

AMBIENTE AUTONOMO PARA FAZENDAS VERTICAIS ORIENTADO POR REDES NEURAIS

AUTONOMOUS ENVIRONMENT FOR VERTICAL FARMS GUIDED BY NEURAL NETWORKS

Araujo, A { andrei.araujo01@fatec.sp.gov.br }
Santos, E { erlon.santos3@fatec.sp.gov.br }
Sueoka, L { leandro.sueoka@fatec.sp.gov.br }
Estevam, R { ricardo.conceicao@fatec.sp.gov.br }

RESUMO

Fome, agricultura sustentável, indústria, inovação e agricultura sustentável são alguns dos desafios enfrentados no Brasil e no mundo apontados pela Organização das Unidas. Neste sentido o conceito de fazendas verticais vem se destacando, porém necessita de pesquisas para maior produtividade, redução de custos e perdas. Este estudo propõe o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de fazendas verticais orientado por inteligência artificial. A fazenda terá sensores de fluxo de água e concentração de fertilizante que terão seus dados enviados para um servidor na nuvem. Os dados serão avaliados por uma inteligência artificial que analisará as informações, realizando os ajustes necessários para a fazenda vertical. A metodologia utilizada consiste na prototipação de interfaces, diagramação de banco de dados e do sistema, análise de projeto (via Canvas) e criação de uma plataforma web low-code (Apex). Os resultados mostram que é possível o desenvolvimento de um sistema com estas características, melhor produtividade, menos perdas, menor consumo de água, eletricidade e fertilizante utilizados em uma fazenda vertical.

PALAVRAS-CHAVE: Fazendas verticais; Inteligencia artificial; ODS.

ABSTRACT

Hunger, sustainable agriculture, industry, innovation and sustainable agriculture are some of the challenges faced in Brazil and the world highlighted by the United Nations. In this sense, the concept of vertical farms has been gaining prominence, but it requires research to achieve greater productivity, reduce costs and losses. This study proposes the development of an artificial intelligence-driven vertical farm management system. The farm will have water flow and fertilizer concentration sensors that will have their data sent to a cloud server. The data will be evaluated by artificial intelligence that will analyze the information, making the necessary adjustments to the vertical farm. The methodology used consists of interface prototyping, database and system diagramming, project analysis (via Canvas) and creation of a low-code web platform (Apex). The results show that it is possible to develop a system with these characteristics, better productivity, less losses, lower consumption of water, electricity and fertilizer used in a vertical farm.

KEYWORDS: Vertical farms; Artificial intelligence; SDG.

INTRODUÇÃO

A ONU (Organização das Nações Unidas) e seus parceiros trabalham para atingir os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que abordam os principais desafios enfrentados no Brasil e no mundo (Unidas, 2024). Os objetivos envolvem ações para combater a pobreza, proteger o clima e meio ambiente, e garantir paz e prosperidade às pessoas. As ODS 2, ODS 9, ODS 11 e ODS 12 tratam, respectivamente, de fome zero e agricultura sustentável, indústria, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis e consumo e produção responsáveis, objetivos que convergem diretamente com o agronegócio.

Atualmente o agronegócio no Mercado Comum do Sul (Mercosul, composto por Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai, Venezuela e Bolívia) é responsável por aproximadamente 10% das exportações mundiais, sendo o principal exportador de commodities agrícolas básicas (Gov, 2024). O agronegócio brasileiro representa 22,3% do PIB (Produto Interno Bruto) em 2024, sendo uma das principais forças econômicas do país (Cepea, 2024).

O Produto Interno Bruto (PIB) do Estado de São Paulo fechou o ano de 2024 em R\$ 3,5 Tri (SP, 2025), representando cerca de 30% do PIB brasileiro (Desidério, 2024). Deste montante, o valor proveniente do PIB da cidade de São Paulo é de 1,12 Tri, ou seja, 32% do estado (SEADE, 2025). A divisão do PIB municipal mostra que 7,5% do montante é proveniente da indústria, 20,3% são impostos líquidos e 72,2% pertencem ao setor de serviços, não havendo participação do agronegócio (SEADE, 2025). No setor de serviços, destaca-se a quantidade de estabelecimentos voltados à alimentação fora do lar, como padarias, restaurantes e lanchonetes, com 144,9 mil estabelecimentos (SINDRESBAR, 2024).

A cidade de São Paulo possui 11,9 milhões de habitantes (Brasil, 2025), dos quais 5,8 milhões enfrentam alguma situação de insegurança alimentar (Radioagencia, 2024). Em contrapartida, estão mapeadas apenas 818 Unidades de Produção Agropecuária e 209 hortas urbanas (Sampa+Rural, 2025).

Fazenda vertical é um conceito criado por Despommier (1999) e vem se aperfeiçoando ao longo dos anos. Consiste em um modelo de cultivo em locais fechados e ambiente controlado, combinado com técnicas como a hidroponia. No Brasil, há mais de 20 fazendas verticais, número baixo em comparação com os EUA, que possuem cerca de 2 mil plantações deste tipo (Costa, 2025). Para São Paulo, é um modelo aplicável, podendo ampliar a produção em até 30 vezes em um tempo 70% menor comparado aos modelos tradicionais (Gundim; Lima, 2022).

O cultivo em fazendas verticais apresenta vantagens como ausência de secas, alagamentos e granizo, melhor controle de pragas, economia de água graças ao reuso e não degradação do solo (Ingram, 2023). É um modelo escalável, podendo ser aplicado desde pequenos espaços até arranha-céus, controlando luz, ambiente, umidade, temperatura, gases e fertirrigação (Lucena; Massuia, 2021).

A hidroponia, embora ainda não tão difundida no Brasil, cresce continuamente. Proporciona controle de nutrientes, antecipação da colheita, padronização da quantidade e qualidade, menor incidência de pragas e racionalização da energia. Sua desvantagem é a necessidade de acompanhamento constante do sistema produtivo (Luz; Guimarães; Korndöfer, 2006), altos custos de investimento, dependência energética e necessidade de conhecimento técnico para sua implantação (ALVES et al., 2021). A alface (*Lactuca sativa* L.), especialmente o grupo Solta-Crespa, é uma das hortaliças mais importantes, representando 70% do mercado brasileiro. Combinada com a hidroponia, o tempo de colheita é reduzido em cerca de 10 dias (Luz; Guimarães; Korndöfer, 2006).

A tecnologia IoT (Internet das Coisas) permite conectar objetos inteligentes à internet, transmitindo dados de forma segura (Carnaz; Nogueira, 2016). Combinada com redes neurais, é útil para monitoramento contínuo em fazendas verticais. O aprendizado de máquina (Machine Learning) é um ramo da IA que constrói sistemas capazes de aprender a partir de dados e gerar modelos de predição ou classificação (Paixão, 2022). Redes neurais são sistemas compostos por unidades de processamento simples, semelhantes ao funcionamento do cérebro humano (Haykin, 2001). Entre elas, as redes neurais recorrentes (RNN) tratam dados sequenciais, sendo úteis para reconhecimento de padrões, tradução de textos e predição de valores de mercado (Baronte, 2022).

Agricultura 4.0 é baseada na aplicação de tecnologias como IoT, robótica, sensores, IA e aprendizado de máquina, visando produtividade, lucratividade e ecoeficiência (Lisbinski et al., 2020). Alinhado a esse conceito, temos as Smart Farms, que são fazendas inteligentes equipadas com IoT e conhecimento especializado, permitindo cultivo até por pessoas com pouca experiência e oferecendo vantagens como prevenção e detecção de doenças (Ryu et al., 2015).

Na literatura, existem propostas combinando Fazendas Verticais e IoT, com dados utilizados por RNN, permitindo resultados distintos daqueles observados em métodos tradicionais. Uma interação

máquina-máquina, combinando IoT e RNN, possibilita a criação de um sistema que trabalha de forma autônoma, aumentando a produtividade com o mínimo de uso de água e terra agricultável.

OBJETIVO

O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma proposta de ambiente autônomo para gerenciamento de fazendas verticais baseadas em hidroponia, focada em residentes na cidade de São Paulo e região metropolitana. O gerenciamento será realizado por meio de uma aplicação web, com o monitoramento e controle de concentração de fertilizantes e do fluxo de água utilizada.

Objetivos específicos: viabilizar uma proposta que centralize o monitoramento e forneça estatísticas de crescimento, nível de água e fertilizantes no cultivo de alface crespa; desenvolver um projeto cujo investimento seja mensurável em um percentual do salário mínimo brasileiro.

ESTADO DA ARTE

O objeto de estudo deste projeto são fazendas verticais e o uso de tecnologia. Realizando busca por artigos neste sentido, foram identificados alguns trabalhos com a mesma temática. Saraswathy et al. (Saraswathy et al., 2020) apresentaram um trabalho muito parecido com o nosso, relatando a integração de inteligência artificial utilizando IoT em uma fazenda hidropônica focada no estado de Tamil Nadu, no sul da Índia. A proposta monitorava parâmetros de umidade, pH, temperatura, intensidade de luz e fluxo de água por meio de sensores, enviando os valores para a nuvem via Node MCU. Utilizando uma rede neural recorrente (RNN) do tipo Long-Short-Term Memory (LSTM) com algoritmo de previsão visando maior precisão na automação, o trabalho apresentou resultados satisfatórios, eliminando a necessidade de acompanhamento constante pelos fazendeiros e permitindo que os erros apresentados pela rede neural fossem utilizados para automatizar toda a produção da fazenda hidropônica. Este trabalho se assemelha ao nosso pelo uso de redes neurais em um ambiente de fazenda vertical, embora não utilize aplicação móvel e monitore mais parâmetros do que os planejados neste estudo.

Souza (2023) desenvolveu um projeto sobre um sistema baseado em IoT e sensores para supervisão e controle de fazendas verticais. O projeto foi constituído de um módulo gerenciado por microcontrolador, estufa e banco de dados hospedado em um computador pessoal. O módulo dispunha de entradas e saídas analógicas e digitais (para conexão dos sensores utilizados), além de conexão sem-fio. O autor relatou que os objetivos propostos foram alcançados, utilizando um equipamento de custo acessível e monitoramento constante. O trabalho se assemelha à nossa proposta pelo uso de fazendas verticais e IoT, porém diverge por não utilizar nenhum sistema de inteligência artificial, tratando os dados coletados apenas dentro de intervalos para tomada de decisão.

Rakhmatulin (Rakhmatulin, 2021) apresentou um sistema automatizado combinando IoT e rede neural, juntamente com um software desenvolvido pelo autor, câmera digital e sensores de luminosidade, gás carbônico, temperatura, umidade, pH e temperatura do solo. Em sua proposta o autor se utilizou de um ambiente fechado em que 7 sensores monitoram o crescimento da hortalíça. Por sua vez o sinal dos sensores é encaminhado para um controlador que envia os dados para uma rede neural avaliar e fazer a gestão do cultivo. Este sistema difere da nossa proposta por empregar agricultura convencional e ter foco no cultivo de tomates.

Ahmareen et al. (Ahmareen; Potluri; Khalid, 2024) apresentaram um sistema utilizando IoT para gerenciar uma fazenda vertical. Combinado com tecnologias para monitoramento remoto, sensores e bancos de dados, o sistema buscava melhorar a gestão da fazenda vertical e desenvolver um modelo de custo acessível. A metodologia utilizada combinava sensores de umidade, chuva, solo

e temperatura com um controlador que, por sua vez, encaminhava os dados para a nuvem. Estes dados eram convertidos em gráficos e apresentados em uma tela, tornando possível a tomada de decisão no controle de uma bomba d'água e sistema de ventilação. Embora os objetivos tenham sido alcançados, o autor encontrou dificuldades com os custos de instalação e manutenção do sistema IoT, além da instabilidade da internet em algumas localidades. Diferentemente do nosso trabalho, não foi utilizado nenhum sistema de rede neural para gerenciamento automático.

METODOLOGIA

Para a problemática de uma fazenda vertical orientada por redes neurais foi definida a necessidade de mapear uma solução lógica de como o sistema de gerenciamento irá funcionar. O mapeamento (a partir da literatura existente) indicou duas possibilidades: no Fluxograma 1 a fazenda vertical (1) envia, por meio de sensores, os dados atuais de fluxo de água e fertilização para um banco de dados na nuvem (2). Estes dados podem ser acessados pelo cliente, por meio de software, onde o mesmo pode tomar a decisão como devem operar o fluxo de água e fertilização da fazenda, recomeçando o ciclo.



Figura 1 – Exemplo de funcionamento do sistema proposto

O Fluxograma 2 exemplifica que, inicialmente, a fazenda vertical (1) envia os dados de fertilizantes e fluxo de água (2) para um banco de dados na nuvem (3). Porém quem faz a avaliação e tomada de decisão com base nos dados é uma Rede Neural (4), recomeçando o ciclo. Assim o cliente apenas participa do ciclo caso queira (seguindo assim o fluxograma 1).

A seguir, são apresentadas as etapas planejadas do desenvolvimento do trabalho:

Revisão de Estudos

Realizado levantamento dos trabalhos mais atuais referentes a fazendas verticais, IoT, fazendas neurais e tecnologias semelhantes.

Planejamento de estrutura e definição dos componentes

Definição do tipo de tecnologia, armazenamento do banco de dados, layout do sistema e funcionalidades.

Construção de modelo em pequena escala

Elaboração de um pequeno protótipo para avaliação prática do projeto.

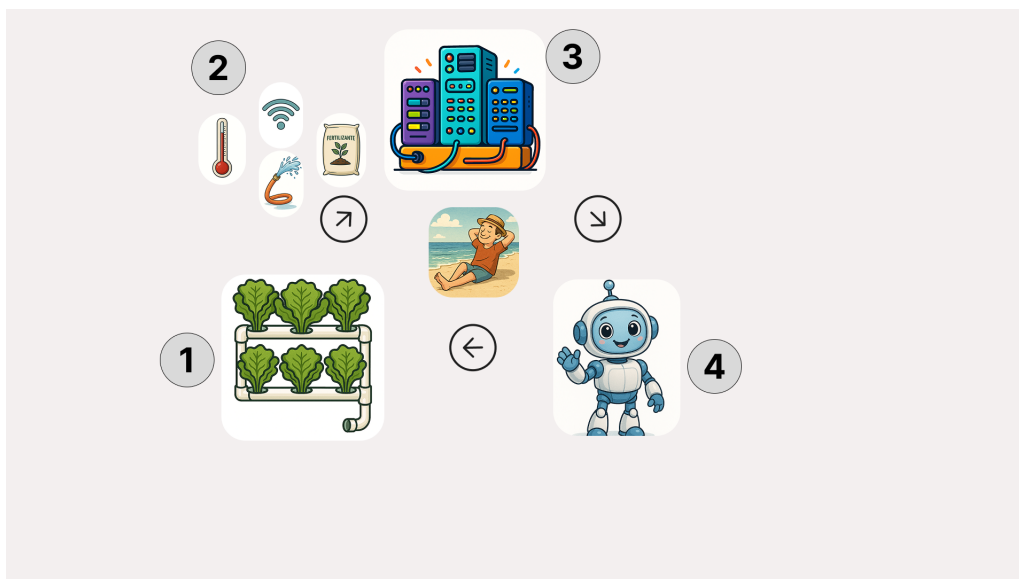


Figura 2 – Exemplo de funcionamento do sistema proposto

Implementação do sistema

Desenvolvimento do sistema, melhorias, testes e correções.

RESULTADOS PRELIMINARES

CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS

AHMAREEN, S.; POTLURI, S.; KHALID, A. **Sustainable Agriculture Through IoT-Enabled Vertical Farming**. [S. l.: s. n.], 2024.

Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10601426>

ALVES, Deise de Oliveira et al. Análise de cenários no contexto das tecnologias utilizadas nas fazendas verticais. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 20, n. 2, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v20i2.6311>.

BARONTE, B. F. **Redes Neurais Aplicadas à Predição de Valores de Ações**. [S. l.: s. n.], 2022. Repositório UNIRIO.

Disponível em: https://bsi.uniriotec.br/wp-content/uploads/sites/31/2022/04/202201_Breno-Phillip-Mendes-Baronte.pdf

BRASIL, Agência. **Brasil tem 15 cidades com mais de 1 milhão de habitantes**. [S. l.: s. n.], 2025. Acesso em: 4 set. 2025.

Disponível em: [https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-08/brasil-t-tem-15-cidades-com-mais-de-1-milhao-de-habitantes#:~:text=As%20maiores%20s%C3%A3o%20a%20de,Belo%20Horizonte%20\(6%20milh%C3%B5es\)](https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-08/brasil-t-tem-15-cidades-com-mais-de-1-milhao-de-habitantes#:~:text=As%20maiores%20s%C3%A3o%20a%20de,Belo%20Horizonte%20(6%20milh%C3%B5es).).

CARNAZ, G. J. F.; NOGUEIRA, V. An Overview of IoT and Healthcare. In: ACTAS das 6as Jornadas de Informática de Universidade de Évora. [S. l.: s. n.], 2016.

Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/19998>

CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. [S. l.: s. n.], 2024. Acesso em: 22 out. 2024.

Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>

COSTA, A. G. **Fazenda vertical: conheça ideia inteligente - mas cara - para nossa agricultura**. [S. l.: s. n.], 2025. Acesso em: 13 abr. 2025.

Disponível em:

<https://www.terra.com.br/byte/fazenda-vertical-conheca-ideia-inteligente-mas-cara-para-nossa-agricultura,8267ddb7c47bb3cae47443acebc3f9a4b9jno3x9.html>

DESIDÉRIO, M. **PIB do Brasil cresce 3,4% em 2024, puxado por serviços e indústria**.

[S. l.: s. n.], 2024. Acesso em: 13 abr. 2025.

Disponível em:

<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2025/03/07/pib-2024.htm>

GOV, Agência. **Brasil e países do Mercosul fazem projeções para o agronegócio**. [S. l.: s. n.], 2024. Acesso em: 22 out. 2024.

Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202410/brasil-elabora-documento-com-projecoes-para-o-agronegocio-em-parceria-com-paises-do-mercosul>

GUNDIM, L. L. S.; LIMA, R. P. Edifícios agroprodutivos: a fazenda vertical como modelo sustentável de agricultura urbana. **Repositorio UFSC**, v. 5, p. 474–485, 2022. Acesso em: 22 out. 2024.

Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/245051/Vol.%205%20474%20-%20485.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HAYKIN, S. **Redes neurais - Princípio e prática**. 2. ed. [S. l.]: Bookman, 2001.

INGRAM, Jay. **The Future of Us: The Science of What We'll Eat, Where We'll Live, and Who We'll Be**. Nova Iorque: Simon & Schuster, 2023.

LISBINSKI, Fernanda Cigainski et al. Perspectivas e desafios da Agricultura 4.0 para o setor agrícola / Perspectives and challenges of Agriculture 4.0 for the agricultural sector. In: VIII Simpósio de Ciência do Agronegócio – Inovação e Empreendedorismo no Agronegócio. Porto Alegre, RS: [s. n.], 2020. Acesso em: 9 set. 2025.

Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/218601/001122708.pdf?se>

LUCENA, L. P.; MASSUIA, F. M. O papel da moderna agricultura urbana de Singapura na política de segurança alimentar e na contribuição da redução de emissão de CO₂ na atmosfera. **urbe.**

Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 13, e20190272, 2021. DOI: 10.1590/2175-3369.013.e20190272.

LUZ, J. M. Q.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Hortic. bras.**, v. 24, n. 3, 2006.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/99RFWNLdK6G8HNLtFBpDzrL/?format=pdf&lang=pt>

PAIXÃO, G. M. de M. et al. Machine Learning na Medicina: Revisão e Aplicabilidade. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 118, n. 1, p. 95–102, 2022.

RADIOAGENCIA. **Insegurança alimentar atinge cerca de 50% da população da cidade de SP.** [S. l.: s. n.], 2024. Acesso em: 4 set. 2025.

Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2024-09/inseguranca-alimentar-atinge-cerca-de-50-da-populacao-da-cidade-de-s-p#:~:text=E%20tem%20ainda%20a%20inseguran%C3%A7a,a%20Alimenta%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20Agricultura.>

RAKHMATULIN, Ildar. Neural network for automatic farm control. **Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence**, v. 33, n. 1, p. 147–160, 2021. DOI:

10.1080/0952813X.2020.1725653.

RYU, Minwoo et al. Design and implementation of a connected farm for smart farming system. In: IEEE SENSORS. Busan, Coreia do Sul: [s. n.], 2015. Acesso em: 9 set. 2025. DOI:

10.1109/ICSENS.2015.7370624.

Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7370624>

SAMPA+RURAL. **Agricultura.** [S. l.: s. n.], 2025. Acesso em: 9 set. 2025.

Disponível em: <https://sampaMaisrural.prefeitura.sp.gov.br/categoria/agricultores>

SARASWATHY, V. R. et al. Integrating Intelligence in Hydroponic Farms. **International Journal of Engineering and Emerging Technology**, v. 11, n. 4, p. 150–158, 2020.

Disponível em: <https://iaeme.com/Home/issue/IJEET?Volume=11&Issue=4>

SEADE. **Seade PIB.** [S. l.: s. n.], 2025. Acesso em: 04 set. 2025.

Disponível em: <https://pib.seade.gov.br/integra/?analise=pib-cresceu-na-maioria-das-regioes-do-estado-em-2024>

SINDRESBAR. **São Paulo: a capital dos bares e restaurantes do Brasil**. [S. l.: s. n.], 2024.

Acesso em: 04 set. 2025.

Disponível em: <https://sindresbar.com.br/sao-paulo-a-capital-dos-bares-e-restaurantes-do-brasil/>

.

SOUSA, Thiago Pereira de. **Desenvolvimento de módulos de sensoriamento para a supervisão e controle de fazendas verticais**. [S. l.: s. n.], 2023. Patos de Minas – MG:

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações. Acesso em: 9 set. 2025.

Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38575/1/DesenvolvimentoM%C3%B3dulosSensoriamento.pdf>

.

SP, Agência. **PIB paulista cresce 3,4% em 2024**. [S. l.: s. n.], 2025. Acesso em: 13 abr. 2025.

Disponível em: <https://www.agenciasp.sp.gov.br/pib-paulista-cresce-34-em-2024/>

.

UNIDAS, Nações. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2024. Acesso em: 22 out. 2024.

Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

.