SISTEMA DE MONITORAMENTO DE SOLO UTILIZANDO UM SISTEMA COMPUTADORIZADO

SOIL MONITORING SYSTEM USING A COMPUTERIZED SYSTEM

Caio Monteiro de Oliveira, Luan Carusi de Oliveira, Luis Guilherme Pinho Santos, Neemias Vieira Fernandes, Luis Fernando Pompeo Ferrara

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia da Computação
E-mail para contato: luan.carusi@gmail.com

RESUMO – Este trabalho apresenta um sistema automatizado de monitoramento para análise de solo e acompanhamento da saúde de plantas, com estudo de caso no manjericão. Através de um sensor que mede umidade, temperatura, pH e macro nutrientes, o sistema coleta dados em tempo real, processados por um dispositivo chamado raspberry pi e armazenados em um banco de dados. Também, é feito a captura de imagens das plantas para análise de crescimento e identificação de anomalias. os resultados mostraram que o sistema proporciona dados que otimizam o ambiente de cultivo, contribuindo para um manejo prático e reduz o risco da planta perecer. A conclusão reforça a importância da integração da tecnologia na agricultura.

Palavras-chave: automação; monitoramento de solo; sensor de solo; inteligência artifical; raspberry pi.

ABSTRACT – His work presents an automated monitoring system for soil analysis and plant health tracking, with a case study on basil. Using a sensor that measures moisture, temperature, pH, and macronutrients, the system collects real-time data, processed by a device called Raspberry Pi and stored in a database. Additionally, images of the plants are captured for growth analysis and anomaly detection. The results showed that the system provides data that optimize the growing environment, contributing to practical management and reducing the risk of plant loss. The conclusion reinforces the importance of integrating technology into agriculture.

Keywords: Automation; Soil monitoring; soil sensor; artificial intelligence; raspberry pi.

Tipo do trabalho: (**x**) Trabalho de conclusão de curso ( ) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

A interseção entre agricultura e tecnologia tem trazido avanços significativos para o campo, especialmente no que diz respeito ao monitoramento do solo e das plantas. O solo, que é a principal fonte de nutrientes e água, desempenha um papel central no crescimento das plantas[1]. Os principais nutrientes (ou macro nutrientes) como nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), além do pH e da umidade, influenciam diretamente o rendimento de seu desenvolvimento. A automação nesta área permite a realização de análises contínuas dessas variáveis, garantindo que as condições ideais sejam mantidas pelo maior tempo possível e proporcionando um aumento na eficiência e produtividade das culturas[2].

Os sensores monitoram variáveis críticas, como temperatura, umidade e níveis de nutrientes e o nível de luz do ambiente, fornecendo dados em tempo real que permitem o usuário acompanhar o status da planta que está sendo analisada, afim de evitar problemas maiores como a falta/excesso de água, luz ou dos próprios nutrientes. Tecnologias emergentes, como drones, robótica e inteligência artificial, têm contribuído significativamente para uma agricultura de precisão, onde as decisões são tomadas com base em dados concretos, resultando em colheitas mais saudáveis e produtivas[3].

O presente estudo tem como objetivo geral desenvolver um sistema automatizado de monitoramento de solo e análise da saúde da planta (em estudo de caso, o manjericão), utilizando sensores para o solo e para a iluminação e uma câmera para a obtenção de imagens[4]. O sistema será capaz de coletar dados sobre o solo e iluminação e a capturar imagem da planta, oferecendo recomendações sobre o manejo ideal para otimizar o cultivo. Esse sistema busca atender não apenas as necessidades de agricultores pequenos, mas também promover práticas em pequenas propriedades e de cultivo doméstico[5].

O sistema desenvolvido tem como objetivos monitorar continuamente as condições do solo, incluindo parâmetros como temperatura, pH, umidade e níveis de nutrientes, além de observar a luminosidade do ambiente[6]. Com isso, busca-se garantir um controle preciso sobre as variáveis que influenciam o crescimento saudável das plantas. Paralelamente, o sistema realiza uma análise do estado de saúde das plantas utilizando técnicas de reconhecimento de imagem e inteligência artificial, permitindo identificar possíveis problemas ou anomalias. Caso alguma ação corretiva seja necessária, o sistema notifica o usuário em tempo real por meio de uma *interface* web. Por fim o projeto também visa promover o cultivo em pequenas

propriedades e ambientes domésticos, oferecendo dados práticos e acessíveis para auxiliar no manejo adequado das plantas[7].

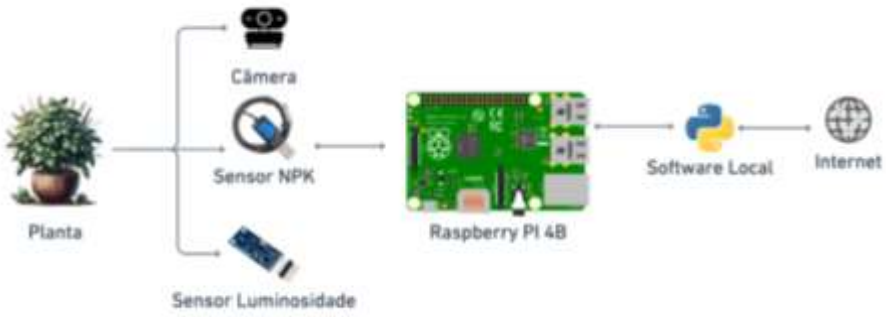
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo visa desenvolver e implementar um sistema automatizado para monitoramento contínuo de solo e diagnostico de plantas, com o manjericão como estudo de caso. Para isso o sistema utiliza um sensor NPK e um sensor de luminosidade ligados a um Raspberry, que atua como unidade de processamento e gerenciamento de dados. A interface com o usuário é fornecida por meio de um site que permite acompanhar em tempo real os parâmetros do solo e imagens das plantas monitoradas.

O monitoramento de plantas também inclui o uso de uma câmera que captura imagens das plantas permitindo a analise visual com a ajuda de uma Inteligência artificial que reconhece os padrões da planta informando o seu estado da saúde e se está crescendo de maneira saudável.

O sistema é centralizado em um Raspberry PI 4 Model B, equipado com 4GB de memória RAM, que controla a coleta de dados dos sensores e a transmissão para a interface web. Os sensores incluem um sensor NPK responsável por medir umidade, temperatura, PH e os macro nutrientes nitrogênio, fosforo e potássio e também um módulo sensor de luminosidade BH1750 que detecta a incidência de luz. O Raspberry também gerencia conexão com uma Web Cam B-Max Full HD, responsável por capturar imagens para analise visual do desenvolvimento das plantas. Todos esses dispositivos podem ser vistos na Figura 1

Figura 1 - Diagrama de blocos do Hardware (AUTOR, 2024)



O *software* foi desenvolvido em Python, aproveitando a compatibilidade do Raspberry Pi com diversas bibliotecas para a coleta e processamento de dados. A *interface* web foi desenvolvida com Node.js, utilizando uma API (*Application Programming Interface*) que se comunica com banco de dados MongoDB para armazenar e exibir os dados coletados dos

sensores e as imagens capturadas. O sistema também utiliza uma inteligência artificial criada com TensorFlow, que analisa as imagens identifica se a planta está crescendo de maneira saudável com se está com algum problema. A API segue uma arquitetura REST garantindo uma comunicação eficiente com o Raspberry Pi e o site. Esse fluxo de dados permite que o usuário monitore as condições do solo e da planta em tempo real.

Foram usados três testes para validade o sistema. Os testes de precisão dos sensores consistiram em calibrar e comparar os dados de umidade, temperatura e pH e nutrientes coletados pelos sensores com medições manuais, garantindo a precisão das leituras. Os testes de desempenho do sistema avaliaram a capacidade de o sistema operar de maneira contínua, com foco na coleta e transmissão de dados, sem a perda de informações ou falhas. Já os testes de análise visual verificam a qualidade das imagens capturadas pela câmera em diferentes condições de iluminação, assegurando que o algoritmo de reconhecimento pudesse analisa-las com precisão para detectar anomalias na planta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sensores demonstraram boa calibragem, com variações leves em relação aos valores de referência da Tabela 1 de gabarito.

Tabela 1 - Tabela gabarito de macro nutrientes (,)

Nutriente	Faixas de Suficiência				
	Deficiente ou muito baixo	Baixo	Suficiente ou médio	Alto	Excessivo ou muito alto
	g kg^{-1}				
N	<32,5	32,5 a 45,0	45,0 a 55,0	55,0 a 70,0	>70,0
P	<1,0	1,0 a 2,5	2,5 a 5,0	5,0 a 8,0	>8,0
K	<12,5	12,5 a 17,0	17,0 a 25,0	25,0 a 27,5	>27,5
Ca	<2,0	2,0 a 3,5	3,5 a 20,0	20,0 a 30,0	>30,0
Mg	<1,0	1,0 a 2,5	2,5 a 10,0	10,0 a 15,0	>15,0
S	<1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 4,0	>4,0	—
	mg kg^{-1}				
B	<10	10 a 20	20 a 55	55 a 80	>80
Cu[(2)]	—	<6	6 a 14	>14	—
Fe	<30	30 a 50	50 a 350	350 a 500	>500
Mn	<15	15 a 20	20 a 100	100 a 250	>250
Mo	<0,5	0,5 a 1	1 a 5	5 a 10	>10
Zn	<11	11 a 20	20 a 50	5,0 a 75	>75
Relações entre teores de nutrientes nas folhas de soja, para o Estado do Paraná[(3)]					
Ca/Mg		<1,5	1,5 a 3,5	>3,5	
K/Ca		<3,1	3,1 a 6,3	>6,3	
K/Mg		<5,6	5,6 a 10,0	>10,0	
K/(Ca+Mg)		<1,4	1,4 a 3,3	>3,3	
K/(Ca/Mg)		<0,8	0,8 a 1,7	>1,7	

(1) Terceiro ou quarto trifólio sem o pecíolo, a partir do ápice da haste principal, coletado no início do florescimento (R1). (2) Sfredo et al. (1999a). (3) Sfredo et al. (2001).

O sistema foi satisfatório ao fazer as requisições e enviar as imagens para *interface* Web, dessa forma é possível perceber a quantidade de água e de nutrientes que está no solo, otimizando o crescimento da planta. A *interface* ao usuário foi desenvolvida demonstrando os

dados conforme esperado e permitindo que o usuário possa também fazer o *download* do relatório de saúde da planta, podendo esta ser vista na Figura 2.

Figura 2 - interface de visualização dos registros e imagens (Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, 2009)



O sensor de luminosidade registrou variações adequadas durante os testes, conforme indicado na Tabela 2. Os resultados dos testes da inteligência artificial apontaram uma precisão de 85% na detecção de plantas com doenças.

Tabela 2: Saídas do sensor de luz (AUTOR, 2024))

Testes de leitura do sensor BH1750	
horário	**Valor em lux**
14h46	44.17 lx
15h01	45.0 lx
16h	46.35 lx
17h24	17.5 lx
18h39	10.83 lx

4 CONCLUSÃO

O sistema de monitoramento de solo mostrou-se eficaz para o cultivo doméstico e pequenos agricultores, integrando sensores de solo, câmera e sensor de luz para fornecer dados e tempo real sobre micronutrientes e irrigação. Além disso, houve melhora na precisão da detecção de anomalias e na gestão da luminosidade, otimizando o crescimento das plantas, assim os resultados indicam uma melhoria significativa no manejo destas. Futuras melhorias incluem aprimoramentos nos algoritmos de inteligência artificial para diagnósticos mais precisos, adição de novos sensores para monitoramento mais abrangente e a automação na irrigação das plantas.

5 REFERÊNCIAS

1. Bomberger, E.H., & Dill, H. Jr. (2007). Manual of Photographic Interpretation. Capítulo 11.
   Hussain, M., Li, J., Cheng, Y., & Park, K.-B. (2021). Soil nutrient monitoring using IoT-based sensors for precision agriculture. *IEEE Access*, 9, 65989-66001.Andrade MM. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo: Atlas, 2005. Q180/A658i/. 2007.
2. Kumar, V., Singh, S., & Sharma, R. (2020). Automated soil analysis and plant growth system. *International Journal of Computer Science and Engineering*, 8(4), 101-110.
3. Pavithra, V., & Srinivasan, R. (2017). A smart agriculture system using sensors and IoT. *International Journal of Engineering Science Invention*, 6(1), 45-51.
4. Prasad, N., Sharma, P., & Bansal, R. (2019). Technological advancements in smart agriculture: IoT-based systems and sensors. *International Journal of Agricultural Sciences*, 11(3), 342-350.
5. Raja, P., Adhikari, R., & Patel, R. (2020). Robotics and AI in precision agriculture. *Journal of Agricultural Technology*, 12(2), 112-126.
6. Delfino dos Santos, A., & Coscione, A. R. (2009). Título do trabalho/capítulo. In Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (Capítulo 3). Brasília, DF: Embrapa.
7. Vitti, A. C., & Boaretto, A. E. (2009). Título do trabalho/capítulo. In Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (Capítulo 5). Brasília, DF: Embrapa.