

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS EMBARCADOS PARA INDÚSTRIA  
AUTOMOTIVA

FRANCINI FRANCISCO

**APLICAÇÃO DE REDE LORA PARA MONITORAMENTO DE  
INDICADORES NA AGRICULTURA EM EMPRESA DE TECNOLOGIA  
DA INFORMAÇÃO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2021

FRANCINI FRANCISCO

**APLICAÇÃO DE REDE LORA PARA MONITORAMENTO DE  
INDICADORES NA AGRICULTURA EM EMPRESA DE TECNOLOGIA  
DA INFORMAÇÃO**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol

CURITIBA  
2021



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Curso de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria  
Automotiva



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE REDE LORA PARA MONITORAMENTO DE INDICADORES NA  
AGRICULTURA EM EMPRESA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

por

FRANCINI FRANCISCO

Esta monografia foi apresentada em 08 de Dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. M. Sc. Omero Francisco Bertol  
Orientador

---

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Membro titular

---

Prof. Dr. Edenilson José da Silva  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Assim como toda trajetória em nossas vidas, o presente trabalho contou com a ajuda de muitas pessoas no meu caminho.

Aproveito a oportunidade para agradecer, primeiramente, à Quatenus Rastreamento Inteligente, na pessoa do senhor Luis Felipe Nobre, por confiar em mim todos estes anos e conceder a chance de me desenvolver pessoal e profissionalmente.

À minha equipe, por me apoiar em todo o meu percurso e, por meio dos desafios e aprendizados diários, me ajudar a crescer como gestora.

À minha família e amigos, por não me deixar desistir em meios às adversidades da vida, em especial ao meu companheiro, Diogo Kessin, que vem escrevendo uma linda história ao meu lado.

Àqueles que não foram citados, mas que contribuíram para a realização desta pesquisa, meu sincero agradecimento.

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."

(Charles Chaplin)

## RESUMO

FRANCISCO, Francini. **Aplicação de rede LoRa para monitoramento de indicadores na agricultura em empresa de tecnologia da informação**. 2021. 38 p. Monografia de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

Este trabalho apresenta um teste de viabilidade da aplicação da rede LoRa como forma de transmissão de dados obtidos por meio de sensores de campo aplicados na agricultura de precisão no Brasil, sendo apresentada a revisão bibliográfica sobre a evolução da agricultura no Brasil, sobre a aplicação de automação, a partir do uso de sensores e atuadores, com a finalidade de melhorar produção e o plantio em propriedades agrícolas, e, por fim, sobre o surgimento e aplicação da rede LoRa para o monitoramento remoto de dados de solo. Com base nos trabalhos publicados e com os testes em ambiente controlado, propõem-se a utilização da rede LoRa como alternativa a falta de estrutura de transmissão de dados em áreas rurais.

**Palavras-chaves:** Transmissão de dados. LoRa. Agricultura.

## ABSTRACT

FRANCISCO, Francini. **LoRa network application for monitoring indicators in agriculture in an information technology company**. 2021. 38 p. Monografia de Especialização em Sistemas Embarcados para Indústria Automotiva, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

This work presents a feasibility test of the application of the LoRa network as a way of transmitting data obtained through field sensors applied in precision agriculture in Brazil, presenting a bibliographic review on the evolution of agriculture in Brazil, on the application of automation, from the use of sensors and actuators, to improve production and planting on agricultural properties and, finally, on the emergence and application of the LoRa network for remote monitoring of soil data. Based on published works and tests in a controlled environment, the use of the LoRa network is proposed as an alternative for the lack of data transmission structure in rural areas.

**Keywords:** Data transmission. LoRa. Agriculture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sede da Quatenus Rastreamento Inteligente .....	25
Figura 2 – Localização da sede Quatenus em Joinville/SC .....	26
Figura 3 – Plataforma GTI .....	27
Figura 4 – Antenas de transmissão LoRa e modem 3G.....	31
Figura 5 – Sensor de umidade instalado com endpoint .....	31
Figura 6 – Painel fotovoltaico .....	32
Figura 7 – Endpoint, roteador digital, controlador de carga e bateria instalados.....	32
Figura 8 – Dashboard dos dados obtidos.....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos produtos em relação a qualidade.....	19
Quadro 2 – Diferença entre bens de capital e de consumo .....	19
Quadro 3 – Sete critérios para o desenvolvimento de produtos.....	20
Quadro 4 – Participação da ergonomia no desenvolvimento de produtos .....	21
Quadro 5 – Fases do desenvolvimento de produto.....	21



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	10
1.2 PROBLEMA .....	10
1.3 OBJETIVO GERAL .....	11
1.3.1 Objetivo Geral .....	11
1.3.2 Objetivos Específicos .....	11
1.4 JUSTIFICATIVA DO TEMA .....	11
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	11
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA .....	13
2.1.1 Principais Sensores para Uso na Agricultura de Plantio .....	14
2.1.2 Transmissão de Dados em Regiões Remotas e Uso do LoRa .....	16
2.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO .....	17
2.3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	19
2.3.1 Requisitos de Produto .....	22
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	24
3.2 TÉCNICAS E MÉTODOS .....	25
3.2.1 Análise da Viabilidade Técnica .....	25
3.2.2 Definição dos Indicadores .....	28
3.2.3 Definição dos Dispositivos do Projeto .....	28
3.3 FASES DA PESQUISA .....	29
3.4 APRESENTAÇÃO DA INSTITUIÇÃO .....	30
<b>4 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>31</b>
4.1 TESTE ALFA .....	31
4.2 DADOS OBTIDOS .....	33
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dos diversos setores que movimentam e afetam fortemente o PIB de um país, a atividade agrícola merece grande destaque, sendo este considerado o setor primário da economia e engloba a agricultura, mineração, pesca, pecuária, extrativismo vegetal e caça. No geral, a agricultura é uma das atividades onde a evolução é mais necessária e, devido às dificuldades sofridas pelo produtor e às variáveis existentes no plantio, a busca pela qualidade e pelo aumento da produção é sempre um desafio.

Contudo, a modernização dos processos e o crescimento na produção agrícola, traz também grandes problemas ambientais relacionados ao uso de fertilizantes químicos e do manejo incorreto do solo, sendo necessário um maior controle das áreas afetadas para garantir a preservação ambiental. Diante disso, abordam-se os conceitos de “agricultura de precisão”, a partir da automação nos processos produtivos, e “agricultura digital”, que envolve a associação de tecnologias de transmissão de dados buscando o aumento da produção, mas também a sustentabilidade (BASSOI *et al.*, 2019).

A aplicação das redes de sensores e atuadores para o controle de culturas agrícolas contribui para a tomada de decisão e para o uso racional dos recursos, principalmente água, a partir do mapeamento das áreas em todas as etapas do processo produtivo (INAMASU *et al.*, 2011). Somado a isso, aplica-se o uso de redes de sensores sem fio, as chamadas Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), possuem grande apelo em diferentes áreas devido às vantagens, como: ausência de cabeamento, flexibilização produtiva e menor custo operacional (KUIKE *et al.*, 2021).

Atualmente, é possível encontrar diversos protocolos de comunicação para RSSF, classificados por frequência de funcionamento, taxa de transmissão, alcance de transmissão, consumo de energia e custo (CROTTI, 2017), sendo que dentre tantos existentes, o padrão LoRa permite uma comunicação sem fio eficiente através de distâncias muito longas, que variam de 5 a 15 km, dependendo da topologia do local monitorado (TEIXEIRA; ALMEIDA, 2017).

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O presente trabalho de conclusão de curso irá se fundamentar na pesquisa bibliográfica e teste de um modelo de sensor para medição de umidade do solo, amplamente usado na agricultura, que utiliza tecnologia de transmissão de dados por meio de rede de área ampla e baixa potência, denominada LoRa, como parte de um projeto que visa, em determinado ponto, a comercialização de um sistema de tecnologia da informação em empresa de telemetria.

## 1.2 PROBLEMA

Atualmente, o Brasil e o mundo experimentam o uso crescente de tecnologias de 2 até 5G para transmissão de dados em tempo real, considerada por muitos um item essencial para o desenvolvimento de suas atividades diárias, tanto pessoais, acadêmicas ou profissionais, sendo que o emprego de tecnologia da informação para tomada de decisão é realidade nos mais diversos setores da indústria, dos serviços, e vêm atingindo também o setor agrícola.

Contudo, a escassez de oferta de sinal digital nas regiões mais remotas do país, onde geralmente são desenvolvidas as atividades agrícolas, dificulta a obtenção dos dados de campo pelos meios convencionais e impossibilita que o produtor consiga tomar decisões em tempo real sobre o plantio, podendo atingir não somente a qualidade do produto final, mas também todo o ecossistema no qual está inserido.

Dessa forma, buscam-se novos meios de transmissão de dados que atenda esse nicho de mercado e auxilie o produtor a aumentar sua produção por meio do emprego de tecnologia da informação. O presente trabalho de conclusão de curso pretende verificar a eficácia do uso de tecnologia de transmissão de dados de longo alcance e baixa potência, denominada LoRa, como alternativa às tecnologias GSM e GPRS, amplamente utilizada nos grandes centros.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Neste tópico serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, relativos ao problema anteriormente apresentado.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Testar uma solução existente no mercado, para coletar dados de indicadores na agricultura, com possibilidade de transferência dos dados coletados via rede LoRa, em períodos pré-determinados para um servidor de acesso e visualização das informações.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

De modo a alcançar o objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso de especialização, as seguintes etapas devem ser realizadas:

- Determinar qual indicador tem maior relevância na agricultura de plantio;
- Definir qual sensor será testado;
- Testar a solução em ambiente controlado.

### 1.4 JUSTIFICATIVA DO TEMA

O presente projeto trata-se do desenvolvimento de pesquisa técnica científica, de cunho tecnológico, que pretende testar um modelo de sensor, capaz de coletar e transmitir dados através de rede LoRa de comunicação.

### 1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Testar uma solução a partir de sensores que colete as informações de indicadores da agricultura e que transfira os dados para um servidor através de comunicação LoRa.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente projeto está dividido em cinco capítulos, além desta: fundamentação teórica, procedimentos metodológicos, resultados e análise e por último as conclusões.

No segundo capítulo “Fundamentação Teórica” são apresentados e descritos os conceitos relacionados ao desdobramento do tema. Essas apreciações servirão como alicerce para a construção do conhecimento, abrangendo as considerações sobre as características solo e aplicação da rede LoRa, bem como conceitos relacionados ao desenvolvimento de projeto de produto, desde de o levantamento dos requisitos até a proposta de produto final.

O terceiro capítulo “Procedimentos Metodológicos” trata da caracterização da pesquisa, ou seja, a maneira como será executado o projeto, descrevendo os métodos, procedimentos e materiais utilizados no desenvolvimento do estudo proposto.

No quarto capítulo “Desenvolvimento” será apresentado o resultado da pesquisa e dos testes em campo para o estudo proposto.

Por fim, no quinto capítulo é apresentada a conclusão da pesquisa onde se mostra igualmente as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é dedicado à pesquisa bibliográfica em livros, artigos, revistas e teses acadêmicas, abrangendo os principais assuntos relevantes ao desenvolvimento do projeto, tais como: modernização da agricultura, indicadores da qualidade do solo e, por fim, desenvolvimento de produtos.

### 2.1 MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA E SUA IMPORTÂNCIA

Em geral, o processo de modernização da agricultura, pelo qual passaram diversos países no início da década de 1970, foi motivado pela expansão econômica e pelo grande avanço tecnológico ocorrido no período pós-guerra, em nações desenvolvidas e subdesenvolvidas, a partir do emprego de novas tecnologias em processos produtivos. No Brasil, o processo de modernização da agricultura teve início na década de 1950, com as primeiras importações de meios de produção mais desenvolvidos (HESPANHOL, 2008).

Contudo, foi a partir da década de 1960 que assistiu-se o processo se intensificar, com a criação de um setor industrial voltado para a produção de máquinas, equipamentos e insumos agrícolas, contribuindo para mecanização da agricultura, mas principalmente com a utilização de adubos químicos, fertilizantes artificiais e agrotóxicos para a prevenção de pragas e ervas daninhas, sobretudo entre 1965 e 1975, o aumento no uso de sementes híbridas e selecionadas, para obter uma produção com maior qualidade e sustentabilidade (BERTOLINI; PAULA FILHO; MENDONÇA, 2020).

Já na década de 1980, todo esse processo de modernização da agricultura reduziu o seu ritmo significativamente, em virtude, principalmente, da crise econômica que atingiu o mundo e também o Brasil. No decorrer das décadas de 1990 e 2000, houve novamente o crescimento em investimentos no setor rural e a criação de políticas de incentivo, principalmente, ao pequeno e médio produtor (HESPANHOL, 2008).

Com a modernização dos processos e, conseqüentemente, o aumento substancial na produção agrícola, cresceram também os problemas ambientais relacionados ao uso de fertilizantes químicos e do manejo incorreto do solo, sendo

necessário um maior controle das áreas afetadas para garantir a sustentabilidade a longo prazo. Diante disso, o processo de modernização da agricultura das últimas décadas alcançou novos patamares, no qual aborda-se os conceitos de “agricultura de precisão”, a partir da aplicação de automação nos processos produtivos e do uso de sensores e atuadores para garantir a segurança alimentar no futuro, e “agricultura digital”, que envolve a associação de tecnologias da internet e transmissão de dados, como as tecnologias orientadas para o uso de objetos inteligentes (BASSOI *et al.*, 2019).

Na agricultura de precisão a técnica de manejo considera a variação espacial e temporal das condições do solo, água, ar e plantio, permitindo a utilização sensata e correta dos insumos conforme a necessidade naquele momento e local, sendo que tal controle exige uma maior coleta, análise e interpretação de dados do campo, auxiliando os produtores na tomada de decisão (EZENNE *et al.*, 2019).

Atualmente, as ferramentas empregadas na agricultura de precisão são mais utilizadas no cultivo de grãos, cana-de-açúcar, hortícolas, fruteiras e silvicultura, sendo que no Brasil é referência mundial na produção de soja, milho, arroz, trigo, feijão, algodão e sorgo (HERTZ *et al.*, 2017).

Em resumo, enquanto a agricultura de precisão analisa a variação das condições no campo num momento e local, a agricultura digital proporciona monitoramento remoto das informações em tempo real, com base em transmissão de dados georreferenciados, fundamentado no estudo de um grande e constante volume de dados do ecossistema controlado, envolvendo ferramentas computacionais de inteligência artificial e aprendizado, permitindo o compartilhamento das informações e a gestão da propriedade a longo prazo (PIVOTO *et al.*, 2017).

### 2.1.1 Principais Sensores para Uso na Agricultura de Plantio

A aplicação das redes de sensores para o controle de culturas agrícolas contribui para a tomada de decisão, gerando um aumento da produtividade e no uso racional dos recursos, principalmente água, energia e fertilizantes, a partir a utilização de mapeamentos em todos os processos envolvidos na produção (INAMASU *et al.*, 2011). As tecnologias usadas no sensoriamento de áreas de plantio apresentam um grande potencial, pois através delas técnica é possível obter

informações sobre: determinando a área plantada, o nível de produção agrícola, robustez vegetativo das culturas, entre outras, contribuindo para a agricultura sustentável (RUDORFF; MOREIRA, 2002).

Atualmente, devido às topologias e aplicações em diversos processos, as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) possuem grande apelo em diferentes áreas, tais como agricultura, militar, ambiental, médica, entre outras. Devido às vantagens apresentadas, como: ausência de cabeamento para alimentação do sistema e coleta das informações, flexibilização produtiva, principalmente em áreas de difícil acesso e diferentes topologias, e menor custo operacional (KUKÉ *et al.*, 2021).

No geral, as RSSFs são utilizadas para a coleta, processamento e transmissão de dados por meio de comunicação sem fio, sendo que essas redes são compostas por vários “nós sensores”, constituído por microcontrolador, bateria, unidade de comunicação de dados e os sensores físicos, os quais podem monitorar variáveis, tais como distância, direção, umidade e velocidade do vento, temperatura e umidade do ar e do solo, pH, e intensidade luminosa. Essas redes realizam medições no ambiente e transmitem os dados até um servidor de acesso, no qual se encontra uma unidade de coleta, processamento e armazenamento das informações (SILVA *et al.*, 2013).

Na agricultura existem diversos tipos de aplicações do monitoramento remoto, sendo as principais: monitoramento do ambiente interno/externo, de saúde e de bem-estar, energético, de localização, de automação de fábricas e de processos, além de monitoramento sísmico e estrutural, combinando esses dados com informações de GPS pode-se proporcionar um conhecimento preciso e atualizado do campo para gestão e tomadas de decisões (CROTTI, 2017).

Genericamente, segundo Paim (2017), uma RSSF é composta por:

- a) Nó: também conhecido como nodo, são equipamentos autônomos capazes de sensoriamento, processamento e comunicação de dados, sendo que convertem a variável analógica para digital e transmite os dados por intermédio de um meio de comunicação. Eles são compostos por *hardware* sensor, memória de armazenamento de dados, bateria de alimentação, microcontrolador de sinais e módulo transceptor.



- b) Gateway: são dispositivos responsáveis por encaminhar as mensagens para os nós da rede aguardando respostas. Também é papel do gateway encaminhar mensagens, por uma rede, até o computador do operador.
- c) Aplicação: é o dispositivo final, ou servidor, que recebe as informações do gateway e disponibiliza para aplicação final, sendo essa em modo local (máquina física) ou em nuvem (máquina virtual).

### 2.1.2 Transmissão de Dados em Regiões Remotas e Uso do LoRa

Os padrões de transmissão para Redes de Sensores sem Fio (RSSF) são responsáveis por definir os formatos de troca de dados, a codificação de dados, as formas de endereçamento para dispositivos e o roteamento de pacotes. Além de descrever funções que incluem controle de sequência, controle de fluxo e retransmissão de pacotes perdidos. É possível encontrar diversos protocolos de comunicação para RSSF, os quais são diferenciados por algumas características, tais como frequência de funcionamento, taxa de transmissão, alcance de transmissão, consumo de energia e custo (CROTTI, 2017).

Dentre esses, tem-se o já consagrado padrão IEEE 802.11, desenvolvido como uma alternativa ao padrão cabeado Ethernet, o protocolo Bluetooth, também é um padrão consagrado e muito utilizado nas redes sem fios, e outros protocolos mais recentes como IEEE 802.15.4, IEEE 802.11ah, *Long Range* (LoRa)<sup>1</sup> e Sigfox, que surgiram como alternativas para uma comunicação sem fio eficiente sobre longas distâncias sem depender de transmissão GSM ou GPRS (CROTTI, 2017).

O padrão LoRa, objeto deste estudo, foi desenvolvido em junho de 2016 por uma organização sem fins lucrativos chamada LoRa Alliance, que inclui mais de 200 empresas, sendo que este padrão LoRa se encaixa no tipo de tecnologia denominada rede de área ampla e baixa potência, do inglês, *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), os quais permitem uma comunicação sem fio eficiente através de distâncias muito longas, que variam de 5 a 20 km, dependendo da topologia do local monitorado. LoRa é considerada a camada física, enquanto que o termo LoRaWAN usado para definir um protocolo otimizado para sensores de baixo custo, com bateria

---

<sup>1</sup> LoRa: tecnologia de rede de área ampla de baixa potência (*Low Power Wide Area Network* - LPWAN). Esta tecnologia de rádio frequência permite comunicação a longas distâncias (*Long Range* - LoRa).

e inclui diferentes classes de nós para otimizar a latência da rede e a vida útil da bateria (TEIXEIRA; ALMEIDA, 2017).

Atualmente, os dispositivos LoRa disponíveis no mercado podem operar entre 137MHz a 1020MHz, sendo que alguns países definiram os espectros em que as mesmas poderão atuar. Nos Estados Unidos e na Europa, por exemplo, as faixas permitidas estão entre 433MHz e 915MHz, enquanto no Brasil não existe uma especificação atual, contudo, considerando as recomendações da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), a faixa compreendida entre as frequências de 907,5 a 915 MHz não poderão ser utilizadas por pertencerem a um outro grupo de telecomunicações. Em relação a taxa de transmissão de dados, em uma rede LoRa pode variar de 0.3 kbps até 50 kbps (SCHWAB, 2020).

## 2.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Há muito tempo vêm se discutindo o conceito de qualidade do solo, principalmente no tocante ao conjunto de características que determinam o que é um solo de qualidade ou um solo de baixa qualidade. Alguns escritores definem a boa qualidade do solo como o potencial do mesmo em atuar num ecossistema, promovendo a saúde da fauna e da flora e a sustentabilidade da biodiversidade local, em relação às inúmeras funções que o solo exerce no crescimento e desenvolvimento das plantas (MELO, 2017).

Manter o nível desejável de qualidade do solo é uma tarefa bastante complexa considerando a influência das diversas variáveis, como por exemplo, clima local, técnicas de preparo e manejo do solo, tipos e ciclos de plantio. No geral, as técnicas de preparo e manejo agrícolas são consideradas sustentáveis quando as variáveis de solo, ar e água são classificadas como de qualidade, sendo que as análises físicas, químicas e biológicas são profundamente importantes para a determinação da capacidade do solo em suprir as necessidades das plantas. Essas análises são a forma mais simples e eficiente para definir a qualidade do solo e estabelecer as quantidades apropriadas de elementos químicos presentes e importantes, assim como indicar quais parâmetros devem ser corrigidos, considerando a sustentabilidade produtiva e a conservação do ecossistema natural (CAMARGO, 2016).

Para a validação da qualidade do solo é necessário a aplicação de indicadores que sejam sensíveis às variações das propriedades do solo em função dos objetivos pretendidos, das condições ambientais e disponibilidade de recursos locais, integrado com três variáveis denominadas solo, planta e biota edáfica. Dessa forma, é possível proporcionar um solo de qualidade para um plantio sustentável a longo prazo (SILVA *et al.*, 2021).

Para determinar a qualidade do solo, os principais indicadores físicos são: textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento e o regime hídrico do solo. Sendo que a estrutura é a característica que influencia diretamente as condições de compactação do solo, taxas de infiltração, vulnerabilidade a erosão, dentre outras, ou seja, ela atua fortemente sobre os demais indicadores. Uma vez que as propriedades físicas do solo são capazes de determinar características produtivas do solo, os solos com baixa qualidade física apresentam restrições ao crescimento das plantas, causando uma menor produtividade agrícola e perdas no processo de plantio (MONZÓN *et al.*, 2018).

Em relação aos indicadores químicos de qualidade do solo, é importante determinar a acidez e a proporção de nutrientes presentes para definir as condições de fertilidade deste e, assim, quantificar os compostos químicos que serão usados para correção do solo, a fim aumentar a produtividade agrícola (SARAIVA *et al.*, 2018).

Ainda em relação à qualidade do solo, os indicadores biológicos também são importantes para determinação de tais parâmetros, haja vista que a presença dos diversos organismos é essencial para maior qualidade física e química dos mesmos, influenciando diretamente nas técnicas e procedimento de manejo dos solos, assim como a produtividade (PINHEIRO *et al.*, 2016).

Os organismos vivos existentes no solo usam esse ambiente como ecossistema exercendo diversas funções, como a ciclagem de nutrientes e umidificação do solo, através da decomposição de matéria orgânica, animal e vegetal, e exercem influência na estrutura e qualidade do solo, com a mistura de partículas orgânicas e minerais e escavações constantes. A realização errônea de práticas de cultura, podem causar danos à estrutura do solo, como compactação, elevação da acidez do mesmo e deterioração da matéria orgânica existente, entre

outros, influenciando na qualidade biológica do solo e afetando a produtividade do plantio (BRITO *et al.*, 2016).

Por fim, um bom indicador da qualidade do solo é a função que representa e relaciona as três variáveis testadas: a) análises químicas, b) físicas, e c) biológicas, visando o monitoramento das áreas afetadas pelo manejo agrícola com foco na sustentabilidade do ecossistema e, conseqüentemente, da produção (LOPES, 1998).

### 2.3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Todos os produtos destinam-se a satisfazer às necessidades humanas, independente do seu tamanho ou grau de complexidade, porém para que esses produtos possam interagir com os usuários ou consumidores, devem possuir três qualidades básicas: técnica, ergonômica e estética (Quadro 1); sendo que em cada tipo deve sobressair uma característica dependendo do público que se pretende atingir (IIDA, 2005).

**Quadro 1 – Características dos produtos em relação a qualidade**

<b>Tipos de qualidade</b>	<b>Descrição das características</b>
Qualidade técnica	Diz respeito à funcionalidade do produto, ou seja, ele faz aquilo que deveria fazer, em outras palavras, o motivo pelo qual ele foi concebido.
Qualidade ergonômica	Garante a interação usuário/produto de forma simples, clara, segura, confortável e adaptada às necessidades dos clientes ou grupo que se pretende atingir.
Qualidade estética	Envolve o aspecto emocional do cliente em relação ao produto, é a combinação de características que torna o produto atraente e objeto de desejo para o consumidor.

Fonte: Adaptado de Iida (2005).

Além da classificação considerando a qualidade, os produtos podem simultaneamente ser divididos em dois grupos, apresentados no Quadro 2, em relação ao usuário: bens de capital e bens de consumo (IIDA, 2005).

**Quadro 2 – Diferença entre bens de capital e de consumo**

<b>Tipos de Bens</b>	<b>Descrição das características</b>
Bens de capital	Adquiridos e usados por empresas em atividades produtivas, operadas por trabalhadores treinados e dificilmente são usados de forma diferente daquela que foi programada e prevista pelos seus fabricantes.
Bens de consumo	Usados por indivíduos no âmbito doméstico. Muitas vezes são usados de forma errada e incluem-se entre seus usuários crianças, pessoas idosas, os portadores de deficiências, que não tem força ou habilidade motora.

Fonte: Adaptado de Iida (2005).

Essa classificação ajuda a definir as principais características do produto, apesar de que os produtos que se destinam ao uso profissional ou doméstico devam reunir as características dos bens de capital e bens de consumo (IIDA, 2005).

Para atender as exigências do mercado consumidor, os projetistas e designers devem observar e considerar aspectos que auxiliam na concepção, desenvolvimento, implementação e avaliação da qualidade dos produtos (ROSA; SILVEIRA, 2012).

O Quadro 3 descreve sete critérios que devem ser avaliados durante o projeto de um produto: segurança, eficácia, utilidade, tolerância aos erros, primeiro contato, conforto e prazer.

**Quadro 3 – Sete critérios para o desenvolvimento de produtos**

<b>Tipos de Bens</b>	<b>Descrição das características</b>
Segurança	Trata da segurança em todo o processo de fabricação até o consumidor final e em toda a vida útil do produto. Este critério analisa a segurança no que concerne à prevenção de riscos, acidentes e doenças.
Eficácia	Corresponde à função do produto e o objetivo que o usuário deseja obter com a aquisição do produto. Este critério deve estar alinhado ao critério segurança desde a concepção do produto, para que o segundo não seja afetado.
Utilidade	Refere-se às funções e objetivos para os quais o produto foi criado, se respondem às necessidades de utilização do cliente. Se não sanarem a necessidade do mercado consumidor, não terá utilidade.
Tolerância aos erros	Trata das diferentes formas que o produto pode ser usado. Erros durante a utilização do produto, por desconhecimento ou omissão, podem causar acidentes.
Primeiro contato	Está relacionado à simplicidade das informações dos modos de instalar e usar o produto. Quanto mais fácil e acessível a forma de usar, melhor.
Conforto	Define o estado de satisfação e bem-estar físico e psicológico que o usuário sente ao utilizar o produto.
Prazer	Envolve critérios como conforto e eficiência e abrange demandas que vão além das fisiológicas, psicológicas e sociológicas, atingindo a necessidade emocional do indivíduo, sendo uma experiência positiva.

**Fonte: Adaptado de Rosa e Silveira (2012).**

O processo de desenvolvimento de um novo produto, ou a melhoria de um produto que já existe, estabelece a conexão entre a empresa e o mercado, cabendo ao grupo de desenvolvimento detectar as necessidades do mercado consumidor e sugerir soluções que atendam a tais necessidades, portanto, deve envolver o trabalho de diversos profissionais de diferentes áreas por conta da sua complexidade (ROZENFELD *et al.*, 2012).

A Quadro 4 descreve de que forma a ergonomia está envolvida em todas as etapas do desenvolvimento de produtos.

**Quadro 4 – Participação da ergonomia no desenvolvimento de produtos**

<b>Etapas</b>	<b>Atividades gerais</b>	<b>Participação da ergonomia</b>
Definição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinar as oportunidades;</li> <li>• Verificar as demandas;</li> <li>• Definir objetivos do produto;</li> <li>• Elaborar as especificações;</li> <li>• Estimar custo/benefício.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinar perfil do usuário;</li> <li>• Analisar os requisitos do produto.</li> </ul>
Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar os requisitos do sistema;</li> <li>• Esboçar a arquitetura do sistema;</li> <li>• Gerar alternativas de soluções;</li> <li>• Desenvolver o sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar as tarefas/atividades;</li> <li>• Analisar a interface:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- informações;</li> <li>- controles.</li> </ul> </li> </ul>
Detalhamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalhar o sistema;</li> <li>• Especificar os componentes;</li> <li>• Adaptar as interfaces;</li> <li>• Detalhar os procedimentos de teste.</li> </ul>	Acompanhar os detalhes.
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar desempenho;</li> <li>• Comparar com as especificações;</li> <li>• Fazer os ajustes necessários.</li> </ul>	Testar a interface com o usuário.
Produto em uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestar serviço pós-venda;</li> <li>• Adquirir experiências para outros projetos.</li> </ul>	Realizar estudos de campo junto aos usuários e consumidores.

Fonte: Adaptado de Lida (2005).

Ainda considerando o desenvolvimento de produtos, pode-se denominar as etapas de desenvolvimento, definição e avaliação como projeto informacional, onde a partir das necessidades verbalizadas pelos clientes, define-se os requisitos ou características técnicas mensuráveis do produto, estabelece-se as especificações-metas e, também, se estuda e define o ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.*, 2012).

O Quadro 5 separa o processo de desenvolvimento de produto em fases distintas e sequenciais.

**Quadro 5 – Fases do desenvolvimento de produto**

Fase 0: avaliação do conceito, inicia-se a pesquisa sobre o mercado e o produto;
Fase 1: planejamento e especificação, tem-se a definição do produto, funcionalidade e medidas;
Fase 2: desenvolvimento, faz-se o modelamento e prototipagem do produto;
Fase 3: teste e avaliação, fase em que prepara-se o produto para a produção e o lançamento no mercado;
Fase 4: liberação, é feita a homologação e o produto é liberado para a produção distribuição e treina-se o suporte pós-venda.

Fonte: Adaptado de Faria *et al.* (2008).

Além da vantagem na criação de produtos que atendam às necessidades do mercado consumidor, o desenvolvimento de produto é considerado uma etapa de agregação de valor ao produto e nela consegue-se estabelecer de 70 à 90% dos custos finais, ao passo que se pode estimar também o desempenho, continuação e descontinuação do produto no mercado (TAKAHASHI; TAKAHASHI, 2007).

### 2.3.1 Requisitos de Produto

Todo o projeto de produto vem atender uma série de requisitos e necessidades do mercado consumidor, e no geral abrange 3 (três) macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento (ROZENFELD *et al.*, 2012).

A fase de pré-desenvolvimento tem como objetivo definir o que e quando será desenvolvido, produzindo as informações necessárias para a realização de cada projeto do ponto de vista tecnológico, comercial e financeiro. A fase de desenvolvimento é constituída por profissionais das diversas áreas ou setores da empresa, eles dentro das suas especialidades e em conjunto farão o levantamento de das atividades, recursos, riscos e análises importantes para a concepção do projeto, então são identificados todos os clientes dentro do ciclo de vida do produto. Ainda na macro-fase desenvolvimento, são determinados os requisitos e as especificações-metas do produto ou projeto, definidos como micro fase projeto informacional. Esta fase só termina com a homologação e liberação do produto para a produção. Já na fase pós-desenvolvimento, a mais longa por ser finalizada apenas quando o produto é retirado do mercado, é dado ênfase ao tratamento pós-venda e se inicia quando o produto começa a ser comercializado. Ela trata do acompanhamento sistemático do produto e do mecanismo de retroalimentação do mercado consumidor (ROZENFELD *et al.*, 2012).

A micro fase projeto informacional pode ser dividido em quatro etapas: a) identificação dos clientes, b) definição dos requisitos dos clientes, c) tradução dos requisitos dos clientes em requisitos de produto, e d) obtenção das especificações-meta, sendo esta última mensurável numericamente (NICKEL *et al.*, 2010).

Em resumo, os requisitos refletem as expectativas e necessidades dos clientes, de todos os interessados no projeto, ou, *stakeholders*. E, se estes requisitos

forem incompletos ou mal definidos, podem causar falhas no projeto ou produto (SOTILLE, 2012).

A identificação dos requisitos dos clientes é feita através da coleta das necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida, estas necessidades são aquelas expressas verbalmente; em seguida é feito o agrupamento e classificação das necessidades verbalizadas; depois são definição dos requisitos do produto; e, por último, são atribuídos valores e dimensões às especificações (NICKEL *et al.*, 2010).

A coleta dos requisitos dos clientes pode ser feita por meio de entrevistas, dinâmicas de grupo, pesquisa de opinião, site especializados em reclamações, redes sociais, sac's, entre outros. E, após o levantamento dos requisitos dos clientes, é feita a classificação por grupos de necessidades. Estas necessidades por sua vez, serão transformadas em termos ou expressões técnicas que possam ser explicadas por números (ROZENFELD *et al.*, 2012).

Os passos seguintes para a elaboração do projeto é criar alternativas que resolvam as especificações levantadas, avaliar quais alternativas são mais viáveis e eficazes e decidir quais serão usadas (NICKEL *et al.*, 2010). Sendo que, o projeto informacional, por meio dos requisitos do produto, tem como objetivo descrever um conjunto de especificações-meta, que servirão como base para o desenvolvimento do produto e como critério para tomada de decisão em etapas posteriores do projeto, logo é de grande importância para o sucesso de todo o processo. Em resumo pode-se afirmar que, um problema mal definido é um problema mal solucionado (ROZENFELD *et al.*, 2012).



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos que incluem a caracterização da pesquisa, as técnicas e os métodos utilizados para cumprir com os objetivos definidos e as fases da pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A proposta de aplicação de rede LoRa para monitoramento de indicadores na agricultura apresentado neste trabalho de conclusão de curso de especialização é baseada no conhecimento científico, caracterizado pela atividade racional e lógica que visa responder às necessidades dos clientes finais, os produtores agrícolas.

O projeto apresentado é considerado científico por tratar-se de fatos reais ao passo que analisa a características dos sistemas de monitoramento remoto pelo ponto de vista da agricultura, também estuda a hipótese de conseguir ou não atingir os objetivos de aplicação de um sistema que atenda a todas às necessidades indicadores analisados, o que o torna contingente, está apoiado em um escopo ordenado coerentemente e utiliza metodologia adequada para a pesquisa e coleta dos dados, constituindo uma pesquisa sistemática.

E mais, com a definição e modelamento do produto final, atendendo as necessidades do público estudado, cumprindo os objetivos propostos e aplicando-se os cálculos de viabilidade técnica e econômica, garante-se comprovação das hipóteses julga-se este verificável. Considerando a natureza humana e transformações sofridas ao longo de sua evolução, ou mesmo estabelecendo-se outros objetivos e métodos de estudo, declara-se que este projeto não é absoluto e definitivo, podendo tornar-se falível com o passar dos anos, porém, dentro do que foi proposto, ele chega muito próximo à exatidão.

Segundo os objetivos propostos e em relação ao estudo apresentado, a pesquisa científica pode ser exploratória, descritiva ou explicativa, visando sempre atingir respostas a uma necessidade humana e/ou ambiental. Desta forma, o foco do presente projeto são as pesquisas bibliográficas e descritivas, utilizadas como suporte ao alcance dos objetivos do mesmo, empregando o estudo bibliografia publicada em relação ao tema investigado. E define-se pesquisa descritiva por

observar, analisar e correlacionar os dados coletados com os objetivos propostos, por meio da aplicação de pesquisa teórica.

Para finalizar, a aplicação do método qualitativo apresentado neste, tem como característica o enfoque intuitivo, que considera principalmente o ponto de vista dos ambientes estudados em relação ao objeto analisado, que ocorre em ambiente natural junto a fonte da coleta dos dados e o pesquisador tem papel fundamental no desenvolvimento e realização de tal pesquisa, neste caso a pesquisa bibliográfica padronizada.

## 3.2 TÉCNICAS E MÉTODOS

### 3.2.1 Análise da Viabilidade Técnica

A análise da viabilidade técnica visa verificar se a solução atenderá as demandas e esforços sofridos durante sua utilização e vida útil. Para determinar a viabilidade do sistema de monitoramento remoto via LoRa serão executados testes em ambiente controlado.

No que concerne à coleta e transmissão dos dados, serão realizados testes dentro das dependências da empresa Quatenus Rastreamento Inteligente, apresentada na Figura 1, situada em Joinville, estado de Santa Catarina (SC), com a respectiva localização mostrada na Figura 2.

**Figura 1 – Sede da Quatenus Rastreamento Inteligente**



**Fonte: Autoria própria.**

**Figura 2 – Localização da sede Quatenus em Joinville/SC**

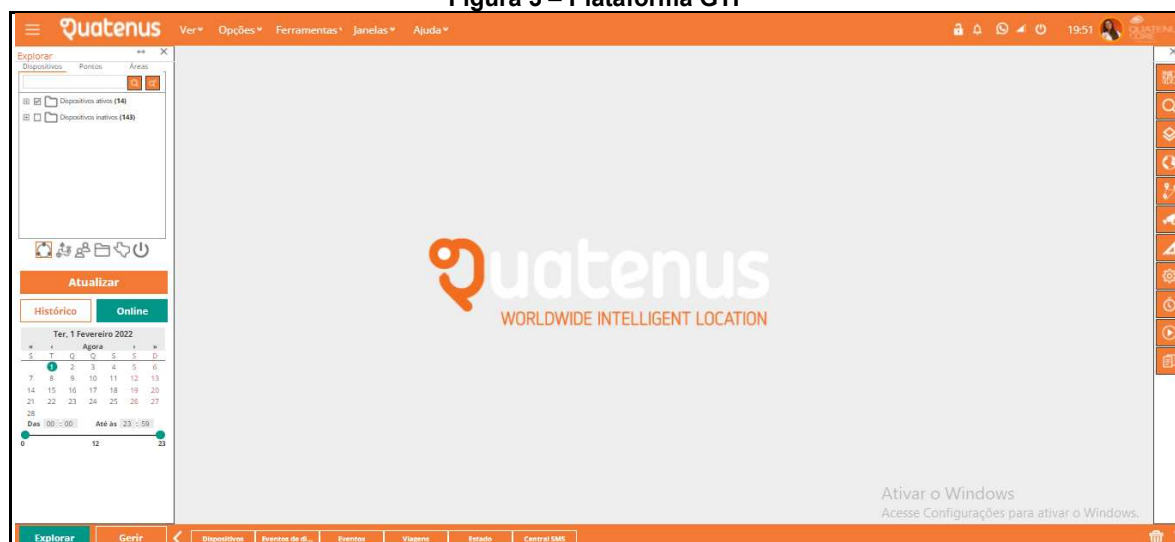
Fonte: Autoria própria.

Após os testes iniciais, denominados neste como testes *alfa*, serão realizados um teste *beta*, nas fazendas pertencentes ao grupo Quatenus, em Humpata, província da Huíla, em Angola, os quais serão aplicados às plantações de moringa, muito popular naquela região, acompanhadas pelo engenheiro agrônomo responsável pela propriedade, que irá validar a solução dentro das necessidades específicas da região.

Com a conclusão dos testes de usabilidade, um outro passo importante para que a solução possa ser oferecida aos clientes Quatenus, será a criação de um servidor próprio, para obtenção dos dados e posterior integração das informações em um software próprio de gestão de ativos, denominada GTI.

A plataforma GTI, apresentada na Figura 3, trata-se de um sistema próprio, desenvolvido pela Quatenus, no qual os usuários/clientes com login e senha de acesso conseguem visualizar e acompanhar seus ativos, equipamentos e colaboradores, e controlar os dados de telemetria em tempo real, baseado em pontos de geolocalização, através de website: <https://www.quatenusonline.com.br/>.

Figura 3 – Plataforma GTI



Fonte: Autoria própria.

Por fim, após os testes de usabilidade em campo e a integração das informações, o produto será liberado para o público em geral, necessitando de acompanhamento a longo prazo, sendo essa uma solução customizável em relação ao usuário final.

No presente trabalho serão apresentados apenas os resultados obtidos nos testes *alfa*:

- a) Coleta de dados por sensores de campo: os dados de umidade do solo serão coletados dentro das dependências da empresa, contudo nesta etapa do projeto não será dimensionado a quantidade ideal de sensores a serem aplicados, assim como a umidade ideal do solo, para aumento na produtividade e/ou redução de custo em fazendas agrícolas, sendo essa uma variável em relação ao cliente final que será analisado no *teste beta*;
- b) Transmissão dos dados coletados via LoRa: será validado a capacidade de transmissão de dados via LoRa em ambiente conhecido, nas dependências da empresa Quatenus;
- c) Análise de MVP (*Minimum Viable Product*): em uma primeira etapa, após a coleta e transmissão dos dados coletados nas dependências serão analisados em plataforma IoT de acesso *open source*, para no futuro serem realizados novos testes em Humpata, Angola e por fim, com os testes concluindo trabalhar na integração das informações com a plataforma Quatenus e avaliação dos custos.

### 3.2.2 Definição dos Indicadores

Para a definição do indicador a ser testado, dentre os diversos estudados na revisão bibliográfica, no optou-se em um primeiro momento em focar os esforços na umidade do solo, sendo essa uma característica essencial para a semeadura das sementes, especialmente nas regiões com longos períodos secos, como a região de Humpata, Angola, onde os recursos hídricos são mais escassos.

### 3.2.3 Definição dos Dispositivos do Projeto

Neste item, serão apresentados os *hardwares* necessários para a realização deste projeto:

- a) Painel solar fotovoltaico 10W: Painel fotovoltaico que absorve radiação solar e gera energia elétrica;
- b) Roteador digital para rede sem fio em W104: roteador que conecta redes locais a outras redes locais ou à internet, ou seja, um ponto de acesso sem fio conecta dispositivos à rede sem fio, usando frequências de rádio.
- c) Extensão IOT de umidade do solo: sonda com sensor de temperatura e umidade para coleta e envio de dados umidade do solo;
- d) Sensor de umidade do solo: sensor de solo para determinação da umidade.
- e) Módulo LoRa 5dBi 528mm: módulo transceptor de rádio frequência (antena) interna LoRa para transmissão de dados;
- f) Modem 3G -- antena externa GSM 220 mm:
- g) Endpoint LoRa: trata-se de um transmissor que utilizam a rede de comunicação sem fio LoRa;
- h) Controlador de carga PWM: tem a função de emitir pulsos de tensão de alta frequência para carregar bateria completamente;
- i) Bateria 12W 2,3Ah: bateria para armazenamento de energia.

Para o teste da ferramenta, ainda em uma primeira fase, será utilizado um software de plataforma *open-source* que possibilita a visualização das informações em tempo real.

### 3.3 FASES DA PESQUISA

Em uma primeira etapa a pesquisa será fundamentada na pesquisa bibliográfica em livros, artigo e teses acadêmicas sobre o tema proposto e que dê base para a formulação das hipóteses e elaboração dos requisitos do produto, e posteriormente será feita a coleta dos dados em campo através dos sensores instalados em ambiente controlado, ações que caracterizam a pesquisa bibliográfica e pesquisa exploratória, respectivamente.

As fases aplicadas a este projeto, são descritas como:

1. Preparação: trata-se da fase pré-projeto, onde são definidos e delimitados os temas, assim como as hipóteses levantadas e o cronograma. Nessa etapa, também, será elaborada a proposta de projeto;
2. Revisão bibliográfica: nesta etapa são pesquisados e descritos os temas pertinentes ao desenvolvimento do projeto, a fim de fundamentar a pesquisa. Também nesta fase serão definidos os requisitos do projeto;
3. Desenvolvimento: nesta fase serão testados sensores pré-determinados na revisão bibliográfica, juntamente com ferramentas de transmissão e processamento de dados, em ambiente controlado, para verificação da sua eficácia e correção dos aspectos inconsistentes nele encontrados. Posteriormente, será feita análise dos dados obtidos na pesquisa de campo para definição do Mínimo Produto Viável (ou *Minimum Viable Product* - MVP);
4. Resultados: a última etapa é o desenvolvimento da proposta de produto mínimo viável, fazendo uso de software aberto para análise das informações e observação dos requisitos levantados na pesquisa em campo e bibliográfica, juntamente com os materiais, processos e custos, visando a comercialização futura da solução definida. Esta etapa termina com a submissão do projeto final à banca avaliadora.

### 3.4 APRESENTAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

A Quatenus Rastreamento Inteligente é uma empresa multinacional de tecnologia SaaS (*Software as a Service*), especialista em rastreamento e tecnologia da informação, voltado à gestão de frotas e de ativos, segurança e telemetria. Atualmente, conta com mais de 30.000 clientes em 4 continentes, e 300.000 usuários em mais de 10 países, entregando informações úteis e estratégicas para tomada de decisão, em tempo real, aos clientes para o controle dos seus negócios, de forma que tenham redução de custos, maior eficiência produtiva e maior proteção dos seus bens.

No Brasil desde 2011, a Quatenus se orgulha de ser pioneira em diversos produtos, incluindo o sistema de identificação de motorista via RFID (perfil de condução) e, mais recentemente, no uso de tecnologia de monitoramento e auxílio à condução, no qual combina controle e transmissão de dados em tempo real na cabine do veículo com um robusto sistema de rastreamento e pós-processamento, trazendo informações indispensáveis para reduzir os riscos dos clientes.

Para o futuro, a diretoria planeja investir em inovação tecnológica e desenvolvimento de novas soluções para o mercado, como LoRa, por exemplo, trazendo ainda mais controle e informações para o cliente final.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Com base nos estudos apresentados na revisão bibliográfica e na metodologia de pesquisa aplicada, apresenta-se neste capítulo o desenvolvimento dos testes e a análise dos resultados obtidos.

### 4.1 TESTE ALFA

Como mencionado no Capítulo 3 – Procedimentos Metodológicos, os testes foram realizados nas dependências da empresa Quatenus Rastreamento Inteligente, situada em Joinville, estado de Santa Catarina, onde foram instalados os hardwares adquiridos.

Num primeiro momento foram instaladas as antenas de transmissão, apresentada na Figura 4, compostas pelo módulo LoRa 5dBi 528mm e o modem 3G.

**Figura 4 – Antenas de transmissão LoRa e modem 3G**



Fonte: Autoria própria.

Logo após foram instalados o sensor de umidade (Figura 5), a cerca de 0,5m da superfície do solo, juntamente com o painel solar fotovoltaico 10w (Figura 6), roteador digital para rede sem fio em w104, extensão IoT de umidade do solo, endpoint LoRa, controlador de carga PWM e bateria 12w 2,3Ah (Figura 7).

**Figura 5 – Sensor de umidade instalado com endpoint**





Fonte: Autorial própria.

Figura 6 – Painel fotovoltaico



Fonte: Autorial própria.

Figura 7 – Endpoint, roteador digital, controlador de carga e bateria instalados



Fonte: Autorial própria.

## 4.2 DADOS OBTIDOS

Durante os testes *alfa*, os dados, apresentados na Figura 8, foram obtidos e mostrados em *dashboard* disponibilizado pelo fornecedor. Em plataforma *open-source* num primeiro momento, sendo que ele fica hospedado internamente em um gateway e acessa-se via porta ethernet através do IP **10.0.5.77**.

Figura 8 – Dashboard dos dados obtidos

Device	Name	Value	Unit	Date and Time
F803320100026A81	uplink	4897	count	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	activation_mode	ADP	String	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	datarate	8F10811125	String	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	rssi	-42	dBm	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	snr	10.3	dB	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	A	18.3	°C	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	A	78.3	%RH	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	pressure-E2	200000	Pa	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	pressure-E3	2100	Pa	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A81	pressure-E4	200000	Pa	02/02/2022, 11:59:24 AM
F803320100026A8A	uplink	481	count	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	activation_mode	ADP	String	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	datarate	8F10811125	String	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	rssi	-38	dBm	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	snr	11.8	dB	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	A	26.3	°C	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	A	47.3	%RH	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	2860e2206000008b	25	°C	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	4b5448573e330635	24.7	°C	01/20/2022, 07:34:03 AM
F803320100026A8A	4b5448573e330635	59.63	%RH	01/20/2022, 07:34:03 AM

Fonte: Autoria própria.

Em um primeiro momento, optou-se por utilizar apenas um sensor e obter a coleta dos dados uma vez ao dia, para verificar a capacidade de transmissão da rede LoRa local, sendo que se entende que a quantidade de sensores e o período de coleta serão determinadas pela extensão do território que se pretende controlar e da demanda do cliente final, em especial o tipo e idade do plantio e em locais que necessitam de maior irrigação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término da pesquisa, ficou evidente a crescente necessidade que os produtores agrícolas têm de obter dados do seu plantio em tempo real, com finalidade de tomar decisões mais assertivas a cerca do uso dos recursos renováveis, ou não, a fim de aumentar a produtividade e proteger a sustentabilidade a longo prazo.

Ainda assim, é incontestável que a estrutura de transmissão de dados não acompanha a realidade do campo, sendo que existe ainda hoje escassez de sinal 2 até 5G nos locais mais remotos e zonas rurais, tornando inacessível para o produtor o uso de tecnologias da informação nas suas atividades diárias na tomada de decisão em tempo real, tão importante para o crescimento da produção agrícola e para a qualidade dos produtos entregues.

Dessa forma, entende-se que o emprego de sensores de solo (Redes de Sensores sem Fio - RSSF), associados as tecnologias de transmissão de dados de longo alcance e baixa potência (*Long Range* - LoRa), e baixo custo de operação, é uma alternativa eficaz para o produtor que deseja controlar o plantio em tempo real em grandes áreas.

Os testes executados com as tecnologias disponíveis no mercado, em um primeiro momento, mostraram-se eficientes em ambiente conhecido, haja vista que os mesmos ocorreram em centro urbano. Com isso, pretende-se continuar com os testes em ambientes cada vez mais remotos, os quais serão transferidos para Humpata/Angola, antes de seguir com a integração dos dados em plataforma própria e, por fim, oferecer a solução ao grande público.

## REFERÊNCIAS

BASSOI, L. H.; *et al.* **Agricultura de precisão e agricultura digital**. Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 20, jul./dez. 2019, p. 17-36.

BERTOLINI, M. M.; PAULA FILHO, P. L.; MENDONÇA, S. N. T. G. de. **A importância da agricultura familiar na atualidade**. Congresso Internacional da Agroindústria – CIAGRO 2020. Paraná: UTFPR, 2020. Disponível em: <<https://ciagro.institutoidv.org/ciagro/uploads/1520.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BRITO, M. F. de; *et al.* **Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.51, n.3, p.253-260, mar. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/nJ5nNPLz4NRZmpcXZhM6mFD/?lang=pt>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG**. Flora Ferreira Camargo. Lavras: UFLA, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/12194>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

CROTTI, Y. **Avaliação de desempenho de protocolos de transmissão para redes de sensores sem fio aplicadas à agricultura**. Santa Catarina: UFSC, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/182214>>. Acesso em: 25 nov. 2021.

EZENNE, G. I.; *et al.* **Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture**. Agricultural Water Management, v. 218, p. 158-164, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377418318298>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

FARIA, A. F. de; *et al.* **Processo de desenvolvimento de novos produtos: uma experiência didática**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Universidade Federal de Viçosa. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_073\\_521\\_12155.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_073_521_12155.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2021.

HERTZ, T. R.; *et al.* **A importância do agronegócio no Brasil: Uma revisão de literatura.** 13. ENCITEC, 2017. Disponível em: <[https://www.fasul.edu.br/projetos/app/webroot/files/controle\\_eventos/ce\\_producao/20171025-203746\\_arquivo.pdf](https://www.fasul.edu.br/projetos/app/webroot/files/controle_eventos/ce_producao/20171025-203746_arquivo.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2021.

HESPANHOL, A. N. **Modernização da agricultura e desenvolvimento territorial.** Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP: 4º Encontro nacional de grupos de pesquisa. São Paulo, p. 370-392, 2008.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INAMASU, R. Y.; *et al.* **Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83708/1/Proci-11.00287.PDF>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

KUKE, A. S.; *et al.* **Controle de sistema de irrigação automático utilizando internet das coisas e conceitos de redes neurais artificiais.** São Paulo: EEM, Instituto Mauá, 2021. Disponível em: <<https://maua.br/files/122020/controle-sistema-irrigacao-automatico-utilizando-internet-das-coisas-conceitos-redes-neurais-artificiais-151455.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo.** 2. ed., Piracicaba: POTAFOS, 1998.

MELO, I. G. **Atividade microbiana de solo de cerrado submetido a diferentes estratégias de integração Lavoura-Pecuária.** Izabelle Gonçalves Melo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia. Universidade Federal de São João del Rei, fev. 2017.

MONZÓN, A. D. D.; *et al.* **Avaliação de algumas propriedades físicas do solo em diferentes usos em um Ultisol.** XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. Xanxerê, 2018. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/avaliacao-de-algumas-propriedades-fisicas-do-solo-em-diferentes-usos-em-um-ultisol/>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

NICKEL, E. M.; *et al.* **Modelo multicritério para referência na fase de Projeto Informacional do Processo de Desenvolvimento de Produtos.** Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 4, p. 707-720, 2010.

PAIM, R. T. **Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) para monitoramento por geolocalização para pecuária: Estudo de caso empregando o simulador NS-2.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Telecomunicações). Universidade Federal do Pampa – Unipampa. Rio Grande do Sul, 2017.

PINHEIRO, A. D. S.; *et al.* **Influência de diferentes sistemas de produção na qualidade do solo no município de Paragominas – PA.** Amazon Soil. II Encontro Regional de Ciência do Solo na Amazônia Oriental. 2016.

PIVOTO, D.; *et al.* **Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil.** Information Processing in Agriculture, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316301184>>. Acesso em: 24 nov. 2021.

ROSA, L; SILVEIRA, I. **Adaptação ergonômica do produto.** VIII Colóquio de Moda – 5º Congresso Internacional, 2012

ROZENFELD, H.; *et al.* **Gestão e desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2012.

RUDORFF, B.; MOREIRA, M. **Sensoriamento remoto aplicado à agricultura.** São Paulo: INPE, 2002.

SARAIVA, J. dos S.; *et al.* **Acidez potencial em um latossolo amarelo, Belém, Pará.** III Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER PDVAGRO. 2018.

SCHWAB, A. L. **Criação de uma rede LoRa para projetos de pesquisa e desenvolvimento.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) - Universidade Feevale. Rio Grande do Sul, 2020.

SILVA, M. O.; *et al.* **Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875, jan. 2021.

SOTILLE, M. Gerenciamento de Projetos na Engenharia de Software. Copyright© PM Tech, publicado em: 21 abr. 2014. Disponível em: <[https://www.pmttech.com.br/artigos/Gerenciamento\\_Projetos\\_Software.pdf](https://www.pmttech.com.br/artigos/Gerenciamento_Projetos_Software.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2021.

TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V. P. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.

TEIXEIRA, G. B.; ALMEIDA, J. V. P. de. **Rede LoRa® e protocolo LoRaWAN® aplicados na agricultura de precisão no Brasil.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/16191/1/PG\\_COELE\\_2017\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/16191/1/PG_COELE_2017_2_01.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2021.