



Sistema de Monitoramento Agrícola utilizando LoRa 433-MHz, IoT e Aplicativo Móvel

Danilo C. Christensen¹, Zito P. da Fonseca¹

¹Departamento de Informática
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa, PR – Brazil
danilocarneiro7@gmail.com, zpfonseca@uepg.br

Abstract. *The objective of this article is to present the development and application of a data monitoring system for plantations based on IoT (Internet of Things) technology, the LoRa (Long Range) wireless communication protocol, and a mobile application. The system in the plantation consists of a microcontroller and sensors that collect various types of data, which are sent to the central server through the LoRa communication protocol. Subsequently, the data is processed and stored in the cloud-hosted database, where it is presented by the mobile application. The use of the system enables effective real-time management of different areas of the plantation, resulting in resource and time savings.*

Resumo. *O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento e a aplicação de um sistema de monitoramento de dados para plantações baseado na tecnologia IoT (Internet of Things), o protocolo de comunicação wireless LoRa (Longo Alcance) e um aplicativo móvel. O sistema no plantio é composto por um microcontrolador e sensores que coletam diversos tipos de dados que são enviados para o servidor central por meio do protocolo de comunicação LoRa. Em seguida, os dados são processados e armazenados no banco de dados hospedado na nuvem, onde são apresentados pelo aplicativo móvel. O uso do sistema permite um gerenciamento eficaz em tempo real de diferentes áreas da plantação, resultando em economia de recursos e tempo.*

1. Introdução

Em 2011, a Conferência de Hannover marcou o surgimento e a difusão conceito de Indústria 4.0 (Monostori, 2014). Inicialmente, esse conceito estava focado principalmente na manufatura, mas ao longo do tempo, houve uma expansão e disseminação para outros setores, como a agricultura, que incorporou os princípios da Agricultura de Precisão (Quintino et al., 2019). A Agricultura de Precisão, com sua abordagem voltada para a otimização do manejo agrícola por meio de técnicas de monitoramento e aplicação mais precisas, é considerada uma precursora da Agricultura

4.0 (Conectar Agro, 2021).

A Agricultura 4.0 ou Agro 4.0, substitui os métodos tradicionais pelos digitais, empregando métodos computacionais de alto desempenho, rede de sensores, comunicação máquina para máquina (M2M), conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas para processar grandes volumes de dados e construir sistemas de suporte à tomada de decisões de manejo (Massruhá e Leite, 2017). Assim sendo, contribuirá com a redução do consumo de água, fertilizantes e pesticidas, comumente aplicados de forma uniforme nos campos. Com a tecnologia, será possível utilizar apenas as quantidades mínimas necessárias, aplicadas em áreas específicas (Ribeiro, et al. 2018).

A agricultura moderna requer uma gestão eficiente e baseada em dados para maximizar a produtividade, garantir a sustentabilidade e tomar decisões informadas (Croplife Brasil, 2020). A coleta de dados é um procedimento de aquisição, transferência e armazenamento de dados de forma segura. Grandes campos são subdivididos em zonas de gerenciamento menores para coleta precisa de dados. A escolha da zona apropriada para coleta de dados é um ponto vital da Agricultura de Precisão (Bhakta et al., 2019).

É importante destacar que cada um dos parâmetros coletados desempenha um papel significativo no desenvolvimento e crescimento das plantas. A temperatura do solo na agricultura é um parâmetro importante porque o calor adequado a uma profundidade apropriada não só garante o crescimento eficiente da planta. Ela também determina o momento da sementeira, porque a temperatura do solo é importante para a germinação das sementes (Cherlinka, 2021). Já a umidade do solo é crítica, pois tanto a escassez quanto o excesso de água podem impactar negativamente o desenvolvimento das plantas (Cherlinka, 2022). Os ventos também influenciam o crescimento das plantas, afetando a transpiração, a absorção de CO₂ e exercendo um efeito mecânico sobre as folhas e ramos (Mota, 1983). Além disso, a faixa de temperatura e a umidade relativa do ar são parâmetros cruciais para o desenvolvimento adequado das culturas (Silva et al., 2007).

O trabalho proposto visa aplicar os conceitos de *IoT* e Agricultura 4.0, baseando-se na Agricultura de Precisão, para monitorar as plantações de forma eficiente e sustentável. Para isso, utiliza-se uma aplicação de banco de dados em nuvem, acessível por meio do protocolo *HTTP* (*Hypertext Transfer Protocol*), e um aplicativo móvel para visualizar os dados coletados.

Os parâmetros adotados para a coleta de dados foram escolhidos considerando sua relevância na agricultura. Eles incluem a temperatura e umidade do solo, temperatura e umidade relativa do ar, variação climática para detectar a ocorrência de chuva e informações de localização por meio do *GPS* implementado no sistema de plantio. Além disso, utiliza-se uma *API* (*Application Programming Interface*) pública de previsão do tempo para obter dados de precipitação de chuva, temperatura mínima e máxima, bem como a velocidade do vento. Essa coleta abrangente de dados permite uma análise mais precisa e detalhada das condições ambientais e climáticas que afetam o cultivo. A partir desses dados, os agricultores podem tomar decisões mais embasadas, adaptando o manejo da plantação às necessidades específicas do local. Por exemplo, eles podem regular a irrigação conforme a umidade do solo, monitorar as condições climáticas para aplicar defensivos agrícolas de forma mais eficiente, ou planejar a

colheita com base nas previsões de tempo.

Este trabalho apresenta um software que oferece a opção de cadastro de cultivos e monitoramento do sistema de plantio. Inicialmente, os cultivos cadastrados são Soja e Milho. Um dos parâmetros monitorados é a temperatura, que para soja, segundo a Embrapa (2005), deve estar entre 20°C e 30°C. Temperaturas menores ou iguais a 10°C ou maiores que 40°C podem prejudicar o crescimento da soja, causar distúrbios na floração e reduzir a capacidade de retenção de vagens. No entanto, é importante destacar que essas faixas de valores são apenas uma referência inicial e podem variar conforme fatores regionais e outras condições específicas do cultivo.

2. Trabalhos correlatos

A tecnologia nos campos de computação, eletrônica e informática tem crescido rapidamente. Junto com o crescimento e desenvolvimento sustentável da tecnologia da informação, a demanda pública por facilidade no uso de dispositivos tecnológicos no dia a dia também está aumentando. Utilizar serviços de internet é a forma mais fácil de fornecer acesso a serviços remotos ou permitir que aplicativos se comuniquem entre si (Nunes e Delgado, 2000).

O trabalho realizado pelos autores Yanhui e Xiaofei (2020) resultou na criação de um sistema para controlar a intensidade da luz e o período em que a luz permanece ligada em uma estufa. Essas variáveis dependem do cultivo selecionado pelo usuário, e o sistema oferece uma lista de diversos cultivos, como alface, melão, berinjela, entre outros. Para selecionar o cultivo desejado, um teclado de matriz 4x4 é utilizado. No contexto deste trabalho, foi implementado diferentes cultivos com a possibilidade de alterá-los pelo aplicativo móvel, buscando integrar a *IoT*.

Outros trabalhos relevantes, conduzidos por Windarto e Eridani (2017) e por Katangle et al. (2020), apresentaram protótipos para automação de luzes e portas, e sistemas de automação agrícola, respectivamente. Esses projetos utilizaram a *IoT* para permitir uma supervisão em tempo real, com um desenvolvimento *front-end* facilitado pelo *software Blynk*, que não requer programação.

No projeto de Windarto e Eridani (2017), eles apresentaram um protótipo de automação de luzes e portas com uma abordagem inovadora. Eles utilizaram o software *Blynk* para desenvolvimento *front-end*, o que tornou o processo mais simples e intuitivo, sem a necessidade de programação. O *Blynk* é uma solução eficaz, rápida e amplamente adotada para visualizar e apresentar dados coletados por sensores em tempo real. Já o estudo conduzido por Katangle et al. (2020) concentrou-se em sistemas de automação agrícola. Eles também empregaram a tecnologia *IoT* para permitir o monitoramento e controle remoto de processos agrícolas. Similarmente ao projeto anterior, eles optaram por utilizar o *Blynk* como plataforma *front-end*, aproveitando seus benefícios em termos de facilidade de uso.

Ambos os projetos foram bem-sucedidos em suas propostas, proporcionando uma visão valiosa sobre a aplicação prática da *IoT* para automação e monitoramento. No entanto, para projetos mais complexos, que envolvem funcionalidades adicionais como autenticação, monitoramento de diversas variáveis por usuário, consulta a *APIs* públicas e notificações, é recomendado o uso de um conjunto de técnicas de programação. Uma dessas técnicas é a metodologia *Twelve-Factor App*, que define 12 boas práticas para criar uma aplicação SaaS moderna, escalável e de fácil manutenção (Guedes, 2021).

Com isso, o objetivo foi desenvolver uma integração mais complexa entre o sistema embarcado e o aplicativo móvel, visando alcançar maior controle e segurança, além de permitir que o sistema se ajuste de acordo com a quantidade de usuários.

3. Desenvolvimento

O projeto é dividido em três partes principais: sistema no plantio responsável pela coleta de dados, um servidor central encarregado de processar e analisar os dados recebidos, e um aplicativo móvel para apresentar as informações. O fluxograma da comunicação dos dados percorrendo as três etapas está representado na Figura 1.

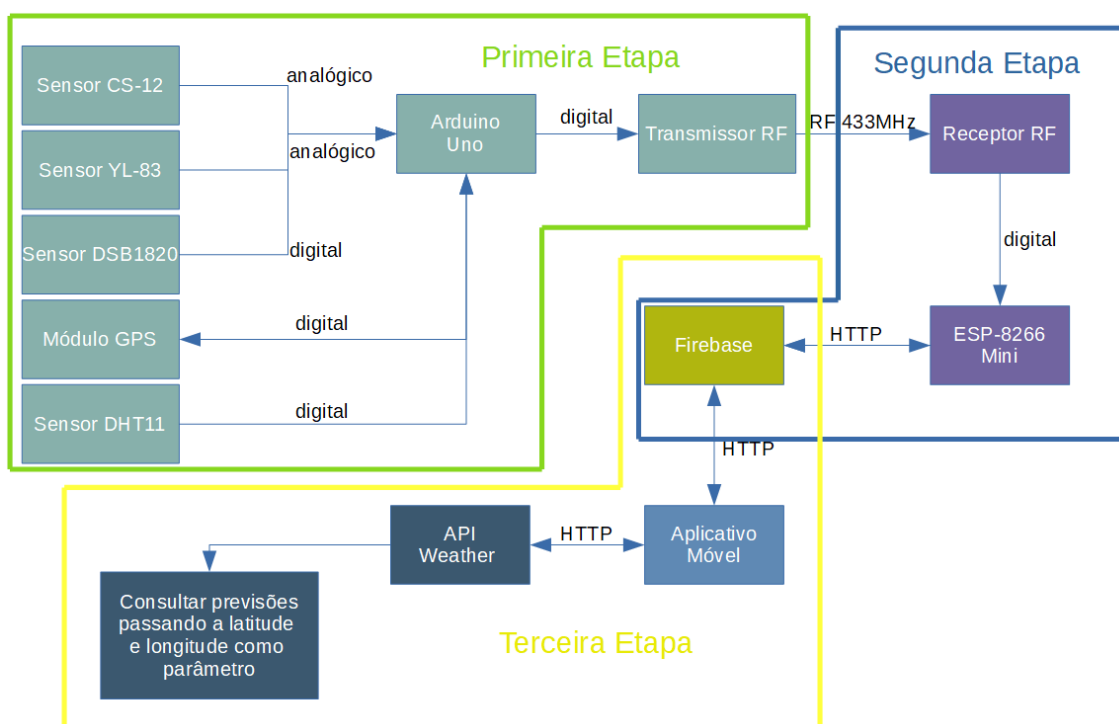


Figura 1. Fluxograma da comunicação dos dados

3.1. Primeira etapa

Para a coleta de informações sobre a umidade do solo, foi utilizado um sensor de umidade de solo capacitivo, a temperatura do solo foi monitorada com um sensor DS18B20, enquanto o DHT11 mede a temperatura e umidade do ar. Além disso, foi incluído um módulo sensor de chuva, que detecta variações climáticas, e o módulo *GPS* NEO-6M para se localizar geograficamente. Esses sensores e módulos foram conectados a um microcontrolador Arduino Uno e programados através da plataforma do Arduino IDE para realizar a coleta de dados e realizar o envio por radiofrequência a uma largura de banda de 433-MHz. Uma modelagem do sistema é apresentada na Figura 3.

O sistema será alimentado por uma bateria de 9V para garantir a autonomia e a portabilidade do sistema. Para fornecer a tensão adequada para o Arduino Uno e outros componentes do sistema, será utilizado um regulador de tensão *LM2596*, que garantirá a estabilidade e a proteção contra variações indesejadas na alimentação.

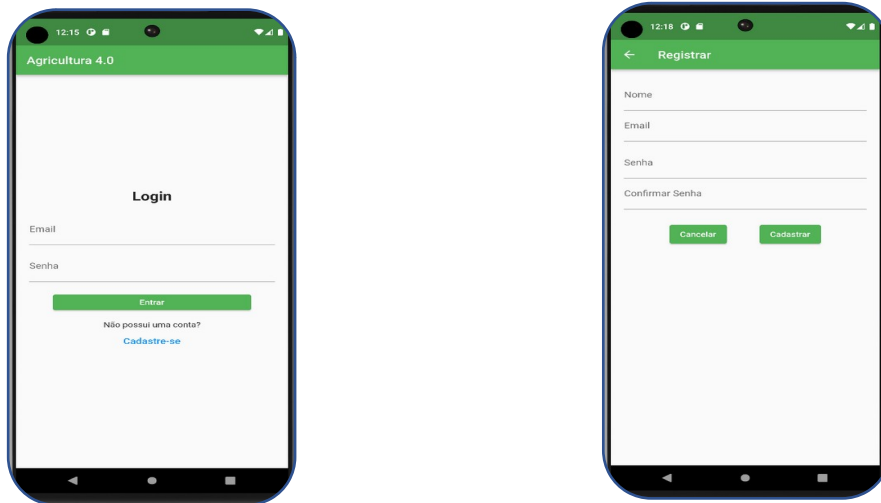


Figura 3 - a) Tela de autenticação. b) Tela de cadastro novo usuário.

Após o login bem-sucedido, os usuários são direcionados para a página dos sistemas cadastrados, onde cada sistema cadastrado significa uma conexão de dados entre diferentes sistemas no plantio e o servidor central, ou também, diferentes servidores centrais, que estão vinculados com o usuário que fez o acesso. A Figura 4.a demonstra a tela de sistemas cadastrados. Ao escolher um sistema vinculado ao usuário, o *app* redireciona para a tela principal do sistema, que contém a previsão de precipitação de chuva, temperatura mínima e máxima e a velocidade e direção do vento, dado a latitude e longitude obtida através do módulo de *GPS* e da *API Weather Bit*, também apresenta os dados coletados pelos sensores no sistema do plantio, conforme a Figura 4.b apresenta.

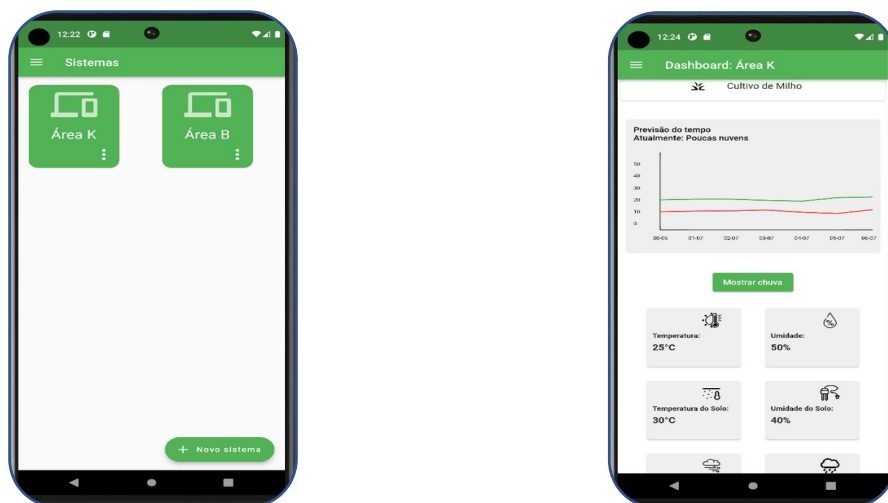


Figura 4 – a) Tela de sistemas cadastrados. b) Tela principal do aplicativo

O sistema possui um cadastro de cultivos, que possui a função de notificar quando alguma variável desse cultivo sair do intervalo de operação aceitável. Para os cultivos de soja e milho, esses valores já estão configurados, porém, o usuário pode acrescentar mais culturas, como também alterá-las e excluí-las. A Figura 5 ilustra,

respectivamente, a tela de visualização dos cultivos e a notificação do aplicativo.

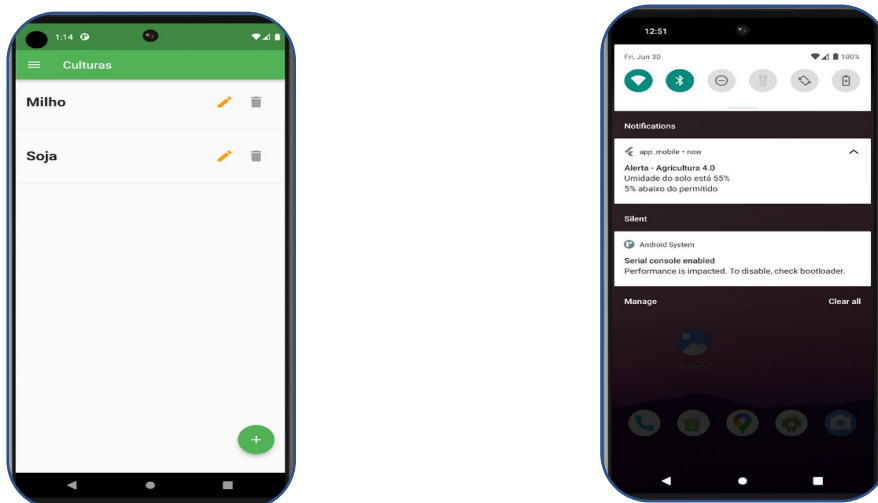


Figura 5 – a) Tela de Cultivos Cadastrados. b) Notificação do aplicativo

4. Resultados e Discussões

Durante o período de monitoramento, os sensores implantados na área de cultivo coletaram corretamente os dados, incluindo a latitude e longitude do sistema de plantio. Os dados coletados foram transmitidos com sucesso para o servidor central por meio do protocolo de comunicação *LoRa* 433-Mhz, utilizando a biblioteca *Radio Head* na *IDE (Integrated Development Environment)* do Arduino e uma variável *counterBytes* para enviar separadamente os dados lidos pelos sensores.

O *Firebase* foi usado como solução de armazenamento, permitindo rápido processamento e acesso ao aplicativo móvel. Inicialmente, o plano era usar o *Functions* do *Firebase* para monitorar os dados e enviar notificações, mas essa opção estava disponível apenas para planos pagos. Como alternativa, o servidor central monitorou diretamente os valores lidos pelos sensores e enviou notificações para o aplicativo móvel.

Uma alternativa para este sistema seria a mudança do *framework Flutter* e *Firebase* para o *ThingsBoard*. Embora essa mudança possa limitar a flexibilidade para modificações, a utilização do *ThingsBoard* permitiria a visualização dos dados coletados no plantio.

5. Conclusão

Com o sistema apresentado neste artigo, é possível aproveitar ao máximo a conectividade, a automação e a análise de dados para melhorar a produtividade, reduzir custos e minimizar os impactos ambientais.

Referências

- BHAKTA, I.; PHADIKAR, S.; MAJUMDER, K. State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 9, p. 3973-3986, 2019. DOI: 10.1002/jsfa.9693.
- CHERLINKA, V. Temperatura do Solo. EOS. 2021. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/temperatura-do-solo/>. Acesso em: 15 de julho de 2023.

- CHERLINKA, V. Umidade do Solo. EOS. 2022. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/umidade-do-solo/>. Acesso em: 15 de julho de 2023.
- CONECTAR AGRO. Agricultura Digital x Agricultura de Precisão. 2021. Disponível em: <https://blog.conectaragro.com.br/agricultura-digitalxagricultura-precisao/>. Acesso em: 13 de julho de 2023.
- CROPLIFE BRASIL. Agricultura Moderna: Conheça as tecnologias que fazem parte do campo. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/agricultura-moderna-conheca-as-tecnologias-que-fazem-parte-do-campo-croplife-brasil/>. Acesso em: 13 jul. 2023.
- EMBRAPA. Manual de Segurança e Qualidade Para a Cultura da Soja. Brasília-DF: Embrapa, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/116424/1/>
- GUEDES, A. O que são os 12 Factor App? (Parte 1). TreinaWeb, 2021. Disponível em: <https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-sao-os-12-factor-app-parte-1>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- KATANGLE, S.; KHARADE, M.; DEOSARKAR, S. B.; KALE, G. M.; NALBALWAR, S. L. Smart Home Automation-cum Agriculture System. Dept.of ExTC, Dr. B.A Technological University, Lonere, 402103 India.
- MASSRUHÁ, S, S. F.; LEITE, A.A.M.M., Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil, p.,2017.
- MONOSTORI,L.,“Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges”. Procedia CIRP,v17,p9–13,2014.
- MOTA,F.S.,Meteorologia Agrícola.São Paulo:Livraria Nobel,v.,p376.,1983.
- QUINTINO,Luis F.;SILVEIRA,Aline Morais da;AGUIAR,Fernanda Rocha de;et al.,Indústria 4.0.Grupo A,v.,p.,2019.E-book.ISBN9788595028531.Disponível em:<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595028531/>.Acesso em:21 maio.2023.
- RIBEIRO,J.G;MARINHO,D.Y;ESPINOSA,J.W.M.,Agricultura 4.0: Desafios À Produção De Alimentos E Inovações Tecnológicas.Catalão,v.,p1-7,ago.Acesso em:20 de maio de 2023.
- NUNES, R.J;DELGADO, J.C, "An Internet application for home automation," in 10th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), pp. 298-301, 2000.
- SILVA,T.G.F.;ZONIER,S.;MOURA,M.S.B.;SEDIYAMA,G.C.;SOUZA,L.S.B.,Umidade e Relativa do Ar: Estimativa e Especialização para o Estado de Pernambuco.Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia,v.,p.,2007.Aracaju-SE.
- WINDARTO, Y. E.; ERIDANI, D. Door And Light Control Prototype Using Intel Galileo Based Internet of Things (Case Study: Embedded And Robotics Laboratory, Department of Computer Engineering, Diponegoro University).
- YANHUI, W.; XIAOFEI, J. The Design of Greenhouse Lighting Control System. Shenyang Aerospace University, School of automation, Shenyang 110134, China.