

Sistema embarcado para controle e monitoramento agrícola de pequenos produtores rurais

Vitor Carvalho Silva
Área temática: Agricultura

RESUMO

O projeto deste trabalho teve relevante importância no processo de aprendizagem teórica e prática em sistemas embarcados, promovendo a implementação de um projeto semelhante a um contexto real. Desse modo, seu principal objetivo é proporcionar o monitoramento de um sistema agrícola de pequenos produtores, promovendo a coleta de dados relevantes, enviando-os para uma plataforma IoT para sua visualização por meio da internet, assim como o controle de um sistema de irrigação. Dessa forma, utilizou-se a placa BitDogLab para a implementação desse sistema, utilizando-se dos componentes de hardware e software disponíveis para representação do funcionamento do projeto no eixo temático escolhido, obtendo êxito no seu funcionamento, possibilitando a visualização dos dados de forma remota, sem a necessidade de estar presente fisicamente onde o sistema está localizado, assim como as demais funcionalidades esperadas, como o controle do sistema de irrigação, representando o êxito na implementação do projeto e sua aplicabilidade em um contexto real.

Palavras-chave: Monitoramento agrícola. Sistema embarcado. BitDogLab. IoT.

INTRODUÇÃO

A agricultura configura-se como um importante pilar da sociedade mundial, sendo relevante para o abastecimento de alimentos e contribuindo para o desenvolvimento social da população. De acordo com a EMBRAPA (2018), progressivamente ao longo das décadas o mundo expande sua necessidade por água, alimentos e energia, havendo uma intensificação nos últimos anos por consequência do aumento populacional, principalmente em países em desenvolvimento.

Nessa perspectiva, o Brasil possui um destaque na produção de alimentos, visto que sua posição de destaque na produção agrícola no mundo, ocupando no

ano de 2021 a primeira posição mundial na exportação de soja, milho, café, açúcar, carne bovina e frango, estando na segunda posição de grãos, carnes e algodão (FAO, 2021 apud Contini, E., Aragão, A. A. e Navarro, Z, p.27). Nesse contexto, a agricultura brasileira possui grande destaque para a economia e fornecimento de mantimentos aos estados e municípios do país e do mundo, já que sua relevância não está limitada ao consumo e produção interna, tendo em vista sua responsabilidade na produção, escoamento e exportação da produtividade para diversos países do mundo (BENTES, F. M. .; TEIXEIRA, E. M. .; COLUCCI, A. L., 2023).

Partindo desse pressuposto o Brasil terá um papel relevante no cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, uma vez que a partir de sua participação na produção agrícola mundial, possibilitará auxílio no combate a fome e a pobreza, proporcionando a evolução econômica e maior participação política no cenário mundial. Segundo a ONU (2015) os ODS se caracterizam como: “um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade”. Nessa perspectiva, o país torna-se relevante para o desenvolvimento da sociedade humana no mundo, tendo em vista seus aspectos como produtor e exportador agrícola.

A implementação de tecnologias no campo, conhecida como Agricultura 4.0, consiste na aplicação de tecnologias com o objetivo de promover o aumento da produção de alimentos, reduzindo custos e otimizando o gerenciamento de recursos naturais, configurando-se como uma solução as principais problemáticas sociais e ambiente inerentes ao processo de cultivo (RIBEIRO, et al 2019). Dessa forma, o investimento tecnológico na agricultura constitui-se um fator essencial para o aumento da produtividade, bem como um fator de ampliação do desenvolvimento sustentável, sendo relevante a implementação de soluções baseadas na robótica que utilizem sensores, atuadores ou técnicas baseadas em inteligência artificial como uma forma de auxiliar o produtor em seu cotidiano e proporcionar o desenvolvimento sustentável do setor produtivo.

Desde as primeiras ferramentas utilizadas pelo homem primitivo até os implementos agrícolas dos dias atuais, os avanços tecnológicos têm contribuído para o aumento da produção de alimentos e, em um futuro próximo, também para a redução do consumo de água, fertilizantes e pesticidas, diminuindo os impactos ambientais no ecossistema (OLIVEIRA, et al, 2018).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação IoT (Internet of Things - Internet das Coisas) para monitoramento e controle da produção agrícola de pequenos produtores, contribuindo para a democratização do acesso a tecnologias que contribuam para a sua produtividade e auxiliem em um processo produtivo sustentável. Dessa forma, este trabalho promove o monitoramento de aspectos naturais que interferem diretamente no cultivo, como temperatura e umidade do solo, para auxiliar no crescimento de plantações de forma orgânica e sem a utilização massiva de agrotóxicos. Contribuindo para o avanço de tecnologias destinadas ao ambiente agrícola, bem como no cotidiano do produtor, facilitando suas atividades e proporcionando a maximização da produtividade com destaque no desenvolvimento sustentável. O tema foi selecionado com o objetivo de desenvolver futuras aplicações neste eixo temático, com uma maior quantidade de funcionalidades, testes e a sua utilização por pequenos agricultores, em parceria com instituições de ensino superior e pesquisa, como a UFRN, especialmente no seu campus agrário, a Escola Agrícola de Jundiaí, a partir do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da instituição.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizada a placa BitDogLab, fazendo uso de seus componentes para interação com o usuário, coleta e envio de dados. Para o envio dos dados coletados, foi utilizado o protocolo HTTP para o seu envio à plataforma ThingSpeak, tornando possível a sua fácil visualização e acesso por meio de diversos dispositivos. Dessa forma são enviados dois tipos de dados, temperatura, sendo coletado por meio do sensor presente no microcontrolador RP2040 internamente, com o objetivo de simular a coleta dessa informação em um contexto real, em uma plantação por exemplo, além disso, foi enviado o dado de umidade do solo que por sua vez, foi gerado randomicamente pela placa para representar um sensor real, tendo em vista que não foi possibilitado adquirir um sensor externo para se conectar a placa BitDogLab, nem a placa disponibiliza esses periféricos para uso, sendo necessário usar esta alternativa de forma inicial para confecção do protótipo e averiguar o envio de informações a plataforma IoT.

O protocolo HTTP foi escolhido por se caracterizar como uma simples forma de envio de dados para a plataforma em sua fase de prototipação e ampla documentação em relação a sua implementação no Raspberry Pi Pico W, tendo em vista que dados como temperatura não existem a necessidade de serem enviados

em tempo real, já que não variam de forma abrupta, sendo enviados pelo sistema a cada 20 segundos, pois o Thingspeak exige determinado tempo para recebimento de pacotes subsequentes.

Os componentes utilizados para a confecção do projeto foram o display de oled para apresentação de uma interface ao usuário, o joystick para interação com a interface, o sensor de temperatura do RP2040 para leitura da temperatura do microcontrolador, o botão A para permitir o acionamento do led ligado ao pino 12 da placa para representação do acionamento de um motor de irrigação.

O desenvolvimento da aplicação fez uso de uma arquitetura de sistemas embarcados para promover a organização na comunicação entre o dispositivo e a plataforma IoT, como pode ser observado no diagrama abaixo:

O sistema foi desenvolvido de acordo com uma estratégia de desenvolvimento iterativo, permitindo flexibilidade, sendo cada funcionalidade desenvolvida e testada de forma individual de forma contínua. Cada função foi elaborada de acordo com a sua prioridade de relevância para o usuário, posterior a sua implementação, foi testada e validada de acordo com o esperado, como a funcionalidade do display que foi desenvolvida inicialmente, em seguida foi observado se a apresentação da interface ao usuário estava ocorrendo de modo satisfatório, buscando erros e falhas ao se utilizar o sistema. Dessa forma ocorreu o desenvolvimento de etapas posteriores, buscando averiguar o funcionamento e a integração entre as demais funcionalidades e observar falhas para posterior correção e teste, de modo a concluir o desenvolvimento do sistema de maneira rápida e eficaz.

RESULTADOS ALCANÇADOS E DISCUSSÕES

Os componentes utilizados permitiram a implementação do sistema de controle e monitoramento agrícola. Desse modo, o display de oled foi usado para promover a interação e apresentação da interface do sistema ao usuário, por meio dele possibilitou-se que o usuário visualize as informações de temperatura e umidade do solo capturadas pela placa, bem como o controle de ação de um motor de irrigação, mediante a apresentação de um menu que apresenta as funcionalidades que o agricultor deseja utilizar (Figura 1). Além disso é um componente compacto e leve, sendo ideal para a prototipação de sistemas de pequenas dimensões e de fácil portabilidade, promovendo uma boa visualização da interface do sistema, até mesmo em condições de iluminação intensa.



Fig. 1 - Menu apresentado no display oled

Para navegação das opções disponíveis, o Joystick presente na placa permitiu que o usuário navegue entre as opções disponíveis a partir do eixo Y, bem como interaja com elas utilizando o botão embutido no Joystick, sendo necessário apertá-lo para acessar a tela da opção selecionada. Utilizou-se esta forma de interação, pois é de fácil manipulação pelo usuário, além de proporcionar um modo intuitivo de usar o sistema, já que é um componente que possibilita precisão na detecção dos movimentos realizados, garantindo uma experiência de navegação fluída em comparação a utilização de apenas botões convencionais para esta tarefa.

O sistema possibilita o controle de um motor de irrigação de plantações por meio de um botão presente na placa, como não foi possível a utilização de um motor real, foi usado um led para representar o acionamento do motor que estaria desacoplado da placa e seria acionado por meio de um relé que consiste em um componente eletrônico que permite o isolamento da placa de uma fonte de energia com uma tensão mais alta que a suportada pelo circuito, como um motor que necessita estar ligado a rede elétrica convencional que fornece 220 volts. Desse modo, o envio do sinal seria feito através da placa BitDogLab ao relé, permitindo a passagem de corrente da rede elétrica e acionar o motor, como não possibilitou-se a utilização deste componente eletrônico no projeto, utilizou-se o led presente na placa para representar o sinal enviado ao relé e que permite o seu acionamento.

Foi utilizado o botão A da placa para enviar o sinal de acionamento, como uma maneira de permitir que este acionamento seja facilitado, tendo em vista que é intuitivo o suficiente para permitir que o usuário compreenda como acionar e desativar o motor, além disso, não se tornava possível utilizar o botão do Joystick já que ele estava destinado apenas para navegação e sua utilização para manipular o motor, dificultaria a implementação e a intuitividade do sistema, para a utilização de ambos os botões foi preciso utilizar uma estratégia de debounce para evitar inconsistências ao pressioná-los.

O envio de dados de temperatura, extraído do sensor de temperatura do RP2040, e o de umidade, gerado randomicamente são enviados ao ThingSpeak e

também apresentados pelo display, possibilitando sua visualização de diferentes modos.

Na figura 2, observa-se o diagrama de como os sistemas se integram e como ocorre o seu funcionamento, possibilitando observar como a sua arquitetura se comporta, configurando-se como um componente para coleta de dados (placa BitDogLab), responsável pelo envio dessas informações a uma nuvem que no contexto deste trabalho se caracteriza pela plataforma IoT ThingSpeak, permitindo a visualização dos dados de forma remota pelo usuário.

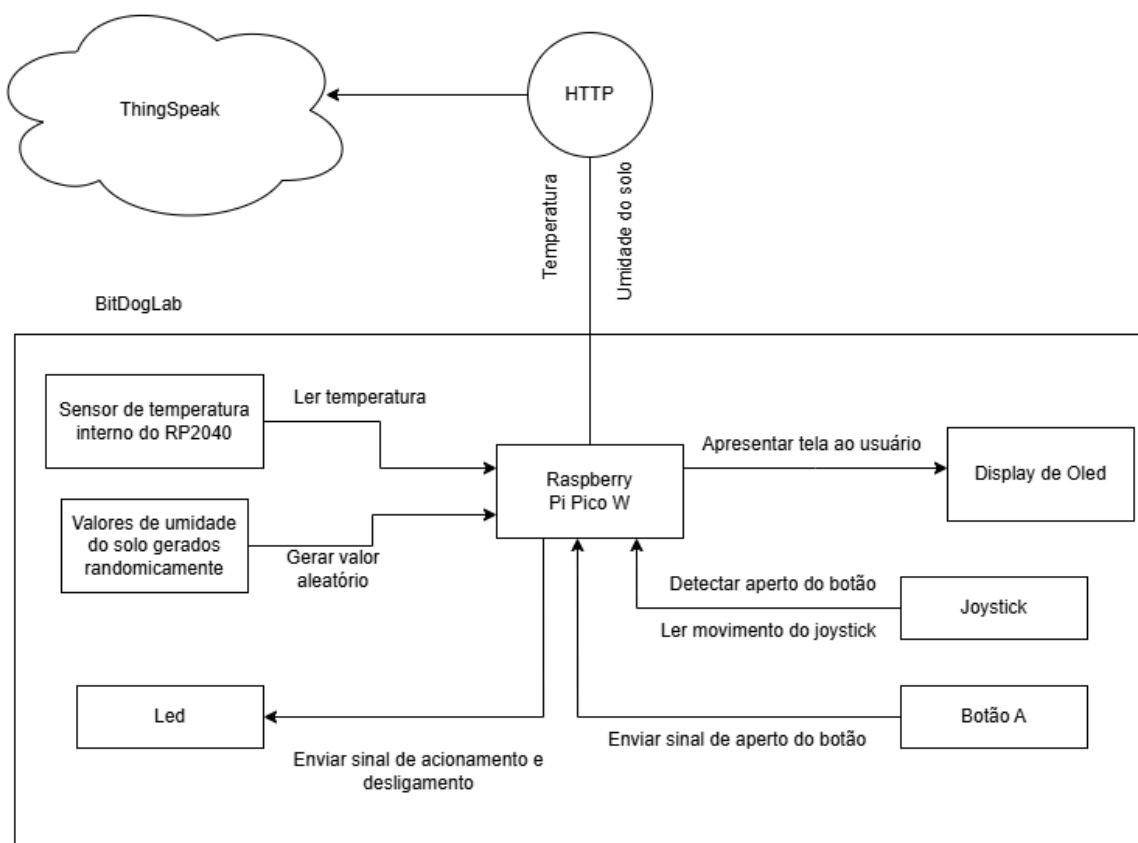


Fig. 2 - Diagrama de integração dos componentes

Dessa maneira, compreende-se como os componentes interagem entre si e como a sua arquitetura configura-se como relevante para a solução da problemática trabalhada, fazendo uso do protocolo HTTP para a comunicação entre o dispositivo de coleta de dados e a plataforma alvo para o seu envio e posterior visualização em gráficos de linhas, pois favorece o acompanhamento dos dados ao longo do tempo.

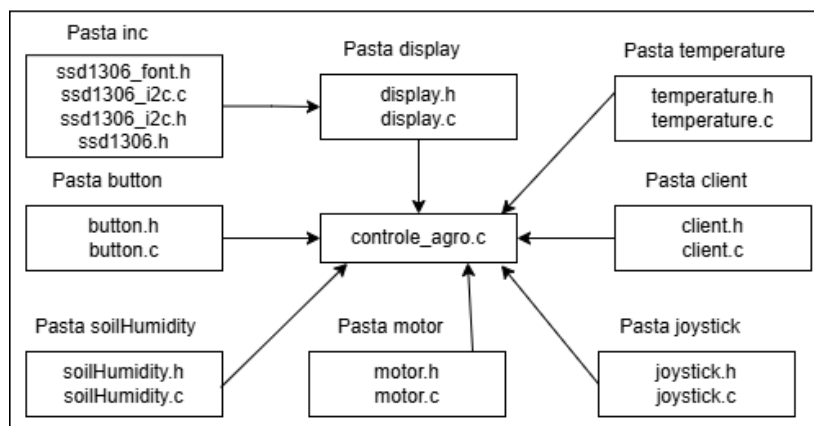


Fig 3. Arquitetura do software embarcado

Durante o desenvolvimento do software embarcado, optou-se utilizar uma arquitetura que favorece a modularização e organização das funcionalidades desenvolvidas, onde cada periférico está representado por um conjunto de funções, distribuídas em diferentes arquivos, como pode ser observado no diagrama acima (Figura 3), foi utilizada uma arquitetura modular, onde todas as funções são utilizadas por um módulo principal (`controle_agro.c`) que se encarrega de utilizar e indicar quais as funções devem ser executadas e dessa maneira realizar de forma coerente a comunicação com os periféricos utilizados pelo projeto.

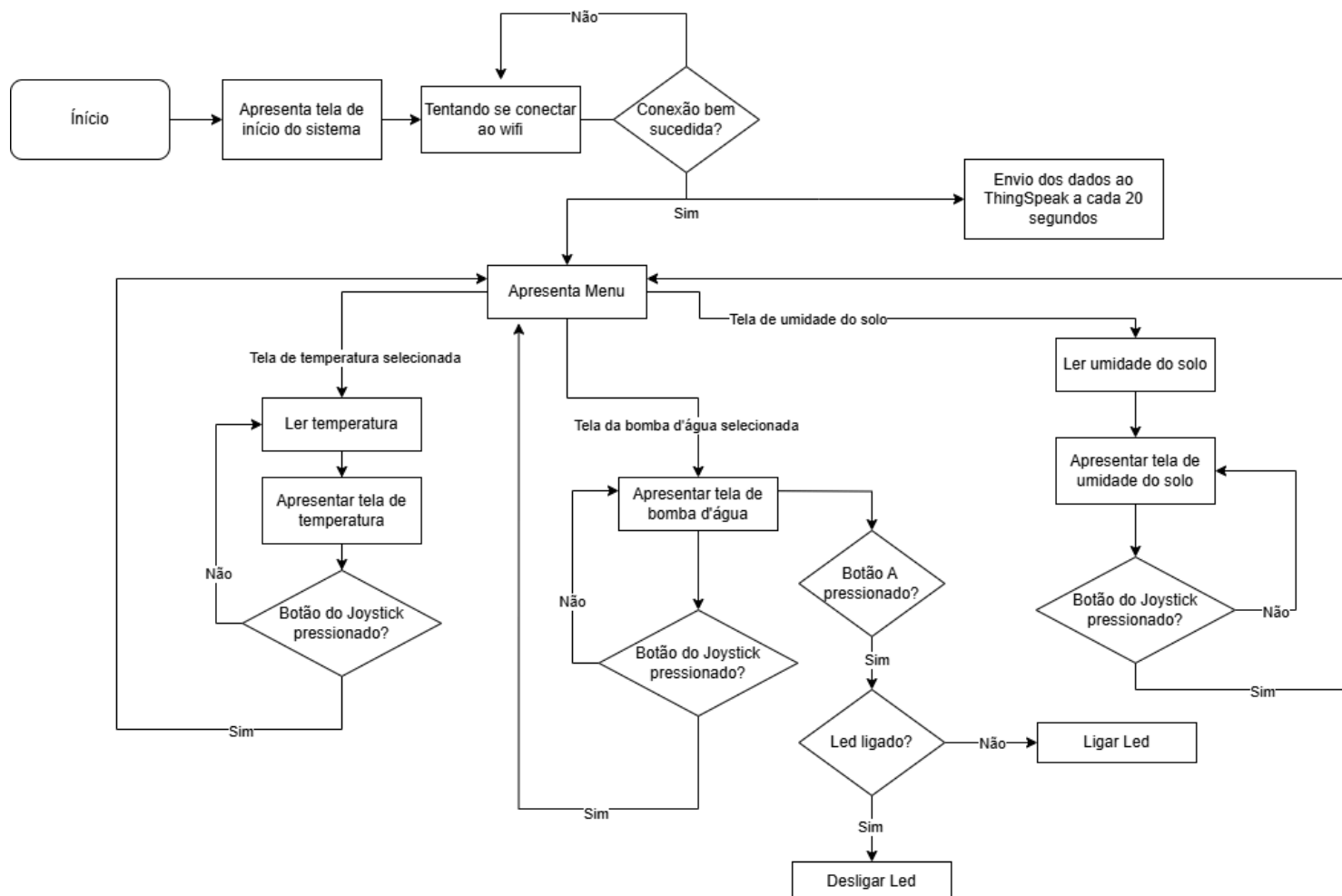


Fig. 4 - Fluxograma de funcionamento do sistema

A partir do diagrama acima (Figura 4), observa-se como o funcionamento do sistema ocorre, onde inicialmente é apresentada uma tela de inicialização do sistema que é mostrada enquanto a conexão wifi não é feita de forma bem sucedida, ao se conectar a rede o menu é apresentado e permite o usuário navegar e utilizar o sistema livremente.

A definição da rede que o dispositivo estará conectado é realizada através do nome e senha da rede, feito diretamente no código, tendo em vista que o projeto está em fase de prototipação. A definição da rede e a sua senha está presente no arquivo controle_agro.c do projeto, nas linhas 31 e 32 respectivamente (Figura 5).


```
31  const char *ssid = "NOME DA REDE";  
32  const char *password = "SENHA DA REDE";
```

Fig. 5 - Linhas de definição do nome e senha da rede wifi

Além de permitir a manipulação da interface, simultaneamente, serão enviados ao Thingspeak, os dados de temperatura e umidade do solo em um intervalo de 20 segundos por meio de um temporizador, definido através de uma interrupção, a cada tentativa de envio é gerado um novo valor randômico para a umidade do solo, sendo atualizado apenas com a realização de um novo envio de dados, para promover uma melhor conformidade de apresentação do dado, já que pode ocorrer muitas variações na visualização por ser gerado aleatoriamente entre um valor de 50 e 70 (Figura 6).

```
int read_soil_humidity()  
{  
    // Simula a leitura de um sensor de umidade do solo, variando de 30 a 70  
    return (rand() % (max - min + 1)) + min;  
}
```

Fig. 6 - Geração do valor da umidade do solo aleatoriamente

Desse modo, quando acessada a tela de visualização de umidade do solo apenas é possível visualizar sua atualização a cada 20 segundos (Figura 7), para a observação inicial do dado na tela, caso o primeiro envio não tenha sido realizado, é realizada a geração do valor aleatório ao se iniciar o sistema e possibilitar a sua apresentação. Enquanto a temperatura pode ser visualizada em tempo real quando acessada a tela destinada a sua visualização, já que existe um sensor na placa dedicado a esta função.

```
109 void send_data() // Função para enviar dados ao ThingSpeak  
110 {  
111     soil_humidity = read_soil_humidity();  
112     snprintf(request, sizeof(request), text_request, read_temperature(), soil_humidity);  
113  
114     pcb = tcp_new();  
115     client_create(pcb, &server_ip, 80);  
116     client_write(pcb, request);  
117     sleep_ms(150);  
118     client_close(pcb);  
119 }
```

Fig. 7 - Envio dos dados ao ThingSpeak e geração do valor de umidade do solo

Nesse contexto, observando o comportamento do sistema apresentado, compreende-se que os testes e validações aplicados foram bem sucedidos, uma vez que os dados são periodicamente enviados pela plataforma IoT (Figura 8) e o sistema apresenta o comportamento esperado durante o seu funcionamento, apresentando corretamente a temperatura do processador para representar a temperatura ambiente de uma cultura agrícola, a geração dos valores aleatórios de forma consistente para simbolizar a umidade do solo e o acionamento e desligamento do led para demonstrar a atuação de um motor de irrigação. Desse modo, o sistema apresenta os resultados esperados, evidenciando que a metodologia de desenvolvimento iterativo obteve sucesso para a implementação desse projeto, buscando minimizar erros e inconsistências no comportamento esperado ao final do processo de implementação.

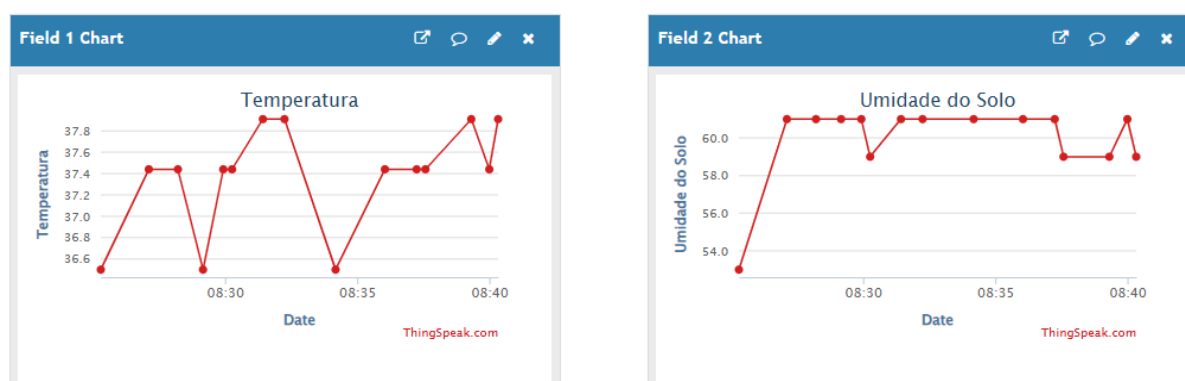


Fig. 8- Gráficos dos dados enviados ao ThingSpeak

5 CONCLUSÃO

Portanto, o sistema embarcado desenvolvido apresenta um funcionamento de acordo com o esperado na sua fase de concepção, cumprindo com os objetivos esperados, demonstrando êxito no cumprimento de suas funcionalidades de maneira satisfatória. Tendo em vista que o recebimento de dados está ocorrendo periodicamente a execução do sistema e a utilização de suas funções ocorre de acordo com o esperado, monitorando a temperatura e umidade do solo de forma representativa e permitindo o acionamento do led que demonstra o funcionamento de um motor de irrigação. Dessa forma, vale ressaltar que estas simulações ocorreram devido a limitação de tempo e recursos tanto externos quanto internos em relação a placa BitDogLab para desenvolvimento do projeto, tendo em vista que ela não possui os sensores necessários para o desenvolvimento do projeto, bem

como não se encontravam disponíveis no momento para implementação dos seus objetivos, sendo necessário encontrar maneiras para realizar a sua simulação.

Nesse sentido, compreende-se que é necessário a continuidade do processo de desenvolvimento para a realização da implementação, testes e validação em um contexto agrícola real, não estando limitado a realização de simulações e a integração da placa a sensores adequados para a captura de dados, bem como de outros elementos como o relé e o motor de irrigação, e a inserção de novos sensores para a captura de mais informações relevantes ao produtor e que auxiliem em uma maior produtividade baseando-se na informatização do sistema agrícola, além de fornecer ao usuário mais opções de configuração e uso, como escolher a rede wifi que o sistema estará conectado a partir da interface apresentada no display oled, permitir a criação de alarmes e notificações para o produtor de acordo com os dados coletados e a elaboração de um aplicativo móvel para utilização do sistema.

Dessa maneira, compreende-se o potencial de continuidade do projeto e os benefícios proporcionados ao pequeno produtor, tendo em vista o baixo custo dos componentes que pretende-se utilizar em comparação com os usados comercialmente. O projeto contribui para a democratização do acesso a tecnologias a produtores agrícolas, sendo incentivador tanto em aspectos práticos, como teóricos da difusão do acesso a tecnologias que maximizem a produção, mediante a redução da utilização de agrotóxicos, representando não só um auxílio econômico, como também um apoio a sustentabilidade na produção de alimentos e o fomento na criação de novos projetos com os mesmos objetivos.

REFERÊNCIAS

BENTES, F. M. .; TEIXEIRA, E. M. .; COLUCCI, A. L. . **Family farming in Brazil and its labor risks: A preventionist approach**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 12, n. 8, p. e6812842919, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i8.42919. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42919>. Acesso em: 15 fev. 2025.

Contini, E., Aragão, A. A. e Navarro, Z. **Trajetória do Agro**. In: Plataforma Visão de futuro do Agro. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-defuturo/trajetoria-do-agro> > Acesso em: 15 fev. 2025.

Embrapa. **Visão 2030 : o futuro da agricultura brasileira.** – Brasília, DF : Embrapa, 2018. Acesso em: 15 fev. 2025

Oliveira, Adalberto & Prado, Marcos & Candea Leite, Antonio. (2018). **Adaptação de um Autodelo para Aplicações de Robótica Móvel na Agricultura.** 10.20906/CPS/CBA2018-0742.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

RIBEIRO, J. G; MARINHO, D. Y; ESPINOSA, J. W. M. **Agricultura 4.0: Desafios À Produção De Alimentos E Inovações Tecnológicas.** Catalão, p. 1-7, ago. Acesso em: 15 de fev. 2025