**Sistema IoT para Irrigação Inteligente de Soja**

O objetivo é criar uma rede de sensores no campo que monitore as condições do solo e do ambiente em tempo real. Esses dados serão enviados para uma plataforma central que decidirá de forma autônoma se, quando e quanto irrigar, garantindo que a água seja usada apenas quando estritamente necessário.

**Especificação dos Módulos de Hardware IoT**

Para cada ponto de monitoramento na plantação, será instalado um módulo de hardware autônomo.

\* \*\*Módulo de Hardware Principal:\*\* \*\*ESP32\*\*.

\* \*\*Justificativa:\*\* A escolha do ESP32 (como o NodeMCU-32S) é ideal para este projeto. Ele é um microcontrolador de baixo custo, possui Wi-Fi e Bluetooth Low Energy (BLE) integrados, baixo consumo de energia (com modos de \*deep sleep\* para economizar bateria) e poder de processamento suficiente para ler múltiplos sensores e executar a lógica de comunicação. É uma das plataformas "faça você mesmo" mencionadas nos materiais de estudo.

\* \*\*Sensores Conectados ao Módulo ESP32:\*\*

1. \*\*Sensor de Umidade do Solo Capacitivo:\*\* Este é o sensor principal para o nosso objetivo. Diferente dos sensores resistivos, os capacitivos não sofrem corrosão com o tempo, garantindo maior durabilidade e precisão. Ele medirá a umidade do solo em diferentes profundidades para entender se a raiz da planta tem acesso à água.

2. \*\*Sensor de Temperatura e Umidade do Ar (DHT22):\*\* Medirá as condições ambientais. Temperaturas altas e baixa umidade do ar aceleram a evaporação da água do solo. Esses dados ajudarão o sistema a prever a necessidade de irrigação e evitar regar em horários de alta evaporação, o que seria um desperdício.

3. \*\*Sensor de Luminosidade (LDR ou BH1750):\*\* Medirá a intensidade da luz solar. A luminosidade está diretamente ligada à taxa de fotossíntese e à evapotranspiração da planta. Em dias muito ensolarados, a necessidade de água aumenta.

4. \*\*Pluviômetro (Sensor de Chuva):\*\* Um sensor simples que detecta a ocorrência e a intensidade da chuva. Se o sistema detectar que choveu o suficiente, ele inibirá automaticamente qualquer ciclo de irrigação programado, gerando uma economia de água direta e significativa.

\* \*\*Fonte de Energia Elétrica:\*\*

\* \*\*Energia Solar com Bateria.\*\* Cada módulo será alimentado por um pequeno \*\*painel solar\*\* conectado a um \*\*módulo carregador de bateria de lítio (TP4056)\*\* e uma \*\*bateria recarregável (18650)\*\*.

\* \*\*Justificativa:\*\* Esta abordagem garante total autonomia para os módulos, eliminando a necessidade de passar cabos de energia por toda a plantação, o que seria caro e inviável. O ESP32 será programado para entrar em modo de baixo consumo (\*deep sleep\*), acordando apenas em intervalos pré-definidos (ex: a cada 30 minutos) para fazer as leituras e transmitir os dados, garantindo que a energia da bateria dure por vários dias, mesmo em períodos nublados.

#### \*\*2. Especificação da Estrutura de Rede\*\*

A comunicação entre os módulos de hardware no campo e a plataforma central é um desafio devido às grandes distâncias e possíveis obstáculos.

\* \*\*Tecnologia de Rede Escolhida:\*\* \*\*LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)\*\*.

\* \*\*Justificativa:\*\* O Wi-Fi tradicional tem um alcance muito limitado (dezenas de metros), sendo inadequado para uma plantação. O LoRaWAN é uma tecnologia de comunicação sem fio projetada especificamente para IoT, oferecendo \*\*longo alcance (vários quilômetros)\*\* e \*\*baixo consumo de energia\*\*, características perfeitas para o nosso cenário.

\* \*\*Estrutura da Conexão de Rede:\*\*

1. \*\*Módulos de Campo (End Nodes):\*\* Cada módulo ESP32 será equipado com um \*\*módulo transceptor LoRa (ex: RFM95)\*\*. Eles coletarão os dados dos sensores e os enviarão via rádio LoRa.

2. \*\*Gateway Central:\*\* Em um ponto estratégico e elevado da fazenda (como no topo de um silo ou em uma torre), será instalado um \*\*Gateway LoRaWAN\*\*. Este gateway é responsável por receber as mensagens LoRa de todos os módulos espalhados pela plantação.

3. \*\*Conexão com a Internet:\*\* O Gateway LoRaWAN será o único ponto que precisa de uma conexão robusta com a internet. Ele pode ser conectado via \*\*cabo Ethernet\*\* se houver infraestrutura, ou, mais provavelmente, através de um \*\*modem 4G/5G\*\*, garantindo a comunicação com a plataforma em nuvem.

4. \*\*Plataforma em Nuvem (Broker e Aplicação):\*\* O gateway encaminhará os dados recebidos para uma plataforma de IoT em nuvem (como AWS IoT, Azure IoT ou uma solução própria). Nesta plataforma, um \*\*Broker MQTT\*\* receberá os dados em tópicos específicos (ex: `fazenda/setor\_soja/ponto\_01/umidade\_solo`). Uma aplicação na nuvem assinará esses tópicos, analisará os dados e tomará as decisões de irrigação, enviando comandos de volta para os atuadores (bombas de água, válvulas solenoides) no campo, também via LoRaWAN.

Essa arquitetura cria um sistema robusto, autônomo e altamente escalável, que atende perfeitamente ao objetivo de usar a água de forma racional e econômica na agricultura de precisão.

reescreeva a Solução: Sistema IoT para Irrigação Inteligente de Soja:

* Cada equipamento responsável pela irrigação será automatizado de maneira que um rele comandado por um microcontrolador inicie e interrompa a irrigação. Este irrigador contará com um mini painel solar conectado a um módulo carregador de bateria de lítio (TP4056) e uma bateria recarregável.
* A central abrigará uma Placa base módulo IoT JVTECH para receber os dados de cada sensor de cada irrigador, processar os dados, e enviar comando para iniciar a irrigação. A central deverá permanecer conectada à internet e enviar os dados de cada sensor para a plataforma thing speak com a finalidade de manter um histórico.
* Cada irrigador abrigará uma Placa base módulo IoT JVTECH (micro controlador) para ler os sensores de Umidade do Solo Capacitivo, Sensor de Temperatura e Umidade do Ar. O microcontrolador enviará os dados lidos dos sensores para a central usando protocolo lora. Como A comunicação lora será do tipo multicast, será implementado uma lógica parecida com o QoS do mqtt para garantir que a informação envida seja entregue. Quando um irrigador envia dados para a central, a central enviará uma mensagem de feedback, caso o irrigador não receba esse feed back dentro de um curto período de tempo, enviará a mensagem para a central novamente, até que receba um feedback da central. A mesma lógica funciona quando a central manda uma mensagem para um irrigador qualquer.
* Será definido um protocolo de comunicação para envio de dados dos irrigadores para a central com a finalidade da central saber de qual irrigador está recebendo os dados, e a central enviar uma mensagem de feedback para que o irrigador remetente saiba que a mensagem foi recebida pela central. O protocolo conterá as seguintes informações: remetente + sensor de umidade do Solo + leitura do sensor + sensor temperatura + leitura do sensor + sensor umidade do ar + leitura do sensor. O remetente sera algum irrigador (identificado pela letra “i” e um número de identificação 0, 1, 2...). O sensor será identificado pela letra “h” para sensores de Umidade do Solo (com valor de leitura de 0 a 100%), letra “t” para o sensor de temperatura (com valor de leitura em int), e letra “u” para umidade do ar (com valor de leitura de 0 a 100%). Um exemplo de envio de um irrigador para a central: i2h60t25u30 (irrigador 2 enviando os dados dos sensores que estão conectados na placa de controle (mij) deste irrigador)
* Será definido um protocolo de comunicação para envio de dados da central para os irrigadores, com a finalidade do irrigador saber que aquela informação é para ele e enviar um feed back à central, para que a central saiba que a mensagem foi recebida pelo irrigador em questão. O protocolo conterá as seguintes informações: remetente + tempo + destinatário. O remetente será a central (identificada pela letra “c”). O tempo será um valor int que corresponde ao tempo em segundos que o irrigador deverá mater irrigando. O destinatário sera algum irrigador (identificado pela letra “i” e um número de identificação 0, 1, 2...). Um exemplo de comando da central para o irrigador 3: c120i5 (central enviando um comando para o irrigador 5 manter irrigando por 120 segundos.
* A mensagem de feddback da central para o irrigador conterá as seguintes informações: remetente + destinatário. O remetente será a central, e o destinatário um irrigado. Um exemplo dessa mensagem: ci6 (central enviando um feedback para o irrigador 6.
* A mensagem de feed back do irrigador para a central conterá as seguintes informações: remetente + destinatário. O remetente sera o irrigador e o destinatário a central. Um exemplo dessa mensagem: i4c (irrigador 4 enviando um feedback para a central.
* Os irrigadores só aceitaram mensagens que comece com a letra “c”, pois só deveram tratar mensagens recebidas da central, e não de outros irrigadores.
* Com base nos dados dos sensores de um irrigador a central deverá processar se deverá ser acionado a irrigação e por quanto tempo, e então enviar a mensagem ao irrigador.

Com certeza. Com base nas especificações detalhadas que você forneceu, reescrevi a solução para o \*\*Sistema IoT para Irrigação Inteligente de Soja\*\*. O novo documento está estruturado como uma especificação técnica de projeto, incorporando todas as suas regras de hardware, software e comunicação.

---

### \*\*Especificação Técnica de Projeto: Sistema IoT para Irrigação Inteligente de Soja\*\*

#### \*\*1. Visão Geral da Solução\*\*

Este projeto detalha a implementação de um sistema de agricultura de precisão focado no uso racional de água para uma plantação de soja. A solução é composta por múltiplos \*\*Módulos de Irrigação Inteligente (MII)\*\* autônomos, distribuídos pelo campo, e uma \*\*Unidade de Controle Central (UCC)\*\*. Os MIIs coletam dados do solo e do ambiente em tempo real e os transmitem para a UCC, que processa as informações, toma decisões e comanda a irrigação de forma individualizada, otimizando o consumo de água.

#### \*\*2. Arquitetura de Hardware\*\*

A arquitetura é dividida em dois componentes principais: os módulos de campo e a central de controle.

\*\*2.1. Módulo de Irrigação Inteligente (MII)\*\*

Cada MII é um nó autônomo da rede, responsável pela coleta de dados e pela atuação na irrigação.

\* \*\*Placa de Controle:\*\* \*\*Placa Base Módulo IoT JVTECH\*\*, equipada com um microcontrolador \*\*ESP8266 (NodeMCU)\*\*.

\* \*\*Sensores Conectados:\*\*

\* \*\*Sensor de Umidade do Solo Capacitivo:\*\* Para medir o nível de umidade diretamente na zona da raiz da planta.

\* \*\*Sensor de Temperatura e Umidade do Ar (DHT11/DHT22):\*\* Para monitorar as condições ambientais que influenciam a evapotranspiração.

\* \*\*Atuador:\*\* Um \*\*módulo relé\*\* (integrado à placa JVTECH) conectado a uma válvula solenoide para iniciar e interromper o fluxo de água do irrigador.

\* \*\*Fonte de Energia:\*\* Sistema autônomo composto por:

\* Um \*\*mini painel solar\*\*.

\* Um \*\*módulo carregador de bateria de lítio (TP4056)\*\*.

\* Uma \*\*bateria recarregável\*\* para garantir operação contínua.

\*\*2.2. Unidade de Controle Central (UCC)\*\*

A UCC é o cérebro do sistema, responsável por orquestrar toda a operação.

\* \*\*Placa de Controle:\*\* \*\*Placa Base Módulo IoT JVTECH\*\*, equipada com um microcontrolador \*\*ESP8266 (NodeMCU)\*\*.

\* \*\*Funções Principais:\*\*

1. Receber os dados de todos os MIIs via protocolo LoRa.

2. Processar os dados de cada MII para decidir se a irrigação é necessária e definir sua duração.

3. Enviar comandos de acionamento para os MIIs.

4. Manter uma conexão permanente com a internet para enviar os dados históricos para a nuvem.

\* \*\*Integração com a Nuvem:\*\* A UCC enviará os dados recebidos de cada sensor para a plataforma \*\*ThingSpeak\*\*. Isso servirá para criar um histórico detalhado de umidade, temperatura e umidade do ar, permitindo análises de longo prazo e visualização remota dos dados.

#### \*\*3. Estrutura de Rede e Protocolos de Comunicação\*\*

\*\*3.1. Tecnologia de Rede\*\*

\* \*\*Tecnologia:\*\* \*\*LoRa (Long Range)\*\*.

\* \*\*Justificativa:\*\* Escolhida por seu longo alcance e baixo consumo de energia, ideal para cobrir grandes áreas agrícolas onde o Wi-Fi é inviável.

\* \*\*Topologia:\*\* Comunicação do tipo \*\*multicast\*\*, onde todos os MIIs podem, teoricamente, ouvir as transmissões. No entanto, a lógica do protocolo garantirá que cada MII trate apenas as mensagens a ele destinadas.

\*\*3.2. Mecanismo de Confiabilidade de Entrega (Simulação de QoS)\*\*

Para garantir que as mensagens não se percam, será implementado um mecanismo de confirmação e retransmissão:

1. \*\*Envio:\*\* Um nó (MII ou UCC) envia uma mensagem.

2. \*\*Confirmação (Feedback):\*\* O nó receptor, ao receber a mensagem, envia imediatamente uma mensagem curta de feedback.

3. \*\*Retransmissão:\*\* Caso o nó remetente não receba o feedback dentro de um curto intervalo de tempo (\*timeout\*), ele assumirá que a mensagem foi perdida e a reenviará. Este processo se repetirá até que o feedback seja recebido.

\*\*3.3. Protocolo de Comunicação: MII para UCC (Envio de Dados)\*\*

\* \*\*Formato:\*\* `[remetente]h[leitura\_umidade]t[leitura\_temperatura]u[leitura\_umidade\_ar]`

\* \*\*Campos:\*\*

\* `[remetente]`: Identificador do MII, composto pela letra \*\*'i'\*\* seguida de um número (ex: `i0`, `i1`, `i2`).

\* `h[leitura\_umidade]`: Letra \*\*'h'\*\* seguida de um valor de 0 a 100 (umidade do solo).

\* `t[leitura\_temperatura]`: Letra \*\*'t'\*\* seguida de um valor inteiro (temperatura em Celsius).

\* `u[leitura\_umidade\_ar]`: Letra \*\*'u'\*\* seguida de um valor de 0 a 100 (umidade do ar).

\* \*\*Exemplo:\*\* `i2h60t25u30`

\* \*\*Significado:\*\* O Irrigador 2 está reportando: umidade do solo de 60%, temperatura de 25°C e umidade do ar de 30%.

\*\*3.4. Protocolo de Comunicação: UCC para MII (Comando de Irrigação)\*\*

\* \*\*Formato:\*\* `[remetente][tempo]i[destinatário]`

\* \*\*Campos:\*\*

\* `[remetente]`: Identificador da UCC, fixo como a letra \*\*'c'\*\*.

\* `[tempo]`: Valor inteiro que representa o tempo de irrigação em segundos.

\* `i[destinatário]`: Letra \*\*'i'\*\* seguida do número do MII que deve executar o comando.

\* \*\*Exemplo:\*\* `c120i5`

\* \*\*Significado:\*\* A Central comanda o Irrigador 5 para ligar a irrigação por 120 segundos.

\* \*\*Regra de Segurança:\*\* Os MIIs serão programados para ignorar qualquer mensagem que não comece com a letra \*\*'c'\*\*, garantindo que só obedeçam a comandos da UCC.

\*\*3.5. Protocolo de Comunicação: Mensagens de Feedback\*\*

\* \*\*Feedback da UCC para o MII:\*\*

\* \*\*Formato:\*\* `c[destinatário]`

\* \*\*Exemplo:\*\* `ci6` (A Central confirma que recebeu a mensagem do Irrigador 6).

\* \*\*Feedback do MII para a UCC:\*\*

\* \*\*Formato:\*\* `i[remetente]c`

\* \*\*Exemplo:\*\* `i4c` (O Irrigador 4 confirma que recebeu o comando da Central).