

Controle e Automação de Pivôs de Irrigação – Inovação e Tecnologias

A irrigação por pivô central é amplamente usada no agro, mas ainda há demandas por soluções mais acessíveis e integradas. Sistemas modernos já incorporam **IoT e IA** para além do simples controle remoto ¹. Por exemplo, a Valley (Valmont) desenvolve pivôs autônomos com inteligência artificial para monitoramento de lavoura ² ¹. No Brasil já existem apps de controle remoto (por exemplo, da Soil Tecnologia/Irrigabras) que permitem ligar/desligar o pivô, inverter sentido, acionar bomba, agendar horários, **até mesmo sem conexão de internet** ³. Ainda assim, faltam soluções de baixo custo e flexíveis, que integrem sensores locais (umidade do solo, clima etc.), análises preditivas (modelos de irrigação ou IA) e interfaces amigáveis multi-plataforma. Em suma, oportunidades de inovação incluem a combinação de *analítica avançada* (aprendizado de máquina) com IoT simples, e conectividade robusta em áreas remotas ² ⁴.

Tecnologias Recomendadas

- **Hardware embarcado:** usar microcontroladores como **ESP32** (com Wi-Fi/LoRa integrados) ou Arduino/ESP8266 para o pivô. Esses podem ser programados em **C/C++** (ambiente Arduino) ⁵ ou *MicroPython*. Em protótipos acadêmicos, usaram-se dois ESP32 (um no pivô, outro remoto até 15 km via LoRa) gerenciando sensores e atuadores ⁶. Alternativamente, mini-PCs como **Raspberry Pi** podem rodar Python e servir de controlador central ⁷.
- **Sensores e atuadores:** incluir sensores de umidade do solo, pressão/fluxo de água e temperatura. Use relés ou drivers para ligar/desligar a bomba e motores do pivô. Exemplo: em um projeto do Laos, o Raspberry Pi lia sensor de umidade e controlava relé da bomba via app Android ⁸. Placas Arduino/ESP podem ler sondas analógicas SDI-12/RS485 (como feito em plataformas open-source ⁹ ⁵).
- **Comunicação:** se houver internet rural, usar **Wi-Fi** ou redes móveis (GSM/3G/4G) com módulos como SIM800. Em locais sem cobertura, usar **LoRa** (com gateways locais) ou até soluções via satélite (como o *Nimbus SAT*) ⁴. O Nimbus, por exemplo, leva conectividade por satélite ao pivô para controle remoto e agendamento de irrigação em tempo real ⁴ ¹⁰. Também vale testar NB-IoT/5G rurais, já em iniciativas de Smart Farming no país ¹¹.
- **Software / Backend:** no servidor, linguagens como **JavaScript (Node.js)** ou **Python (Flask/Django)** são indicadas. Por exemplo, o sistema FIWARE usa Node.js e Python para microserviços do projeto MDPI mencionado ¹². Para base de dados, pode-se usar **MongoDB** ou um banco de séries temporais (InfluxDB, CrateDB). Para protótipo, plataformas low-code como **Node-RED** ou **Firebase IoT** aceleram o desenvolvimento.
- **Interface e App:** construções web com **React**, **Vue** ou **Angular**, servindo PWA (Progressive Web App) responsivas, alcançam desktops e celulares. Para app nativo multiplataforma, usar **Flutter** ou **React Native** (Dart/JavaScript). No exemplo citado, o app Android comunicava com o Raspberry Pi para ligar a bomba ⁸ ⁷. Assim, um app simples para Android/iOS com essas tecnologias é adequado para MVP.

Hardware Básico para o MVP

Para demonstrar o funcionamento básico, você precisará de componentes de baixo custo como:

- **Microcontrolador ou mini-PC:** por exemplo, **ESP32** (contém Wi-Fi/LoRa) ou **Raspberry Pi** ⁶ ⁷. No pivô real usariam-se controladores industriais, mas para o MVP estes bastam.
- **Módulo de conectividade:** se usar ESP32, o LoRa (SX1276/68) permite alcance de quilômetros ⁶; para Raspberry Pi, um modem GSM/4G ou módulo NB-IoT. Para demos, Wi-Fi também serve.
- **Sensores:** sondas de umidade (simples resistivos ou capacitivos), sensor de fluxo de água ou de pressão (para medir volume irrigado), e opcionalmente sensor de chuva ou clima. Alguns projetos usam sensores com protocolo SDI-12/RS485 para robustez ⁵.
- **Atuadores:** relés de potência (5V/12V) ou drivers de motor para controlar a bomba e a movimentação do pivô. No exemplo do Laos, o RPi acionava um relé para ligar/desligar a bomba via app ⁸.
- **Fonte de energia:** baterias recarregáveis (por exemplo, 12 V) e, se possível, um pequeno painel solar, garantindo operação em campo.
- **Outros:** placas de circuito ou protoboard, cabos, fonte USB.

Ideia de Protótipo Rápido (MVP)

Para demonstrar rapidamente, construa uma **maquete ou protótipo simplificado**: por exemplo, um motor DC reduzido ou passo-a-passo simulando o pivô, fixado em bancada. Conecte-o a um ESP32 ou Raspberry Pi. Integre um sensor de umidade de solo e, se possível, um sensor de fluxo de água (até uma turbina barata numa mangueira de modelo). Programe o controlador para acionar o motor (ligar/desligar) e ler os sensores.

Desenvolva um aplicativo ou página web simples que se conecte ao controlador via API ou MQTT. Mostre funções essenciais: **liga/desliga** o pivô e a bomba, **inverte direção** de circulação, exibe leitura do sensor de umidade e agendamento de horário. Por exemplo, no protótipo do RPi foi criado um app Android que liga/desliga a bomba conforme o sensor ⁸. Em paralelo, crie uma interface web responsiva (usando React ou mesmo Node-RED) para controlar e visualizar dados em tempo real.

Essa demonstração deve evidenciar benefícios-chave: *operações remotas, redução de mão de obra, e precisão de irrigação*, conforme ilustram estudos de caso ³ ⁸. Ao combinar hardware acessível com software moderno, você terá um MVP funcional para demonstrar o conceito de automação de pivôs de irrigação.

Fontes: Pesquisas e exemplos de sistemas similares foram usados para embasar estas recomendações ⁶ ⁸ ⁵ ⁴ ³ ¹ ². Cada referência indica componentes e arquiteturas comparáveis às sugeridas acima.

¹ ² Tecnologia e inteligência artificial marcam nova era da agricultura irrigada - Revista Cultivar
<https://revistacultivar.com.br/noticias/tecnologia-e-inteligencia-artificial-marcam-nova-era-da-agricultura-irrigada>

³ IrrigabrasApp – Apps no Google Play
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.irrigabrasapp&hl=pt>

4 10 **Nimbus SAT: automação da irrigação com precisão e economia**

<https://www.irrigabras.com.br/post/nimbus-sat-automa%C3%A7%C3%A3o-da-irriga%C3%A7%C3%A3o-com-precis%C3%A3o-e-economia>

5 9 12 **Development of a Low-Cost Open-Source Platform for Smart Irrigation Systems**

<https://www.mdpi.com/2073-4395/12/12/2909>

6 **Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (RIUT): Projeto de automação de irrigador agrícola de pivô central usando comunicação LoRa**

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34076>

7 8 **Automatic Irrigation System Using Android**

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=83708>

11 **Tecnologia apoia a agricultura inteligente | Vivo Meu Negócio**

<https://vivomeunegocio.com.br/agronegocio/inovar/agricultura-inteligente/>