

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC JARAGUÁ
Técnico em Eletrotécnica**

**Claudinei de Jesus Silva
Daniele dos Santos Lima
Egmar Oliveira Fernandes
Kainã Silva Matos
Rhariel Mateus Barboza da Silva
William Souza Castro**

HIDROPOTEC - Estufa Hidropônica

**SÃO PAULO - SP
2025**

**Claudinei De Jesus Silva
Daniele Dos Santos Lima
Egmar Oliveira Fernandes
Kainã Silva Matos
Rhariel Mateus Barboza Da Silva
William Souza Castro**

HIDROPOTEC - Estufa Hidropônica

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao curso de Ensino técnico e
qualificação em Eletrotécnica do Centro
Paula Souza no estado de São Paulo, para
apresentação à banca avaliadora, como
exigência para obtenção de certificação de
Técnico em Eletrotécnica, sob a orientação
da Professora Juliana Da Silva Benatti

**SÃO PAULO - SP
2025**

FOLHA DE APROVAÇÃO

JESUS SILVA, CLAUDINEI; DOS SANTOS LIMA, DANIELE; OLIVEIRA FERNANDES, EGMAR; SILVA MATOS, KAINÃ; MATEUS BARBOSA DA SILVA, RHARIEL; SOUZA CASTRO, WILLIAM. **HIDROPOTEC** - Estufa Hidropônica; 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso do Ensino Técnico do Centro Paula Souza no estado de São Paulo no ano de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Professores Orientadores (Presidentes da banca)

Professor convidado (Titular 1)

Professor Convidado (Titular 2)

DEDICATÓRIA

Dedicamos este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), em primeiro lugar, às nossas famílias, que estiveram ao nosso lado ao longo da nossa jornada acadêmica na ETEC Jaraguá, e também aos nossos professores e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, em primeiro lugar, que nos garantiu tudo o que foi necessário. Também ao corpo docente da ETEC Jaraguá, que orientou, acompanhou e cedeu seu tempo e conhecimento para garantir a formação de novos técnicos.

Aos familiares e aos companheiros de grupo, pela dedicação e paciência, por persistirem conosco neste projeto que, com o passar dos dias, trouxe aprendizados, conflitos e crescimento.

RESUMO

A produção de alimentos tem crescido nas últimas décadas devido a inovações tecnológicas, mecanização, uso de fertilizantes, irrigação e sementes mais produtivas. Entre as novas técnicas de cultivo, destaca-se a hidroponia, que permite o cultivo de plantas sem solo, utilizando soluções nutritivas ricas em minerais. Esse sistema oferece maior controle sobre os nutrientes, pH e oxigenação da água, resultando em plantas mais saudáveis, uniformes e com crescimento acelerado. Além disso, por não haver contato com o solo, os cultivos hidropônicos apresentam menor incidência de pragas e doenças, reduzindo o uso de agrotóxicos e melhorando a qualidade dos alimentos. Os produtos resultantes costumam ter melhor aparência, sabor e valor nutricional, sendo valorizados comercialmente. No contexto da Eletrotécnica, a hidroponia envolve o uso de diversos sistemas automatizados e equipamentos elétricos que garantem o funcionamento adequado da estrutura. Entre eles, destacam-se o exaustor, responsável por remover o ar quente e úmido da estufa, e o cooler, que promove a circulação de ar, auxiliando na transpiração das plantas. O sistema de iluminação artificial, acionado conforme a necessidade, complementa a luz natural, permitindo o cultivo em ambientes com baixa luminosidade. Já o Sistema de Cultivo NFT (Nutrient Film Technique) depende de componentes eletromecânicos, como bombas e temporizadores elétricos, que asseguram a circulação contínua da solução nutritiva. Por ser um sistema fechado, a hidroponia minimiza o desperdício de água e evita a contaminação do solo, além de permitir o cultivo contínuo ao longo do ano, independentemente das condições climáticas. A integração de sistemas elétricos nesse processo evidencia a relevância da Eletrotécnica na modernização e eficiência da agricultura controlada.

Palavras-chave: Hidroponia 1; Eletrotécnica 2; Automação 3; Solução Nutritiva 4; Cultivo controlado 5; Sistemas elétricos 6; Estufa 7.

ABSTRACT

Food production has increased in recent decades due to technological innovations, mechanization, the use of fertilizers, irrigation, and more productive seeds. Among the new cultivation techniques, hydroponics stands out for allowing plants to grow without soil, using mineral-rich nutrient solutions. This system provides greater control over nutrients, pH, and water oxygenation, resulting in healthier, more uniform plants with accelerated growth. Additionally, because there is no contact with soil, hydroponic crops show a lower incidence of pests and diseases, reducing the need for pesticides and improving food quality. The resulting products usually have better appearance, taste, and nutritional value, making them commercially attractive. In the context of Electrical Engineering, hydroponics involves the use of various automated systems and electrical equipment that ensure the proper operation of the structure. Among them are the exhaust fan, responsible for removing hot and humid air from the greenhouse, and the cooler, which promotes air circulation and assists in plant transpiration. The artificial lighting system, activated as needed, complements natural light, allowing cultivation in low-light environments. The NFT (Nutrient Film Technique) cultivation system relies on electromechanical components such as pumps and electric timers to ensure the continuous circulation of the nutrient solution. Being a closed system, hydroponics minimizes water waste and prevents soil contamination, while allowing year-round cultivation regardless of weather conditions. The integration of electrical systems in this process highlights the importance of Electrical Engineering in the modernization and efficiency of controlled agriculture.

Keywords: Hydroponics 1; Electrical Engineering 2; Automation 3; Nutrient Solution 4; Controlled Cultivation 5; Electrical Systems 6; Greenhouse 7.

Lista de Siglas

Descrição	Siglas
Ampére - corrente	A
Centro Paula Souza	CPS
Condutividade Elétrica	EC
Corrente elétrica	I
Diodo Emissor de Luz	LED
Dispositivo de Proteção contra Surtos	DPS
Litro	L
Metro	m
Metro cúbico	m ³
Metro quadrado	m ²
Milímetro	mm
Nutrient Film Technique	NFT
Policloreto de Vinila	PVC
Potencial hidrogeniônico	pH
Resistência elétrica	R
Tomada de Uso Geral	TUG
Trabalho de Conclusão de Curso	TCC
Volts - tensão	V
Watt	W

ÍNDICE DE FIGURAS

IMAGEM	PÁGINA
Figura 1 - Esboço da HIDROPOTEC	11
Figura 2 - Ilustração do sistema NFT	12
Figura 3 - Ilustração do sistema Gotejamento	13
Figura 4 - Indicador de economia de água	16
Figura 5 - Sensores de temperatura e umidade	25
Figura 6 - Fitas indicadoras de pH	26
Figura 7 - Condutivímetro (EC - Meter)	27
Figura 8 - Multímetro	28
Figura 9 - Arduíno UNO	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1.1 OBJETIVO.....	10
1.1.2 ESTRUTURA.....	11
1.1.3 SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO.....	12
1.1.4 ELÉTRICA / ELETTRÔNICA.....	13
1.1.5 APLICAÇÃO.....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA DA DELIMITAÇÃO.....	15
1.3.1. JUSTIFICATIVA.....	15
1.4 HIPÓTESES.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 FUNDAMENTOS DE ELETROTÉCNICA.....	17
2.2 CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	18
2.3 POTÊNCIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	18
2.4 SEGURANÇA ELÉTRICA.....	19
2.5 CONCEITOS ELETROTÉCNICOS EM SISTEMAS DE HIDROPONIA....	19
3. METODOLOGIA.....	20
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	20
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.3 MATERIAIS.....	22
3.4 PROCEDIMENTOS.....	24
3.5 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS.....	24
3.6 ANÁLISE DE DADOS.....	27
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e a crescente demanda por alimentos saudáveis e de qualidade, torna-se necessário buscar alternativas sustentáveis e eficientes de produção agrícola. Os métodos convencionais de cultivo representam um desafio, especialmente para pequenos produtores, seja na cidade ou no campo, pois podem sofrer com escassez de água, perda de qualidade do solo por desgaste, uso excessivo de agrotóxicos, falta de espaço e condições climáticas adversas.

A hidroponia surge como uma solução, permitindo o cultivo de plantas sem solo (usando técnicas específicas) por meio de soluções nutritivas que garantem maior eficiência no processo, reaproveitam a água e reduzem a necessidade de agrotóxicos.

O espaço é outro ponto importante quando se pensa em pequenos ambientes, realidade de boa parte das pessoas, especialmente nas grandes cidades, onde a verticalização e a redução dos imóveis seguem em ritmo acelerado.

Para que uma estufa hidropônica funcione de maneira automatizada, é indispensável o uso da energia elétrica, responsável por movimentar bombas, controlar a irrigação, manter a temperatura e as condições de ventilação dentro da estufa, oxigenar a água e garantir a automação dos processos. É justamente nesse ponto que a eletrotécnica entra como aliada estratégica, fornecendo as bases para um sistema seguro e confiável, apresentando conceitos elétricos que viabilizam e otimizam a produção agrícola em ambientes controlados, além de expor os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

1.1.1 OBJETIVO

Desenvolver uma estufa hidropônica para o cultivo de um tipo de hortaliça – a alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*) – a partir dos conhecimentos adquiridos no curso de eletrotécnica, aplicando conceitos obtidos em disciplinas como circuitos

elétricos, comandos elétricos, eficiência energética, entre outras, que são disciplinas presentes na carga horária do curso do Centro Paula Souza (CPS), ministradas pelos professores.

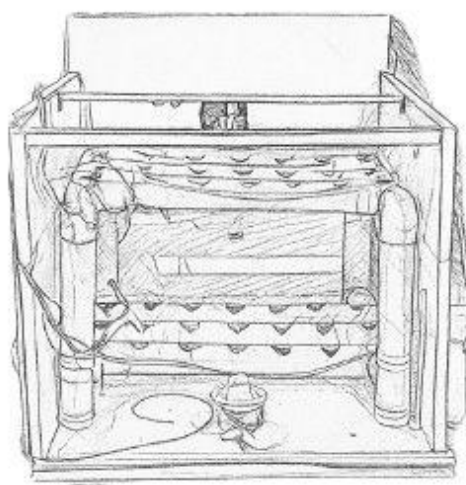
1.1.2 ESTRUTURA

Foi construída uma estrutura sólida utilizando placas divisórias, unidas pelas extremidades e semelhante a uma caixa, medindo 1,20 m de largura, 1,20 m de comprimento e 0,90 m de altura, totalizando 1,44 m² de área de base e 1,30 m³ de volume interno. A abertura da estrutura dá-se por uma porta corrediça e uma cobertura de plástico PVC transparente faz a vedação superior. Instaladas na estrutura, estão as canaletas (tubos de cultivo) construídas a partir de tubos de PVC de 100 mm, formando dois pavimentos: superior e inferior.

Foram feitas perfurações nos tubos de PVC para acomodar as mudas. Sobre as canaletas foram posicionadas mangueiras de ½ polegada, por onde passa a solução nutritiva para o gotejamento nas raízes das mudas.

O painel de distribuição, onde estão todos os componentes elétricos e eletrônicos – como disjuntores, Arduino, relés e fontes – fica preso à estrutura externa, assim como o reservatório de água e o filtro.

Figura 1 - Esboço da HIDROPOTEC



Fonte: Autores

Sempre que possível, buscou-se utilizar materiais reaproveitados e de baixo custo, visando ao desenvolvimento do projeto de forma consciente e ambientalmente responsável.

"A Terra oferece o suficiente para satisfazer as necessidades de todos, mas não a ganância de cada um."

Mahatma Gandhi

1.1.3 SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO

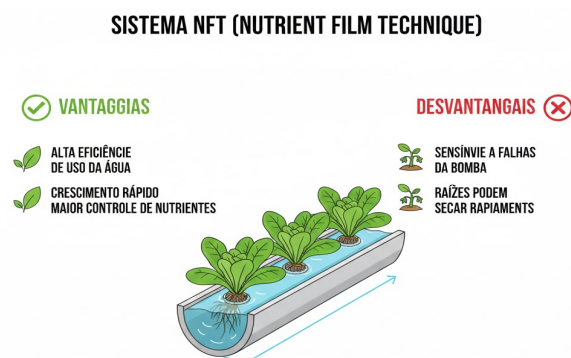
Implementou-se um sistema de cultivo hidropônico híbrido, combinando duas formas de cultivo: NFT (Nutrient Film Technique) e irrigação por gotejamento.

Utilizando tubos de PVC, reservatório com solução nutritiva e bomba submersa com sistema de aerador, garante-se a circulação eficiente dos nutrientes no sistema NFT. Com o sistema de irrigação por gotejamento, utiliza-se a mangueira para irrigar gota a gota as raízes.

A seguir, estão algumas das principais características dos dois sistemas:

NFT: alta eficiência de uso de água, crescimento rápido, mas sensível a falhas da bomba (as raízes podem secar rapidamente).

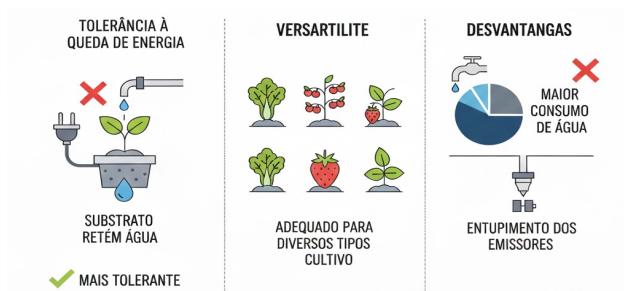
Figura 2 - Ilustração NFT



Fonte: Gemini

Gotejamento: mais tolerante a quedas de energia (o fluxo para, mas o substrato retém água), adequado para diferentes tipos de cultivo, porém pode gerar maior consumo de água e entupimentos nos emissores.

Figura 3 - Ilustração Irrigação Gotejamento



Fonte: Gemini

Conforme Fernandes (2021, p. 78-79), “NFT: alta eficiência de uso de água, crescimento rápido, mas sensível a falhas de bomba (as raízes podem secar rapidamente). Gotejamento: mais tolerante a quedas de energia (o fluxo para, mas o substrato retém água), adequado para diferentes tipos de cultivo, porém pode gerar maior consumo de água e entupimentos nos emissores.”

Conforme Silva (2020, p. 45-48), “no sistema de gotejamento as plantas são irrigadas gota a gota... não se deve usar serragem, pois ela pode alterar o pH da solução, exigindo muitas correções.”

Todo o projeto foi feito priorizando o baixo consumo de água e energia, com foco na sustentabilidade e no aproveitamento racional dos recursos, sejam eles naturais ou ferramentas e equipamentos.

1.1.4 ELÉTRICA / ELETRÔNICA

O sistema elétrico do protótipo (estufa) foi projetado e instalado contemplando o dimensionamento dos componentes, a automação dos acionamentos da bomba, sensores, iluminação artificial e ventilação (coolers e exaustores), a

fim de garantir segurança e condições adequadas para o desenvolvimento das mudas.

Embora as correntes do sistema sejam baixas, os cabos utilizados foram de 1,5 mm², para evitar maiores investimentos, uma vez que esses cabos foram obtidos a custo zero. Foram usados 40 m de cabos para alimentar os componentes; para os comandos, foi usado 0,5 m de cabo de 0,75 mm²; e para ligar o Arduino, 0,4 m de cabo com seção de 0,3 mm².

Para proteção de todo o sistema, disjuntores e fusíveis foram dimensionados e instalados dentro do painel de distribuição. Há um disjuntor geral, alimentado por 127 V, um DPS e mais sete disjuntores ligados a:

- Irrigação / bomba de água – 127 V – 35 W – 0,367 A;
- Aquecedor (lâmpada incandescente) – 127 V – 25 W – 0,20 A;
- Lâmpadas especiais – 127 V – 18 W – 0,236 A;
- Compressor de ar – 127 V – 2 W – 0,026 A;
- Fonte para alimentação dos relés – 127 V – 18,75 W – 0,246 A;
- Fonte para alimentação do Arduino – 127 V – 22,5 W – 0,295 A;
- Arduino microcontrolador – 12 V – 0,6 W – 0,055 A.

1.1.5 APLICAÇÃO

Testar e avaliar o desempenho do sistema em funcionamento, verificando a uniformidade do cultivo, o consumo de energia, o reaproveitamento da solução nutritiva e a viabilidade da estrutura como alternativa de produção doméstica.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa limitou-se a desenvolver e avaliar um protótipo de estufa hidropônica com sistemas NFT e gotejamento, que utilizou sistemas de controle de temperatura, umidade e iluminação através de um Arduino, baseados em conceitos de eletrotécnica, para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*) em ambiente controlado, no período de junho a novembro de 2025, na cidade de São Paulo/SP.

1.3 JUSTIFICATIVA DA DELIMITAÇÃO

A pesquisa foi delimitada à utilização de um sistema interligado que envolve os controles de temperatura, umidade e iluminação, pois são fundamentais para o funcionamento eficiente de estufas hidropônicas, e à aplicação de conceitos obtidos durante o curso, como o dimensionamento das cargas e suas respectivas proteções, seja através de disjuntores ou fusíveis, conhecimentos fundamentais para melhorar a eficiência, segurança e produtividade do sistema.

A escolha da alface deu-se pelo tempo de cultivo e a baixa complexidade, considerando a “obrigatoriedade” de apresentar algo concreto cultivado neste período. Suas sementes são baratas e fáceis de encontrar; sua manutenção é simples, o que favorece o contexto do projeto – pouco tempo, poucos recursos e inexperiência no cultivo – focando na aplicação dos conceitos eletrotécnicos.

1.3.1. JUSTIFICATIVA

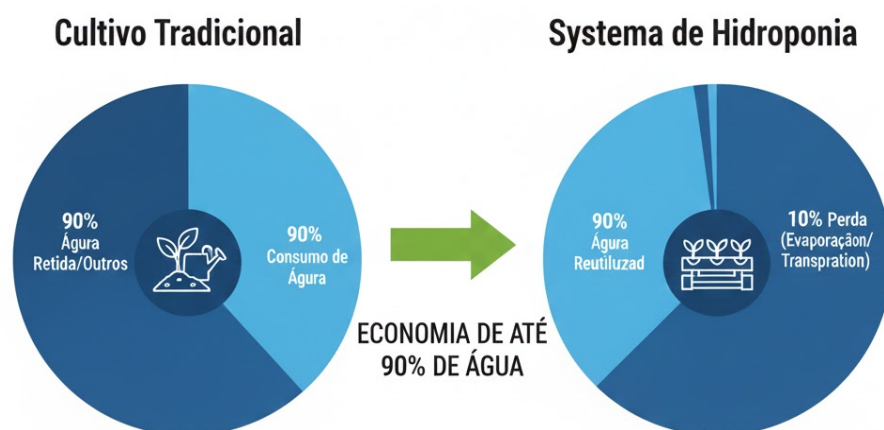
Este projeto possibilitou a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo da formação, integrando teoria e prática em um sistema real de produção. Além disso, fomenta o desenvolvimento de soluções técnicas voltadas à sustentabilidade, contribuindo para a formação de profissionais mais preparados para os desafios do mercado de trabalho. Também oferece ao público – e a todos

que tiverem acesso a este material – uma visão clara das possibilidades e aplicações da hidroponia como tecnologia agrícola eficiente, moderna e acessível.

1.4 HIPÓTESES

- A utilização de um sistema de controle de temperatura em uma estufa hidropônica aumenta a produtividade da muda em comparação com um sistema sem o mesmo controle.
- A hidroponia costuma consumir bem menos água que a agricultura em solo e, na prática, pode usar até 90 % menos água do que a agricultura tradicional em solo (MARTINS, 2022). Um exemplo real é dado por um projeto hidropônico no Rio Grande do Norte, onde a cultura consome 20 vezes menos água que o cultivo convencional de alface, graças ao reuso contínuo da solução nutritiva (SILVA et al., 2023).

Figura 4 - Relação entre sistemas



Fonte: Gemini

- Apesar de a técnica basear-se em água, o sistema é fechado e recirculante (na maioria dos casos), o que significa que a água é reutilizada diversas vezes. Perdas ocorrem apenas por evaporação ou transpiração das plantas; (SANTOS, 2021, p. 12).

- Pode-se dizer, em suma, que a hidroponia está apoiada em três pilares: luz, temperatura e água (especialmente a água); solução nutritiva em condições ideais de pH e CE (condutividade elétrica); e monitoramento;
- A aplicação de conceitos de eletrotécnica no desenvolvimento de uma estufa hidropônica pode reduzir o consumo de energia elétrica (considerando a aplicação de componentes dimensionados e adequados para o protótipo), favorecer a economia de água (através da automatização dos componentes) e elevar a produtividade e qualidade (através de condições obtidas pela automação).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento dos circuitos elétricos necessários e para o bom e seguro funcionamento da estufa hidropônica, foram considerados conceitos fundamentais da eletrotécnica, como a Primeira Lei de Ohm e as Leis de Kirchhoff. De forma implícita, também foram utilizadas as leis de Faraday, Lenz, Joule, entre outras, que balizaram os estudos e as aplicações no que diz respeito à eletricidade.

2.1 FUNDAMENTOS DE ELETROTÉCNICA

A Lei de Ohm, utilizada para entender e calcular a corrente elétrica necessária para alimentar os componentes do sistema, garantiu que os dispositivos fossem dimensionados corretamente e funcionassem de forma segura. A Lei de Ohm é expressa pela equação

$$I = \frac{V}{R}$$

onde I é a corrente elétrica, V é a tensão e R é a resistência.

Já a Lei de Kirchhoff estabelece que a soma das tensões em um circuito fechado é igual a zero. Essa propriedade foi importante para garantir que o sistema elétrico fosse projetado de forma segura e eficiente. A Lei de Kirchhoff foi aplicada assegurando que as tensões nos diferentes componentes do sistema fossem compatíveis e não causasse problemas de funcionamento nem de segurança.

"A corrente elétrica que flui através de um condutor é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência do condutor."

*BOYLESTAD, R. L. Física: eletromagnetismo.
São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.*

2.2 CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Além disso, foram considerados conceitos de circuitos elétricos, importantes para entender o comportamento de circuitos em paralelo e em série. Esses conceitos são fundamentais para o projeto de sistemas de controle e automação do protótipo.

2.3 POTÊNCIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A potência elétrica foi calculada para determinar a capacidade necessária dos componentes do sistema, garantindo que eles funcionem de forma segura e eficiente. A potência nominal total calculada é de aproximadamente 121,85 W, enquanto a corrente nominal prevista é de 1,058 A.

A eficiência energética também foi considerada, visando minimizar o consumo de energia do sistema e viabilizar sua construção.

2.4 SEGURANÇA ELÉTRICA

A segurança elétrica foi um aspecto fundamental no projeto do protótipo, garantindo que o sistema fosse projetado e construído de forma segura e protegido contra sobrecargas e curtos-circuitos. Isso incluiu a seleção de componentes adequados e a implementação de dispositivos de proteção, como DPS e disjuntores, além do dimensionamento adequado.

2.5 CONCEITOS ELETROTÉCNICOS EM SISTEMAS DE HIDROPONIA

Conceitos eletrotécnicos, como os citados anteriormente, foram aplicados no projeto do sistema de irrigação, iluminação, controle de temperatura e umidade do protótipo da estufa. A aplicação desses conceitos permitiu garantir que o sistema fosse projetado e construído de forma segura e eficiente, minimizando os riscos de falhas e melhorando a produtividade.

Como mencionado, os controles de temperatura, umidade e iluminação são indispensáveis em uma estufa hidropônica quando a ideia é otimizar recursos, em especial tempo e água.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do projeto de hidroponia, incluindo alguns pontos de automação, controle de temperatura e umidade, dispositivos de proteção e a confecção em geral.

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa realizada neste TCC é de natureza aplicada, pois visou desenvolver um sistema de hidroponia com automação de controle de temperatura, umidade e iluminação para melhorar a produtividade e reduzir os custos.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os principais materiais utilizados neste projeto foram:

- Placas divisórias para a estrutura da estufa; unidas pelas extremidades, formando uma caixa de 1,20 m de largura, 1,20 m de comprimento e 0,90 m de altura, totalizando 1,44 m² de área de base e 1,30 m³ de volume interno. Inicialmente foram usadas placas acrílicas transparentes e, posteriormente, placas de PVC branco.
- Tubos de PVC de 100 mm para as canaletas. Os tubos foram perfurados para acomodar as mudas, de modo que a parte superior ficasse exposta à luz e a raiz recebesse a solução nutritiva. Foram conectados por meio de conexões tipo “T” e 90°, formando dois pavimentos (inferior e superior).
- Sensores de nível, temperatura e umidade, ligados a um Arduino Uno e devidamente alimentados. O sensor de nível está posicionado junto ao reservatório, do lado externo da estrutura; os sensores de temperatura e

umidade, dentro da estufa, garantem as condições ideais para o desenvolvimento das mudas.

- Controladores de temperatura e umidade. O controle de temperatura é feito por um cooler instalado no centro da estrutura e por uma lâmpada que fornece aquecimento. Sempre que os sensores detectam temperatura fora da faixa estabelecida (18 °C a 24 °C), o Arduino aciona a correção.
- Bomba de irrigação, alimentada por uma fonte secundária de 5 V, garante a circulação da solução nutritiva de forma eficaz e controlada, evitando desperdícios. As perdas de água – se não houver vazamentos – ocorrem apenas por evaporação (minimizada pelo controle de temperatura) e/ou transpiração das plantas. No sistema NFT, a solução nutritiva não pode ficar parada, pois isso pode causar rápido ressecamento das raízes e comprometer o desenvolvimento das mudas.
- Sistema de automação com Arduino. O Arduino Uno gerencia a ventilação, a exaustão, a temperatura interna (mantendo-a entre 18 °C e 25 °C) e a irrigação, proporcionando às plantas a quantidade adequada de nutrientes.
- O painel de comandos, posicionado externamente à estufa, contém os elementos responsáveis pela alimentação e automação do sistema. Dele partem mais de quarenta metros de cabos de diferentes seções, que interligam todo o sistema.
- Controle de pH, realizado manualmente por meio de fitas indicadoras e intervenções, caso necessário.

Métodos utilizados

1. Desenvolvimento do sistema de hidroponia com automação, controle de temperatura, nível, umidade e pH (por fitas indicadoras).
2. Testes e avaliação do funcionamento dos componentes do sistema, tanto individualmente quanto em conjunto.

3.3 MATERIAIS

TABELA DE MATERIAIS				
ÍTEM	NOME	DESCRIÇÃO	QTD	VALOR (R\$)
1	ANEL DE VEDAÇÃO	100mm	18	80,00
2	BOMBA	0,28A	1	89,00
3	BORN			36,00
4	CABO AZUL	2,5mm ²	10m	66,47
5	CABO PRETO	2,5mm ²	10m	66,47
6	CABO VERDE	2,5mm ²	1m	66,47
7	CANALETA	¾ POL	2m	208,00
8	CAPS	100mm	4	20,40
9	COMPRESSOR DE AR	127V	1	69,00
10	CONEXÃO "T"	100mm	14	142,40
11	CONEXÃO 90°	100mm	4	16,00
12	COOLER	0,22A	1	41,99
13	DISJUNTOR	MONOPOLAR	5	55,00
14	DISJUNTOR	BIPOlar	1	40,88
15	DPS		1	34,00
16	LED GROW	5V	1	49,00
17	FILTRO		1	119,90
18	FONTE	127V	1	47,89
19	FONTE	5V	1	111,00
20	LÂMPADA LED	5W	1	3,00
21	LINK DJ		1	89,99

TABELA DE MATERIAIS				
22	MANGUEIRA	½ POL	7m	89,99
23	FITA MEDIDORA DE pH	FITA	1	27,00
24	PARAFUSO BROCANTE		200	50,00
25	PEDRA DIFUSORA		1	29,00
26	PLACA	1,2m X 0,9m	4	596,00
27	PLACA ARDUINO	UNO	1	75,00
28	PLACA PVC	1,2m X 1,2m	1	150,00
29	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	30X55	1	179,00
30	RELÉ	5V	5	39,00
31	RESERVATÓRIO	18L	1	23,70
32	RESERVATÓRIO	3,6L	1	10,00
33	SENSOR DE NÍVEL	5V	1	14,40
34	SENSOR DE TEMPERATURA	5V	1	49,00
35	SENSOR DE UMIDADE	5V	1	43,00
36	SOLUÇÃO NUTRITIVA	5KG	1	186,00
37	TEMPORIZADOR	127V	1	108,00
38	TRILHO CORREDIÇO	50cm	2	116,90
39	TUBOS PVC	100mm	8m	186,00
40	TUG	10A	3	15,00
41	VINIL TRANSPARENTE		5,2m²	116,90

3.4 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos adotados incluem testes que foram realizados paulatinamente, à medida que os materiais eram adquiridos e preparados. Revisões bibliográficas sobre hidroponia, automação e conceitos elétricos foram feitas em diversos momentos, resgatando e ratificando conhecimentos adquiridos ao longo de quase 18 meses.

É importante salientar que, durante as etapas de construção, foram feitas alterações com base nas revisões realizadas. O sistema de proteção (disjuntores) recebeu fusíveis adicionais para aumentar os níveis de proteção do sistema.

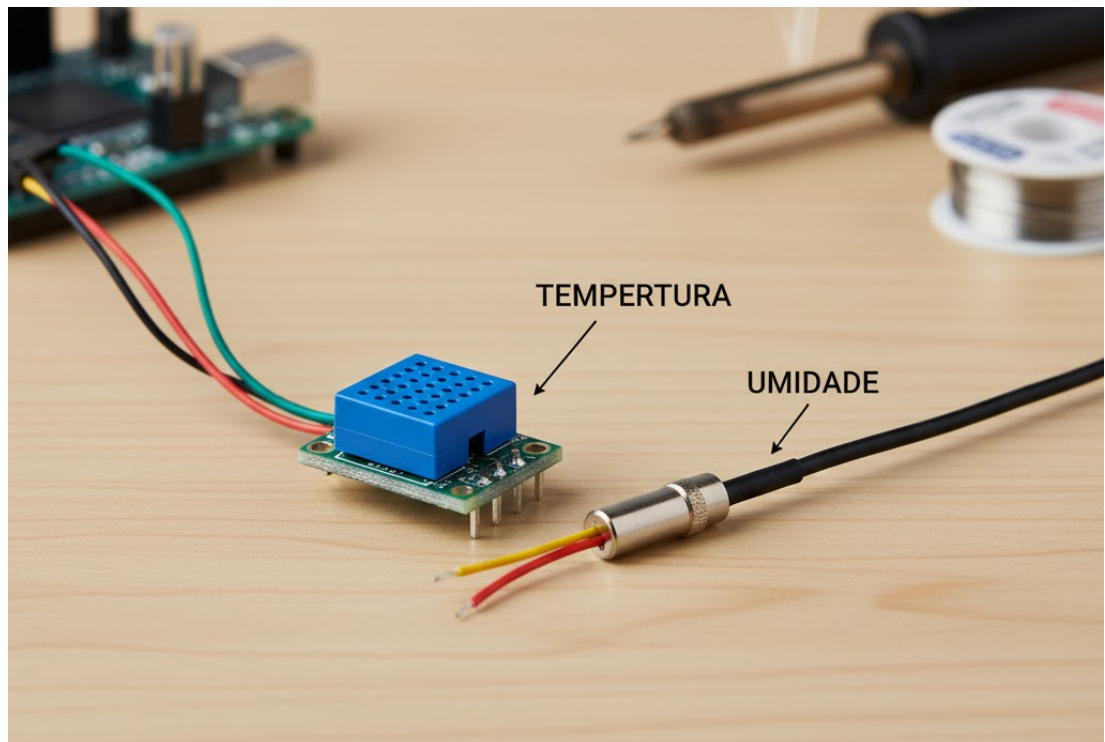
Testes e avaliações dos equipamentos foram necessários, considerando que alguns itens são reutilizados e, como mencionado, o protótipo foi construído em etapas.

3.5 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS

Os instrumentos de coleta de dados utilizados neste projeto incluem:

- Sensores de temperatura e umidade;

Figura 5 - Sensores de temperatura e umidade



Fonte: Gemini

- Fitas indicadoras de pH;

Figura 6 - Fitas indicadoras de pH



Fonte: Gemini

- Condutivímetro (EC-meter);

Figura 7 - Condutivímetro (EC-meter)



Fonte: Gemini

- Multímetro;

Figura 8 - Multímetro

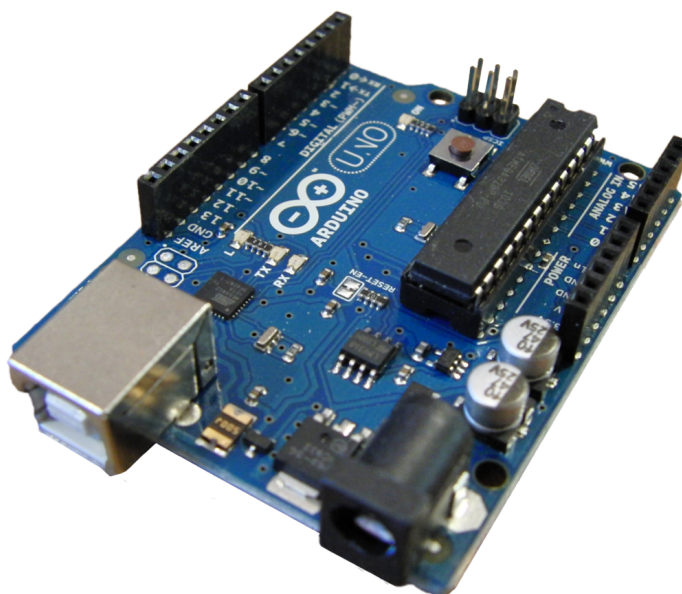


Fonte: Gemini

3.6 ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados pelos sensores de temperatura, umidade e nível de água são analisados pelo processamento do Arduino, sem intervenção humana, de forma automatizada e precisa. Após o processamento pelo microcontrolador, os valores são corrigidos em tempo real, respondendo aos parâmetros pré-estabelecidos.

Figura 8 - Placa ARDUÍNO UNO



Fonte: Gemini

O pH da água (ácido ou alcalino) é avaliado manualmente e, a partir disso, são tomadas ações para manter as condições ideais ao desenvolvimento das mudas.

A medição da condutividade elétrica (EC) não está sendo realizada neste protótipo, embora seja bastante relevante no sistema NFT, pois identifica e ajuda a prevenir deficiências e toxicidades na solução nutritiva, favorece a economia de água e serve também como um tipo de alarme em caso de falha na bomba, já que qualquer variação abrupta na solução é sinalizada na medição.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da estufa hidropônica, incluindo os controles obtidos por meio da automação, só foi possível graças à eletrotécnica. A integração entre a área elétrica e técnicas agrícolas avançadas pode gerar um sistema produtivo, sustentável e acessível. A aplicação prática de conceitos de circuitos elétricos e de instalações elétricas, por exemplo, permitiu a construção de um protótipo funcional, capaz de cultivar alface crespa com qualidade superior à obtida em sistemas convencionais, em um período de tempo menor (característica da hidroponia).

Do ponto de vista técnico, destacam-se:

- Dimensionamento de cargas e proteção – o uso de cabos conforme as normas técnicas e as teorias de dimensionamento, além de disjuntores individuais e fusíveis, garantiu segurança contra sobrecargas e curtos-circuitos. Essa estratégia evitou a interrupção total do sistema em caso de falha de um componente e possibilitou a expansão modular do projeto.
- Automação por meio do Arduino – o microcontrolador gerenciou sensores de temperatura, umidade e nível, acionando bombas, ventiladores e lâmpadas de forma precisa, o que reduziu perdas de energia e de água (solução nutritiva).
- Integração de sensores, relés e Arduino – a leitura contínua de parâmetros relacionados à temperatura, iluminação e umidade, bem como a correção automática de desvios, demonstraram a eficácia do sistema. Os comandos precisos aumentam a produtividade, pois fornecem a dosagem ideal de nutrientes às mudas.
- Monitoramento – uma característica importante do sistema hidropônico é a necessidade de monitoramento, que o microcontrolador, aliado aos sensores a ele conectados, realiza de forma eficiente.
- Eficiência energética – o dimensionamento adequado dos cabos, bem como de todos os demais componentes (relés, disjuntores) e o monitoramento

automatizado de grande parte do sistema, evidenciaram a eficiência energética observada no consumo, por exemplo.

- Produtividade elevada – considerando o correto funcionamento da estufa, é possível obter plantas de boa aparência, próprias para o consumo ou comercialização, em tempo reduzido, em quantidade e com perdas que variam entre 5 % e 20 % (considerando o sistema misto).

Os resultados obtidos comprovam a viabilidade da hidroponia como alternativa para produção doméstica, sobretudo em ambientes urbanos onde o espaço é limitado. A automação proporcionou maior uniformidade no desenvolvimento das plantas, maior produtividade (relação entre resultados obtidos e recursos empregados) e redução significativa no consumo de água – cerca de 90 % menos que o cultivo em solo (MARTINS, 2022).

Este resultado também favorece a humanidade, pois o uso do sistema hidropônico contribui para a segurança alimentar, levando em conta as quantidades produzidas em curto espaço de tempo, e para a mitigação de impactos ambientais, como a degradação do solo, muito comum na agricultura tradicional. Mesmo nos tempos bíblicos havia preocupação com o solo; em Levítico, capítulo 25, versos 1 a 7, relata-se um cuidado com a terra, em que a cada sete anos o último deveria ser destinado ao descanso do solo, não sendo permitido semear nem colher nada daquela terra (BÍBLIA, 1995, Levítico 25:1-7).

Como limitações, ressalta-se a necessidade de monitoramento manual do pH e da condutividade elétrica (EC) da solução nutritiva, bem como a dependência de energia elétrica, sem que haja, por exemplo, um sistema autônomo de alimentação em caso de falta de abastecimento por parte da concessionária.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a implementação de sensores de EC, a integração de um sistema de backup de energia – como, por exemplo, um sistema fotovoltaico para converter a radiação solar em energia elétrica, armazenando-a em baterias – garantindo o funcionamento da estufa e, conseqüentemente, o desenvolvimento das mudas. Outra sugestão é a ampliação do cultivo para outras

hortaliças de ciclo curto, mantendo o foco nas possibilidades oriundas dos conhecimentos relacionados à eletrotécnica.

Por fim, este projeto cumpre o objetivo de aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de eletrotécnica, oferecendo uma solução sustentável que pode ser replicada por estudantes, pequenos produtores e entusiastas da agricultura urbana, ao mesmo tempo em que demonstra a importância da eletrotécnica na modernização da agricultura controlada.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R. L. *Física: eletromagnetismo*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

FERNANDES, L. R. *Hidroponia: teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: Editora Tecnológica, 2021.

MARTINS, A. *Hidroponia: uso racional da água*. São Paulo: Editora AgroTech, 2022.

SILVA, J. F.; SANTOS, L. M.; OLIVEIRA, P. R. *Hidroponia no Rio Grande do Norte: economia de água*. Natal: Instituto de Pesquisa Agrícola do Rio Grande do Norte, 2023. Relatório técnico. Disponível em: <https://www.ipa.rn.gov.br/relatorios/hidroponia-agua.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.

SANTOS, L. M. *Hidroponia: eficiência hídrica e uso recirculante da água*. 2021. 15 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: <https://www.ifrn.edu.br/hidroponia/eficiencia-agua.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.

CANAL DO HORTICULTOR. *Conheça 5 sistemas dinâmicos para o cultivo hidropônico*. 2025. Disponível em: <https://canaldohorticultor.com.br/conheca-5-sistemas-dinamicos-para-o-cultivo-hidropnico/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

BÍBLIA. *Antigo Testamento*. Levítico 25:1-7. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 1995.