

DESENVOLVIMENTO DE AUTOMATIZAÇÃO DE SISTEMA HIDROPÔNICO PARA PEQUENOS AGRICULTORES

Data de submissão: 20/09/2024

Data de aceite: 01/10/2024

Ana Rita Nobre dos Santos

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4487947260894907>

Camilli Gabrielli Ramos Muniz

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1135642058168657>

Camily Victória Dias Nicolino

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1548872536694501>

Ingrid Hawerly da Silva Xavier

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3312972996806320>

Lívia Lopes Porto

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0301828808624015>

Mikaella Hikkari Mitsunaga

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<https://orcid.org/0009-0006-3430-6237>

Radja Raphaela Rodrigues Coelho

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7106733868242498>

Rui Bertho Júnior

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3393376601554142>

Fábio Luiz Seribeli

Instituto Federal de São Paulo
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7195913235657719>

Ednaldo Alves da Silveira

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4439221189763357>

Fabiana Liar Agudo

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0850610415162995>

Marcela Guariento Vasconcelos

Instituto Federal de São Paulo
Tupã – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7442776367825877>

RESUMO: A hidroponia é uma técnica de cultivo sem solo, onde plantas recebem minerais por meio de uma solução nutritiva. Tal técnica poderá ser automatizada através de um Controlador Lógico Programável (CLP), um dispositivo eletrônico com

finalidade de configurar e programar as funções desejadas, para economizar tempo ao agricultor, facilitar o monitoramento, e evitar falhas na reposição de nutrientes da fórmula. Este projeto foi desenvolvido por alunos e professores do curso técnico em eletrotécnica do Instituto Federal de São Paulo – campus Tupã como pré-requisito para a conclusão do componente curricular Projeto Integrador. Além da formação e desenvolvimento técnico dos discentes, este trabalho teve como objetivo construir um protótipo automatizado para um sistema hidropônico, visando simplificar o plantio de *Lactuca sativa* (alface) para pequenos produtores localizados no município de Tupã. O protótipo desenvolvido foi proposto como um modelo automatizado de um cultivo hidropônico que oferece base para a realização de ensaios de funcionamento do sistema criado, consistindo em controles de temporização, bombeamento e dosagem de nutrientes, a fim de determinar as melhores condições de crescimento para as plantas. Ademais, o projeto traz grande expectativa de que o circuito automático atinja êxito em relação à atividade de fluxo do líquido e ressarcimento das substâncias vitais para o vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Automação; Hidroponia; Monitoramento de cultivo.

DEVELOPMENT OF HYDROPONIC SYSTEM AUTOMATION FOR SMALL FARMERS

ABSTRACT: Hydroponics is a soil-less cultivation technique in which plants receive minerals through a nutrient solution. This technique can be automated using a Programmable Logic Controller (PLC), an electronic device designed to configure and program the desired functions, to save farmer time, facilitate monitoring and avoid failures in the replacement of nutrients in the formula. This project was developed by high school students and teachers from the electrotechnical technical course at the Federal Institute of São Paulo - Tupã campus in the Integrating Project curricular component. In addition to the training and technical development of the students, this work aimed to build an automated prototype for a hydroponic system, aiming of simplifying the planting of *Lactuca sativa* (lettuce) for small producers located in the municipality of Tupã. The prototype developed has been proposed as an automated model of a hydroponic crop that provides a basis for testing the operation of the system created, consisting of timing controls, pumping and nutrient dosing, to determine the best growing conditions for the plants. In addition, the project has high expectations that the automatic circuit will be successful in terms of liquid flow and the supply of vital substances to the plant.

KEYWORDS: Automation; Hydroponics; Crop monitoring.

1 | INTRODUÇÃO

O projeto integrador constitui-se como proposta didática e metodológica institucional, com vistas à contextualização e articulação dos saberes concernentes aos fundamentos científicos e tecnológicos, na perspectiva da formação integral e de aprendizagem permanente. No Instituto Federal de São Paulo, constitui-se como um componente curricular pautado na articulação entre ensino, pesquisa e extensão e na integração entre conhecimentos pertinentes tanto à formação geral quanto à formação específica do curso. Este projeto foi desenvolvido com alunos do ensino médio do curso de eletrotécnica ao

longo do componente curricular Projeto Integrador e defendido no ano de 2023. O projeto escolhido com o tema “Desenvolvimento de automatização de sistema hidropônico para pequenos agricultores”, além de integrar conhecimentos teóricos e práticos, utiliza a multidisciplinaridade permitindo que os alunos compreendam de forma efetiva como os assuntos estão interligados, facilitando o processo de ensino-aprendizagem.

A hidroponia é uma técnica de cultivo sem solo, fornecendo minerais por meio de soluções nutritivas que entram em contato com as raízes das plantas toda vez que é acionado o sistema de irrigação (SOUSA *et al.*, 2022). Segundo Shishido (2021), as técnicas de hidroponia trazem uma melhor qualidade das produções e eficiência de colheita, consequência do crescimento acelerado entregue pelo uso de nutrientes corretos, pois as plantas demandam necessidades e proporções específicas de cada nutriente ao longo de seu ciclo, para um crescimento de qualidade. Desta forma, o sistema da hidroponia permite que as quantidades adequadas de cada nutriente sejam oferecidas. Uma outra vantagem excepcional é que esse tipo de cultivo protege a área de plantação de insetos e fungos que possam contaminar o solo do plantio, sendo desnecessário o uso de agrotóxicos.

A automatização do sistema hidropônico facilita o cultivo para o produtor, pois evita o trabalho manual com acionamentos e checagens presenciais frequentes, otimizando o processo em questões de economia de tempo do cultivador (MARCZEWSKI *et al.*, 2022). Além disso, o processo se torna benéfico pois há melhor qualidade das produções, aceleração do crescimento vegetal, economia de tempo e trabalho, custos menores com fertilizantes e inseticidas, maior produtividade, entre outros (DELFIN *et al.*, 2000).

Tupã é um dos 645 municípios do Estado de São Paulo. De acordo com o IBGE (2022) possui uma população residente de 63.928 pessoas. Sua principal atividade econômica é a agricultura e a indústria. Na área agrícola Tupã apresenta mais de 3.000 propriedades com aproximadamente 6.000 trabalhadores (CAMARA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE TUPÃ, 2024).

Em virtude do apresentado, propõem-se que a problemática a ser solucionada é a melhora da eficiência no processo produtivo, reduzindo a necessidade de supervisão constante, além de aprimorar o controle da administração de nutrientes para o desenvolvimento das plantas.. Assim, o objetivo desse projeto é construir um protótipo automatizado para o sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*), com intuito de facilitar o processo de produção de hortaliças para pequenos agricultores de Tupã e demais regiões.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente, a busca por uma vida mais saudável vem crescendo em todo o mundo, o que leva ao aumento significativo do nível de exigências do consumidor em relação a sua saúde e a qualidade dos alimentos que consome (MENEGAES *et al.*, 2015). Tal padrão

pode ser mais facilmente alcançado a partir da cultura da hidroponia e principalmente pela automatização deste processo, já que traz maior exatidão às demandas de preparação da solução nutritiva, atendendo melhor as necessidades individuais do cultivo de cada tipo de verdura. Além do mais, a hidroponia já propõe uma forma de cultivo mais saudável para diversos tipos de hortaliças, pois não carece de solo e por isso não tem contato com pragas e doenças provenientes do mesmo (BEZERRA NETO & BARRETO, 2000).

O modelo de hidroponia mais comum utilizado em pequenas produções agrícolas é o NFT. Neste sistema as plantas têm suas folhas em contato com o oxigênio e seu sistema radicular sendo nutrido por contato com uma solução de água e nutriente através de fluxo circular contínuo. A solução nutritiva retorna ao reservatório por meio da gravidade, reiniciando o ciclo quando é levada de volta ao sistema por bombeamento do tanque à bandeja de cultivo (DOMINGOS, 2019).

De acordo com Pinho *et al.* (2017), o sistema hidropônico automatizado é proposto como forma de integrar a tecnologia com as produções agrícolas, como modo de facilitar a realização do máximo de tarefas do processo. De tal forma, o circuito controle hidropônico, responsável pelo monitoramento, é composto basicamente por sensores, que tem função de fornecer as informações do ambiente, controladores, realizando as funções e atuadores.

Franchi (2011) definiu 3 etapas necessárias para o sistema de controle da hidroponia: A primeira etapa consiste no cálculo da ação com base no valor medido e sua referência - esta etapa consta em decidir, através de avaliações e cálculos, de que forma serão programados os acionadores para obter as reações desejadas de acordo com as medições. A segunda etapa consiste em manipular a ação das saídas: parte onde são realizadas as programações, de acordo com o que foi decidido na etapa anterior. Finalmente, os elementos atuadores são acionados de forma a corrigir automaticamente as variações observadas, garantindo a correta operação do sistema.

Para que tais etapas possam ser realizadas no presente projeto, foi utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP), responsável por desempenhar a função de controle, uma motobomba para realizar o bombeamento do líquido da hidroponia e um inversor de frequência compatível para o controle da velocidade da motobomba. O próximo passo consiste em selecionar os sensores para realizar verificações necessárias para a correta operação do sistema, sendo eles no presente projeto:

1. Sensor de Condutividade: Este dispositivo serve para coletar os dados de condutibilidade do líquido, que serviram de parâmetro para que as reposições de nutrientes necessárias sejam feitas corretamente e de acordo com a quantidade ideal calculada (BRIÃO *et al.*, 2015);
2. Sensor de Nível: usado para identificar o nível correto da água no recipiente, prevenindo o seu transbordamento ou esgotamento (BANDT NETO, 2023).

Para o estudo do cultivo foi escolhido o alface (*Lactuca sativa L.*) já que é uma hortaliça produzida anualmente, uma das mais populares e consumidas no Brasil e no

mundo, além de apresentar plantio consideravelmente mais simples. (HENZ e SUINAGA, 2009)

3 | CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E RESULTADOS

3.1 Material

A tabela 1 apresenta todos os materiais utilizados na construção do protótipo automatizado para o sistema hidropônico.

Material	Quantidade	Descrição técnica
Base de madeira	1	590mmx355mm; lichada
Cano PVC (bandeja de cultivo)	1	Comprimento de 425mm; Diâmetro de 100mm; com 4 furos de 43mm
Copos plásticos para suporte das plantas	4	Diâmetro superior 44mm; diâmetro inferior 32mm; comprimento 60mm; com furos pequenos no parte inferior para passagem das raízes
Cano ¾"	1	Lichados e conectados com cola de cano e cotovelos.
Estrutura suporte de madeira para bandeja de cultivo	1	605mm de altura; 360mm de base; tinturado; com cortes de encaixe
Estrutura suporte de madeira para reservatório	1	Prateleira em altura 179mm; lichada
Reservatório	1	Recipiente de capacidade 5 litros; com furo inferior para saída de líquido .
Flange	1	Adaptador soldável 25mm x ¾"
Curva para cano	1	Curva compatível com cano 100mm
Tampa para cano	2	Tampa compatível com cano 100mm
Mangueira transparente	1	Comprimento usado 800mm; Diâmetro 32mm
Abraçadeiras para mangueira	2	Inox 1"
Motobomba	1	Schneider BC-91S 0.5 T 60 2/3; Trifásica; 220V; 2,0A
Inversor de frequência	1	Marca WEG; CFW500; Monofásico; 1 CV; 220V; 4,3A
Sensor de Nível	4	1 NA (Naturalmente Aberto) e 3 NF (Naturalmente fechado)
Sensor de Condutividade ou Circuito comparador	1	Montado em protoboard com 3 resistores, 2 jumpers, 1 LED vermelho; 1 Amplificador operacional modelo LM 741.
Régua	1	Régua de 6 tomadas
CLP	1	Marca WEG; Clic 02; CLW-02/20HR-A; Input 12x; Output 8x
Solução nutritiva para hidroponia para folhosas (flex azul e flex vermelho)	2	Dois pacotes de macronutrientes e micronutrientes para produção de folhosas de 1 kg da marca Plantpar

Lâmpada vermelha	1	Sinaleiro Led 22mm 110v/220v de cor vermelha da marca Sibratec
Lâmpada verde	1	Sinaleiro Led 22mm 110v/220v de cor verde da marca Sibratec
Lâmpada amarela	1	Sinaleiro Led 22mm 110v/220v de cor amarela da marca Sibratec
Recipiente de solução concentrada para reposição	1	Recipiente com capacidade de 300ml redondo
Solenóide	1	Válvula de vazão solenoide 12v 1/2

Tabela 1: Material utilizada na construção do protótipo

Fonte: Autores

3.2 Montagem do protótipo

Para criação do protótipo foram utilizados materias de fácil aquisição, como placas de madeira, canos de pvc e mangueiras. Dessa forma, foi possível construção de um protótipo em pequena escala, capaz de simular a operação de um sistema hidropônico completo. Cabe ressaltar que, devido a dimensão da motobomba frente a proporção reduzida do protótipo, foi necessário reduzir consideravelmente a rotação para evitar transbordamento no sistema. Empiricamente, foi determinado que a frequência ideal de 6,5 Hz ajustada no inversor (Figura 1) foi suficiente para produzir um fluxo contínuo de água no sistema.



Figura 1 - Inversor de frequência

Fonte: Captura dos autores

A próxima etapa consistiu em testar o sentido de giro da motobomba. Por ser composta por um motor trifásico de indução, o sentido de giro da motobomba é determinado pela sequencia das fases de alimentação. Desta forma, é preciso realizar um teste prévio de acionamento para verificar se as fases foram corretamente posicionadas, a fim de garantir o sentido correto de fluxo da água. Caso a bomba apresente rotação no sentido contrário

ao desejado, basta inverter duas fases quaisquer para inverter o sentido de rotação. O resultado da configuração da posição dos componentes é ilustrado na Figura 2.



Figura 2 - Localização dos componentes

Fonte: Captura dos autores

No protótipo (Figura 2), o espaço delimitado para o cultivo das plantas consiste no cano de PVC posicionado na parte superior do mesmo, com espaço para até quatro plantas. Ainda, é possível observar que a motobomba está posicionada no ponto mais baixo do sistema. De acordo com Gomes *et al.* (2012), para que o motor do tipo afogado possa mover o líquido, ele deve estar posicionado abaixo do reservatório, podendo assim romper as resistências do caminho e fazer com que o líquido chegue com a vazão ideal. O reservatório construído no projeto está ilustrado na Figura 3.



Figura 3 - Suporte para reservatório

Fonte: Captura dos autores

As ligações do motor foram feitas em formato delta, conforme exibe a Figura 4, que é um tipo de ligação trifásica formando um triângulo (STEEL, 2023).

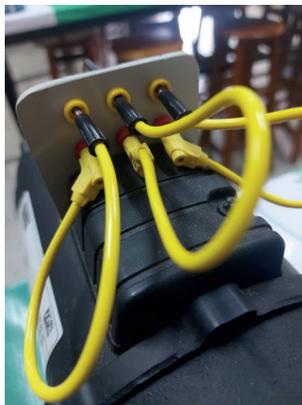


Figura 4 - Ligação do motor em delta

Fonte: Captura dos autores

Acima do reservatório principal foi adicionado um recipiente para armazenamento da solução concentrada usada na reposição dos nutrientes (Figura 5). Junto a ele, foi posta uma válvula solenoide que, de acordo com a programação do CLP, despejará a quantidade necessária de nutriente no sistema.

Também foram adicionadas lâmpadas de aviso ao sistema automático, para que o operador do sistema possa verificar de forma rápida se há necessidade de intervenção humana, como mostra a Figura 6 abaixo.



Figura 5 – Reservatório de solução concentrada junto a solenoide

Fonte: Captura dos autores



Figura 6 – Lâmpadas de aviso

Fonte: Captura dos autores

Após os testes de funcionamento da motobomba e sensores, foi feita a programação do CLP em linguagem *ladder*, que consiste em uma lógica de controle baseada no fundamento de relés, a qual proporciona maior compreensão do desempenho do processo.

Assim, é possível comandar todos os recursos do sistema de cultivo de forma eficiente (BORBA, 2023).

3.3 Sensor de condutividade

Para a construção do sensor de condutividade (Figura 7), foi utilizado um protoboard, resistores, sendo dois de 470 ohms, um de 870 ohm se outro um de 350 ohms, além de um amplificador operacional de modelo LM 741. A princípio, o amplificador operacional exerceu a função de comparador. A condutividade é medida por meio de dois terminais metálicos submersos no líquido da hidroponia. A quantidade de corrente capaz de fluir entre os terminais gera uma diferença de potencial elétrico, proporcional à condutividade do líquido. Essa diferença de potencial é comparada com a referência de tensão estabelecida no amplificador operacional, gerando como saída um valor digital, 0 ou 1, que indica a necessidade ou não de reposição de nutrientes. É importante destacar que o circuito comparador foi calibrado de forma que a falta de nutrientes na água seja identificada como solução não condutora pelo sensor de condutividade.

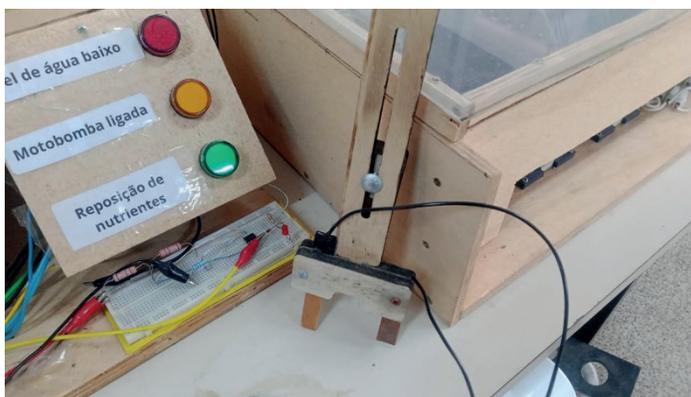


Figura 7 – Circuito do sensor de condutividade quando utilizado em solução condutora.

Fonte: Captura dos autores

Ainda, foram usados um diodo zener, que tem a função de regular a tensão elétrica em um circuito, e um LED, um dispositivo emissor de luz 16 que, no projeto, teve a servidão de sinal de aviso luminoso. Assim, o circuito descrito foi montado da seguinte forma, conforme é exibido da Figura 8.

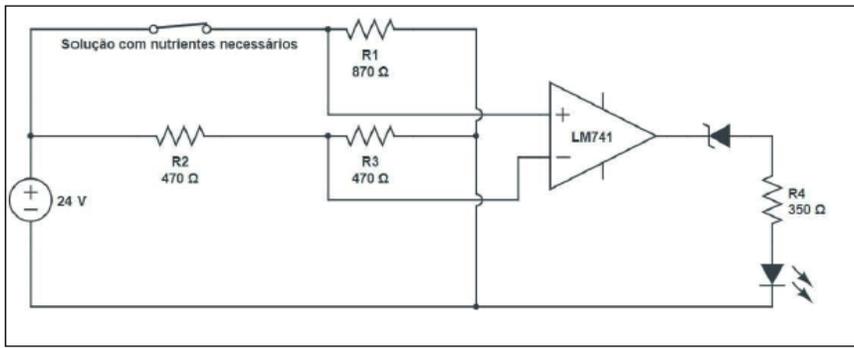


Figura 8 – Circuito do sensor de condutividade quando utilizado em solução condutora.

Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 8 ilustra o sensor de condutividade quando utilizado em uma solução condutora. Nessa situação, pode-se considerar que existe passagem de corrente entre os terminais do sensor, fechando o circuito. Quanto maior a condutividade do líquido, maior o valor de tensão que será lido pelo LM 471. Nos testes com a solução com nutrientes, foi observado um valor em torno de 17 V.

O valor de referência para a comparação no LM 741 é dada pelo arranjo dos resistores R2 e R3. Como R2 e R3 tem valores iguais de resistência, a tensão de referência para comparação será metade da tensão da fonte, ou seja, 12 V. Logo, a tensão proveniente dos terminais do sensor será maior do que a referência, gerando o valor digital 1 na saída do sensor e acendendo o LED.

Analisando da perspectiva de uma situação em que a solução não se encontra com um valor adequado de nutrientes, temos o seguinte circuito comparador, ilustrado pela Figura 9 a seguir.

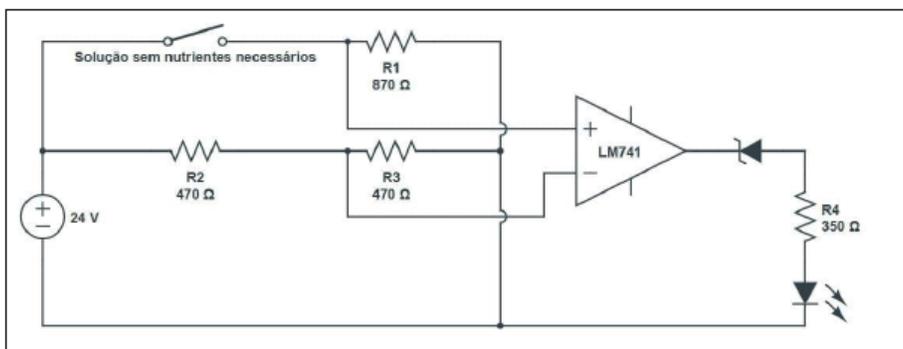


Figura 9 - Circuito do sensor de condutividade quando utilizado em solução não condutora.

Fonte: Elaborado pelos autores

Na situação mostrada, ao contrário da anterior, temos a solução como um líquido incapaz de conduzir eletricidade, assim, é equivalente a uma chave aberta. Desse modo, a tensão elétrica encontrada no ponto positivo do amplificador será menor do que 12 V. Portanto, a saída do sensor será o sinal digital 0, mantendo o LED desligado.

3.4 Programação do CLP

O CLP é responsável por controlar todo o sistema, como o controle do fluxo da água e adição de nutrientes automaticamente. Isso acontece por meio de condições que são lidas pelas entradas do CLP, que por sua vez estão conectadas nos sensores, processadas pelo CLP, e finalmente transformadas em uma ação pela ativação das saídas, entre as quais são a motobomba, as lâmpadas de aviso e a solenoide do sistema de reposição. A seguir se encontra o Quadro 1, listando as saídas e entradas contidas na lógica do projeto e, na sequência, o diagrama de programação em linguagem *ladder*, apresentado na Figura 10.

Entradas	Descrição
I1	Sensor de nível baixo do local de cultivo
I2	Circuito comparador
I3	Sensor de nível baixo do reservatório principal
I4	Sensor de nível alto do reservatório principal (não usado)
I5	Sensor de nível alto do local de cultivo
Saídas	Descrição
Q1	Motobomba
Q2	Lâmpada Vermelha
Q3	Lâmpada Laranja
Q4	Lâmpada Verde
Q5	Solenoide

Quadro 1 - Saídas e entradas do CLP

Fonte: Elaborado pelos autores

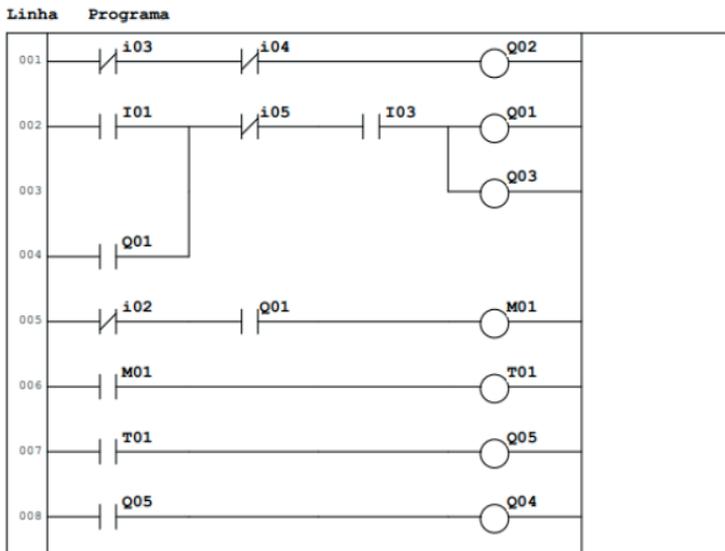


Figura 10 – Diagrama em linguagem ladder

Fonte: Elaborado pelos autores

O funcionamento do diagrama acontece da seguinte maneira: a motobomba é ligada sempre que o sensor de nível baixo do local de cultivo é acionado, já que tal acontecimento indica falta de água. A ação de bombear água só é interrompida quando o sensor de nível alto do local de cultivo é acionado, impedindo assim o transbordamento do suporte hidropônico. Além disso, se o sensor de nível baixo do reservatório principal estiver ativo, a motobomba é vedada de realizar o bombeamento automaticamente, para que a mesma não seja danificada pelo funcionamento a seco. O mesmo sensor também liga uma lâmpada vermelha, que alerta a falta de água, para que avise o pequeno produtor a necessidade de abastecimento. Sempre que o sistema de bombeamento está em funcionamento, uma lâmpada laranja permanece ligada, para indicar o acontecimento de sua operação e que o fluxo do líquido está ocorrendo.

O sensor de condutividade funciona em pulsos de 0, que indica que o circuito comparador não está conduzindo, e 1 quando conduz. A entrada I2 permanece em seu estado natural, e já que é representada por uma chave naturalmente fechada, uma memória é ativada na lógica da programação e assim é iniciado o ciclo de reposição de nutrientes que ativa o temporizador, fechando seu contato após 3 segundos e aciona a solenoide que faz a reposição de nutrientes até o contato ser desenergizado. Juntamente com a solenoide, uma lâmpada verde é ligada, responsável por indicar que a adição de minerais da solução nutritiva está acontecendo, porém a reposição acontece apenas quando o fluxo do fluido da hidroponia é realizado. Desse modo, é possível realizar a mistura da solução durante a reposição, mantendo o líquido uniforme para garantir uma medição mais precisa.

A solenoide só é interrompida quando o circuito comparador indica pulso 1.

3.5 Solução nutritiva

Segundo Luz *et al.* (2006) é crucial para um cultivo hidropônico a escolha da solução nutritiva, precisando ser elaborada em conformidade com a requisição nutritiva da espécie que almeja produzir. No presente trabalho, foi escolhida uma solução nutritiva específica para a produção de folhosos. Esse produto é dividido em duas embalagens, contendo os micronutrientes e macro-nutrientes, apresentados nos Quadros 2 e 3.

Flex Vermelho:

Garantias (%)			
N sol. em água	8	Mn sol. em água	0,04
P ₂ O ₅ sol. em água	8	Cu sol. em água	0,03
K ₂ O sol. em água	30	Zn sol. em água	0,019
S sol. em água	3	Mo sol. em água	0,009
Mg sol. em água	1	Ni sol. em água	0,006
Fe sol. em água	0,14	Co sol. em água	0,002
B sol. em água	0,04		

Quadro 2 – Componentes embalagem 1

Fonte: Plantpar

Flex Azul:

Garantias	
N total	10%
Ca total	15%
Mg sol. em água	2%

Quadro 3 – Componentes embalagem 2

Fonte: Plantpar

Estabelecidos os nutrientes, foram avaliadas as possibilidades de como seriam feitas as medições da solução preparada, e de acordo com estudos de Verdonck *et al.*, (1981), é comum a verificação do teor de nutrientes em soluções nutritivas através de sua condutividade elétrica, de maneira indireta. Seguindo as instruções do fabricante presentes no rótulo das embalagens, foram preparados 10 litros de solução nutritiva, com concentração de aproximadamente 429 mg/L dos macro e micronutrientes contidos em cada um dos pacotes, já no reservatório de reposição, alterando as proporções dos ingredientes, foi preparada uma solução de 3600 mg/L dos constituintes dos embrulhos, formando uma solução nutritiva intensamente concentrada.

4 | CONCLUSÃO

Um sistema automatizado para hidroponia visa o aumento da produtividade e a redução do tempo de trabalho realizado pelo produtor. No presente projeto foi possível, através da tecnologia, construir um protótipo automatizado para o sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*), facilitando o processo de cultivo de hortaliças, trazendo maior exatidão às demandas de preparação da solução nutritiva, e atendendo melhor as necessidades do cultivo de verduras.

Como pesquisas futuras, é necessário o aprimoramento do projeto para resolver a verificação do pH de maneira automática, já que o ajuste da acidez do líquido é extremamente importante para um crescimento saudável dos vegetais. Também se torna benéfico ao cultivo, a implementação de um sistema de aeração da água, revisão e regulação de temperatura.

REFERÊNCIAS

BANDT NETO, Martin. **Retrofitting em um sistema de teste de infiltração de água em veículos**. 2023. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BEZERRA NETO, E. & BARRETO, L.P. **Técnicas de cultivo hidropônico**. Recife. UFRPE 2000.

BORBA, Mariana Venquiariuti. **Projeto e simulação da automação por linguagem ladder de máquinas injetoras de plástico**. 2023. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2023.

BRIÃO, F. dos S. **Monitoramento de um cultivo hidropônico através de um circuito de automação e controle**. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 105–116, 2015. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/2644>. Acesso em: 11 set. 2023.

CAMARA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE TUPÃ. **Aspectos Gerais**, 2024. Disponível em: <https://www.camaratupa.sp.gov.br/Pagina/Listar/345>. Acesso em 19. set. 2024.

DELFIN, Alfredo Rodriguez, **Advances of hydroponics in latin america**, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283869323_Advances_of_hydroponics_in_Latin_America. Acesso em: 26 abr. 2023.

DOMINGOS, Alline Silva. **Sistema de monitoramento de cultivo hidropônico**. 2019. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Telecomunicações, Instituto Federal de Santa Catarina, São José, 2019. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/f/fb/Projeto_de_TCC_Alline_Silva_Domingos.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.

FRANCHI, C. M. **Controle de processos industriais: princípios e aplicações**. São Paulo: Érica, 2011.

GOMES, H. P; CARVALHO, P. S. **Manual de sistemas de bombeamento: eficiência energética**. João Pessoa: Editora universitária - UFPB, 2012.

HENZ, G. P.e SUINAGA, F. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Embrapa: Comunicado Técnico 75. ISSN 1414-9850 Brasília, DF, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>. Acesso em 19.set.2024

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Cidades e Estados: Tupã**, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/tupa.html>. Acesso em 19 set 2024.

LUZ, José Magno Q *et al.* **Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício**. Horticultura Brasileira, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 1-6, ago. 2006.

MARCZEWSKI, Vanessa *et al.* **Desenvolvimento de um sistema de cultivo hidropônico com monitoramento automatizado para análise de cultivares**. XII Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica, Cerro Largo, v. 1, n. 12, p. 1-5, set. 2022.

MARTINEZ,H.E.P.;SILVA FILHO,J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3.ed. Viçosa, Editora UFV, 2006. 111p.

MENEGAES, Janine Farias; *et. al.* **Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico**. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 102-108, set-dez. 2015.

PINHO, A. S. *et al.* **Sistema de irrigação automatizado para uso em pequenas propriedades rurais**. In: Encontro Competências Digitais para agricultura familiar, 4., 2017, Tupã, Presidente Prudente, Belém. Anais eletrônicos... Tupã: CoDAF, 2017. p. Disponível em: <https://dadosabertos.info/events/ecodaf/ivecodaf.pdf#page=90>. Acesso em: 27 mar. 2023.

RIVERA, E.; SÁNCHEZ, M.; DOMÍNGUEZ, H. pH como factor de crecimiento en plantas. **Revista de Iniciación Científica**, v. 4, p. 101-105, 23 jun. 2018.

SHISHIDO. **Sistema de monitoramento e inserção automática de nutrientes em horta hidropônica de alface em sistemas NFT**. 2023. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021.

SOUSA, Allan Charlles Mendes de *et al.* **Mesa hidropônica automatizada e possibilidades de uso do equipamento como instrumento de ensino em cursos técnicos integrados de nível médio**. Revista Foco, Curitiba, v. 15, n. 308, p. 3-3, 25 jan. 2022. Disponível em <https://focopublicacoes.com.br/foco/article/view/308/333>. Acesso em: 16 mar. 2023.

SOUZA, Allef Silva *et al.* **Horta hidropônica automatizada por microcontrolador**. 2023. 4 f. TCC (Graduação) - Curso de Informática, 1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Jequié, 2016.

STEEL, Trafo. **Sistema Delta e Estrela**. Disponível em: <https://trafosteel.ind.br/blog/engenharia/sistema-delta-e-estrela/>. Acesso em: 18 set. 2023.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. **The influence of the substrate to plant growth**. Acta Horticulturae, Wageningen, v. 126, p. 251-258, 1981.