aos anos anteriores de 570.000 l/ha , o aumento de custo com energia elétrica da irrigação aumentou $R\$ 94,53$ por hectare. Isso deve-se ao aumento de eficiência de $09,93\%$ da irrigação e a conseqüente diminuição do custo por milímetro de água irrigado no hectare de $03,37\%$.

Alguns dados da Tabela 8, como singulação, apresentam a melhora da qualidade do plantio. O aumento é bastante considerável, subiu de 40% para $96,90\%$, tornando a plantação com um ótimo nível de singularidade. O valor de 40% é a média histórica apresentada na Tabela 4. Esse fato ajuda principalmente na economia de custos de grãos de soja e no potencial produtivo da semente, que por exemplo, tem espaço suficiente para se desenvolver. Com isso, a qualidade da safra aumenta significativamente. Outro dado importante é o acerto médio das previsões meteorológicas que aumentou em $12,50\%$ e que são essenciais para melhorar a tomada de decisão do agricultor.

O conjunto de resultados obtidos são animadores em uma safra que ainda não tem todo o potencial de utilização das tecnologias contratadas. A Tabela 9 exibe o ganho adicional em uma área de $1758,46\text{ ha}$, que chega ao montante de $R\$ 2.200.211,53$; utilizando para isso o domínio restrito dos indicadores previstos pelo projeto. O preço unitário da saca de soja utilizado é $R\$ 145,00$.

4.2 Segundo ano do projeto *AgroConnect*

O segundo ano do projeto tem como objeto de análise a safra de soja de 2020/2021, cujo plantio acontece entre 17/10/2020 e 22/12/2020. Nesse período, as tecnologias do projeto *AgroConnect* estão inteiramente implantadas e todo o planejamento da *Algar Farming* se dá através dos protocolos de gerenciamento do ciclo produtivo das safras de soja executados em campo.

Nesse ano, espera-se que os resultados sejam melhores do que os resultados obtidos na primeira safra e que experimentos também possam ser colocados em prática a fim de obter aprendizados sobre a potencialidade produtiva da terra para os próximos anos.

Esta subseção se subdivide em duas: a primeira (4.2.1) apresenta a metodologia do segundo ano. São descritos protocolos de experimentação executados em campo, a descrição de recursos de algumas tecnologias contratadas que auxiliam na implantação desses protocolos e algumas diferenças existentes entre tecnologias que possuem a mesma área de atuação. A segunda (4.2.2) avalia os resultados do segundo ano em relação ao domínio de indicadores propostos na Tabela 4. Esses resultados referem-se principalmente à qualidade do plantio e retorno financeiro em relação às safras anteriores ao período do projeto.

Tabela 10 – Ensaio de nematicidas na fazenda Gaia - Pivô 6.

Tratamentos	Produtividade (sa/ha)	Diferença para sem tecnologia (sa/ha)	Incremento de produção (R\$/ha)	Custo Adicional de tratamento (R\$/ha)	Incremento líquido (R\$/ha)	Incremento líquido (%)
Sem tecnologia	66,18	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0,00%
Tratamento 1 com <i>Pro Solus</i>	68,94	2,76	R\$ 400,20	R\$ 130,11	R\$ 270,09	208%
Tratamento 2 com <i>Pro Solus</i>	69,13	2,95	R\$ 427,75	R\$ 104,11	R\$ 323,65	311%
Tratamento 3 com <i>Pro Solus</i>	68,71	2,53	R\$ 366,85	R\$ 95,11	R\$ 271,74	286%
Tratamento 4 com <i>Pro Solus</i>	66,77	0,59	R\$ 85,55	R\$ 70,27	R\$ 15,28	22%
Tratamento padrão da fazenda com <i>Pro Solus</i>	68,34	2,16	R\$ 313,20	R\$ 30,11	R\$ 283,09	940%

4.2.1 Metodologia do segundo ano

A metodologia advém das informações coletadas em campo pelas soluções IoT contratadas. Grande parte dos benefícios que essas soluções trazem para a agricultura de precisão já estão descritas na subseção 3.2 e não são repetidas aqui.

A metodologia do segundo ano engloba a do primeiro ano. A questão é que as tecnologias, nesse momento, já estão implantadas e a execução dos protocolos designados para safra podem ser inteiramente executados.

Os protocolos são elaborados para fins de aprendizado tal como estudar a capacidade produtiva do solo para aumentar a produção em anos posteriores; para fins de experimentação tal como testar se uma estratégia é mais eficaz que outra no tratamento de nematoides; ou apenas para fins de otimização do ciclo produtivo. Alguns desses protocolos são descritos nesta seção. Cada protocolo é vinculado a uma ou mais soluções IoT.

4.2.1.1 Protocolo da plataforma Pro Solus

Grande parte das áreas das fazendas do *Complexo Gaia*, onde o projeto *AgroConnect* está sendo desenvolvido, possui problemas com parasitas denominados nematoides, que atuam nos tecidos vegetais da planta, principalmente no sistema radicular. Tratam-se de parasitas difíceis de diagnosticar, pois além de serem invisíveis a olho nú (0,2 a 0,3 mm de comprimento), ainda atuam na parte da planta que fica abaixo do nível do solo. Diagnósticos errados podem levar o agricultor a tentar reverter o declínio da cultura através da aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas por via foliar, onerando custos de produção sem quaisquer resultados práticos.

Nesse contexto, a utilização de plataformas tais como a *Sensix* que provisionam sensoriamento remoto das safras se justifica, pois auxilia os agricultores a encontrar regiões atacadas pela praga.

A partir daí, o protocolo proposto nesta seção é executado no talhão Pivô 6 da Fazenda Gaia; em áreas que tem histórico de grande pressão de nematoides. O intuito é avaliar através de uma análise comparativa a performance de biodefensivos organominerais, defensivos químicos e tratamento convencional. Acredita-se que o tratamento químico convencional de tratamento das sementes não estão sendo suficientes para evitar os danos causados pela praga, e por conseguinte, a produtividade nessas regiões estão sendo afetadas.

O protocolo é executado em campo utilizando a tecnologia de pulverização da *Pro Solus*, que aplicam insumos biológicos e químicos diretamente no sulco do plantio; e, possibilita separar biodefensivos dos defensivos de origem química. Dessa maneira, a performance dos biodefensivos não é prejudicada por estarem em contato direto com os químicos. Além disso, os pulverizadores da *Pro Solus* permitem inocular os produtos com precisão e eficiência; sendo aplicados apenas nos locais necessários e na dosagem correta.

O protocolo experimental da *Algar farming* utiliza os tratamentos abaixo. Os dois primeiros tratamentos são padrões utilizados como base para os outros tratamentos (tratamentos 1 à 5 e padrão da fazenda) que são experimentais. A partir dessas experimentações, procura-se conhecer mais sobre as pragas e encontrar o tratamento ideal para o problema. O intuito é aumentar a produtividade.

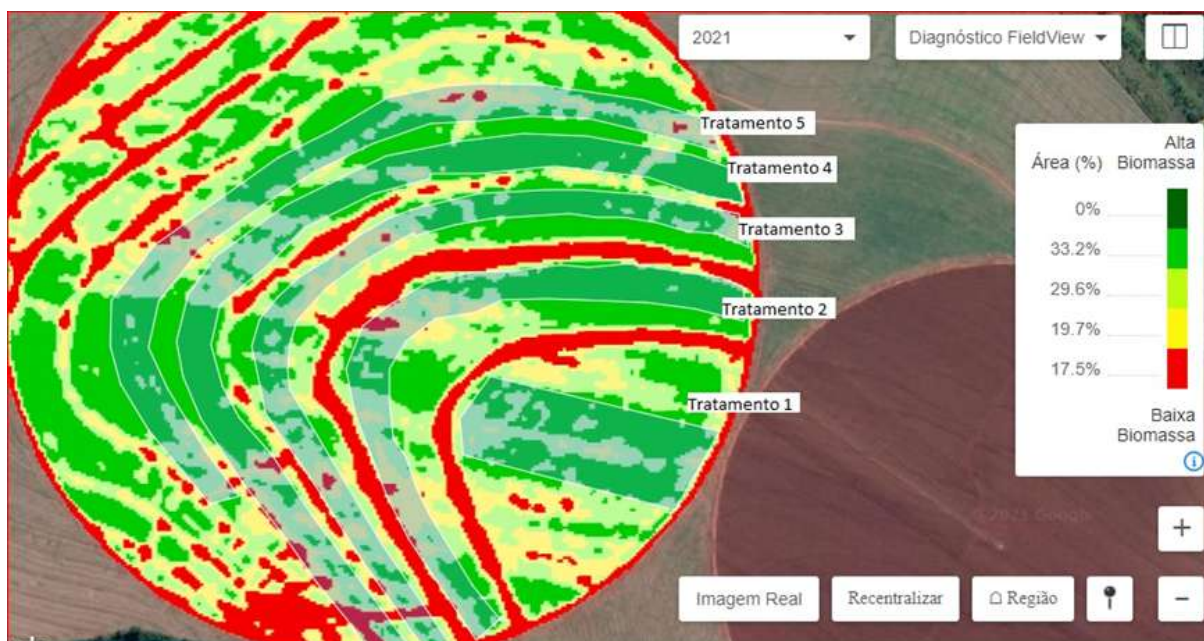
- **Tratamento químico de sementes (TQS).** Para fins desse protocolo, é um tratamento padrão químico de sementes.
 - 0,05 litros de inseticida Dermacor (Clorantraniliprole) + 0,1 litros de fungicida Maxim XL (Metalaxil + Fludioxonil) por 100,0 kg de sementes.
 - Aplicado em 100% da área tratada.
- **Tratamento no sulco do plantio SoluBio (Pro Solus).** Para fins desse protocolo, é um tratamento padrão feito diretamente no sulco do plantio.
 - SoluBio
 - * Bio Raiz 3,0 l/ha; Bio Raiz 3,0 l/ha; Bio ND 2,0 l/ha; Bio Solu AZ 1,0 l/ha.
 - Aplicado em 65% da área tratada.
- **Tratamento 1.** É o primeiro tratamento experimental do protocolo que é feito em uma área de aproximadamente 10 hectares. O objetivo é separar os biodefensivos do tratamento químico de sementes e adicionar um potencializador de biodefensivos junto ao tratamento. Utiliza a tecnologia *Pro Solus*.

- Inductor Solos: extratos vegetais + adjuvantes.
 - 0,075 l/ha de TSQ + 0,25 l/ha de Inductor Solos (Pro Solus) + 9,0 l/ha de SoluBio (Pro Solus).
- **Tratamento 2.** É o segundo tratamento experimental do protocolo que é feito em uma área de aproximadamente 10 hectares. O objetivo é separar os biodefensivos do tratamento químico de sementes e adicionar um potencializador de biodefensivos junto ao tratamento. Utiliza a tecnologia *Pro Solus*.
 - Ultranema: extratos vegetais + ácidos húmicos.
 - 0,075 l/ha de TSQ + 2,0 l/ha de Ultranema (Pro Solus) + 9,0 l/ha de SoluBio (Pro Solus).
- **Tratamento 3.** É o terceiro tratamento experimental do protocolo que é feito em uma área de aproximadamente 10 hectares. O objetivo é separar os biodefensivos do tratamento químico de sementes e adicionar um potencializador de biodefensivos e repelente de nematoides junto ao tratamento. Utiliza a tecnologia *Pro Solus*.
 - Openeem Flex: extrato hidroalcoólico de nem.
 - 0,075 l/ha de TSQ + 1,0 l/ha de Openeem Flex (Pro Solus) + 9,0 l/ha de SoluBio (Pro Solus).
- **Tratamento 4.** É o quarto tratamento experimental do protocolo que é feito em uma área de aproximadamente 10 hectares. O objetivo é observar a sinergia desse tratamento químico associado ao tratamento com biodefensivos via *Pro Solus*.
 - Verango prime: Fluopiram.
 - 0,075 l/ha de TSQ + 0,3 l/ha de Verango Prime (Pro Solus) + 9,0 l/ha de SoluBio (Pro Solus).
- **Tratamento 5 (sem tecnologia).** É o quinto tratamento experimental do protocolo que é feito em uma área de aproximadamente 10 hectares. O objetivo é deixar uma área sem a utilização da tecnologia *Pro Solus* para fazer posteriormente uma abordagem comparativa entre tratamentos que utilizam a tecnologia e o tratamento convencional, onde é realizado apenas o tratamento químico das sementes.
 - 0,075 l/ha de TSQ.
- **Tratamento padrão da fazenda.** É o tratamento experimental escolhido como padrão pela *Algar Farming* e é feito em uma área de aproximadamente 10 hectares. Utiliza a tecnologia *Pro Solus*.
 - 0,075 l/ha de TSQ + 9,0 l/ha de SoluBio (Pro Solus).

Em relação aos resultados obtidos, pode-se fazer uma análise comparativa entre as áreas onde foram aplicados os tratamentos, utilizando para isso duas vertentes: desenvolvimento vegetativo e produtividade.

Quanto ao desenvolvimento vegetativo (ver Fig. 34), não há diferença significativa entre os tratamentos. As cinco regiões tratadas estão delimitadas na Fig. 34 e podem ser localizadas no mapa através das legendas Tratamento 1, Tratamento 2, Tratamento 3, Tratamento 4 e Tratamento 5. Os tons de cores dentro das regiões delimitadas variam de amarelo à verde claro, mostrando que não há variação latente de desenvolvimento da cultura dentro de cada parcela. A diferença de massa vegetativa não segue o padrão do sentido de plantio de cada parcela, o que leva à conclusão de que essa variação está mais relacionada às manchas de solo com maior e menor fertilidade.

Figura 34 – Áreas da *Algar Farming* onde foram executados os protocolos experimentais da solução *Pro Solus*.



Quanto à produtividade dos tratamentos realizados (ver Tabela 10), os resultados adquiridos em cada região são significativos. Todos os tratamentos (1, 2, 3, 4, 5 e Padrão da fazenda) tem como referência o tratamento sem tecnologia. O objetivo é comparar tratamentos que estão utilizando agricultura de precisão através da solução IoT *Pro Solus* em relação ao tratamento tradicional, onde é utilizado apenas tratamento químico de sementes.

Todos os tratamentos atingem potenciais de produtividade maiores que o tratamento sem tecnologia. Merece destaque o tratamento padrão da fazenda, que atinge um retorno adicional sobre o custo de 940% em relação ao tratamento tradicional. Outra questão que merece destaque é que o tratamento padrão da fazenda, apesar de atingir o maior

percentual de retorno em relação ao custo de tratamento, possui retorno financeiro menor do que o tratamento 2: uma diferença de ($R\$ 323,65 - R\$ 283,09 = R\$ 40,56$) por hectare. Esse fato deve-se ao ganho da produtividade do tratamento 2, que atinge $2,95$ sc/ha em relação ao tratamento tradicional e um ganho de $0,79$ sc/ha em relação ao tratamento padrão da fazenda. Apesar de ter o segundo maior custo de tratamento ($R\$ 104,11$) por hectare, ainda assim consegue uma taxa de retorno sobre o custo maior que todos os outros tratamentos ($R\$ 323,65$) por hectare.

A importância desse estudo está exposta na Tabela 10. Primeiramente, o agricultor consegue ver se o tratamento padrão da fazenda é o ideal para regiões que possuem histórico de pressão de nematoides. Percebe-se que o tratamento da fazenda é relativamente melhor do que o tratamento tradicional em termos de produtividade e em ganho adicional de rentabilidade em relação ao custo gasto no tratamento. Ainda descobriu-se com o estudo que o tratamento 2 é o tratamento ideal quando se mede apenas a rentabilidade sobre o custo.

No caso do tratamento padrão da fazenda, supondo que 10.000 hectares recebem esse tratamento, um ganho adicional de $R\$ 2.830.900$ é obtido em relação ao tratamento convencional. No caso do tratamento 2, supondo essa mesma quantidade de hectares, o ganho adicional em relação ao tratamento tradicional é de $R\$ 3.236.500$.

4.2.1.2 Protocolo da plataforma da *Sensix* e *APagri/Inceres*

A motivação do protocolo é tentar fazer um estudo que justifique o decaimento de produtividade na fazenda São Paulo. A Tabela 11 mostra que uma intervenção corretiva de solo realizada na safra de 14/15 foi benéfica para os anos posteriores; porém, a partir da safra de 15/16 começou a haver um decaimento de produtividade que atinge o seu ápice na safra de 18/19. Logo após, a safra de 19/20 tem uma relativa melhora, porém, não atinge ainda os $58,96$ sc/ha da safra de 15/16. Esse estudo visa compreender as razões dessa diminuição da capacidade produtiva de algumas regiões da fazenda São Paulo para conseguir através de tomadas de decisão melhorar a rentabilidade produtiva das áreas analisadas.

Para isso, são analisados mapas de fertilidade fornecidos pela *APagri/Inceres* e imageamentos aéreos disponibilizados pela *Sensix*.

Os mapas de fertilidade permitem analisar a capacidade do solo em suprir nutrientes essenciais ao crescimento e produtividade das plantas. Cada nutriente possui um teor ou concentração no solo adequados a uma determinada cultura. O estudo dessas concentrações possibilita a realização de diagnósticos do solo que podem justificar o mal desempenho da região analisada. Entre esses nutrientes são analisados concentrações em $cmolc/dm^3$ de cálcio, magnésio, fósforo, enxofre; percentuais de saturação de cálcio, magnésio e alumínio;

Tabela 11 – Histórico de intervenções e produtividade do solo na Fazenda São Paulo.

Histórico Fazenda São Paulo	Data de Plantio	Cultivar	Índice pluviométrico (mm)	Calcário (tons/ha)	Gesso (tons/ha)	Adubação de correção (formulação e tons/ha)	Operação específica	Coleta/amostragem de solo	Produção média (sc/ha)
saíra 14/15	11/6/2014	BRSMG 850 RR	1340	3,2	0,7	Fosfato natural 0,5	Grades intermediária e niveladora	Grid	38,41
saíra 15/16	11/22/2015	BRS VALIOSA RR	1109	0	0	0	Sem intervenção	Sem amostragem	58,96
saíra 16/17	11/15/2016	BRS VALIOSA RR	1278	0	0	0	Sem intervenção	Sem amostragem	51,13
saíra 17/18	11/18/2017	P98Y30 RR	1113	0	0	Super simples 0,12	Sem intervenção	Sem amostragem	50,87
saíra 18/19	11/3/2018	NS 7901 RR	829	0	0	0	Sem intervenção	Grid	38,81
saíra 19/20	11/28/2019	M-SOY 7739 IPRO	1550	0	0	0	Sem intervenção	Sem amostragem	52,66
saíra 20/21	11/24/2020	M-SOY 7739 IPRO	444	0	0	MS Boro Alger 0,2	Sem intervenção	Zona de manejo	***

*** Trabalho implementado antes da colheita da soja. Sem possibilidade de estimar valores assertivos.

relação entre cálcio/magnésio; pH do solo; etc.

A Fig. 35 exibe as informações do solo nas regiões analisadas. Mediante essa primeira análise, observa-se que os teores dos principais nutrientes ficaram abaixo do ideal, podendo ser um dos fatores que acarretam a baixa produção de grãos de soja na área. O percentual de saturação de Ca^{2+} na CTC é 50%, porém, os intervalo de saturação de Ca^{2+} está entre 20,90% e 36,70%. Antes de corrigir a concentração de cálcio, é preciso que a saturação de magnésio fique entre 16% e 17%, no entanto, está entre 7% e 14,90%. A media ideal para o pH do solo para a cultura de soja gira em torno de 5,5 e 6,0, porém, todos o talhões se encontram abaixo desses valores.

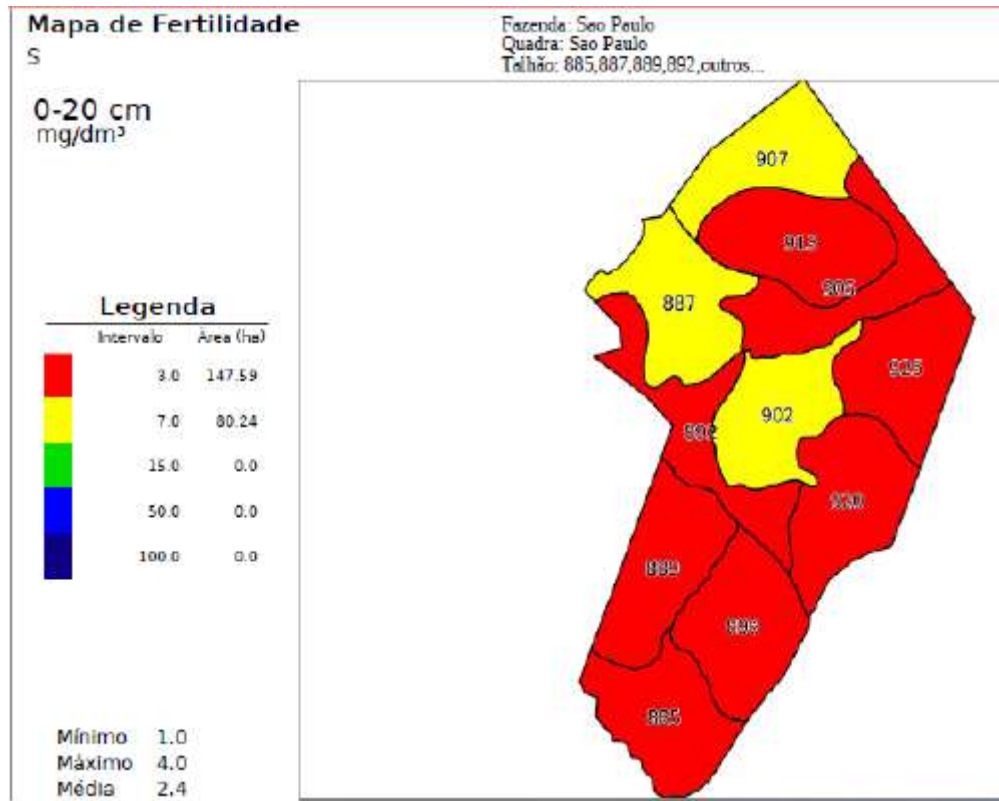
Figura 35 – Comparativo de análise de solo da Fazenda São Paulo.

Propriedade :		SAO PAULO - MONTE ALEGRE - MG													
Proprietario:		ALGAR FARMING/ FAZ. SAO PAULO													
Solicitante:		ALGAR FARMING/ FAZ. SAO PAULO													
Laudo		305/2021													
Data:		29/01/2021													
N_lab	id	Talhão	prof	p_res	pH	v	ca	sat_ca	mg	sat_mg	rel_ca_mg	sat_al	s		
				mg/dm3	%	%	cmolc/dm3	%	cmolc/dm3	%	%	mg/dm3			
876	04	1	0-20	25,50	5,20	52,90	1,60	35,90	0,53	11,90	3,00	0,80	2,00		
877	05	1	0-20	21,80	4,60	42,40	1,40	29,90	0,43	9,20	3,30	4,80	1,00		
878	06	1	0-20	20,00	5,10	54,60	1,70	36,70	0,62	13,40	2,70	0,00	3,00		
879	07	2	0-20	39,50	4,70	45,80	1,40	30,40	0,57	12,40	2,50	2,80	2,00		
880	08	2	0-20	21,80	4,90	48,20	1,20	31,10	0,53	13,70	2,30	1,10	1,00		
881	10	2	0-20	38,40	4,40	34,10	1,00	24,40	0,31	7,60	3,20	9,70	4,00		
882	1	3	0-20	20,40	4,80	46,30	1,60	33,10	0,48	9,90	3,30	1,80	4,00		
883	2	3	0-20	19,90	4,90	52,20	1,70	35,30	0,66	13,70	2,60	1,20	1,00		
884	3	3	0-20	23,60	4,70	43,90	1,20	26,90	0,46	10,30	2,60	3,00	7,00		
885	9	4	0-20	14,30	4,90	52,50	1,60	34,60	0,69	14,90	2,30	0,00	2,00		
886	11	4	0-20	16,20	4,70	43,10	1,30	30,80	0,35	8,30	3,70	3,20	4,00		
887	12	4	0-20	16,10	4,40	32,10	0,80	20,90	0,27	7,00	3,00	10,90	2,00		

O enxofre é um macronutriente que é arrastado por água facilmente, e, portanto, é difícil mantê-lo no solo. Trata-se de um nutriente importante para absorção da planta e sua concentração ideal para plantação de soja é 20 mg/dm³. Nota-se na Fig. 35 a ausência desse nutriente no solo analisado. No mapa de produção da Fig. 36 também é possível ver que a ausência desse nutriente atinge valores críticos (apontada pela cor vermelha) no

mapa de fertilidade referente ao ano de 2020.

Figura 36 – Mapa de fertilidade referente à concentração de enxofre na fazenda São Paulo no ano de 2020.



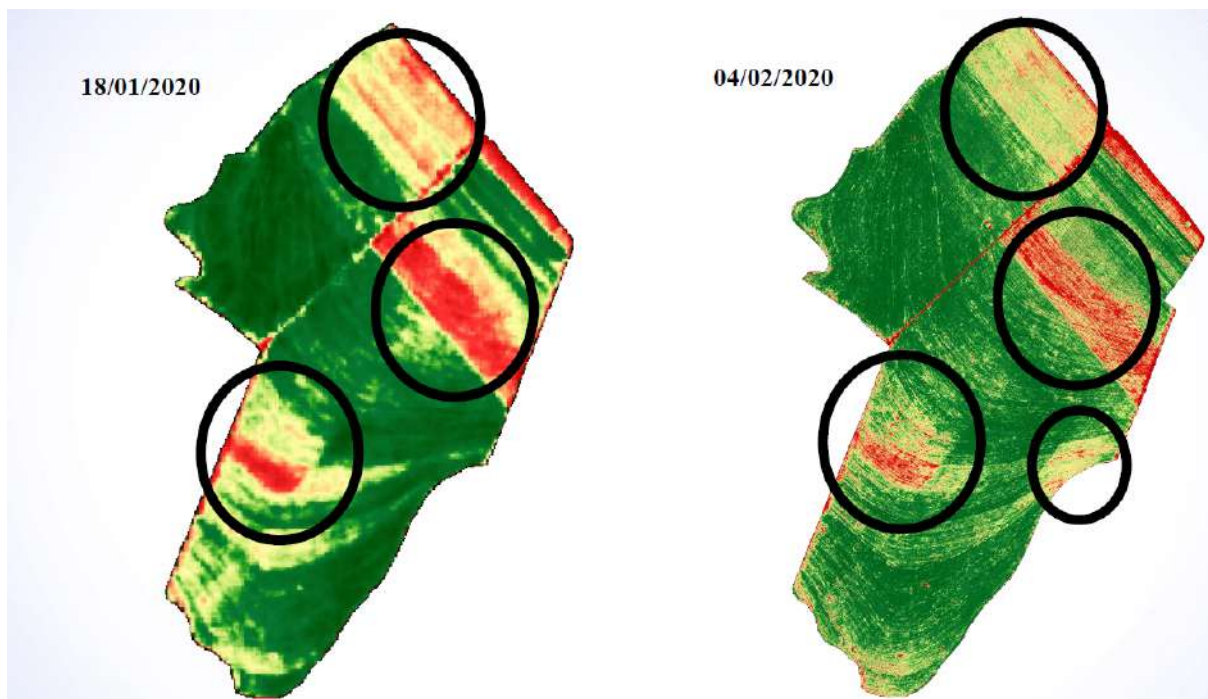
Depois do primeiro diagnóstico dos mapas de produção, faz-se as análises das imagens fornecidas pela empresa *Sensix*. Com ela, os agentes da fazenda conseguem se orientar até os principais pontos georreferenciais com índices de biomassa abaixo do esperado. A Fig. 37 mostra dois mapas que mostram praticamente as mesmas deficiências (manchas vermelhas) em períodos diferentes. A cor vermelha indica baixos índices de biomassa e a cor verde mostra as melhores áreas; quanto mais escuro o tom de verde, melhor a área em termos de biomassa.

A Fig. 38 exibe fotos reais da fazenda São Paulo correspondentes às áreas com baixo nível de biomassa. As plantas dessa área chegam a produzir até 40% a menos do seu potencial produtivo.

Esse protocolo, através das ferramentas da *Sensix* e *APagri/Inceres*, conseguiu identificar áreas de baixo valor produtivo e agora podem tomar decisões significativas para a correção da área nas próximas safras. Algumas outras análises pontuais são feitas a partir das informações coletadas por essas soluções IoT.

1. As piores áreas estão dentro da zona de manejo com piores índices de teores de nutrientes.

Figura 37 – Mapas NDVI de diferentes períodos da Fazenda São Paulo.



2. Os problemas encontrados não são decorrentes da falta de chuva e/ou interação com agentes biológicos tais como lagartas, nematoides e outros parasitas.
3. Os principais pontos com problemas apresentam altos índices de compactação do solo, mediante as análises de raízes retiradas nos pontos georreferenciais que apresentam manchas vermelhas nas imagens NDVI.

4.2.1.3 Protocolos da *Precision Planting*

A *Precision Planting* otimiza diretamente alguns indicadores de produção tais como singulação, coeficiente de variação e custos referentes às compras de sementes tratadas industrialmente. Esses indicadores estão relacionados à qualidade do plantio; à distribuição de sementes no metro; ao evitamento de sobreposições, falhas, duplas e triplas.

Os equipamentos do kit da *Precision Planting* permitem o controle individual por linha de produção, os dosadores giram em velocidades diferentes dependendo da situação de cada linha de plantio. A distribuição e a contagem de sementes são eficientes, o espaçamento entre sementes é feito de maneira uniforme nas linhas (retilíneas e curvilíneas) que existem no campo; e os dados do plantio são mostrados no monitor que se localiza na máquina em tempo real. Além disso, o pistão hidráulico *Delta Force* recebe as informações do sensor *LoadPin* e juntos garantem a profundidade adequada em cada linha da semeadora, realizando para isso a força necessária no solo.

Figura 38 – Mapa NDVI exibindo falhas de plantio na fazenda São Paulo e fotos reais das plantas encontradas na região.



Um dos protocolos da *Algar Farming* para medir a utilização da tecnologia em campo foi não utilizá-la em determinadas áreas. Nas áreas de plantio onde a tecnologia foi utilizada chegou-se à média de 17,5% de coeficiente de variação, enquanto em áreas onde ela não é utilizada chegou-se ao resultado de 32,6%. É válido lembrar que quanto menor o índice, mais satisfatório é o resultado em relação à uma plantação singular.

A Fig. 39 mostra a singularidade da plantação em uma das áreas da *Algar Farming* onde foi utilizada a solução da *Precision Planting*.

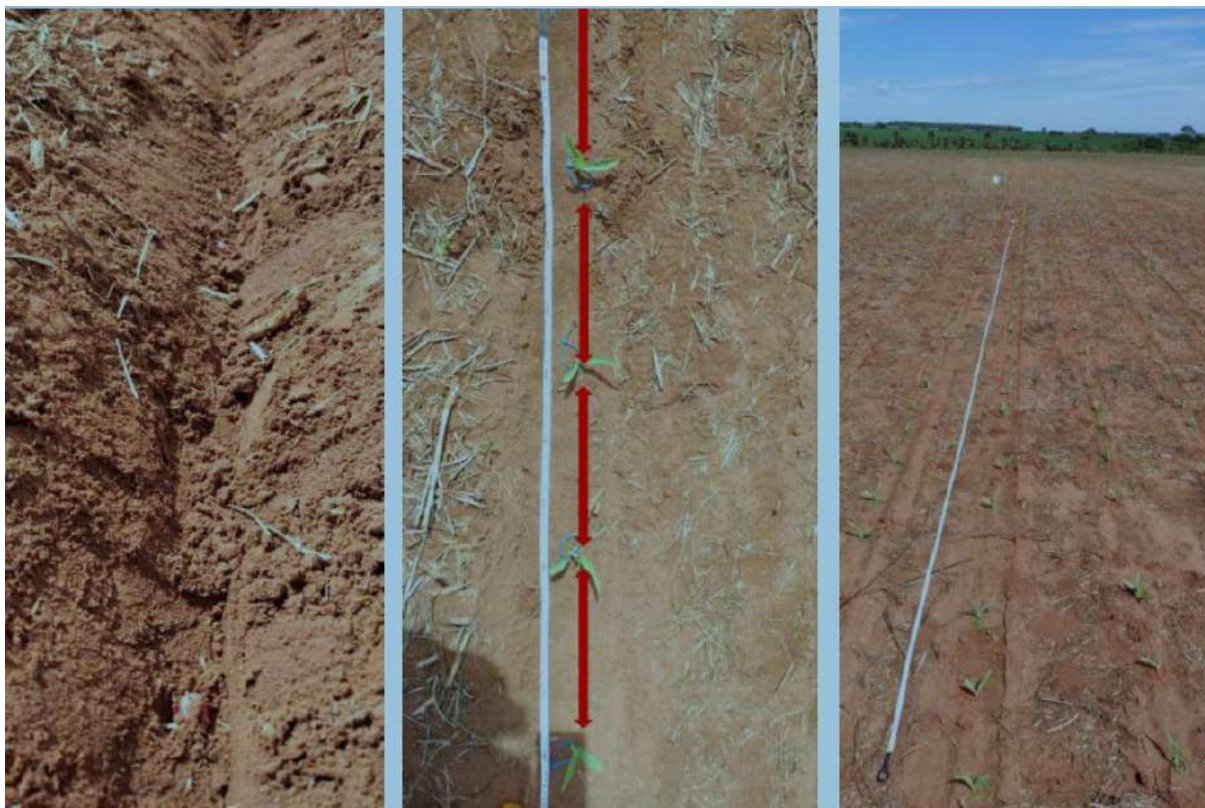
4.2.1.4 Protocolos da REX

A plataforma *REX* realiza a monitoração dos ativos em tempo-real, registra a execução dos trabalhos (operações dos ativos), emite alertas para não conformidades, mede desempenho e reporta diariamente informações importantes para o gerenciamento dos maquinários da fazenda.

As informações são diversas: trajetos; velocidades; áreas nas quais as operações são executadas; tempo total para realização das operações; tempo de motor consumido; medição de desempenho de atividades; alertas de temperaturas de motor e velocidade fora do padrão da operação realizada; conhecimento histórico do rastro percorrido pela máquina.

Com todas essas informações, a *Algar Farming* consegue fazer o controle gerencial de todo o maquinário da fazenda e os resultados esperados são redução da ociosidade do

Figura 39 – Profundidade e distanciamento uniforme no metro do plantio onde é utilizada a solução IoT da *Precision Planting*.



motor; redução do tempo de manobra e deslocamento de máquinas; economia do consumo do combustível; aumento da disponibilidade de máquina; racionalização do custo dos insumos; detecção de problemas na máquina para execução de manutenções; etc. A gestão efetiva das jornadas de trabalho através do acompanhamento dos horários de refeição, reabastecimento de insumos e rastreamento realizado pela máquina podem inclusive reduzir o número de ativos no campo ao melhorar a eficiência das operações realizadas pelo sistema de gerenciamento.

Um dos focos principais da *Algar Farming* na utilização da solução REX é atingir velocidades ideais para operações de plantio e pulverização. A velocidade ideal do plantio gira em torno de $5,0 \text{ km/h}$ a $7,0 \text{ km/h}$. Fora desse intervalo, há riscos de falhas, duplas e desperdício de sementes. A velocidade ideal da pulverização gira em torno de 18 km/h . Velocidades de pulverização distantes desse valor podem causar ineficiência da operação e por conseguinte, aparecimento de pragas.

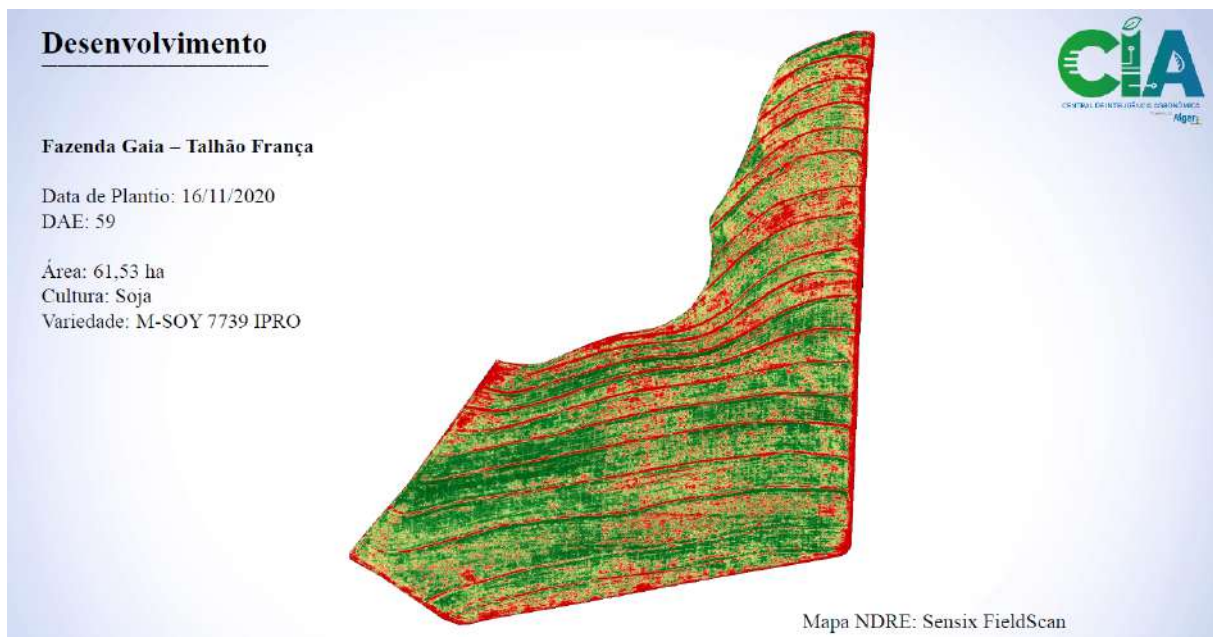
Pode-se verificar nas Tabela 8 e na Tabela 14 que as velocidades médias adquiridas com o uso da tecnologia estão bem próximas da ideal. Nesse ponto, a *REX* auxilia os equipamentos da *Precision Planting* a desenvolver plantios singulares; como também auxilia os equipamentos da *APagri* na eficiência da operação de pulverização.

4.2.1.5 Protocolos das soluções de monitoramento meteorológicos da *SciCrop* e *Zeus Agrotech*

As soluções IoT da *SciCrop* e da *Zeus Agrotech* são discutidas detalhadamente nas subseções 3.2.1.1 e 3.2.1.2, respectivamente. Esta seção tem a finalidade de mostrar algumas diferenças entre essas plataformas, já que pertencem ao mesmo domínio de atuação: fornecem dados meteorológicos. Além disso, é descrito como soluções desse domínio de atuação podem auxiliar nos protocolos implantados.

Essas ferramentas que provisionam dados meteorológicos são importantes no que diz respeito às tomadas de decisão do agricultor. Os dados melhoram essa tomada de decisão quanto à otimização do ciclo produtivo, tornando-o mais eficiente. Escolhe-se, por exemplo, as melhores janelas para execução das operações de plantio, colheita e pulverização; previne, por exemplo, compactações de solo através do planejamento de entrada de veículos em dias de chuva; planeja melhor a irrigação; seleciona os dias de aplicação de fertilizantes e insumos de acordo com os dados do vento; etc.

Figura 40 – Mapa NDRE do talhão França.



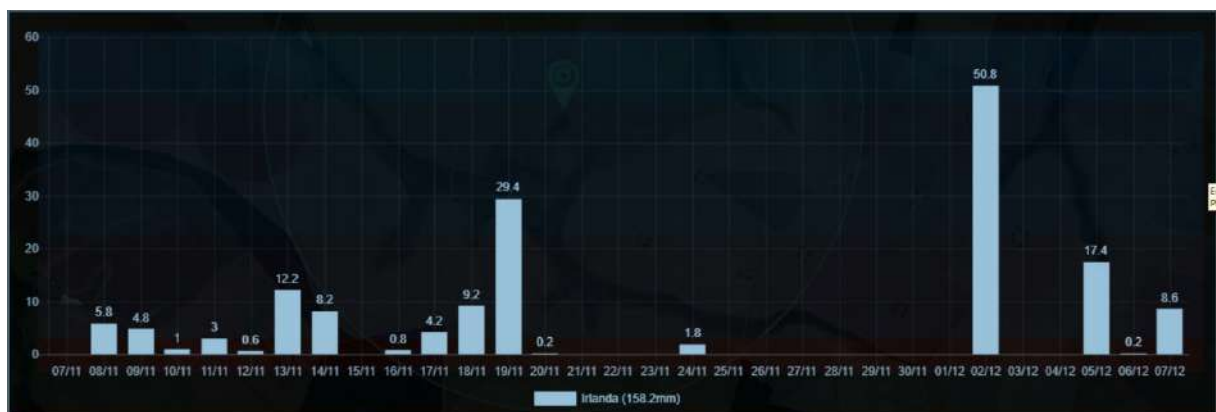
Além das tomadas de decisão, a plataforma também ajuda a detectar ou descartar problemas de produtividade. A Fig. 40 representa uma imagem NDRE da *Sensix* do talhão França da fazenda Gaia. A data de plantio dessa região se deu no dia 16/11/2020, com Dia Após Emergência (DAE) de 59 dias. A cor vermelha da imagem representa setores que possuem problemas. Como pode ser visto na Fig. 41, são apenas falhas de plantio; as raízes das plantas não apresentam sinais de doenças causadas por nematoides, fungos ou outros parasitas.

Figura 41 – Falhas de plantio no talhão França.



Como ainda não havia justificativa para a falha de plantio, uma investigação foi feita na plataforma *Zeus* para averiguar o histórico de chuvas na região. A Fig. 42 mostra que entre 07/11/2020 e 07/12/2020 a quantidade de chuva no período da colheita foi normal e portanto, não interferiu na cultura. Essa análise descarta que as falhas na região tenha sido causado por uma quantidade anormal de chuva. Nesse aspecto, a ferramenta, além das previsões para tomada de decisão, também auxilia o agricultor a entender o que acontece em determinada região através dos históricos das informações coletadas.

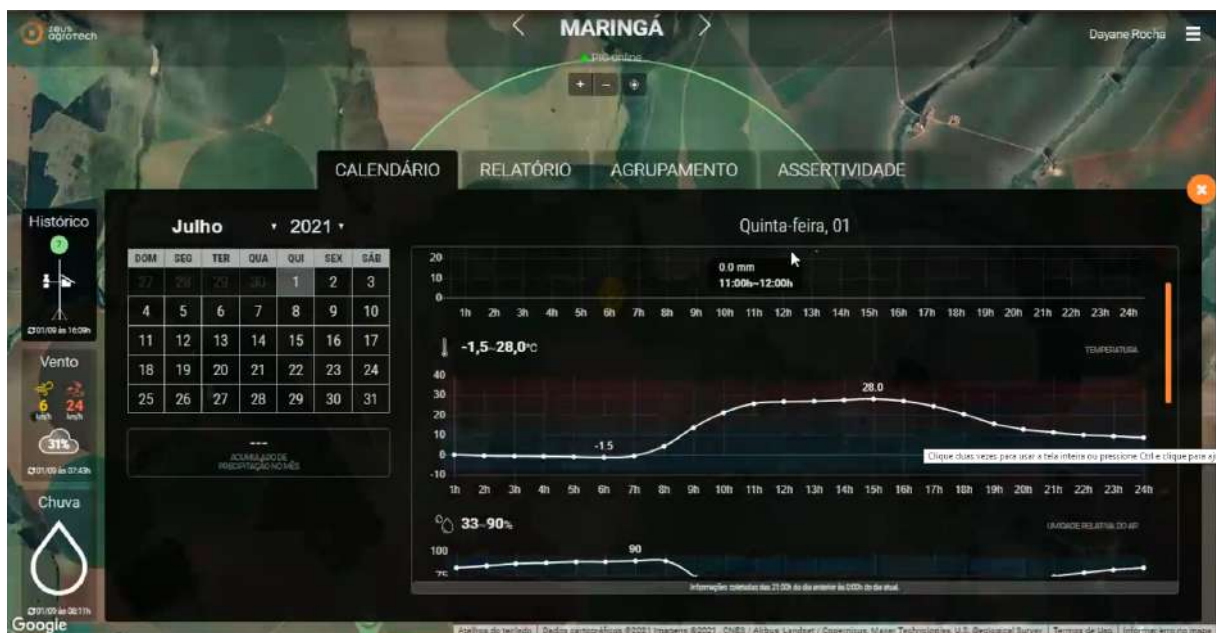
Figura 42 – Histórico de precipitação do talhão França retirado da plataforma *Zeus*.



Outro exemplo são as geadas que teve em julho na cidade de Uberlândia; na região da *Algar Farming*. A plataforma *Zeus* previu 15 dias antes esse acontecimento meteorológico.

A partir daí, os agrônomos puderam tomar algumas medidas para minimizar o impacto. Quanto à safra de algodão, os agrônomos planejaram aplicar defensivos químicos para apressar a abertura do algodão para antecipar a colheita. Algumas áreas foram perdidas, outras foram salvas. Com auxílio da plataforma, consegue-se ter essa espécie de tomada de decisão em situações adversas. A Fig. 43 mostra a geada do dia 01/07/2020 na plataforma Zeus; cuja temperatura mínima chegou a -1.5°C às 06 horas da manhã.

Figura 43 – Geada do dia 01/07/2021 no talhão Maringá. Imagem retirada da plataforma Zeus.



Quanto às diferenças entre as duas soluções, começam nos *layouts* das plataformas WEB.

O portal WEB da solução *SciCrop* traz informações de pluviometria; temperatura mínima e máxima; média de velocidade, rajadas e direção do vento; umidade mínima e máxima; pressão atmosférica; radiação solar; todas essas características são fornecidas diariamente pela plataforma. Além disso traz previsões de características meteorológicas, tais como temperatura e chuva. No entanto os relatórios gerenciais e os gráficos não são de fácil entendimento; e, além disso, não podem ser exportados para formatos padrões como planilhas eletrônicas(.xls) e arquivos texto(.csv). O *layout* não é didático e a curva de aprendizado pode se estender quando o usuário não tem muita experiência com manuseamento de aplicações. Existe um relatório que é enviado diariamente (mostrado na Fig. 3) que é um consolidado do que o agricultor precisa e está presente apenas no portal WEB da SciCrop. Outra questão adversa da plataforma é a falta do percentual de acurácia da previsão que eles fornecem. A plataforma apenas classifica a acurácia da previsão em alta, média e baixa precisão.

As informações do portal WEB da *Zeus* são praticamente as mesmas, porém, o layout é amigável, os relatórios gerenciais são mais detalhados e os gráficos de fácil entendimento. Pode-se gerar relatórios de todas as características meteorológicas disponíveis e visualizar gráficos gerenciais que dão a informação até o nível de hora em hora. Os relatórios são exportáveis para formatos padrões tais como planilhas eletrônicas (.xls) e arquivos texto (.csv). Através dos dados meteorológicos, agenda-se o melhor calendário para executar determinada operação. Se no dia houver previsão de chuva, a plataforma alerta, e, por exemplo, aplicações de inseticidas são remanejadas e todos os procedimentos vinculados à essa aplicação também são remanejadas automaticamente. Outro fato que merece destaque é que a *Zeus* melhora a sua ferramenta de forma rápida; desde o início do projeto até o final houve melhoras significativas (como o calendário de agendamentos descrito) que afetam e facilitam o trabalho do agricultor. No caso da *Zeus*, eles informam exatamente o percentual da acurácia de precisão das suas previsões, informação considerada importantíssima para a equipe técnica da *Algar Farming*.

Outro ponto importante que diferencia as duas soluções IoT contratadas para o domínio de monitoramento meteorológico são as interfaces dos aplicativos móveis. Esse fato é importante porque o técnico de campo está a todo momento verificando dados meteorológicos desses fornecedores. O acesso desses técnicos pelo aplicativo móvel é bem maior que pela plataforma WEB. No caso da *Algar Farming*, só os agrônomos que se preocupam com o gerenciamento do projeto acessam a plataforma WEB, pois é a única que emite relatórios gerenciais.

No caso do aplicativo móvel da *SciCrop*, a interface não supre as expectativas do técnico no campo. O aplicativo possui poucas telas. A tela inicial exibe a temperatura e velocidade do vento. Consegue-se fazer filtros através do preenchimento de algumas informações e o retorno é apenas dados de temperatura máxima e mínima. Essas informações da *SciCrop* são bem restritas em relação a sua plataforma WEB, e portanto, é bem limitada aos propósitos dos profissionais da fazenda. No caso da *Zeus*, o layout é bem parecido com o portal WEB, porém não possui os relatórios gerenciais. Mas consegue-se praticamente todas as informações que o profissional precisa no campo: probabilidade de chuva; índices pluviométricos; velocidade do vento; umidade do ar; rajada; cobertura de nuvens; temperatura; previsão de pequeno, médio e longo prazo para as características meteorológicas disponíveis; comparativo do histórico de precipitação de um mês à escolha e o que está previsto para os próximos meses; etc.

O aplicativo da *SciCrop* é de menor custo e, apesar das limitações, pode suprir as necessidades de pequenos agricultores. No caso da *Algar Farming*, em que o controle gerencial é feito para uma grande quantidade de hectares; a solução IoT da *Zeus* parece ser a melhor alternativa; pois possui mais recursos de controle gerencial e relatórios mais detalhados que a solução IoT da *SciCrop*.

4.2.2 Avaliação do segundo ano

A avaliação do segundo ano segue métodos semelhantes aos realizados no primeiro ano. Os protocolos da *Algar Farming* já se encontram inteiramente implantados e as tecnologias integralmente instaladas. Espera-se que os resultados financeiros dessa safra sejam melhores; pois no primeiro ano as tecnologias ainda estavam sendo instaladas com a safra em andamento.

Primeiramente, é feita uma avaliação da safra de 2020/2021 em relação às médias de performances das safras anteriores ao projeto. Essa avaliação é semelhante ao primeiro ano. Posteriormente, na subseção 4.3 é realizada uma comparação entre as safras do projeto (2019/2020 e 2020/2021) para averiguar se a progressão de tecnologias instaladas na fazenda reflete nos indicadores de performance propostos pelo projeto.

A Tabela 12 lista os talhões que delimitam o projeto *AgroConnect* no segundo ano; as fazendas às quais pertencem dentro do *Complexo Gaia* e as áreas destinadas a cada um. Tal qual o primeiro ano, o projeto *AgroConnect* trabalha com áreas de manejo.

Tabela 12 – Talhões utilizados na safra de 2020/2021.

Fazenda	Talhão	Área (ha)
Cachoeira	Jacarezinho	68.73
Gaia	Londres	90.61
Gaia	Portugal	100.41
Gaia	Alemanha	114.76
Gaia	Irlanda	122.10
Gaia	Bulgaria	78.05
Gaia	Bélgica	120.06
Gaia	Itália	101.98
Gaia	São Paulo	230.00
Santa Marta	Brasil/Arg	72.65
Santa Marta	Cuba/Haiti	100.39
Santa Marta	Jamaica	92.30
Santa Marta	Paraguay	126.76
Total da área analisada:		1418.80

A Tabela 13 apresenta a variedade de soja, a data de início do plantio e da colheita de cada talhão.

A análise da safra de 2020/2021 leva em conta os indicadores propostos pelo projeto listados na Tabela 4. Alguns indicadores que mensuram qualidade de plantio são adicionados nessa safra, quais sejam: coeficiente de variação e velocidade média do maquinário na fase de plantio e pulverização. O intuito é que a avaliação financeira e a avaliação de qualidade do plantio possam ser realizadas apenas nesse domínio de indicadores propostos; e que a partir daí, consiga-se discutir de forma sintética o retorno de investimento. Também é feita uma análise comparativa do que foi previsto para determinada safra pelos técnicos da *Algar Farming* e o que foi efetivamente realizado em campo. A expectativa é que o realizado supere as expectativas desses técnicos.

Tabela 13 – Características dos talhões da safra de 2020/2021.

Talhão	Variedade	Início do Plantio	Início da Colheita
Jacarezinho	5G8015 IPRO	23/11/2020	01/04/2021
Londres	M-SOY 7739 IPRO	11/11/2020	20/03/2021
Portugal	M-SOY 7739 IPRO	11/11/2020	16/03/2021
Alemanha	BMX FOCO IPRO	29/10/2020	15/03/2021
Irlanda	BMX FOCO IPRO	29/10/2020	13/03/2021
Bulgaria	M-SOY 7739 IPRO	13/11/2020	27/03/2021
Bélgica	5G8015 IPRO	18/11/2020	29/03/2021
Itália	M-SOY 7739 IPRO	14/11/2020	26/03/2021
São Paulo	M-SOY 7739 IPRO	24/10/2020	29/03/2021
Brasil/Arg	M-SOY 7739 IPRO	04/11/2020	26/03/2021
Cuba/Haiti	BMX FOCO IPRO	27/10/2020	05/03/2021
Jamaica	BMX FOCO IPRO	27/10/2020	11/03/2021
Paraguay	M-SOY 7739 IPRO	01/11/2020	12/03/2021

A Tabela 14 exibe duas colunas principais: diferença de percentual entre valor previsto e realizado da safra de 2020/2021 (DPPR) e diferença de percentual entre o valor obtido na safra de 2020/2021 e os resultados médios históricos obtidos das safras anteriores ao período do projeto apresentados na Tabela 4 (DPOO).

A primeira coluna visa obter em percentual uma abordagem comparativa, levando em conta os indicadores propostos, entre os valores previstos pelos técnicos da *Algar Farming* e o que foi efetivamente realizado em campo. Os resultados obtidos são otimistas. A segunda coluna realiza uma abordagem comparativa entre os resultados obtidos na safra de 2020/2021 e as safras anteriores à realização do projeto. Os valores também são otimistas. As setas verdes indicam resultados favoráveis, as setas vermelhas resultados desfavoráveis e o hífen vermelho indica que a informação não existe por conta dos fornecedores contratos não oferecerem serviços vinculados à determinado indicador e/ou por conta do indicador proposto não ter correspondente previsto nas safras anteriores ao período do projeto. Dois exemplos são citados: não há plataforma de automação contratada para monitorar o consumo de óleo diesel na fase de colheita; como também não há correspondente para o indicador de velocidade média do maquinário na fase de plantio nas safras anteriores à 2019 (ver Tabela 4).

É importante salientar que as expectativas referem-se apenas às metas traçadas pelos agrônomos da *Algar Farming* para a safra corrente. Esses valores não refletem o retorno de investimento; que é calculado a partir do ganho do valor realizado em relação às safras anteriores ao período do projeto. Quanto às expectativas dos técnicos da *Algar Farming*, alguns indicadores merecem destaque.

O aumento da produtividade de 4,60% revela mais otimismo de produtividade para as próximas safras; e, esse otimismo impacta positivamente nas finanças da fazenda.

A melhora na qualidade da safra em relação às expectativas também merece

Tabela 14 – Valores dos indicadores de performance da safra de soja de 2020/2021.

**DPPR - Diferença de percentual entre valor previsto e realizado
da safra de 2020/2021**

**DPOO - Diferença de percentual entre o valor obtido na safra de 2020/2021
e os resultados médios históricos obtidos das safras anteriores ao período
do projeto apresentados na Tabela 4**

↓ e ↑ - resultados favoráveis

↓ e ↑ - resultados desfavoráveis

– - informação inexistente

KPI	Plataforma	Valor Previsto	Resultado Obtido	DPPR	DPOO
Produtividade (sacas/hectare)	Boletim Agrícola Algar Farming	55 sC/ha	57,53 sc/ha	↑ 04,60%	↑ 19,45%
Previsão meteorológica (% de acerto)	SciCrop e Zeus Agrotech	> 85%	90,70%	↑ 06,70%	↑ 13,37%
Singulação (%)	Precision Planting	> 90%	96,90%	↑ 07,66%	↑ 142,25%
Coefficiente de variação (%)	Precision Planting	< 40%	17,50%	↓ 56,25%	–
Consumo de óleo diesel Fase de plantio (l/h)	REX	12 l/ha	12,26 l/ha	↑ 2,17%	↑ 2,17%
Consumo de óleo diesel Fase de pulverização (l/h)	REX	1,1 l/ha	0,799 l/ha	↓ 27,36	↓ 33,41
Consumo de óleo diesel Fase de colheita (l/h)	–	15 l/ha	–	–	–
Velocidade média do maquinário Fase de plantio (km/h)	REX	7,2 km/h	5,7 km/h	↓ 20,83%	–
Velocidade média do maquinário Fase de pulverização (km/h)	REX	18 km/h	17,9 km/h	↓ 0,55%	–
Eficiência de Irrigação (%)	Irriger	90%	91,96%	↑ 02,17%	↑ 14,95%
Custo de energia elétrica da irrigação (R\$ mm/ha)	Irriger	R\$2,20 mm/ha	R\$2,25 mm/ha	↑ 02,27%	↓ 05,06%
Consumo de água estimado (mm/ano))	Irriger	550 mm/ano	570 mm/ano	↑ 03,63%	↑ 26,66%

destaque. A singulação e o coeficiente de variação obtêm valores bem promissores. O primeiro chegou a 96,90% de eficiência. Vale lembrar que quanto mais perto de 100% mais perto se está de um plantio singular. No caso do coeficiente de variação, houve um decréscimo de 56,25% da expectativa inicial. Vale lembrar que esse indicador, quanto mais perto de 0, mais indica um plantio singular. A importância desses dois indicadores está relacionada à uniformidade de sementes no metro e ausência de duplas, falhas e sobreposições.

Ainda em relação às expectativas, apesar de um aumento promissor na eficiência da irrigação, o custo de energia elétrica e o consumo de água por milímetro obtêm um aumento considerável que é desfavorável. O custo de energia acima das expectativas deve-se

Tabela 15 – Ganhos de receita da safra de 2020/2021 em relação aos resultados médios obtidos das safras anteriores ao período do projeto (ver Tabela 4). Os cálculos são baseados nos indicadores de performance previstos pelo projeto *AgroConnect*.

↓ e ↑ - diminuições e aumentos favoráveis em relação às safras anteriores

↓ e ↑ - diminuições e aumentos desfavoráveis em relação às safras anteriores

- - Indicador correspondente não é influenciado pelos fornecedores do projeto *AgroConnect*

KPI	Receita	Custos	Valor unitário	Valor líquido
Produtividade	↑ R\$ 2.389.131,68	-	R\$ 145,00/saca de soja	↑ R\$ 2.389.131,68
Consumo de óleo diesel Fase de plantio	-	↑ R\$ -1.783,08	R\$ 3,90/litro de óleo diesel	↑ R\$ -1.783,08
Consumo de óleo diesel Fase de pulverização	-	↓ R\$ +2.750,05	R\$ 3,90/litro de óleo diesel	↓ R\$ +2.750,05
Consumo de óleo diesel Fase da colheita	-	-	-	-
Custo de energia elétrica da irrigação	-	↑ R\$ -379.827,36	R\$ 2,37 mm/ha (safras < 2019) R\$ 2,20 mm/ha (safra 2019/2020)	↑ R\$ -379.827,36
Totais	↑ R\$ 2.389.131,68	↑ R\$ -392.590,09	-	↑ R\$ 2.010.295,34

ao aumento no custo da energia elétrica nos anos de 2020/2021; em relação ao aumento do consumo de água, deve-se à diminuição dos índices pluviométricos em 2020/2021.

Outro resultado adverso obtido em relação às expectativas é a questão do consumo de óleo diesel na fase de plantio. É natural que esse consumo tenha aumentado em relação aos anos anteriores; cujas safras ainda não tinham ganho o uso do conjunto de máquinas contratadas pelo projeto. São equipamentos de tecnologia avançada, tais como os dosadores e posicionadores de sementes, equipamentos que garantem o controle por linha de produção, pulverizadores de controle automatizado, entre outros. O uso de equipamentos de alta tecnologia nas várias máquinas que trabalham na fase de plantio, de colheita e de pulverização acaba aumentando o consumo de combustível frente aos anos anteriores à implantação completa das tecnologias.

Quando os resultados são transformados em valores financeiros, percebe-se que os resultados adversos dos custos tem um crescimento relativamente menor do que os resultados positivos do aumento da produtividade (ver Tabela 15). A consequência desse balanço é positivo para a rentabilidade da fazenda e são valores adquiridos através da relação entre os valores obtidos das safras do projeto *AgroConnect* e os valores das safras anteriores à 2019.

Quanto aos resultados obtidos em relação às safras anteriores ao projeto; esses sim afetam diretamente a capacidade financeira gerada pelas soluções IoT contratadas pela fazenda. Todos os valores referentes aos custos e às receitas levam em conta que a área do projeto analisado é de *1758,46 ha* (conforme Tabela 6). As regiões podem mudar suas áreas de uma safra para outra; como também pode haver modificações pequenas nos talhões onde são aplicadas as tecnologias (ver Tabela 6 e 12). Contudo, o valor dos cálculos levam em consideração a área de *1758,46 ha* do primeiro ano para manter justa as comparações analisadas. A Tabela 15 apresenta os ganhos de receita da safra de 2020/2021 levando em conta a DPOO calculada na Tabela 14. Entre os resultados obtidos na coluna DPOO da Tabela 14, alguns merecem destaque.

A produtividade subiu *19,45%* em relação aos anos anteriores. Isso representa um aumento de *9,37 sacas de soja/hectare* e uma receita adicional de *R\$ 2.389.131,68* (ver Tabela 15).

Os custos adversos referentes ao consumo de óleo diesel na fase de plantio (que obteve um aumento de *2,17%*) e ao consumo de água (que obteve um aumento de *26,66%*) também estão sendo representados em formato financeiro na Tabela 15. O aumento do custo do óleo diesel na fase de plantio e o aumento do custo de energia elétrica proporcionam gastos adicionais de *R\$ 1.783,08* e *R\$ 379.827,36*, respectivamente. No entanto, houve um ganho no consumo de óleo diesel na fase de pulverização de *R\$ 2750,05*. Um dos motivos que ocasionam a alta do consumo é o aumento de tecnologia aplicadas à fazenda e a utilização de máquinas antigas na operação de plantio. No que tange ao ganho de consumo na fase de pulverização, os pulverizadores já possuem um pátio de máquinas mais novas, e portanto, mais viáveis em relação ao consumo de combustível.

Apesar do aumento de eficiência de irrigação de *14,95%* e a conseguinte diminuição do custo da energia elétrica por mm/ha irrigado, o custo aumentou de *R\$ 1066,50 por hectare* para *R\$ 1282,50 por hectare* na safra de 2020/2021. Isso levou a um aumento de custo da energia elétrica da irrigação de *R\$ 379,827,36*. Dois fatos desse aumento merecem destaque: aumento da energia elétrica e aumento do consumo de água, que passou de (*4.500.000 l/ha no ano*) em períodos anteriores à 2019 para (*5.700.000 l/ha no ano*) na safra de 2020/2021. Esse aumento deveu-se aos baixos índices pluviométricos nos anos de 2020/2021.

Alguns dados da Tabela 14, como singulação, apresentam a melhora da qualidade do plantio. O aumento é bastante considerável, subiu de *40%* para *96,90%*, tornando a plantação com um ótimo nível de singularidade. O valor de *40%* é a média histórica apresentada na Tabela 4. Esse fato ajuda principalmente na economia de custos de grãos de soja e no potencial produtivo da semente, que por exemplo, tem espaço suficiente para se desenvolver. Com isso, a qualidade da safra aumenta significativamente. Outro dado importante é o acerto médio das previsões meteorológicas que aumentou em *13,37%* e que

Tabela 16 – Valores dos indicadores de performance da safra de soja de 2020/2021 em relação à safra de 2019/2020.

DPRC - Diferença de percentual entre a receita ou o custo do indicador correspondente da safra de 2020/2021 em relação à safra de 2019/2020

↓ e ↑ - resultados favoráveis

↓ e ↑ - resultados desfavoráveis

↓ e ↑ - resultados neutros

- - informação inexistente

KPI	Plataforma	Safra de 2019/2020	Safra de 2020/2021	DPRC
Produtividade (sacas/hectare)	Boletim Agrícola Algar Farming	57,48 sa/ha	57,53 sa/ha	↑ 0,08%
Previsão meteorológica (% de acerto)	SciCrop e Zeus Agrotech	90,00%	90,70%	↑ 0,77%
Singulação (%)	Precision Planting	96,90%	96,90%	0,00%
Coefficiente de variação (%)	Precision Planting	17,50%	17,50%	0,00%
Consumo de óleo diesel Fase de plantio (l/h)	REX	13,45 l/ha	12,26 l/ha	↓ 08,84%
Consumo de óleo diesel Fase de pulverização (l/h)	REX	-	0,799 l/ha	-
Consumo de óleo diesel Fase de colheita (l/h)	-	-	-	-
Velocidade média do maquinário Fase de plantio (km/h)	REX	6,8 km/h	5,7 km/h	↓ 16,17%
Velocidade média do maquinário Fase de pulverização (km/h)	REX	-	17,9 km/h	-
Eficiência de Irrigação (%)	Irriger	87,95%	91,96%	↑ 04,55%
Custo de energia elétrica da irrigação (R\$ mm/ha)	Irriger	R\$2,29 mm/ha	R\$2,25 mm/ha	↓ 01,74%
Consumo de água estimado (mm/ano)	Irriger	507 mm/ano	570 mm/ano	↑ 12,42%

são essenciais para melhorar a tomada de decisão do agricultor.

Como esperado, a safra de 2020/2021 obteve resultados de produção melhores do que a safra de 2019/2020; e uma melhora significativa nos indicadores de performance que medem produtividade e qualidade do plantio. O que não se esperava é que os custos tivessem um aumento tão significativo. Isso deveu-se principalmente ao aumento da energia elétrica e ao aumento do consumo de água que subiram além do esperado de um ano para o outro. Os anos de 2020/2021 obtiveram os piores índices pluviométricos dos últimos anos. Uma comparação evolutiva dos indicadores de performance da safras do projeto é feita na subseção seguinte.

Apesar do indicador de produtividade da safra de 2020/2021 se mostrar relativamente mais alto do que o da safra anterior, o aumento não foi superior aos aumentos dos custos, e por isso, a safra de 2019/2020 obteve maior rentabilidade.

A Tabela 15 exibe o ganho adicional em uma área de 1758,46 ha, que chega ao montante de R\$ 2.010.295,34, apesar das adversidades. Chega-se a esse valor através do domínio restrito dos indicadores previstos pelo projeto. O preço unitário da saca de soja utilizado é R\$ 145,00.

4.3 Uma comparação evolutiva dos indicadores de performance referentes às safras do projeto *AgroConnect* de 2019/2020 e 2020/2021

Esta seção compara o conjunto de indicadores propostos no projeto *AgroConnect* da safra de 2020/2021 em relação à safra de 2019/2020. O intuito é verificar se a completa instalação dos fornecedores IoT contratados na safra de 2020/2021 reflete na evolução dos indicadores em relação à safra anterior, onde as tecnologias estavam sendo implantadas com a safra em andamento e os protocolos da *Algar Farming* descritos nas seções 4.1.1 e 4.2.1 estavam sendo executados parcialmente.

Espera-se que os indicadores da safra de 2020/2021 sejam melhores. A Tabela 16 infere essa expectativa. Todos os indicadores se mostram melhores, exceto o consumo de água, que aumentou de 507 mm/ano para 570 mm/ano; um aumento considerável de 630.000 l/ha acumulados no ano. Esse aumento no consumo de água ocorre independentemente das tecnologias instaladas, pois a situação dos baixos índices pluviométricos de 2020/2021 em relação aos também baixos índices de 2019/2020 é uma situação adversa do meio ambiente. A respeito ainda do consumo de água, pode-se verificar o aumento da eficiência de irrigação em 04,55% e a conseguinte diminuição do custo de energia elétrica em reais por mm/ha em 01,74%. Isso é ação direta da tecnologia de gerenciamento de irrigação da tecnologia *Irriger* e também do engajamento da equipe na melhora do gerenciamento hídrico.

Quanto à qualidade da colheita, os indicadores singulação e coeficiente de variação se mostram no mesmo patamar quando comparada as duas safras. Isso indica que esses indicadores atingiram um nível muito alto de qualidade já na safra de 2019/2020. Ainda quanto a qualidade das safras, percebe-se uma pequena diminuição da velocidade média do maquinário na fase de plantio de 16,17%, porém o valor de 5,7 km/h ainda é considerado ideal para a operação de plantio, que deve estar entre 5 km/h e 7 km/h.

Quanto aos consumos de óleo diesel, a safra de 2020/2021 conseguiu melhores resultados na fase de plantio; que saiu de 13,45 l/ha para 12,26 l/ha. Isso possibilitou uma economia entre safras de R\$ 8147,29 (ver Tabela 9 e Tabela 15).

Apesar da evolução dos indicadores entre safras apresentar-se promissora com a instalação completa dos fornecedores em campo, a receita adicional adquirida com o aumento de 0,08% de produtividade não foi suficiente para superar o aumento de 12,42% dos custos de energia por hectare proporcionada pelo alto consumo de água. A receita

líquida da safra de 2019/2020 é R\$ 2.200.211,53 (ver Tabela 9) e a de 2020/2021 é R\$ 2.010.295,34 (ver Tabela 15). Isso deve-se principalmente ao aumento do custo de energia que aumentou de R\$ 166.227,22 na safra de 2019/2020 (ver Tabela 9) para R\$ 379.827,36 em 2020/2021 (ver Tabela 15) ocasionada pelos baixos níveis pluviométricos nesses anos.

Espera-se que em condições normais, e com a maturação dos protocolos de gerenciamento da fazenda, as safras possam ter um crescendo de ganhos de rentabilidade nas safras posteriores.

4.4 Resultados que envolvem o balanço financeiro dos indicadores de performance propostos pelo projeto *AgroConnect*

Esta seção não possui a finalidade de fazer uma análise econômica que avalie projetos de investimento (NORONHA, 1987; DOSSA et al., 2000). A decisão de investir é de natureza complexa, pois há um grande número de variáveis que intervêm, inclusive as de natureza pessoal. Existem casos, por exemplo, que a maior rentabilidade entre diferentes atividades em um sistema de produção é suficiente para a decisão. Existem casos, que o empresário quer um retorno maior ou igual a taxa de atratividade do capital no mercado financeiro. Para isso é necessário analisar perdas de oportunidade e de poder aquisitivo no longo prazo; considerar a dimensão tempo nos valores monetários; entre outros que saem do escopo da análise técnico-econômica do projeto *AgroConnect*.

A avaliação técnica e econômica das safras do projeto é bastante detalhada na seção 4. Através de um conjunto de indicadores previstos pelo piloto inicial do projeto listados na Tabela 4; mais alguns inseridos no decorrer do projeto, discutiu-se retornos financeiros e qualidade de plantio referente às safras anteriores ao período do projeto *AgroConnect*.

Esta seção consolida os valores financeiros das safras do projeto (receitas + custos) dentro do domínio dos indicadores de performance propostos pelo projeto *AgroConnect* com o fim de discutir a viabilidade da agricultura de precisão implantada na fazenda *Algar Farming*.

As receitas são as geradas com o ganho de produtividade ou diminuição de custos em relação às safras anteriores ao período do projeto. Os custos são gerados pelo aumento de consumo no decorrer das safras, como por exemplo, combustível e energia elétrica de irrigação. Em trabalhos futuros, poder-se-ia pensar em um conjunto maior de indicadores, como a diminuição dos custos com sementes industriais gerada pela melhoria das operações de plantio e pulverização, diminuição dos custos com inseticidas gerada pela otimização da eficiência da aplicação desses produtos na fase de pulverização, entre outros. O aumento dos indicadores pode exibir um reflexo mais realista dos benefícios da agricultura de precisão e levar a resultados mais promissores do que aqueles encontrados pelos indicadores propostos pelo projeto.

Tabela 17 – Custos fixos e variáveis em reais (R\$) do projeto *AgroConnect*.

Fornecedor	CF - Custo Fixo		CV - Custo Variável			
	Ano de 2019		Ano de 2020		Ano de 2021	
Serviços	CF	CV	CF	CV	CF	CV
Zeus Agrotech	3.480,00	1.550,00	20.880,00	0,00	17.400,00	0,00
SciCrop	5.750,00	0,00	1.800,00	0,00	1.500,00	0,00
APagri	0,00	0,00	47.500,00	0,00	0,00	0,00
Sensix	28.000,00	0,00	0,00	0,00	14.000,00	0,00
Velos	570,00	28.925,00	3.420,00	16.752,00	2.850,00	1.175,00
Irriger	46.800,00	0,00	46.800,00	0,00	45.500,00	0,00
Outros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.751,22
Totais (serviços)	84.600,00	30.475,00	120.400,00	16.752,00	81.250,00	7.926,22
Equipamentos	CF	CV	CF	CV	CF	CV
Pro Solus	0,00	68.000,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Precision Planting	0,00	0,00	0,00	122.000,00	0,00	0,00
Pivô Forte	0,00	0,00	0,00	89.266,09	0,00	0,00
Outros	0,00	0,00	0,00	17.209,00	0,00	0,00
Totais (equip.)	0,00	68.000,04	0,00	228.475,09	0,00	0,00
Totais (geral)	84.600,00	98.475,04	120.400,00	245.227,09	81.250,00	7.926,00

A Tabela 17 exibe os custos fixos e variáveis para cada fornecedor contratado pelo projeto. Segundo (FEIDEN, 2001), os chamados custos variáveis são aqueles que se consomem em um único ciclo de produção, deixando após a conclusão desse ciclo de onerar o produtor. Os custos fixos são utilizados por mais de um ciclo de produção, onerando o produtor mesmo que este interrompa o ciclo produtivo. A soma desses dois custos são denominados custos totais. O ciclo de produção para fins desse projeto é o período de 02 anos.

Isso quer dizer que se o agricultor da *Algar Farming* quiser continuar a aplicar a agricultura de precisão em suas safras depois dos dois anos do projeto, seu custo total (com equipamento e serviços contratados) nos próximos anos reduzirá de R\$ 637.878,13 para R\$ 286.250,00. Esses valores estão discriminados na Tabela 18.

A Tabela 18 exibe o balanço financeiro sintético do projeto *AgroConnect*, que representa as receitas e despesas geradas pelos indicadores de performance propostos pelo projeto. A primeira seção da tabela discrimina os valores dos ganhos da safra de 2019/2020 em relação às safras anteriores ao período do projeto. O total adicional de receita é de R\$ 2.200.211,53. A segunda seção da tabela discrimina os ganhos da safra de 2020/2021 em

Tabela 18 – Balanço financeiro sintético do projeto *AgroConnect*.

Ganhos da safra de 2019/2020 em relação às safras anteriores ao período do projeto	
Receita gerada pelo indicador de produtividade	(+)R\$ 2.376.382,84
Despesa gerada pelo consumo de óleo diesel na fase de plantio	(-)R\$ 9.944,09
Despesa gerada pelo custo de energia elétrica da irrigação	(-)R\$ 166.227,22
Total dos ganhos da safra de 2019/2020	(+)R\$ 2.200.211,53
Ganhos da safra de 2020/2021 em relação às safras anteriores ao período do projeto	
Receita gerada pelo indicador de produtividade	(+)R\$ 2.389.131,68
Despesa gerada pelo consumo de óleo diesel na fase de plantio	(-)R\$ 1.783,08
Receita gerada pelo consumo de óleo diesel na fase de pulverização	(+)R\$ 2.750,05
Despesa gerada pelo custo de energia elétrica da irrigação	(-)R\$ 379.827,36
Total dos ganhos da safra de 2020/2021	(+)R\$ 2.010.295,34
Custos fixos e variáveis do projeto <i>AgroConnect</i>	
Total das despesas geradas pelos custos fixos	(-)R\$ 286.250,00
Total das despesas geradas pelos custos variáveis	(-)R\$ 351.628,13
Total da despesas geradas pelo custo	(-)R\$ 637.878,13
Receita líquida gerada pelo projeto <i>AgroConnect</i>	
(Total ganho 2019/2020) + (Total ganho 2020/2021) - (Total despesa Custos)	(+)R\$ 3.572.628,74

relação às safras anteriores ao período do projeto. O total adicional é de R\$ 2.010.295,34. A terceira seção da tabela discrimina os totais dos custos fixos e variáveis do projeto, e chega-se ao um total de R\$ 637.878,13. A receita líquida gerada pelo dois anos de projeto *AgroConnect* chega ao valor de R\$ 3.572.628,74.

Os valores da agricultura de precisão com tecnologias do projeto *AgroConnect* quando contraposto com as safras anteriores ao projeto são bastante promissores. A primeira safra já é suficiente para pagar o investimento de R\$ 637.878,13 gastos com a contratação de serviços e equipamentos e ainda sobra uma quantia de R\$ 1.562.333,40 levando em conta a receita extra gerada pela produtividade e as despesas extras de consumo de diesel e energia elétrica. Outra questão, que é otimista para as próximas safras posteriores ao período do projeto, é que o custo com esses fornecedores caem cerca de 55,12%, como explicado anteriormente nessa mesma seção.

5 Identificação de Oportunidades e Barreiras para Replicação das Soluções

O *AgroConnect*, piloto de larga escala de IoT aplicado na agricultura, implantou e utilizou na prática um conjunto de soluções de IoT disponíveis no mercado.

Esta seção descreve um conjunto de barreiras e oportunidades que foram observadas durante os dois anos de realização do projeto. No projeto, as soluções foram utilizadas em um ambiente real e submetido às condições de uso geralmente encontradas.

5.1 Barreiras

O projeto envolveu um conjunto de soluções IoT disponíveis no mercado e adequadas para o ambiente da agricultura. Este conjunto de soluções envolvem, como descrito na Tabela 1, o monitoramento: meteorológico, das evoluções das lavouras através de drones, do solo, de recursos hídricos, de operações agrícolas e ativos. O projeto envolveu ainda o uso de dispositivos de agricultura de precisão.

As soluções englobam as diversas fases da produção desde o plantio até a colheita. A conclusão direta deste fato é que o produtor necessita de diversas soluções para monitorar os diversos aspectos do ciclo de vida da produção. Existem diversas soluções no mercado e em muitos casos, mais de uma solução relacionada a um determinado tipo de monitoramento. A necessidade de diversas soluções força o produtor a lidar com diferentes fornecedores e isto, de certa forma, traz uma sobrecarga administrativa e técnica para lidar com os diferentes fornecedores, modelos de contratação, diferentes plataformas e diversas trilhas de aprendizado.

Um outro fator que pode ser uma barreira para adoção é o processo de seleção e escolha das diversas soluções existentes. Isto requer pesquisa dos diversos produtos e serviços disponíveis, conhecer suas características individuais, solicitar informações técnicas e comerciais a diversos fornecedores, procurar por referências com diferentes clientes e realizar comparações.

A contratação de cada solução é feita de forma individual e cada uma delas oferece diferentes níveis de serviço para implantação que vão desde a uma instalação customizada até o simples envio dos equipamentos sem qualquer apoio na instalação. A questão da contratação ainda é acompanhada por diferentes níveis de atendimento e modelos de pagamento. Em certos casos a interação com os fornecedores envolve prazos e espera por propostas e negociação.

Existem diferentes níveis de maturidade no uso de soluções de IoT envolvendo os diferentes produtores rurais. O uso efetivo das soluções envolve a necessidade de conhecer seus potenciais e aplicações. Outro aspecto importante é que as soluções estão em constante

evolução, o que demanda atualizações e formação continuada. Cada solução possui uma forma própria para treinar e formar os envolvidos no seu manuseio. Um treinamento que pudesse envolver de forma conjunta as diferentes soluções contratadas e ainda permitir explorar o seu uso integrado pode otimizar a relevância dos resultados. Isso seria muito bem-vindo para este mercado.

O uso de diferentes sistemas proprietários é um desafio pois cada interface apresenta suas particularidades e características. Nem todas as aplicações estão plenamente preparadas para visualização e utilização em dispositivos móveis, o que em certas ocasiões dificultam o acesso de qualquer local. Outro aspecto abordado é a questão do uso de diferentes usuários e senhas para cada uma das plataformas e com diferentes abordagens para incluir e cadastrar novos operadores, sendo necessário em alguns casos a intervenção do fornecedor. Uma integração com uma ferramenta de *Single Sign-on* (SSO) seria algo muito bem-vindo neste ambiente. Outro aspecto relevante é que os diferentes dados de cada plataforma no geral ficam restritos à mesma e, portanto, o uso integrado das soluções demandam uso individual de cada plataforma e o cruzamento manual dos dados para então permitir que ações preventivas e corretivas possam ser tomadas.

No geral soluções de IoT são baseadas no conceito de coleta de informações diretamente no mundo real utilizando diferentes sensores, o envio destas informações utilizando a Internet e o finalmente o seu armazenamento em uma nuvem. Os fornecedor da solução compartilha estas informações agregando ou não outras análises em plataformas, chamadas *dashboards*, que são aplicações que podem ser acessadas pela web ou através de dispositivos móveis. Neste cenário os dados das diversas soluções de monitoramento utilizados estão contidos na solução vertical oferecida pelo cliente. Uma forma de permitir o compartilhamento das informações é através do uso de uma API, preparada pelo fornecedor da solução. Entretanto algumas soluções não fornecem este tipo de API e desta forma os dados não podem ser compartilhados com outros sistemas. As soluções oferecidas pela SENSIX (apresentado na Seção 3.2.2.1), INCERES (apresentado na Seção 3.2.3.2) e PRO SOLUS (apresentado na Seção 3.2.6.1) não oferecem APIs para integração com outras plataformas e aplicações.

Um outro ponto é que nem todas as soluções oferecem um *dashboard*. Por exemplo, o pulverizador TS 650 da PRO SOLUS, apresentado na Seção 3.2.6.1, pode receber dados externos para configurar as operações de pulverização, porém não gera informações detalhando as operações realizadas que poderiam ser coletadas e disponibilizadas posteriormente para o produtor.

Um outro recurso relevante para integração e interoperação seria o oferecimento de recursos para exportar os dados mantidos pelas plataformas utilizando formatos conhecidos geralmente utilizados para dados baseados em texto, imagens e mapas. Formatos, entre outros, como CSV, HTML, SHP, SVG ou XML permitiriam a troca de informações entre

diferentes plataformas. Este tipo de recurso não propicia uma integração entre sistemas de forma transparente como no caso das APIs, mas permitem a extração dos dados e sua posterior importação em outras plataformas por um operador.

Ainda em relação às APIs, quando são oferecidas são particulares visto que não há um padrão de formatação e definição sintática e semântica dos serviços disponíveis. Neste caso, cada fornecedor define o seu padrão e descreve isto em uma documentação. Um padrão de API e uma definição de um vocabulário comum específico para o setor agrícola, seria muito bem-vindo e ampliaria as possibilidades de surgimento de novos produtos e serviços a partir dos diferentes dados gerados pelas plataformas.

No desenvolvimento da plataforma *IoT AgroConnect*, todos estes desafios relacionados às APIs percebidos e demandaram o envolvimento de uma equipe de desenvolvimento de software e diversas interações com os fornecedores a fim de permitir o uso correto de cada API.

O projeto *AgroConnect* foi parcialmente financiado com verbas do BNDES. Em decorrência deste fato, um requerimento para a compra de equipamentos e a contratação de serviços foi a necessidade envolver fornecedores e produtos credenciados junto ao BNDES. Produtos importados não credenciados poderiam ser adquiridos desde que fosse comprovado a não existência de similar nacional. No projeto esta comprovação foi realizada pela Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq). Este requerimento e necessidade de comprovação impactou o projeto em algumas ocasiões em decorrência dos prazos necessários para comprovação. As restrições para contratação em razão de premissas para certas linhas de crédito, podem impactar produtores na adoção das tecnologias.

Para o uso das tecnologias de IoT no campo a existência de conectividade para o tráfego dos dados produzidos é essencial para a maioria das soluções. Pode-se afirmar que na maioria das propriedades não há uma conectividade previamente disponível pronta para ser utilizada e isto é sem dúvida uma barreira para adoção das tecnologias. Existem diversas tecnologias para conectividade com vantagens e desvantagens, porém uma análise destas tecnologias envolvendo questões técnicas e de negócio fogem do escopo deste relatório. A implantação de conectividade pelo produtor é uma opção, porém é necessário recursos para instalação e operação. Neste caso a operação utiliza faixas de frequência não licenciadas que podem ser livremente utilizadas. Outra opção é o uso de faixas de frequências licenciadas pela ANATEL no Brasil. Nesta segunda opção é necessário o envolvimento de operador de telecomunicações que neste caso possui todas as condições técnicas de implantar e operar a rede. Neste último cenário, a decisão envolve não apenas o produtor mas também o operador de rede e ainda a viabilidade deste tipo de negócio para os envolvidos.

5.2 Oportunidades

O conjunto de barreiras descritos na Seção 5.1 também suscita oportunidades podem ser exploradas e que podem contribuir para ampliar o uso de tecnologias no campo.

A necessidade de diversas soluções para um monitoramento integral de diversos aspectos do ciclo de vida da produção agrícola é também uma oportunidade visto que o produtor pode implantar as soluções de forma gradual. Esta implantação gradual possibilitaria realizar os investimentos em ciclo compatível com a capacidade individual do produtor. Um outro aspecto positivo é que o processo gradual facilitaria a absorção e o domínio do uso de determinada tecnologia para então incluir uma nova tecnologia no processo.

Diante do fato da necessidade de diversas soluções, uma outra oportunidade para adoção das tecnologias seria o fornecimento de pacotes com um conjunto de soluções. Esta oportunidade negócio que necessita que um conjunto de fornecedores entrem em acordo e se criem as condições para realizar a oferta para o mercado. Isto permitiria oferecer ao produtor um modelo de contratação único que envolvesse as diferentes soluções, simplificando o processo de adoção das soluções. Há espaço neste caso para diferentes pacotes, com serviços e valores diferenciados, ampliando o leque de possibilidades com foco em diferentes perfis de clientes para as soluções. Este pacote de soluções facilitaria ainda o processo de contratação das soluções.

Um pacote de com soluções poderia evoluir para permitir uma maior integração entre as soluções existente no pacote. Um exemplo de integração que em um primeiro momento seria bem-vinda poderia ser o oferecimento de uma conta e acesso únicos para todas as soluções. Isto permitiria autenticar e autorizar o cliente de forma única e integrada aos acessos das diferentes plataformas. Esta tipo de integração poderia envolver plataformas de Single-Sign-On (SSO) com baixa necessidade de intervenção nas soluções existentes.

Os dados produzidos por cada plataforma estão compartimentados em cada solução. Para realizar uma análise que leve em conta a correlação destes dados é necessário de exportar os dados de cada plataforma para um ambiente comum e então realizar de forma manual esta análise dos dados. Uma oportunidade relevante aqui seria a possibilidade agregar os diversos dados das diversas plataformas em um repositório único e assim potencializar o uso desta informação e permitir a realização de análises que poderiam ser oferecidas aos produtores.

Neste caso a existência de APIs ou de ferramentas para exportação em cada plataforma é um requisito fundamental e neste ponto existe uma oportunidade melhoria de algumas das plataforma utilizadas neste projeto.

Os protocolos utilizando no segundo ano do projeto (apresentados na Seção 4.2) claramente indicam que os uso integrado dos dados disponibilizados pelas diversas soluções

podem ser potencializados e assim ampliar os resultados decorrentes do uso da tecnologia.

A proposta da plataforma *IoT AgroConnect*, apresentada na Seção 3.3, e que foi construída dentro do projeto utilizou esta premissa. O seu objetivo foi agregar um repositório único os dados das diferentes soluções adotadas no projeto *AgroConnect* e utilizando técnicas de ciência de dados baseadas em inteligência artificial, realizar análises integradas dos dados e oferecer ao produtor um conjunto de informações relevantes decorrentes desta análise.

Em relação às APIs oferecidas pelas plataformas há um espaço para evoluir no que diz respeito à padronização destas APIs. A adoção de um padrão de API utilizando sintaxe e semântica próprias para o setor agrícola seria muito bem-vinda para potencializar os dados existentes em cada plataforma e ainda potencializaria o surgimento de novos produtos e serviços com potencial de agregar mais valor para o produto rural ampliando os resultados econômicos da adoção das tecnologias.

Ao utilizar em ambiente real diversas soluções disponíveis no mercado foi possível identificar alguns pontos de melhoria nestas soluções. Estes pontos podem contribuir individualmente com cada que cada solução possa se desenvolver e melhorar sua adequação às necessidades dos clientes. Isto pode ainda contribuir para o amadurecimento do setor. Estas melhorias podem envolver novos recursos, aspectos de usabilidade, aspectos instalação e implantação, oferecimento de APIs e ainda recursos para exportação de dados.

Uma outra oportunidade diz respeito à criação de linhas de crédito para apoiar a adoção das diversas tecnologias no campo. Isto poderia ampliar as condições para adoção e potencializar ainda mais este mercado e os resultados da produção agrícola. Este tipo de apoio e fomento poderia levar em conta tanto produtos e serviços oferecidos de forma individual quanto pacotes de soluções que poderiam contribuir para resultados ainda mais expressivos.

Em relação à conectividade para o transporte de dados produzidos pelas soluções de IoT implantadas no campo, existem oportunidades que podem ser exploradas. Uma possibilidade para os fornecedores de soluções seria agregar em pacotes de soluções opções de conectividade de dados. Neste caso além de fornecer um conjunto de soluções de IoT, a conectividade seria incluída no pacote de serviços. Esta abordagem poderia envolver tanto faixa de frequências licenciadas como não licenciadas. Neste caso o produtor não precisaria arcar com a implantação e operação da rede, mas contrataria a conectividade de forma conjunta com as soluções.

6 Contribuição para definição de padrões e certificações técnicas de soluções de IoT

O projeto *AgroConnect* implantou um conjunto de soluções de IoT aplicadas na agricultura envolvendo diferentes momentos do ciclo de vida da cultura de soja. No projeto também foi feito o desenvolvimento da plataforma *IoT AgroConnect* cujo objetivo foi agregar e integrar os dados produzidos por todas estas soluções.

Desta forma foi possível explorar o que cada solução oferece para permitir o consumo dos dados produzidos e armazenados por cada uma delas. No geral, uma aplicação IoT mantém em um ambiente de nuvem dados obtidos e produzidos pelos sensores que estão distribuídos no seu local de implantação.

Uma constatação do projeto é que existem três situações relacionadas às APIs para integração de dados: a solução possui uma API, a solução não possui uma API, porém sua disponibilização é algo previsto e outras que não oferecem uma API. Nestes casos em que a solução não fornece uma API é possível exportar os dados de forma manual, porém há um caso em que o dado está em formato proprietário; não sendo possível sua reutilização por outros sistemas.

Algo em comum é que nenhuma destas soluções utilizam o vocabulário padrão no que se refere aos dados produzidos.

A padronização de dados em sistemas na área de agricultura é algo que está sendo discutido em diversos fóruns (BAHLO et al., 2019). Em âmbito mundial, pode-se citar como exemplo instituições tais como a Global Open Data for Agriculture and Nutrition (GODAN) (GODAN, 2021), *International Standards Organization* (ISO) (ISO, 2021b), *Research Data Alliance* (RDA) (RDA, 2016), *Agricultural Information Management Standards Portal* (AIMS) suportado pela *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (FAO) (FAO, 2021), entre outras. Preparado pela GODAN, o mapa de padrões em *agri-food* (PESCE et al., 2018) descreve diversas iniciativas que envolvem a padronização de informações, vocabulário, sintaxe e semânticas aplicadas à agricultura. O assunto é relevante e fundamental não apenas para os produtores rurais que são os consumidores destas soluções, como também para os fornecedores destas soluções, as empresas de tecnologia aplicadas à agricultura. No geral estas iniciativas estão em andamento e ainda há um caminho a ser percorrido nesta área. Um exemplo é um conjunto de normas ISO relacionadas à *Agricultural electronics* em que a maioria ainda encontra-se em estado preparatório ou em rascunho (ISO, 2021a).

No Brasil existem iniciativas como as que envolvem governo e ciência aberta (BERTIN et al., 2019). Uma outra iniciativa nesta linha é o Banco de Dados Colaborativo do Agricultor (BDCA) (ABIMAQ, 2021) que é mantido pela Associação Brasileira da Indústria

de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), entretanto o seu foco não é a padronização, mas é um banco de dados multimarca, com o propósito de integração dos dados gerados por equipamentos e sensores de diversos fabricantes.

O projeto *AgroConnect* é uma evidência da necessidade de uma ação articulada nesta área e que deve envolver a sociedade, a indústria e o governo. Sendo este um fator crítico para o sucesso da transformação digital da agricultura.

7 Avaliação de requisitos relacionados à segurança e privacidade

O mercado atual de IoT inclui duas grandes categorias de produtos e soluções. A primeira categoria destina-se a clientes individuais, tais como proprietários de residências inteligentes. O público alvo dessas soluções são famílias, e como resultado, os dados gerados pelos produtos pertencem idealmente a pessoas físicas. A segunda categoria concentra-se ao suporte de atividades comerciais e seu público alvo são clientes corporativos. Os dados gerados por esses produtos pertencem à empresa que contratou a solução.

Esse grupo de soluções tendem a trafegar dados que são de propriedade do cliente que os contratou. Dessa premissa, pode-se analisar a solução IoT em duas frentes: a primeira é como se dá a mobilidade dos dados dentro dos limites da solução; a segunda diz respeito ao compartilhamento dos dados por meio de mercados abertos de *big data*.

Em relação à análise da mobilidade dos dados dentro dos domínios da solução; como o dado não extrapola os seus limites, o risco de privacidade relacionado a esses produtos são menores. Em relação ao compartilhamento dos dados entre diferentes plataformas; podem incorrer em riscos mais significativos. Afinal de contas, essa abordagem de compartilhamento, amplamente denominada de *sensoriamento como serviço* (PERERA; RANJAN; WANG, 2015), impulsiona mercados abertos de *big data* e executa operações de combinação, processamento e análise de dados de diferentes naturezas e clientes com o objetivo de criar *insights* e conhecimentos úteis que agregam valores mais relevantes do que os adquiridos apenas com a análise individual do dado original.

Essa discussão inicial torna-se necessária para mostrar a amplitude da discussão em torno de segurança em ambientes IoT e a partir daí, definir o escopo desta seção, que se preocupa apenas com o categoria de soluções IoT destinadas à clientes corporativos; pois essa categoria incorpora as soluções contratadas pelo projeto *AgroConnect* explanadas na subseção 3.2. Além disso, a análise de segurança feita se debruça na movimentação dos dados que se dá dentro dos limites de cada uma dessas soluções. Esse escopo é necessário até mesmo na discussão das adequações e desafios de sistemas IoT no que concerne às tendências legislativas que tratam do tema de privacidade.

A subseção 7.1 realiza uma discussão sobre os requisitos fundamentais de proteção à

privacidade na Internet e em ambientes IoT e faz um alinhamento dos principais conceitos de segurança. A subseção 7.2 descreve os serviços de segurança oferecidos pelas soluções IoT do projeto *AgroConnect*. A subseção 7.2 faz uma avaliação geral dos requisitos de segurança encontradas em cada uma das soluções IoT contratadas.

7.1 Requisitos fundamentais de proteção à privacidade na Internet e em Ambientes IoT

A privacidade é um termo amplo que tem várias dimensões, tais como privacidade da pessoa, do comportamento da pessoa, de dados pessoais, dentre outros. Essa seção foca na privacidade dos dados pessoais, que pode ser descrita como a reivindicação de indivíduos, grupos ou instituições em determinar por si mesmos quando, como e em que medida as informações sobre eles são comunicadas a outras pessoas (PERERA; RANJAN; WANG, 2015).

Em meio ao advento de soluções IoT pelo mundo todo, a privacidade tem sido objeto de discussão mundial. No mesmo instante em que quanto maior o número de informações melhor os resultados gerados por soluções IoT, tem-se que a privacidade é melhor resguardada diante do fornecimento mínimo de dados (JUNIOR, 2018).

Apesar da privacidade ser um fator de preocupação histórica, esse contexto de IoT ampliou a regulamentação sobre a proteção dos dados pessoais em todo o mundo. O Regulamento Geral sobre a Proteção dos dados (RGPD - Regulamento Europeu n.º 2016/679) (VAZ, 2018) e a Lei Brasileira de Proteção aos dados (LGPD - Lei 13709 DE 2018) (OLIVEIRA, 2019) influenciada pelo referido regulamento corroboram esse fato.

No mais, a privacidade das informações de propriedade do produtor rural coletadas pelas soluções IoT contratadas pelo projeto *AgroConnect* são avaliadas de acordo com os serviços e mecanismos de segurança fornecidos pelas mesmas. Essa avaliação levou em conta a segurança de rede de computadores (transmissão dos dados na rede local e remota da solução IoT), a segurança de acesso aos dados e às informações processadas (acesso via APIs remotas ou aplicativos de dispositivos móveis/WEB) e a segurança no armazenamento do dado e das informações processadas.

O termo segurança de redes de computadores consiste em um conjunto de medidas capazes de manter uma comunicação segura. Essa é uma definição abrangente que traz várias possibilidades. As propriedades básicas de uma rede de comunicação segura são: confidencialidade, integridade, disponibilidade e autenticação (DOULIGERIS; SERPANOS, 2007). Em alguns manuais e referências, tais como National Institute of Standards on Technology (NIST) (GUTTMAN; ROBACK, 1995) e X.800.ITU-T (REC, 1991), soma-se a essas propriedades o controle de acesso e a capacidade de manter o registro de todas as atividades do sistema. No caso da avaliação realizada na seção 7.2 quanto à segurança da

rede local e remota utilizada para transferência de dados das soluções IoT contratadas; todas essas características são levadas em conta.

Quanto à segurança referente ao acesso das informações, algumas propriedades são verificadas, tais como o mecanismo de autenticação, o controle de acesso e o registro dos eventos relevantes executados pelo usuário.

Em relação ao armazenamento da informação, é importante saber se é aplicado algum mecanismo de criptografia que oferece confidencialidade do dado coletado. Os dados podem ser armazenados em diferentes tipos de dispositivos ao longo do caminho, conforme necessário; e os mecanismos de criptografia suportados por cada dispositivo podem variar dependendo dos recursos computacionais de cada um.

Os mecanismos de segurança citados, em suma, são responsáveis pelo desvio, prevenção, detecção e correção de uma gama grande de ataques e/ou ameaças que podem comprometer os sistemas finais em níveis distintos de gravidade. Em (PUB, 2004), é possível verificar, que um impacto de quebra de sigilo nos sistemas finais comunicantes pode provocar grandes perdas financeiras, lesões graves com risco de morte ou até perda de vida. No caso das soluções IoT contratadas, a perda ou alteração de informações provocadas por eventuais ataques conhecidos podem de certa forma adulterar os dados coletados e comprometer o ciclo produtivo da lavoura. Desse modo, é importante alinhar cada conceito de segurança discutido acima e alguns dos ataques que esses mecanismos atenuam.

- *Confidencialidade* - Proteção dos dados contra divulgação não autorizada. Esse serviço protege contra ataques passivos (STALLINGS, 2014). O invasor consegue interceptar a mensagem (*snopping attack*), mas não consegue lê-la.
- *Integridade* - É um serviço de comunicação que garante a inalterabilidade da mensagem enviada ao receptor. O serviço de integridade relaciona-se à proteção contra modificação de mensagens (*modification attack*) (DULANEY, 2009) e repúdio (*repudiation*) (DULANEY, 2009).
- *Disponibilidade* - É a capacidade de um sistema ou recurso de sistema ser acessível ou utilizável sob demanda por uma entidade autorizada. Um sistema disponível atenua, por exemplo, o ataque de negação de serviço (DDoS). As contramedidas para restringir essa ameaça são diversas e envolvem teoria de sistemas distribuídos (tolerância a falhas) e alguns tipos de segurança operacional; tais como instalar firewalls, sistemas de detecção de invasão (IDSs) e sistemas de prevenção de invasão (IPSs).
- *Autenticação Rede* - Garante a autenticidade da comunicação de rede. A autenticação de origem garante que o autor da mensagem é o remetente registrado no cabeçalho

da primitiva (STALLINGS, 2014). No caso da autenticação mútua, cada entidade tem que autenticar a outra para estabelecer a relação de confiança. Esse serviço mitiga ataques como *man-in-the-middle* (CIAMPA, 2009), reflexão (*reflection attack*) (DONG; CHEN, 2012) e disfarce (*masquerading*) (HAMID; GIANLUIGI; LILBURN, 2010).

- *Controle de acesso de recursos de rede* - É recomendado manter um controle dos dispositivos que podem acessar os recursos de rede, tais como dispositivos IoT ou gateways. Esse mecanismo pode se dar através de IPs e usuários ou equipamentos previamente cadastrados.
- *Log dos acessos aos equipamentos da solução IoT* - Convém registrar todos os acessos aos equipamentos que compõem a solução IoT, tais como sensores, atuadores e gateways. Esse registro é uma forma de monitoração permanente e torna possível a auditoria de equipamentos e acessos; que pode inclusive, auxiliar em questionamentos judiciais.
- *Autenticação do usuário quanto ao acesso dos dados e informações processadas* - Verifica se a pessoa que solicita o acesso é a mesma pessoa cadastrada e autorizada. Uma das formas mais comuns de autenticar o usuário é através de solicitação de senha ou assinaturas digitais. O acesso a informação das soluções contratadas se dá através do aplicativo IoT disponibilizado ou através de API's remotas.
- *Controle de acesso aos dados e informações processadas* - Libera ou bloqueia recursos disponíveis pelo aplicativo IoT através de perfis anteriormente cadastrados (tais como agrônomo, tratorista, administrador, etc) ou pela configuração individual de cada usuário.
- *Log dos acessos aos dados e informações processadas* - Registro das atividades do usuário quando estiver utilizando os recursos dos aplicativos IoT disponibilizados ou das APIs remotas. Esse registro pode proporcionar auditoria das atividades e auxiliar possíveis questionamentos judiciais.
- *Criptografia do armazenamento da informação* - É recomendado que seja aplicado criptografia no armazenamento de informações IoT, pois esses dados podem ser armazenados em dispositivos diferentes na trajetória da informação que começa no sensor IoT e termina nos servidores de armazenamento localizados em nuvem. Diferentes técnicas podem ser utilizadas. Uma delas é a técnica de criptografia homomórfica que foi introduzida como um método potencial para realizar cálculos e processamentos sobre dados criptográficos. Quando a criptografia homomórfica é utilizada, os dados não precisam ser descriptografados para serem processados.

Essas características são angariadas e descritas por fornecedor (apresentados na Tabela 1) nas seções seguintes para que depois seja possível uma discussão ampla sobre os efeitos colaterais negativos que podem ser causados pela ausência de algumas dessas características nas soluções IoT contratadas. Além disso, essas características proporcionam a avaliação das soluções IoT quanto à segurança da informação e possibilita a discussão da adequação do ambiente tecnológico de Internet das Coisas às tendências de regulamentação impostas por legislações internacionais e nacionais.

7.2 Avaliação geral dos serviços de segurança das soluções IoT do projeto AgroConnect

Esta subseção apresenta uma avaliação geral da abordagem segurança utilizada nas soluções IoT contratadas utilizadas levando em conta as várias fases do ciclo de vida da informação e a sua relação com os serviços/mecanismos de segurança listados na seção 7.1. O ciclo de vida da informação integra a transferência de dados pela rede local e remota da solução IoT, o armazenamento da informação em diversos dispositivos no decorrer desse trajeto (caso seja necessário) e o acesso à informação depois que a mesma é armazenada em nuvem.

A Tabela 1 apresentou todas as soluções de IoT que foram utilizadas no projeto *AgroConnect*. A avaliação da segurança das soluções de IoT levou em conta somente aquelas que forma contínua coletam informações no campo utilizando sensores e utilizando conectividade transportam e armazenam estes dados em ambientes de nuvem. As soluções que se enquadram neste critério são as que envolvem: monitoramento meteorológico (Zeus e SciCrop), o monitoramento de recursos hídricos (Irriger) e o monitoramento de operações de máquinas agrícolas (Velos).

A avaliação foi feita levando em conta as características das plataformas e um questionário enviado os provedores desta soluções. A Tabela 19 apresenta de forma sumarizada os mecanismos existente nestas soluções, levando em conta as respostas recebidas.

No geral as soluções apresentam mecanismos de segurança a fim de atender os requisitos fundamentais adequados para ambientes IoT. Os mecanismos são baseados em protocolos proprietários ou em soluções amplamente conhecidas ou oferecidas por terceiros.

Um aspecto de atenção no caso de soluções amplamente conhecidas é que este tipo de solução podem apresentar vulnerabilidades que são descobertas e publicadas, sendo necessário que os fornecedores possam identificar estas possíveis vulnerabilidades e aplicar as atualizações conforme a necessidade.

Tabela 19 – Mecanismos de Segurança das Soluções IoT Avaliadas.

MECANISMOS	SciCrop	Velos	Zeus
Confidencialidade	codificação binária proprietária; Utilização de SSL sobre HTTP; codificação proprietária para mensagens SMS	Dados armazenados nos dispositivos em formato binário proprietária; Comunicação cifrada baseada no padrão Over-the-Air Authentication (OTAA)	Protocolo Proprietário na camada de aplicação e de comunicação
Integridade	Não informado	Sim	Protocolo Proprietário na camada de aplicação e de comunicação
Disponibilidade	Dados armazenados em servidores distintos em redundância	Disponibilidade em nuvem baseada serviço Relational Database Service (RDS) da Amazon	Protocolo Proprietário na camada de aplicação e de comunicação
Autenticação Rede	Baseada em identificadores dos dispositivos	Over-the-Air Authentication (OTAA)	Protocolo proprietário na camada de aplicação e de comunicação
Controle de acesso de recursos de rede	Baseada em identificadores dos dispositivos	Over-the-Air Authentication (OTAA)	Baseado em IPs autorizados; sem acesso remoto dos dispositivos
Log dos acessos aos equipamentos	Log de acesso somente ao sistema	Não permite acesso remoto. Somente acesso físico	Sim
Autenticação de Usuário	Baseado em usuário e senha, chave de segurança ou certificado digital	Usuário e Senha e ainda Token para API	Baseado em usuário e senha;
Controle de acesso aos dados e informações processadas	Baseado no perfil de usuário	Baseado no perfil de usuário; No caso da API, token com autorização	Baseado no perfil de usuário
Log dos acessos aos dados	Existente nos sistemas	Sim, tanto nos dispositivos quanto na nuvem	Existe nos dispositivos
Criptografia do armazenamento	Dispositivo não possui armazenamento	Dados armazenados nos dispositivos em formato binário proprietária;	Não informado

8 Estruturação de modelo de negócio sustentável para difusão da solução

A Seção 4 apresentou o desempenho técnico-econômico do uso das soluções de IoT em um piloto de larga escala. A avaliação realizada do primeiro ano e também no segundo ano, mostraram a viabilidade no uso das soluções tanto no ponto de vista de incremento da produção quanto no retorno do investimento levando em conta os custos para instalação e operação das soluções.

Um aspecto importante é que o uso do conjunto das soluções de IoT de forma integrada representa uma vantagem para o agricultor, pois permite potencializar os resultados da adoção da tecnologia.

Mesmo diante das barreiras encontradas durante o projeto e que foram apresentadas na Seção 5, foi possível verificar a viabilidade na adoção das tecnologias.

A contratação dos serviços para o projeto *AgroConnect* foi feita de forma individual com cada fornecedor. Um modelo que certamente seria bem-vindo seria um *IoTaaS* onde

o produtor poderia escolher um conjunto de tecnologias e montar diferentes pacotes de serviços.

Uma outra possibilidade seria os próprios fornecedores preparem pacotes de soluções que pudessem conter diferentes conjuntos de serviços e que seriam oferecidos de forma integrada. Este modelo de negócio poderia prever diferentes valores de investimentos e foco em produtores conforme sua escala e capacidade de investimento.

O oferecimento dos diferentes pacotes de serviços poderia garantir ao produtor o acesso unificado do conjunto adequado de serviços. Estes serviços poderiam inclusive levar em conta outras necessidades, como a conectividade, e poderiam fazer parte de uma oferta mais ampla envolvendo os provedores de serviços ainda operadores de telecomunicações. O oferecimento de conectividade de serviços é uma tendência e algo que poderá ser intensificado com o advento da próxima geração das redes móveis de telecomunicações a ser implantada no Brasil, o 5G.

Ao montar pacotes de serviços envolvendo diferentes provedores de soluções que podem trabalhar de forma conjunta é possível ganho de escala no fornecimento do serviço, atingir uma maior base de produtores rurais e assim contribuir para a disseminação das tecnologias e ainda uma redução de custo por escala.

Outra possibilidade é um modelo de negócio baseado no oferecimento destes serviços a cooperativas de produtores o oferecimento das soluções facilitando a disseminação e o acesso.

Segundo o IBGE, em um total de 5563 municípios, em 2369 municípios brasileiros houve produção de soja em 2019 de 114 milhões de toneladas. Deste total, 29% está concentrado em 40 municípios ([IBGE, 2021](#)). Uma ação coordenada poderia estabelecer um oferecimento de planos de serviços para produtores destes municípios e isto poderia atingir cerca de 30% da produção nacional de soja ampliando o acesso à tecnologia e os resultados da sua aplicação.

Uma outra ação que poderia auxiliar na difusão e adoção das tecnologias no campo seriam linhas de crédito para apoiar a implantação das tecnologias. Este tipo de ação poderia ser coordenado com outras estratégias neste relatório. Este tipo de ação poderia facilitar o investimento inicial pelo produtores e assim contribuir para ampliar a transformação digital na agricultura.

9 Considerações Finais

Este documento apresenta o Relatório final de Avaliação do projeto *AgroConnect*.

O relatório apresentou uma contextualização do projeto detalhando os participantes do projeto e as diversas soluções de IoT que foram implantadas e avaliadas durante dos dois anos de realização do projeto. Além de detalhar características das soluções apresentando seus recursos e características, esta contextualização, apresentada na Seção 3 ainda descreve o local onde o projeto foi realizado, o complexo Gaia de propriedade da *Algar Farming*.

A Seção 4 apresentou uma análise detalhada do desempenho técnico-econômico no projeto ao longo de sua realização. Considerando diferentes condições de implantação e uso das soluções a análise foi realizada em dois cenários. A primeira análise, disponível na Seção 4.1 levou em conta o primeiro ano de realização do projeto e teve como fase a safra 2019/2020 de soja. Nesta análise diversos indicadores foram considerados como a produtividade (sc/ha), a singulação, eficiência da irrigação, entre outros.

A segunda análise, apresentada na Seção 4.2 levou em conta o segundo ano de realização do projeto com foco na safra de soja 2020/2021 utilizando o mesmo conjunto de indicadores.

A análise do primeiro ano, levou em conta um uso parcial das tecnologias, visto que a sua implantação ocorreu de forma gradual no decorrer do início da safra. A análise levou em conta os valores previstos e realizados para a safra e ainda uma comparação entre os valores obtidos frente à média histórica de cada indicador. A análise preliminar do primeiro ano identificou um ganho de 6.44% na produtividade de soja frente ao valor previsto de produtividade para 2019/2020.

A análise do segundo ano do projeto relevou um ganho de 4.60% na produtividade de soja frente ao valor previsto de produtividade para 2020/2021. Outro indicador que teve destaque foi a singulação de 96.90% e que representou uma melhoria de 7.66% em relação ao previsto para a safra de 2020/2021. Quando a comparação é realizada levando em conta a média histórica a produtividade de sc/ha de soja cresceu 19.45%.

O balanço financeiro do projeto indica uma receita líquida positiva levando em conta o investimento realizado nos dois anos de realização do projeto indicando que os ganhos superam o investimento em tecnologia.

As barreiras e oportunidades apresentadas na Seção 5 indicam que existe espaço para uma evolução das soluções IoT principalmente no que diz respeito à integração, interoperação. As oportunidades mostram que o mercado pode avançar e oferecer pacotes de soluções que podem potencializar e ampliar os resultados para o setor agrícola.

Um aspecto em que este mercado pode evoluir está relacionado com a definição de padrões de APIs e de representações de dados. Isto poderia potencializar ainda mais os

resultados da adoção das tecnologias através da análises poderiam levar em conta diversos tipos de dados que muitas das vezes estão visíveis dentro de uma única plataforma. Esta ação precisa ser articulada e envolver o setor produtor das tecnologias, usuários, governo, associações e entidades ligadas à padronização. A Seção 6 discorreu sobre este assunto.

O projeto *AgroConnect* permitiu constatar que as diversas soluções de IoT implantadas se potencializam quando utilizadas em conjunto. Este relatório aponta possíveis estratégias para modelos de negócio que podem potencializar resultados e ainda apresenta estratégias para ampliar a adoção das tecnologias no campo.

As soluções de IoT implantadas indicam que a transformação digital no setor agrícola poderão contribuir para o seu crescimento de forma sustentável e assim contribuir para uma produção mais eficiente, para o uso mais racional de recursos como a água e a energia e para uma conservação através da utilização adequada do solo.



Prof. Flávio de Oliveira Silva, Ph.D.
Faculdade de Computação (FACOM)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Referências

- ABIMAQ. *Banco de Dados Colaborativo do Agricultor (BDCA)*. 2021. Disponível em: <<http://bdca.abimaq.org.br>>. Citado na página 91.
- AGROSYSTEM. *Apaixonados pelo campo e pela tecnologia*. 2020. Disponível em: <<https://www.agrosystem.com.br/>>. Citado na página 34.
- AGROTECH, Z. *Zeus Agrotech*. 2020. Disponível em: <<http://www.zeusagro.com/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 13 e 49.
- AGSENSE, V. *Valley AgSense Gerenciamento Remoto de Irrigação*. 2020. Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com.br/agsense>>. Citado na página 27.
- AGÊNCIABRASIL. *Balança comercial do agronegócio soma US\$ 100,81 bilhões em 2020*. 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-01/balanca-comercial-do-agronegocio-soma-us-10081-bilhoes-em-2020>>. Citado na página 51.
- ALGAR. *Algar Farming*. 2020. Disponível em: <<https://www.algar.com.br/negocios-algar/algar-farming/>>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.
- AMADO, T. J. et al. Projeto aquarius-cotrijal: pólo de agricultura de precisão. *Revista Plantio Direto*, v. 91, n. 1, p. 39–47, 2006. Citado na página 56.
- APAGRI. *APAgri Soluções Econômicas*. 2020. Disponível em: <<http://apagri.com.br/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 22 e 49.
- AQUATRAC, V. *Valley Aquatrec*. 2020. Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com.br/equipamento/dispositivos-remotos/aqua-trac>>. Citado na página 27.
- ARAÚJO, S. O. et al. Characterising the agriculture 4.0 landscape—emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 11, n. 4, p. 667, 2021. Citado na página 47.
- BAHLO, C. et al. The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 156, p. 459–466, jan. 2019. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918312699>>. Citado na página 91.
- BASESTATION3, V. *Valley BaseStation3*. 2020. Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com.br/basestation3>>. Citado na página 27.
- BERTIN, P. R. B. et al. The Open Government partnership as a platform for the advancement of Open Science in Brazil. *Transinformação*, v. 31, 2019. ISSN 0103-3786. Publisher: Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-37862019000100301&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Citado na página 91.

BNDES. *Estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”*. 2017. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>>. Citado na página 9.

BNDES. *BNDES Pilotos Internet das Coisas (IoT)*. 2019. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/inovacao/internet-das-coisas/bndes-projetos-piloto-internet-das-coisas/bndes-pilotos-iot-internet-das-coisas>>. Citado na página 9.

CARNEIRO, F. M. Sensores de dossel no monitoramento da variabilidade temporal das culturas da soja e do amendoim. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2018. Citado na página 20.

CEPEA. *Índices de exportação do agronegócio*. 2020. Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_ExportAgro_2019_\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_ExportAgro_2019_(1).pdf)>. Citado na página 10.

CIAMPA, M. *Security Plus guide to network security fundamentals, 3th edition*. [S.l.]: Cengage Learning, 2009. Citado na página 95.

COMMANDER, V. F. *Valley Field Commander*. 2020. Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com.br/equipamento/dispositivos-remotos/field-commander>>. Citado na página 28.

DONG, L.; CHEN, K. *Cryptographic protocol: security analysis based on trusted freshness*. Springer Science & Business Media, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-3-642-24073-7>>. Citado na página 95.

DOSSA, D. et al. Aplicativo com análise de rentabilidade para sistemas de produção de florestas cultivadas e de grãos. *Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E)*, Colombo: Embrapa Florestas, 2000., 2000. Citado na página 83.

DOULIGERIS, C.; SERPANOS, D. N. *Network security: current status and future directions*. John Wiley & Sons, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/0470099747>>. Citado na página 93.

DULANEY, E. *CompTIA Security + Study Guide: SY0-201, 4th edition*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. Citado na página 94.

ELIJAH, O. et al. An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 5, n. 5, p. 3758–3773, out. 2018. ISSN 2327-4662. Citado na página 9.

EMBRAPA. *Monitorar a fertilidade do solo pode reduzir custo de produção*. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2013345/monitorar-a-fertilidade-do-solo-pode-reduzir-custo-de-producao#:~:text=da%20an%C3%A1lise%20qu%C3%ADmica,-,Fazer%20o%20monitoramento%20da%20fertilidade%20do%20solo%20da%20propriedade%20pode,do%20adubo%20na%20safra%20seguinte.>>>. Citado na página 22.

EMBRAPA. *Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo*. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>>. Citado na página 51.

EMBRAPA. *Soja em Números - Dados econômicos*. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Citado na página 51.

FAO. *A agricultura irrigada pode contribuir no aumento da produção de alimentos no Brasil*. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1110333/>>. Citado na página 25.

FAO. *Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias*. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>>. Citado na página 25.

FAO. *Agricultural Information Management Standards (AIMS)*. 2021. Disponível em: <<http://aims.fao.org/about>>. Citado na página 91.

FEIDEN, A. *Metodologia para análise econômica em sistemas agroecológicos-1a. aproximação: análise de culturas individuais*. [S.l.]: Embrapa Agrobiologia, 2001. Citado na página 84.

FITEC. *Fundação para Inovações tecnológicas (FITec)*. 2018. Disponível em: <<http://www.fitec.org.br/pt/inicio/>>. Citado na página 11.

GODAN. *Global Open Data for Agriculture and Nutrition (GODAN)*. 2021. Disponível em: <<https://www.godan.info/aboutgodan>>. Citado na página 91.

GUTTMAN, B.; ROBACK, E. A. *An introduction to computer security: the NIST handbook*. DIANE Publishing, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-12>>. Citado na página 93.

HAMID, J.; GIANLUIGI, M.; LILBURN, W. D. *Handbook of electronic security and digital forensics*. [S.l.]: World Scientific, 2010. Citado na página 95.

IBGE. *Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias*. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Citado na página 98.

ICONLINK, V. *Valley ICON Link*. 2020. Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com.br/icon-link>>. Citado na página 27.

INCERES. *InCeres – Sistema para Agricultura de Precisão*. 2020. Disponível em: <<http://inceres.com.br/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 22 e 49.

IPEA. *2050, desafios e oportunidades do agronegócio*. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1085:catid=28&Itemid=23>. Citado na página 10.

IRRIGER. *Irriger*. 2020. Disponível em: <<http://www.irriger.com.br/en-US>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 26 e 49.

ISO. *ISO - ISO/TC 23/SC 19 - Agricultural electronics*. 2021. Disponível em: <<https://www.iso.org/committee/47156/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0>>. Citado na página 91.

ISO. *Smart farming - ISO Standards for agriculture*. 2021. Disponível em: <<http://spotlight.iso.org/cms/render/live/en/sites/campaign/agriculture.html>>. Citado na página 91.

JENSEN, J. R. et al. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. [S.l.]: Prentice-Hall Inc., 1996. Citado na página 19.

JORGE, L. d. C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (vant) em agricultura de precisão. *Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)*, In: BERNARDI, AC de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, AV de; BASSOI, LH; INAMASU . . . , 2014. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 21.

JUNIOR, D. M. M. *Segurança da informação: uma abordagem sobre proteção da privacidade em internet das coisas*. Tese (Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brazil, 2018. Citado na página 93.

NOKIA. *Nokia Networks*. 2015. Disponível em: <<https://networks.nokia.com/content/homepage-0>>. Citado na página 11.

NOKIA. *Nokia Worldwide IoT Network Grid (WING)*. 2021. Disponível em: <<https://www.nokia.com/networks/services/wing/>>. Acesso em: 06 out. 2021. Citado na página 47.

NORONHA, J. *Administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. [S.l.]: São Paulo: Atlas, 1987. Citado na página 83.

OLIVEIRA, N. S. de. Segurança da informação para internet das coisas (iot): uma abordagem sobre a lei geral de proteção de dados (lgpd). *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, v. 17, n. 4, 2019. Citado na página 93.

PERERA, C.; RANJAN, R.; WANG, L. End-to-end privacy for open big data markets. *IEEE Cloud Computing*, IEEE, v. 2, n. 4, p. 44–53, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 92 e 93.

PESCE, V. et al. A Map of Agri-food Data Standards. *F1000Research*, v. 7, fev. 2018. Disponível em: <<https://f1000research.com/documents/7-177>>. Citado na página 91.

PLANTING, P. *Precision Planting*. 2020. Disponível em: <https://precisionplanting.com.br/pt_BR/p%C3%A1gina-inicial>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 32 e 49.

PUB, F. Standards for security categorization of federal information and information systems. *NIST FIPS*, v. 199, 2004. Citado na página 94.

RDA. *Research Data Alliance (RDA)*. 2016. Disponível em: <<https://www.rd-alliance.org/about-rda>>. Citado na página 91.

REC, I. X. 800 security architecture for open systems interconnection for ccitt applications. *ITU-T (CCITT) Recommendation*, 1991. Citado na página 93.

SCICROP. *SCICROP - Digital Transformation for Agribusiness*. 2020. Disponível em: <<https://scicrop.com/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 13 e 49.

SENSIX. *Sensix*. 2020. Disponível em: <<https://sensix.com.br/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 20 e 49.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. *Embrapa Agrossilvipastoril-Capítulo em livro científico (ALICE)*, In: BERNARDI, AC de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, ÁV de.; BASSOI, LH ... , 2014. Citado na página 19.

SOLUS, P. *Pro Solus*. 2020. Disponível em: <<https://www.prosolus.com/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 31 e 49.

STALLINGS, W. *Criptografia e segurança de redes. 6ª edição*. [S.l.]: São Paulo, Editora Pearson, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 94 e 95.

TELECOM, A. *Algar Telecom*. 2019. Disponível em: <<https://algartelecom.com.br/institucional/>>. Citado na página 11.

UFU. *Universidade Federal de Uberlândia (UFU)*. 2019. Disponível em: <<http://www.ufu.br/>>. Citado na página 11.

VAZ, A. R. F. *O Regulamento Geral de Proteção de Dados: Desafios e Impactos*. Tese (Doutorado) — Universidade de Coimbra, 2018. Citado na página 93.

VELOS. *Velos*. 2020. Disponível em: <<http://www.rex.agr.br/>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 29 e 49.

Apêndices

APÊNDICE A – Soluções Instaladas Durante o Projeto AgroConnect

1 SciCrop

Figura 44 – Detalhes Instalação SciCrop - Vista 1.



Figura 45 – Detalhes Instalação SciCrop - Vista 2.



2 Zeus Agrotech

Figura 46 – Detalhes Instalação Zeus Agrotech - Vista 1.



Figura 47 – Detalhes Instalação Zeus Agrotech - Vista 2.



3 Irriger

Figura 48 – Detalhes Instalação Irriger - Vista 1.

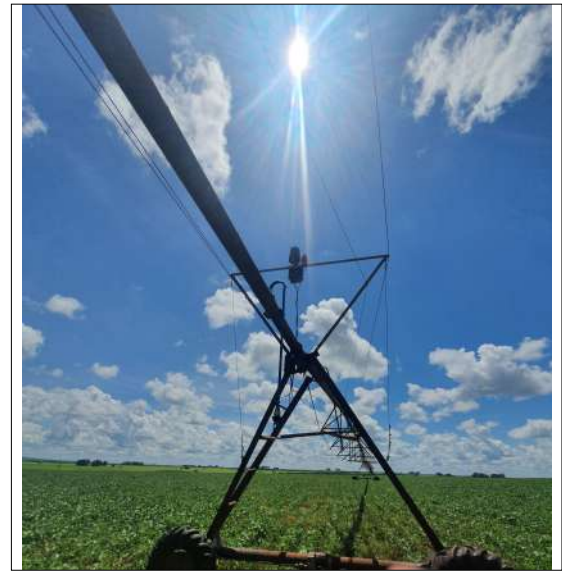
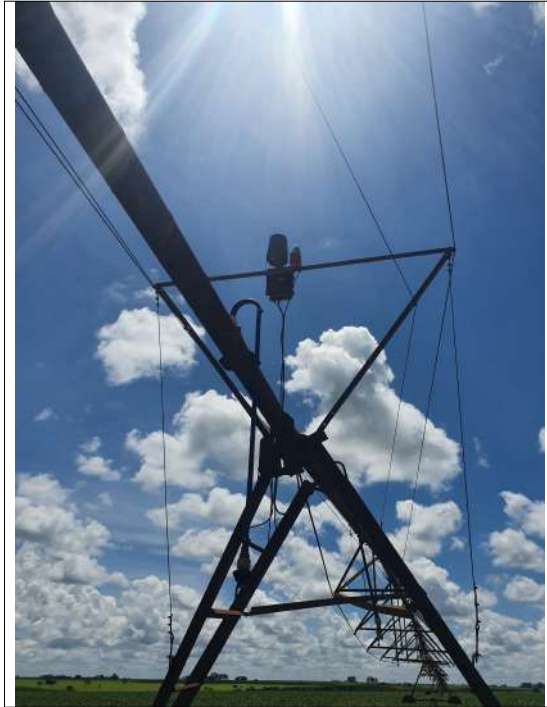
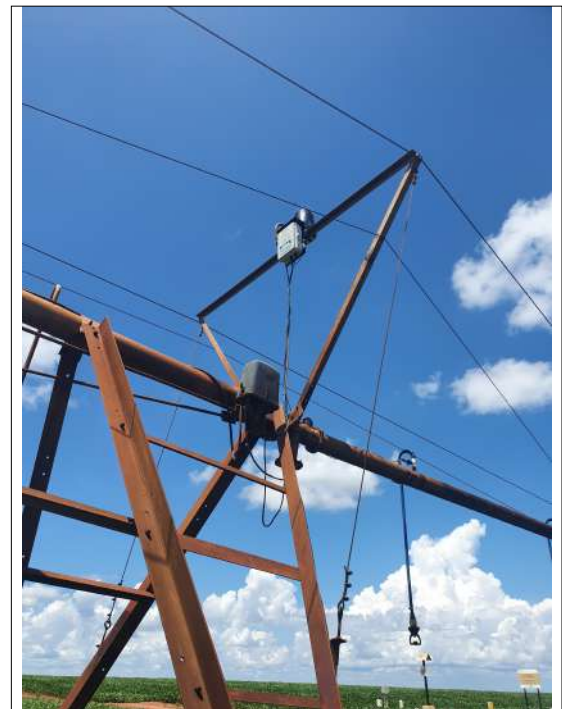


Figura 49 – Detalhes Instalação Irriger - Vista 2.



4 REX

Figura 50 – Detalhes Instalação REX - Vista 1.

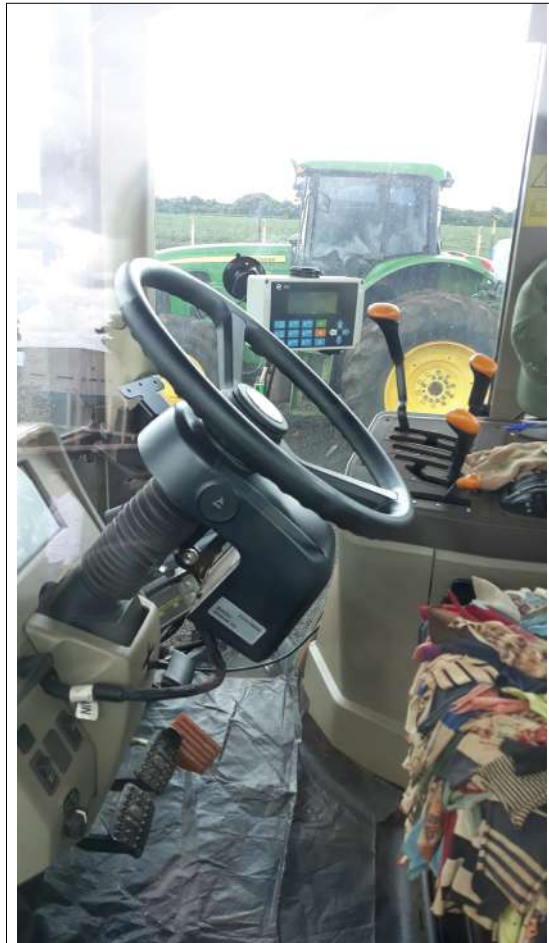
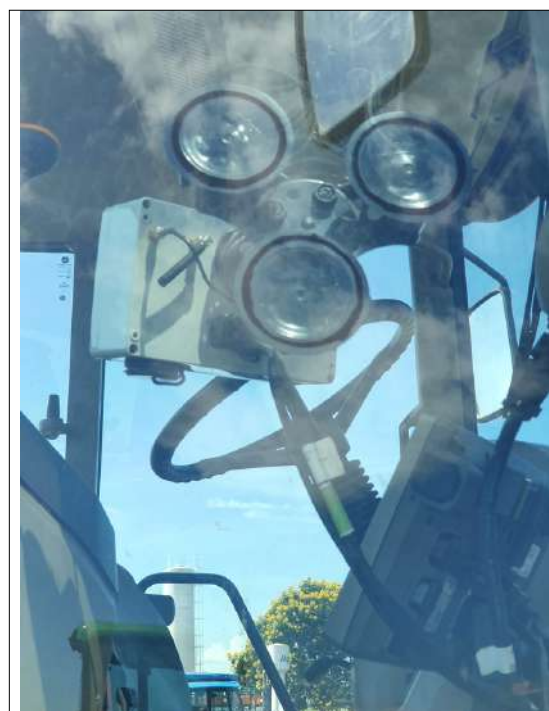
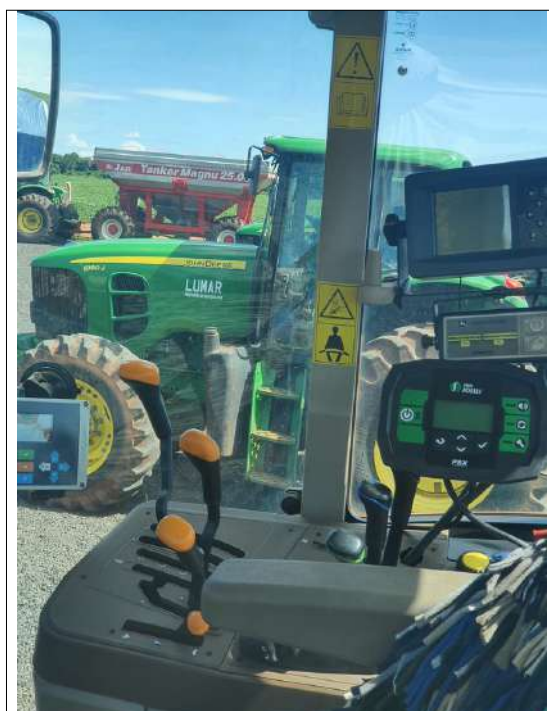


Figura 51 – Detalhes Instalação REX - Vista 2.



5 Pro-Solus

Figura 52 – Detalhes Instalação Pro-Solus - Vista 1.



Figura 53 – Detalhes Instalação Pro-Solus - Vista 2.



APÊNDICE B – Complexo Gaia - Cultura e Colheita da Soja no projeto *AgroConnect*

6 Fotos Complexo Gaia

Figura 54 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 1.



Figura 55 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 2.



Figura 56 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 3.



Figura 57 – Fazenda - Complexo Gaia - Vista 4.



7 Fotos Cultura da Soja

Figura 58 – Cultura de Soja - Vista 1.



Figura 59 – Cultura de Soja - Vista 2.



Figura 60 – Cultura de Soja - Vista 3.



Figura 61 – Cultura de Soja - Vista 4.



8 Fotos Colheita da Soja

Figura 62 – Colheita de Soja - Vista 1.



Figura 63 – Colheita de Soja - Vista 2.



Figura 64 – Colheita de Soja - Vista 3.



Figura 65 – Colheita de Soja - Vista 4.

