



Desenvolvimento de uma Aplicação para Gerenciamento de Dados de Hortas Automatizadas Indoor

Thiago Dal Santo
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná (UTFPR)
Medianeira-PR, Brasil
tluz@alunos.utfpr.edu.br

Pedro Luiz de Paula Filho
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná (UTFPR)
Medianeira-PR, Brasil
pedrol@utfpr.edu.br

Juliano Rodrigo Lamb
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná (UTFPR)
Medianeira-PR, Brasil
lamb@utfpr.edu.br

Abstract—Automated indoor agriculture, also known as vertical farming, is emerging as a promising solution to address the challenges of traditional farming by providing controlled and optimized environments for food production. This article details the development of a web application in dashboard format designed for analytics in vertical farms, with a focus on generating visual insights. Examples of data layout include dynamic and interactive graphs, as well as informative cards for presenting textual information more effectively. Upon completing this stage and implementing the future steps identified during the process, the goal is to enhance the ability to make more informed decisions aimed at optimizing production in automated indoor gardens.

Keywords—Vertical Farming; Dashboard; Visual Insights.

Resumo—A agricultura *indoor* automatizada, também conhecida como fazenda vertical, emerge como uma solução promissora para enfrentar os desafios da agricultura tradicional, proporcionando ambientes controlados e otimizados para a produção de alimentos. Este artigo detalha o desenvolvimento de uma aplicação web em formato *dashboard*, projetado para análises em fazendas verticais, com foco na geração de *insights* visuais. Exemplos de disposição de dados incluem gráficos dinâmicos e interativos, bem como cartões informativos para apresentação de informações textuais de forma mais eficaz. Ao concluir esta etapa e implementar as etapas futuras identificadas durante o processo, o objetivo é aprimorar a capacidade de orientar decisões mais informadas, visando à otimização da produção em hortas automatizadas *indoor*.

Palavras-chave—Fazenda Vertical; Dashboard; Insights Visuais.

I. INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel fundamental na garantia da segurança alimentar e no suprimento das crescentes demandas da população global. No entanto, os desafios enfrentados pela agricultura convencional, como a dependência de fatores climáticos e a pressão por recursos naturais limitados, impulsionam a busca por soluções mais eficientes e sustentáveis

[1]. Nesse contexto, as hortas automatizadas *indoor* emergem como uma alternativa promissora para aumentar a produção de alimentos de forma controlada e otimizada.

A agricultura *indoor* automatizada, também conhecida como fazenda vertical, oferece uma solução promissora para superar os desafios enfrentados pela agricultura convencional. Ao criar ambientes controlados e otimizados, ela reduz a dependência de fatores climáticos e minimiza a pressão sobre os recursos naturais limitados, proporcionando maior eficiência na produção de alimentos [2]. Essa abordagem inovadora não apenas aumenta a produtividade, mas também contribui para a segurança alimentar, permitindo a produção contínua ao longo do ano e um uso mais eficiente dos recursos hídricos [3].

A agricultura *indoor* automatizada utiliza tecnologias avançadas, como sensores de monitoramento ambiental, sistemas de irrigação automatizados e iluminação controlada, para criar ambientes ideais para o crescimento das plantas [4]. Essa abordagem oferece uma série de vantagens, como maior produtividade, menor consumo de recursos hídricos e a capacidade de produzir safras durante todo o ano.

No entanto, a eficácia desses sistemas depende em grande parte da capacidade de coletar, analisar e utilizar os dados gerados por sensores e autômatos [5]. É neste ponto que a *Business Intelligence* (BI) desempenha um papel crucial. BI refere-se ao conjunto de técnicas, ferramentas e processos utilizados para transformar dados brutos em informações significativas e acionáveis [6]. A aplicação de BI em fazendas verticais pode proporcionar *insights* valiosos para melhorar a produtividade, a qualidade dos produtos e a eficiência operacional.

A metodologia OLAP (Processamento Analítico Online) é amplamente reconhecida como uma abordagem fundamental em BI, permitindo análises multidimensionais e uma exploração aprofundada dos dados [7] [8]. Além disso, a

aplicação de técnicas de aprendizado de máquina pode significativamente aprimorar a capacidade de previsão e otimização dos sistemas em questão, contribuindo para sua eficiência.

Da mesma forma que o estudo conduzido por Murphy et al., que se concentra na investigação dos fatores que impactam o crescimento das plantas em ambientes controlados, e em linha com a pesquisa conduzida por Tyrychtr et al., que se dedica à avaliação do uso de BI em fazendas convencionais, este projeto tem como propósito a sinergia de técnicas de BI, por meio da metodologia OLAP e aprendizado de máquina. O objetivo deste artigo é a apresentação do planejamento para desenvolver uma aplicação *web* para análise de dados provenientes de fazendas verticais, utilizando tecnologias de código aberto.

Para atingir esse propósito, o trabalho se divide em duas etapas. A etapa presente neste artigo consiste na construção da aplicação *web*, possibilitando a análise visual por meio de gráficos e cartões informativos com dados processados por técnicas como OLAP e aprendizado de máquina. A segunda etapa, para o desenvolvimento futuro da aplicação, visa aprimorar a análise de dados ao combinar as técnicas presentes na aplicação com a Inteligência Competitiva (IC), oferecendo *insights* e relatórios específicos para hortas automatizadas *indoor*, bem como testando a aplicação em conjuntos de dados reais.

Este trabalho organiza-se de maneira que a Seção II apresenta as ferramentas utilizadas e o modelo de trabalho adotado. A Seção III aborda os resultados preliminares obtidos e descreve os desafios encontrados até o momento. Por fim, a seção IV apresenta as considerações finais e destaca as perspectivas futuras deste estudo.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi escolhido o uso da linguagem de programação *Python*¹, juntamente com o *framework Flask*², para implementar a infraestrutura da API (Interface de Programação de Aplicação) necessária para a pesquisa. O *Flask* é conhecido por sua leveza e flexibilidade no desenvolvimento de aplicativos *web* e foi usado para criar uma API dedicada ao treinamento e previsão relacionados à aprendizagem de máquina.

Para a construção da interface de usuário, foi escolhida a linguagem de programação *Dart*³, combinada com o uso do *Flutter*⁴, um kit de desenvolvimento de código aberto conhecido por criar interfaces gráficas sofisticadas e eficientes.

Para a análise visual dos dados, foi utilizada a biblioteca *Syncfusion Flutter Charts*⁵, uma biblioteca de código aberto

com gráficos altamente personalizáveis e de alto desempenho para aplicativos *Flutter*.

O controle de estado da aplicação foi realizado por meio do *Provider*⁶, um pacote de gerenciamento de estado que facilita o compartilhamento eficiente de dados e estados entre *widgets* em uma aplicação, sendo uma escolha popular para o gerenciamento de estado e a construção de aplicativos robustos.

Os dados simulados para este estudo foram gerados usando a linguagem de programação *Python*, auxiliada pela biblioteca *Faker*⁷, que gera dados fictícios de maneira aleatória e realista, essenciais para os propósitos da pesquisa. A metodologia de desenvolvimento deste artigo está representada no fluxograma da Figura 1.

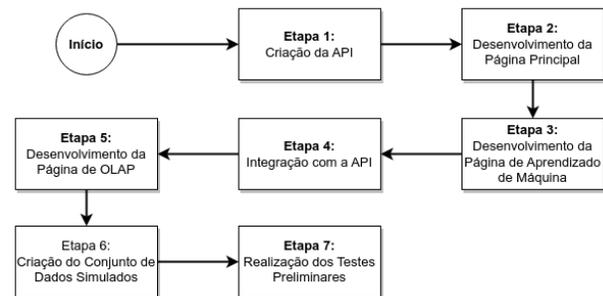


Fig. 1. Autoria Própria - Fluxograma de atividades

Na etapa inicial deste projeto, foi desenvolvida uma API com várias rotas destinadas a otimizar operações de aprendizado de máquina e cálculos associados. Essa API segue uma estrutura uniforme de funcionamento para todas as rotas, conforme descrito por Yaganteeswarudu. A API oferece diversos métodos de regressão para prever o desempenho dos dados, incluindo métricas de validação, como erro quadrático médio, coeficiente de determinação e coeficiente do modelo.

Na etapa subsequente, introduziu-se uma página principal na aplicação, responsável pela operação global da mesma. Essa página permite que os usuários enviem documentos no formato CSV (*Comma-separated values*). O sistema efetua a leitura desses arquivos e, em caso de sucesso na leitura, os usuários são direcionados a um questionário dinâmico gerado com base nos dados do arquivo. Neste questionário, os usuários podem decidir quais informações serão dispostas e configurar as informações básicas para o funcionamento da aplicação.

Na terceira etapa, concentrou-se os esforços no desenvolvimento da página de aprendizado de máquina. Para melhorar a experiência visual do usuário e facilitar a análise, os dados em

¹<https://www.python.org/>

²<https://flask.palletsprojects.com/en/2.3.x/>

³<https://dart.dev/>

⁴<https://flutter.dev/>

⁵https://pub.dev/packages/syncfusion_flutter_charts

⁶<https://pub.dev/packages/provider>

⁷<https://faker.readthedocs.io/en/master/>

formato de texto foram organizados em cartões informativos, proporcionando uma apresentação mais concisa e direta. A geração de gráficos foi realizada com o auxílio da biblioteca *Syncfusion Flutter Charts*, permitindo a comparação entre diferentes modelos de regressão, os quais foram implementados com base em estudos anteriores, como o trabalho de Mahood et al. Além disso, os gráficos permitem a comparação individual entre as previsões dos modelos e os dados originais.

Na etapa subsequente, estabeleceu-se a integração entre o *dashboard* e a API. Tanto os dados enviados pelo *dashboard* quanto os dados fornecidos pela API foram formatados no padrão JSON (*JavaScript Object Notation*), um formato leve de troca de dados amplamente utilizado para representar e transmitir informações estruturadas entre sistemas de software. Esse formato é facilmente legível por seres humanos e de processamento simples por máquinas, o que simplifica a integração e acelera o desenvolvimento.

Na quinta etapa, a biblioteca *Syncfusion Flutter Charts* foi novamente empregada, mas com um propósito diferente. Os gráficos da página OLAP foram gerados uma única vez para cada conjunto de informações, mas vinculados a um menu *drop-down* que permite aos usuários alternar entre diferentes formatos de gráficos em tempo real. Além disso, foi incorporada a capacidade de ajustar o tamanho do conjunto de dados manipulado, com opções que variam de um período de 24 horas até o conjunto completo de dados.

Por fim, na sexta fase do projeto, focou-se no desenvolvimento de um conjunto de dados simulados. Esses dados simulados foram gerados usando a linguagem de programação *Python*, com a assistência da biblioteca *Faker*. A simulação teve como objetivo representar um ciclo de cultivo de microverdes de rúcula, com um período de crescimento de até 14 dias. Os dados gerados abrangeram medidas de umidade do ambiente, temperatura do ambiente e quantidade de água utilizada para manter o solo em um estado de umidade estável, com base em estudos anteriores, como o trabalho de Gürsakal et al.

III. RESULTADOS PRELIMINARES

O foco desta pesquisa foi o desenvolvimento de uma aplicação *web* no formato de um *dashboard*, projetada para facilitar a análise de fazendas verticais. Nesta primeira etapa de desenvolvimento, a ênfase estava na capacidade de gerar *insights* com um formato visual, focado em gráficos e cartões de informação. Os dados simulados gerados foram anteriormente empregados nesta etapa para realizar testes visuais, com o objetivo de avaliar como as informações seriam dispostas e apresentadas na aplicação. Isso permitiu uma análise prática da organização dos dados e da representação gráfica antes da implementação final da aplicação.

Em relação à página principal, observa-se o processo de envio de dados por meio de um formulário dinâmico. Esta funcionalidade permitirá aos usuários inserir informações relevantes relacionadas às suas fazendas verticais de forma intuitiva e eficiente (Figura 2). Este aspecto é fundamental para garantir a usabilidade da aplicação e a obtenção de dados precisos.

Fig. 2. Autoria Própria - Formulário gerado dinamicamente

A Figura 3 apresenta uma representação visual de cartões informativos que disponibilizam dados textuais em um formato mais agradável e de fácil interpretação. Além disso, a inclusão de gráficos de dispersão interativos possibilita uma análise mais aprofundada das informações apresentadas. Esta abordagem visual contribui significativamente para a compreensão dos dados e a identificação de tendências e padrões.

Estadísticas para a Coluna: Umidade		Estadísticas para a Coluna: Sensor_de_Calor		Estadísticas para a Coluna: Quantidade_de_Agua	
Count	336,00	Count	336,00	Count	336,00
Min	20,00	Min	15,00	Min	10,00
25%	24,00	25%	20,00	25%	20,00
50%	30,00	50%	30,00	50%	30,00
75%	35,00	75%	35,00	75%	35,00
Max	40,00	Max	40,00	Max	40,00
Mean	29,91	Mean	29,84	Mean	29,85
Variance	3,21	Variance	4,24	Variance	2,94
Standard Deviation	1,78	Standard Deviation	2,06	Standard Deviation	1,71

Random Forest:		Umidade vs Sensor_de_Calor		Ridge Statistics:		Umidade vs Sensor_de_Calor	
Mean Square Error:			10,46	Mean Square Error:			9,49
Determination Coefficient:			0,76	Determination Coefficient:			0,79
Model Coefficient:			1	Model Coefficient:			1,88

Linear Regression Statistics:		Umidade vs Sensor_de_Calor		Lasso Statistics:		Umidade vs Sensor_de_Calor	
Mean Square Error:			9,49	Mean Square Error:			10,41
Determination Coefficient:			0,79	Determination Coefficient:			0,76
Model Coefficient:			1,88	Model Coefficient:			1,49

Fig. 3. Autoria Própria - Cartões informativos

Por fim, a Figura 4 ilustra a geração dinâmica de gráficos OLAP, que oferecem a flexibilidade de alternar entre diferentes tipos de gráficos, como linhas, barras e colunas, para os mesmos conjuntos de dados. Isso proporciona aos usuários a capacidade de explorar e visualizar os dados de maneira

versátil, adequando a representação visual de acordo com suas necessidades específicas de análise.

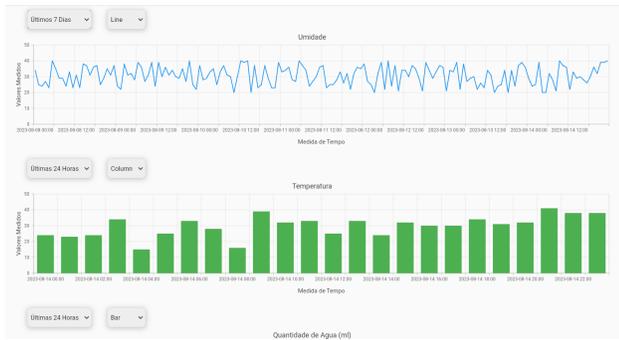


Fig. 4. Autoria Própria - Gráficos OLAP flexíveis

Em suma, os resultados preliminares desta pesquisa indicam que a aplicação *web* em desenvolvimento possui funcionalidades promissoras para a análise de fazendas verticais, enfatizando a visualização de dados, análises preditivas e flexibilidade na apresentação gráfica. No entanto, é fundamental ressaltar que esses resultados são baseados em uma etapa inicial da aplicação, o desenvolvimento contínuo, bem como testes subsequentes com dados reais serão cruciais para a validação e aprimoramento da aplicação.

IV. CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho, foi possível desenvolver a etapa inicialmente proposta com êxito, onde a aplicação atende satisfatoriamente à disposição de dados de aprendizado de máquina e OLAP. Os gráficos apresentados demonstraram ser visualmente agradáveis e de fácil interpretação, contribuindo para a clareza na análise de informações. Além disso, os dados apresentados em formato textual por meio de cartões informativos mostraram-se igualmente agradáveis, proporcionando uma compreensão concisa e acessível das informações essenciais.

Um aspecto relevante a ser destacado é a capacidade de armazenamento dos dados, permitindo sua preservação para futuras etapas de mineração e análise quando necessário. Isso estabelece uma base sólida para a continuidade da pesquisa e a busca por *insights* mais profundos no contexto de hortas automatizadas *indoor*.

Portanto, os resultados até o momento indicam um progresso promissor no desenvolvimento da aplicação, evidenciando sua capacidade de facilitar a análise de fazendas verticais e fornecer suporte valioso para a tomada de decisões informadas no âmbito da agricultura vertical.

A. Etapas Futuras

Para o desenvolvimento futuro da aplicação se concentrará na integração da IC para aprimorar a análise de dados, permitindo

a identificação de tendências de mercado e a comparação com as melhores práticas da indústria das hortas automatizadas *indoor*. Além disso, a aplicação será testada com conjuntos de dados reais para validar sua eficácia na geração de *insights* acionáveis e relatórios específicos, visando a otimização das operações dos agricultores verticais e a maximização da produtividade. Essa fase representa um avanço significativo, elevando a aplicação a um nível mais sofisticado de análise e validação no ambiente real das fazendas verticais, contribuindo assim para a melhoria contínua da agricultura *indoor*.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR e aos professores pela orientação valiosa e apoio contínuo ao longo desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] D. Harris and D. Fuller, "Agriculture: Definition and overview," pp. 104–113, 01 2014.
- [2] R. Pati and M. Abelar, "The application and optimization of metal reflectors to vertical greenhouses to increase plant growth and health," *Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology*, pp. 63–71, 05 2015.
- [3] D. Despommier, "Vertical farms," *Field Actions Science Reports*, vol. 20, pp. 68–73, Sep. 2019.
- [4] A. Montoya, F. Obando, J. Morales, and L. Vargas, "Automatic aeroponic irrigation system based on arduino's platform," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 850, no. 1, p. 012003, 06 2017.
- [5] J. Tyrychtr, M. Ulman, and V. Vostrovsky, "Evaluation of the state of the business intelligence among small czech farms," *Agriculture Economics (Zemědělská ekonomika)*, vol. 61, pp. 63–71, 02 2015.
- [6] G. Richards, W. Yeoh, A. Y. L. Chong, and A. Popovič, "Business intelligence effectiveness and corporate performance management: An empirical analysis," *Journal of Computer Information Systems*, vol. 59, no. 2, pp. 188–196, 2019.
- [7] E. Thomsen, *OLAP Solutions*, 2nd ed., R. Elliott, Ed. John Wiley Sons, 10 2002.
- [8] L. C. Stoica, "Business intelligence and olap," *Knowledge Horizons - Economics*, vol. 10, no. 3, pp. 68–76, 2018.
- [9] C. J. Murphy, K. Llort, and W. G. Pill, "Factors affecting the growth of microgreen table beet," *International Journal of Vegetable Science*, vol. 16, pp. 253–266, 06 2010.
- [10] A. Yaganteeswarudu, "Multi disease prediction model by using machine learning and flask api," in *2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 2020, pp. 1242–1246.
- [11] E. H. Mahood, L. H. Kruse, and G. D. Moghe, "Machine learning: A powerful tool for gene function prediction in plants," *Applications in Plant Sciences*, vol. 8, no. 7, 07 2020.
- [12] N. Gürsakal, S. Çelik, and E. Birişçi, *Synthetic Data Generation with Python*. Berkeley, CA: Apress, 2022, pp. 159–214.