

REDES DE SENSORES SEM FIOS (WSNs) E INTERNET DAS COISAS (IoT) APLICADOS EM AGRICULTURAS DE PRECISÃO COMO ESTUFAS AGRÍCOLAS

Simões Flávio¹

Resumo— Este trabalho apresenta como as Redes de sensores sem fio (WSNs) são cruciais para a Internet das Coisas (IoT), aplicadas em monitoramento, rastreamento, saúde, automação, vigilância e agricultura. A tecnologia WSN evolui com conectividade global, transformando parâmetros físicos em dados. A integração de WSNs com IoT, drones e inteligência artificial está revolucionando a agricultura, permitindo um aumento eficiente da produção, como a utilização de estufas agrícolas, onde a tecnologia permite cultivos em diferentes climas e estações, criando condições ideais para cada tipo de cultivo.

I. INTRODUÇÃO

Redes de sensores sem fio (WSNs) são uma tecnologia importante para a aplicabilidade da internet das coisas (IoT) e podendo ser usada para uma variedade de propósitos, incluindo sistemas de monitoramento, rastreamento de transporte, verificação de saúde, automação residencial e industrial, proteção e vigilância pública, cidades inteligentes, rastreamento de objetos e melhoramento da produção agropecuária. Em 2020, o mercado de WSNs foi avaliado US\$ 46,76 bilhões em 2020, prevendo alcançar US\$ 126,93 bilhões até o ano de 2026 [1]. A evolução das WSNs traz dentre outros aspectos a conectividade global dos pontos de acesso, que se conectam a muitos nós sensores sem fios espalhados por diversos locais, transformando diversos parâmetros físicos em dados estruturados[2].

O avanço da tecnologia vem trazendo progressos significativos na produção agrícola, integrando inovações como IoT, WSNs, drones, inteligência artificial (IA), robótica agrícola e análise de dados, que combinados são capazes de aumentar a produtividade de forma mais eficiente. O rápido crescimento populacional que vem sendo projetada para atingir 8,5 bilhões até 2030, e quase 10 bilhões até 2050 [2] exige medidas para aumentar a produção de forma eficiente de maneira que

possa atender esta demanda crescente. Nesta direção a integração de IoT com WSNs tem revolucionado a produção agrícola, onde dispositivos baseados em sensores facilitam a coleta e análise de dados, permitindo uma tomada de decisão precisa para os agricultores, que incluem questões como irrigação, monitoramento do solo, controle de pragas e até o monitoramento de produções em estufas.

Com a produção realizada em estufas os agricultores tem a possibilidade de produzir diferentes cultivos em diferentes climas e estações, devido ao ambiente controlado que se pode obter, ou seja, é possível criar condições favoráveis para cada tipo de cultivo [3].

II. APLICAÇÃO DE WSNs EM ESTUFAS AGRÍCOLAS

As estufas agrícolas (figura 1) vem ganhando investimentos expressivos como uma maneira de diminuir os impactos que as mudanças climáticas vem causando na agricultura e aumentar a produtividade dado o crescimento populacional [4]. As estufas agrícolas permitem criar ambientes controlados e a aplicação de ferramentas tecnológicas capazes de monitorar todo o ambiente como temperatura, solo, umidade e controle de pragas.



Fig. 1: Estufas Agrícolas[4]

¹Simões, Flávio. Instituto Nacional de Telecomunicações, Mestrado em Telecomunicações - TP546 - Internet das Coisas e Redes Veiculares, Santa Rita do Sapucaí-MG, Brasil

As estufas são consideradas tecnologias de agricul-

tura de precisão que permitem a produção e colheita de alta qualidade pelos agricultores [3]. Dentro da agricultura de precisão a utilização de WSNs para o controle e monitoramento dos parâmetros dentro da estufa agrícola corroboram com este cenário. As redes de sensores são compostas por uma quantidade de pequenos dispositivos autônomos denominados - nós sensores, um diagrama típico deste nós sensores é demonstrado na figura 2, que tem o objetivo de monitorar e controlar os ambientes de acordo com a cultura a ser cultivada. Além do mais, os sensores são reconfiguráveis a cada etapa de crescimento do plantio, natureza do solo, clima, estação e os tipos de cultivos [3]. Esses nós sensores, com o avanço em sistemas microeletromecânicos possuem tamanho menor, custo reduzido e maior eficiência energética e com capacidade para auto-organização, auto-configuração e auto-diagnóstico.

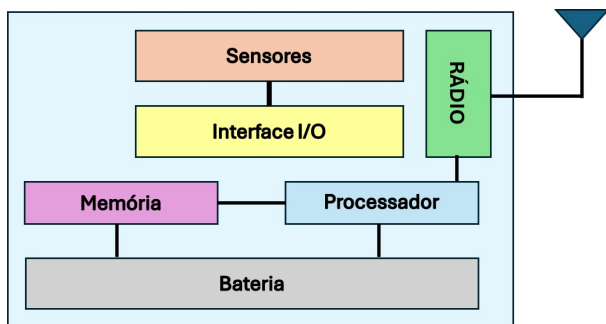


Fig. 2: Diagrama típico de um Sensor Node

Esta integração da IoT com WSNs envolvendo os sensores embutidos no solo para monitoramento ambiental, representa diversos transceptores, microcontroladores e protocolos de comunicação para transmissão eficiente de dados, fundamentais para controle e monitoramento. Sendo a WSNs um componente essencial desta integração, incorporando muitos sensores e com avanços substanciais em agricultura de precisão [2] e geralmente é composta por 5 camadas dentro de sua arquitetura: camada física, de enlace de dados, de rede, de transporte e de aplicação, conforme mostrado na figura 3. Os vários dispositivos de sensoriamento que compõe as WSNs utilizam protocolos de comunicação de baixo consumo de energia, como ZigBee, Wifi e LoRaWAN, que se distinguem pela capacidade de rede, permitindo a interação entre os ativos de sensoriamento. O protocolo de rede também é classificado em protocolo de longo alcance e curto alcance, dependendo da cobertura e das propriedades da área [2].

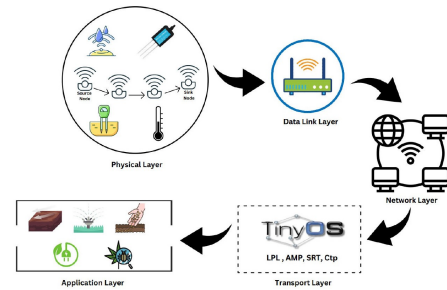


Fig. 3: Arquitetura WSNs aplicado na produção agrícola[2]

A. TIPOS DE SENSORES APLICADOS EM ESTUFAS AGRÍCOLAS

Com a finalidade de tornar a estufa agrícola ainda mais eficiente alguns sensores podem ser aplicados com a finalidade manter o ambiente em perfeita condições para o cultivo de determinada plantação, conforme mostrado na figura 4. Os sensores realizam as coletas de informações sobre o clima externo da estufa, como temperatura, pressão atmosférica, luz, umidade, CO₂, velocidade e direção do vento. Com estes dados coletados o sistema determinará as ações a serem tomadas em relação aos controles, como o controle do fluxo do ar interno e externo, controle da luz solar, e o controle de umidade e temperatura. No estudo pesquisado em [3] foram utilizados três tipos de sensores: Sensor Node "A" que faz a análise do ambiente externo fornecendo informações como fluxo e direção do vento, luz ambiente, temperatura, pressão, umidade e porcentagem de CO₂. Sensor Node "B" que monitora o clima internamente dentro da estufa agrícola como a luz ambiente, temperatura, pressão ambiente, umidade e porcentagem de CO₂. E por fim, o Sensor Node "C" monitorando as condições do solo, umidade, temperatura, valor de pH e condutividade elétrica do solo.

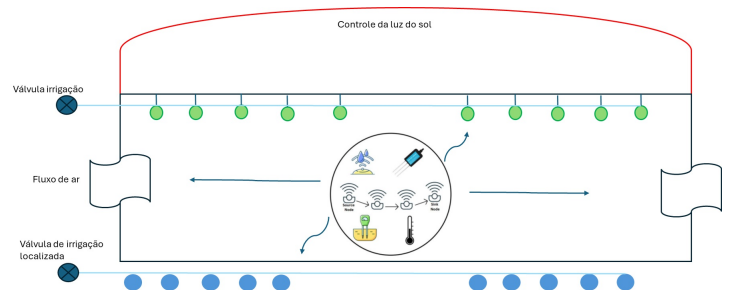


Fig. 4: Sensores e estrutura da estufa agrícola

- Sensores de controle da temperatura: O crescimento das plantas depende do processo de fotos-

síntese e o nível adequado de temperatura influencia neste processo. Onde durante o dia, o controle de temperatura irá depender da refrigeração adequada da estufa e durante a noite a necessidade de aquecimento da estufa até temperatura necessária, fazendo uso de aquecedores e ar forçado para compor o sistema de aquecimento [3];

- Sensores de controle de umidade: O vapor de água dentro da estufa é uma variável a ser considerada, devido seu efeito direto no crescimento das plantas, onde a alta umidade poderá aumentar a aparição de pragas e a baixa umidade causando estresse hídrico reduzindo o processo de fotossíntese. O controle da umidade está inversamente ligada a temperatura. Com base no valor da umidade a temperatura é ajustada para mantê-la em parâmetros ideais. Neste sentido a ventilação adequada da estufa permitirá o controle adequado da umidade [3].
- Sensores de controle das condições do solo: De acordo com o tipo, idade, fase e clima do plantio cultivado deverá ser aplicada a irrigação e a fertilização do solo adequados. Valores de pH, umidade, condutividade elétrica e a temperatura do solo são parâmetros a serem considerados.

III. WSNs E SISTEMA BASEADO EM EVENTOS PARA CONTROLES DE ESTUFAS

O volume de dados podem causar problemas de congestionamento e de comunicação entre os nós, desta forma o controle climático da estufa é um sistema de controle baseado em eventos com técnicas de amostragem por cruzamento de nível, onde os controles são realizados de forma assíncrona. O período de amostragem é determinado pelos eventos do sistema e informações são transmitidas apenas quando há mudanças significativas no sinal, justificando a coleta de novas amostras.

O controlador baseado em eventos para estufas, conforme mostrado na figura 5, é composto por um detector de eventos e um controlador. O detector de eventos sinaliza quando um novo controle deve ser calculado devido a um evento. No estudo pesquisado em [3] é proposto projetar uma WSN para monitorar e controlar parâmetros diurnos e noturnos com foco principal em ventilação natural, sistemas de aquecimento, controle de telas, além de umidade, temperatura do solo, luz solar e CO₂ como controles secundários. Durante o dia, a temperatura interna é controlada regulando a abertura da ventilação natural, que ajuda a reduzir

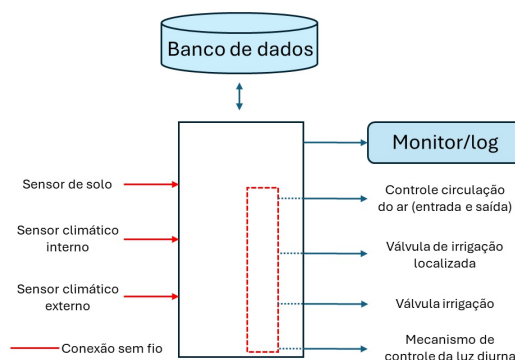


Fig. 5: Diagrama em blocos de WSN para estufa agrícola

a temperatura interna ao permitir a troca de ar. O controlador ajusta a abertura da ventilação para atingir a temperatura desejada e utiliza aquecedores a ar forçado para controlar a temperatura interna.

Para alguns parâmetros da estufa, sensores sem fio econômicos podem ser desenvolvidos utilizando o Sistema em Chip Programável (CY3271) da Cypress Inc. Este kit de RF de baixo consumo é projetado para aplicações sem fio com sensores comuns e atuadores, operando em RF de 2,4 GHz com alta confiabilidade e eficiência energética. O kit inclui um PC Bridge para programação, um Cartão de Expansão Multifuncional e um Cartão de Expansão RF para transmitir dados dos sensores para o PC. O sistema de controle baseado em eventos assume que a estufa possui uma WSN onde os sensores transmitem dados apenas quando a diferença entre valores ultrapassa um limite específico, o que influencia a geração de eventos e a quantidade de dados transmitidos.

No estudo pesquisado em [3], concluiu que o hardware desenvolvido pela Cypress Inc, apresentou uma ótima solução no controle de estufas agrícolas, sendo sua implementação de baixo consumo de energia, menor complexidade e alta confiabilidade.

IV. CONCLUSÃO

A utilização de WSNs e IoT no controle de estufas agrícolas visa aumentar a produção e otimizar processos, facilitando o monitoramento e controle dos parâmetros físicos e a coleta de dados importantes na tomada de decisão. Protocolos de comunicação sem fio são cruciais para a transmissão eficiente desses dados. A combinação de WSNs com IoT e protocolos de rede sem fio tem se mostrado econômica e eficiente, oferecendo baixo custo, baixo consumo de energia e alta eficiência. A aplicação de WSNs com a escolha

de um protocolo adequado em sistemas de irrigação, monitoramento da umidade do solo, controle de fertilizantes, gestão de pragas e medidas de economia de energia, garantem a qualidade da produção no cultivo do plantio desejado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Faris M, Mahmud MN, Salleh MFM, Alnoor A. Wireless sensor network security: A recent review based on state-of-the-art works. *International Journal of Engineering Business Management*. 2023;15.
- [2] Mowla, Md. Najmul & Mowla, Neazmul & Shah, A. F. M. Shahen & Rabie, Khaled & Shongwe, Thokozani. (2023). Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Smart Agriculture Applications: A Survey. *IEEE Access*. 11. 145813-145852. 10.1109/ACCESS.2023.3346299.
- [3] 3. Chaudhary, Dilip & Nayse, Sham & Waghmare, L.M.. (2011). Application of Wireless Sensor Networks for Greenhouse Parameter Control in Precision Agriculture. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*. 3. 140-149. 10.5121/ijwmn.2011.3113.
- [4] Estufas agrícolas. <<https://techagrobrasil.com.br/estufas-agricolas-quais-sao-as-vantagens-e-as-desvantagens-da-utilizacao/>>, acesso em 31/08/2024.