



PLANTAIR : Automação e monitoramento da ontogênese em uma fazenda vertical aeropônica

Alunos: Bruno de Freitas Vece Perez - uniebperez@fei.edu.br; Danilo Pilotto - uniedpilotto@fei.edu.br; Felipe Rodrigues Garé Carnielli - uniefcarnielli@fei.edu.br; Gustavo Benevenuto de Oliveira - uniegoliveira@fei.edu.br; Mateus Mariano Lucatelli - uniemlucatelli@fei.edu.br; Rodrigo Mendes de Souza - uniersouza@fei.edu.br

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Janes - jan@fei.edu.br

Introdução



População

X



Alimentos



Com uma previsão de 9,5 Bilhões de pessoas em 2050, além de um grande envelhecimento da população e êxodo Rural, há a necessidade de pensar em como alimentar todas essas pessoas. Existe comida suficiente para todos porém, há muito desperdício que acarreta na necessidade de crescimento da produção de alimentos. Essa crescente produção de alimentos, além de impactar ambientalmente o planeta Terra, também acaba com os espaços cultiváveis disponíveis, gerando um grande problema: a falta de espaço para cultivo.

Uma das possíveis soluções são as fazendas verticais, que podem produzir muito mais alimento em menos espaço e tempo. Portanto, este projeto teve como objetivo a pesquisa e desenvolvimento de uma abordagem para automatização e monitoramento da ontogênese em uma fazenda vertical aeropônica, o que vai desde o seu plantio até a sua colheita, assegurando que a hortaliça fique exposta às condições ideais para o seu desenvolvimento durante o cultivo. Desta forma, desenvolveu-se uma maneira de automatizar uma solução capaz de tratar um dos principais problemas enfrentados no mundo atualmente.

Fazendas Verticais

A agricultura vertical é um tema relevante nos dias de hoje, já que passou a ser implementada em grande escala somente nas últimas décadas. Ao contrário de única camada, como um campo ou uma estufa, este método propõe que o cultivo seja realizado em múltiplos níveis, em várias camadas organizadas verticalmente e integradas a outras estruturas, como arranha-céus, contêineres de transporte ou depósitos reaproveitados. O controle artificial de temperatura, luz, umidade e gases possibilita a produção de alimentos em ambientes fechados. Dentre as inúmeras vantagens que esse tipo de fazenda oferece, o principal propósito é a maximização de produção das safras em um espaço limitado.

Aeroponia

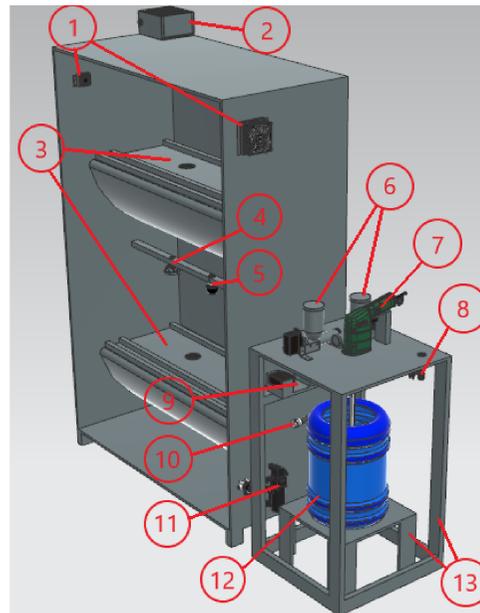
O sistema aeropônico tem se tornado cada vez mais atrativo ao mercado. A técnica envolve cultivo em câmara fechada com aeração das raízes por micro-aspersão de névoa de água com nutrientes. Este é um método que gera grande economia de água,

pois esta é utilizada na forma de uma fina névoa que consiste em uma mistura de água e nutrientes, renovada periodicamente no ambiente das raízes. O crescimento das plantas livre do solo e de um substrato orgânico proporciona uma melhor oxigenação das raízes, além da economia de espaço, da não degradação do solo e da menor incidência de pragas.

Protótipo de Fazenda Vertical

O projeto foi constituído por diversos componentes estruturais, que juntos são capazes de oferecer infraestrutura para as plantas, para o sistema elétrico de comando dos componentes mecânicos, promover a irrigação das plantas e dosar os nutrientes necessários. As figuras 1a e 1b mostram o protótipo finalizado com todos os componentes montados e o projeto desenvolvido através de *Computer Aided Design* (CAD).

Figura 1 - Protótipo de Fazenda Vertical



(a) Projeto em CAD



(b) Protótipo Físico

O projeto conta com placas de Peltier para refrigeração (1), uma fonte de alimentação (2), suportes removíveis para as hortaliças (3), lâmpadas de iluminação (4), lâmpada de aquecimento (5), dosadores de nutrientes (6), misturador (7), válvula do tanque (8), balança com o despejador (9), bomba de retorno (10), bomba de irrigação (11), tanque de nutrientes (12) e uma estrutura adjacente (13).

Automação da Ontogênese

Objetivando a automação da ontogênese, foi desenvolvido um sistema de *Internet of Things* (IoT) para controle e monitoramento de toda a produção. Este sistema é composto por duas aplicações distintas, cada uma tendo uma função diferente. A primeira é a aplicação responsável por centralizar o recebimento dos dados e fazer o controle das variáveis de ambiente em modo automático, além de possibilitar o controle manual de todo o sistema. A segunda é responsável por disponibilizar aos operadores a possibilidade de realizar o monitoramento e gerenciamento da



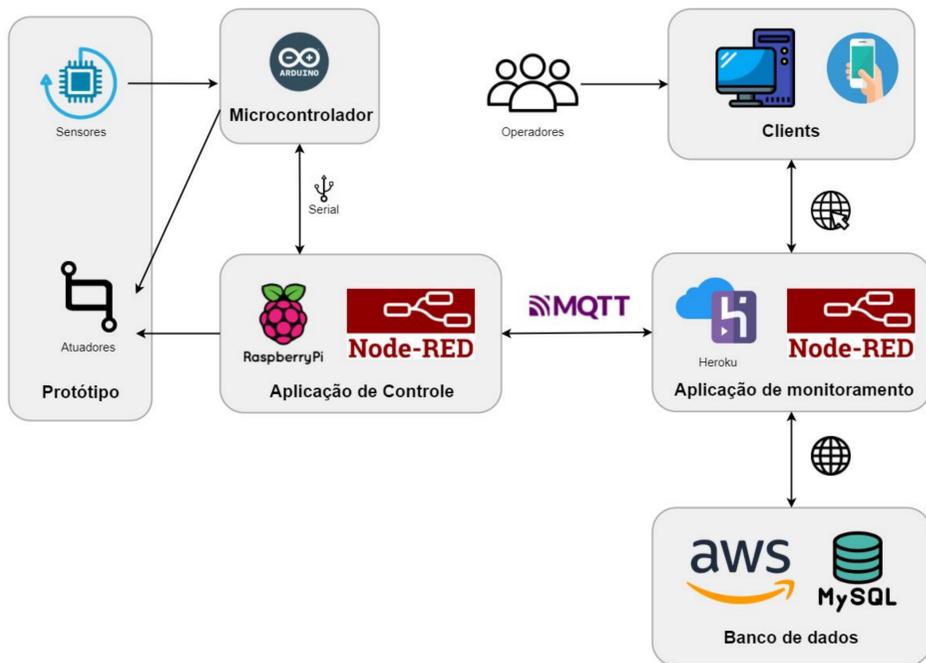
PLANTAIR : Automação e monitoramento da ontogênese em uma fazenda vertical aeropônica

Alunos: Bruno de Freitas Vece Perez - uniebperez@fei.edu.br; Danilo Pilotto - uniedpilotto@fei.edu.br; Felipe Rodrigues Garé Carnielli - uniefcarnielli@fei.edu.br; Gustavo Benevenuto de Oliveira - uniegoliveira@fei.edu.br; Mateus Mariano Lucatelli - uniemlucatelli@fei.edu.br; Rodrigo Mendes de Souza - uniersouza@fei.edu.br

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Janes - janés@fei.edu.br

plantação, ajustes dos parâmetros de controle e controlar manualmente o sistema. A aplicação de controle foi feita na plataforma Node-RED, que conta com componentes específicos para comunicação serial com o microcontrolador e comunicação via *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) com a aplicação de monitoramento hospedada em nuvem. Gerou-se uma interface gráfica simples na própria aplicação de controle, para que um operador presente no local consiga controlar o sistema manualmente, caso a conexão com a internet seja perdida. A aplicação de controle estará sempre recebendo os dados dos sensores do microcontrolador e enviando para a aplicação de monitoramento. Essa, por sua vez, é responsável por apresentar a leitura dos sensores em tela para o usuário, além de salvar esses dados em um banco de dados para que sejam usados para montar um histórico. A interface dessa aplicação permite que o operador possa controlar os atuadores manualmente e ajustar os parâmetros que interferem no desenvolvimento da planta. Na figura 2, é apresentado um diagrama macro do projeto, arquitetura e operabilidade.

Figura 2 - Visão geral do sistema do projeto



Sistema de Controle

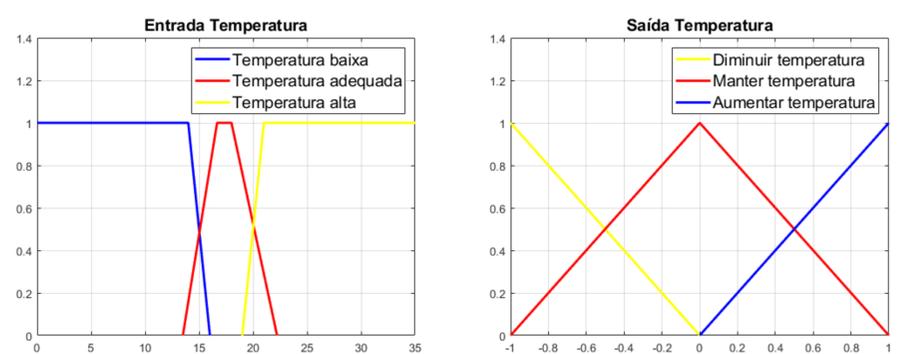
Como tem-se um conjunto de valores possíveis que são considerados "adequados" para o crescimento da planta, usou-se um controle por lógica Fuzzy para inferir a saída de acordo com as entradas do sistema. Desta forma, pode-se realizar um controle *on-off* dos atuadores do sistema. Assim, eles são ativados em sua potência máxima até que os valores adequados das variáveis do ambiente sejam atingidos novamente.

As temperaturas, superior e inferior, e umidades, superior e inferior, são lidas através de seus respectivos sensores. Calcula-se a média dos valores lidos para ser usada como variável de entrada do sistema de controle. Além disso, um único sensor acoplado à parte inferior do tanque de nutrientes é usado para controle do nível de solução nutritiva. Realiza-se a fuzzificação dos valores lidos pelos sensores para determinar qual conjunto

nebuloso a entrada está enquadrada, assim, encontram-se as pertinências equivalentes dos conjuntos Nebulosos de saída e realiza-se a defuzzificação para encontrar um valor de saída preciso. Esse valor então é usado para ativar ou desativar os atuadores do sistema em sua máxima potência. Cada uma das regras de inferência, do tipo "se... então", são aplicadas às entradas e geram uma saída apropriada.

A figura 3 ilustra os conjuntos Fuzzy de entrada e saída para a temperatura. Definiram-se os valores linguísticos possíveis para a temperatura, que são baixa, adequada e alta, e as saídas, que são diminuir, manter e aumentar.

Figura 3 - Lógica de controle da temperatura



O método de defuzzificação utilizado é o da média ponderada dos máximos, desta forma, dados os conjuntos definidos, a saída tomará sempre um dos valores máximos possíveis. A lógica fornece a ação a ser tomada de acordo com a temperatura atual do sistema. Só altera-se o estado dos atuadores de temperatura (módulos Peltier e lâmpadas de aquecimento) quando a saída precisa do Fuzzy é -1, 0 ou 1.

O mesmo tipo de lógica foi implementada para as outras variáveis de controle do sistema, para que os atuadores equivalentes fossem acionados nos momentos adequados.

Todo esse sistema de controle fica em funcionamento no Node-RED, em um Raspberry Pi acoplado ao protótipo, então, mesmo que a conexão com a internet seja perdida, o sistema de controle se manterá funcionando. Além disso, foram criadas algumas rotinas de controle por tempo para algumas situações específicas do projeto, com o objetivo de criar redundâncias de controle.

Monitoramento

Foi desenvolvida uma aplicação de monitoramento responsável por disponibilizar ao operador a possibilidade de realizar a supervisão e gerenciamento da planta, ajustes dos parâmetros de controle e controlar manual do sistema. Ela foi desenvolvida no Node-RED e conta com 4 telas principais, sendo elas: *Dashboard*, *Comandos Manuais*, *Histórico* e *Parâmetros*.

O *dashboard* é a tela onde são apresentadas as variáveis de controle em tempo real.

A tela *Comandos Manuais* é onde estão os botões para acionar e desacionar os atuadores do sistema. Também há luzes indicativas que mostram se um componente está ligado durante



PLANTAIR : Automação e monitoramento da ontogênese em uma fazenda vertical aeropônica

Alunos: Bruno de Freitas Vece Perez - uniebperez@fei.edu.br; Danilo Pilotto - uniedpilotto@fei.edu.br; Felipe Rodrigues Garé Carnielli - uniefcarnielli@fei.edu.br; Gustavo Benevenuto de Oliveira - uniegoliveira@fei.edu.br; Mateus Mariano Lucatelli - uniemlucatelli@fei.edu.br; Rodrigo Mendes de Souza - uniersouza@fei.edu.br
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Janes - jan@fei.edu.br

o controle manual. O histórico é onde são apresentados os dados históricos das variáveis de controle. E, por fim, tem-se uma tela de parâmetros que apresenta todas as variáveis de configuração usadas para controlar o sistema. As interfaces de usuário para realizar estas funções podem ser vistas nas Figuras 4, 5, 6 e 7

Figura 4 – Dashboard da aplicação de monitoramento

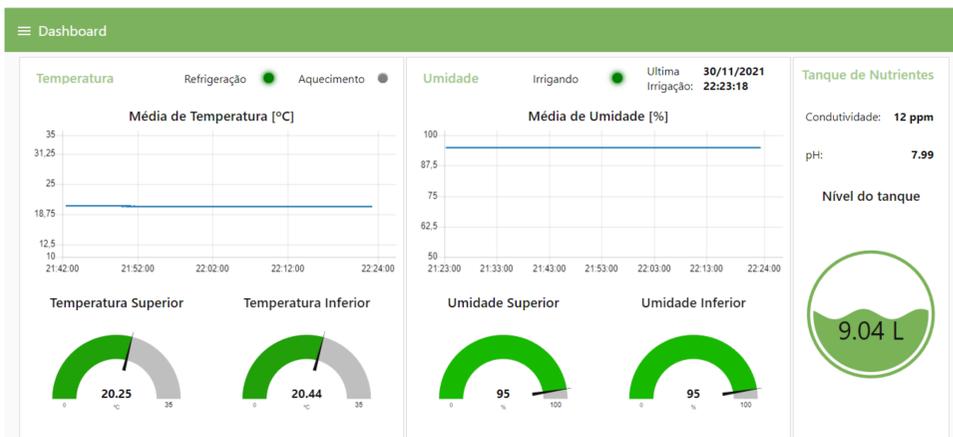


Figura 5 – Tela de comandos manuais da aplicação de monitoramento



Figura 6 – Tela de histórico da aplicação de monitoramento



Figura 7 – Tela de parâmetros da aplicação de monitoramento

Description	Value
Horário de Agitação da Solução Nutritiva [hora do dia]	12:30:00
Horário de Desligar a Iluminação [hora do dia]	9
Horário de Ligar a Iluminação [hora do dia]	20
Setpoint de Condutividade Máxima [ppm]	750
Setpoint de Condutividade Mínima [ppm]	650
Setpoint de Nível Máximo do Tanque [cm]	10
Setpoint de Nível Mínimo do Tanque [cm]	3
Setpoint de Temperatura Máxima [°C]	20
Setpoint de Temperatura Mínima [°C]	15
Setpoint de Umidade Máxima [%]	80
Setpoint de Umidade Mínima [%]	70
Tempo de Agitação [s]	10
Tempo de Irrigação [s]	60
Tempo entre Irrigações [h]	6

Resultados

Foi identificado que, através do controle Fuzzy, é possível controlar os atuadores de todo o sistema, para que as plantas possuam o ambiente ideal de ontogênese. É possível afirmar que o sistema de controle funcionou perfeitamente, contudo, houveram alguns problemas no desenvolvimento do protótipo, em relação aos atuadores mecânicos que acabaram não correspondendo às expectativas e em relação à confiabilidade. O mesmo pode ser dito quando se trata dos sensores de umidade, que apresentaram várias falhas em momentos distintos na aferição da umidade.

Devido ao sistema de irrigação circular que foi desenvolvido, o gasto da solução nutritiva é muito baixo e o sistema de controle só precisou reabastecer o tanque e refazer a solução nutritiva uma vez durante todo o período de testes. Nas primeiras tentativas, as sementes não eclodiram. O substrato utilizado nesse momento não absorvia umidade suficiente e atrapalhou o aparecimento dos brotos. Por esse motivo, decidiu-se mudar o substrato para algodão. Porém, este processo ainda demandou um tempo considerável. Conclui-se que isso foi devido aos parâmetros configurados nessa etapa, já que estes são diferentes e deveriam ter sido ajustados para a etapa da germinação. Novas sementes foram plantadas no algodão e germinaram em cerca de uma semana. Os brotos começaram a se desenvolver bem nos dias seguintes à germinação. A figura 8 mostra a evolução da sementes para o broto nesse período.

Figura 8 – Evolução da plantação nas primeiras duas semanas



Conclusão

É notória a necessidade de melhorar a eficiência na produção de alimentos para satisfazer as necessidades mundiais e, como cada vez mais os indivíduos estão em busca de alimentos naturais, frescos e de qualidade superior, é importante que o tempo entre a colheita e a venda seja curto. As fazendas verticais podem proporcionar essa agilidade por serem compactas e poderem ser construídas dentro das cidades, trazendo benefícios para a região onde se encontram. O controle e automação de uma fazenda vertical é relativamente complexo em sua aplicação. Diversos fatores devem ser constantemente monitorados a fim de garantir um produto de qualidade e em pouco tempo. Apesar dos problemas enfrentados com os sensores, pode-se concluir que o sistema de automação funcionou adequadamente e, portanto, o objetivo foi atingido, trazendo uma maneira de produção para dentro das cidades.