



**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

**Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO
CURSO DE TÉCNICO EM MECATRÔNICA**

**AMANDA DE SOUZA BATISTA
ESTEFANI FRANCIELE BARBOZA SILVA
FELIPE INNOCÊNCIO DA COSTA CARVALHO
LUIZ FERNANDO GARCIA SEGAL
MARCOS VINÍCIUS ANDRADE
RAYANE FERNANDA MIRANDA DE SOUZA**

ESTUFA HIDROPÔNICA AUTOMATIZADA

**Matão, SP
2023**

AMANDA DE SOUZA BATISTA
ESTEFANI FRANCIELE BARBOZA SILVA
FELIPE INNOCÊNCIO DA COSTA CARVALHO
LUIZ FERNANDO GARCIA SEGAL
MARCOS VINÍCIUS ANDRADE
RAYANE FERNANDA MIRANDA DE SOUZA

ESTUFA HIDROPÔNICA AUTOMATIZADA

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecatrônica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Eng. Geison Soares como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

Matão, SP
2023

RESUMO

A oferta de alimentos depende muito da expansão agrícola, que é bastante restrita devido a disponibilidade de áreas agrícolas ser limitada. O sistema de cultivo hidropônico apresenta vantagem competitiva e pode ser visto como alternativa para suprir demandas por alimentos no mundo, pois produz com insumos de baixo custo (água e solução nutritiva), reduzindo o espaço territorial e a vantagem nutricional nos vegetais produzidos. Para que as plantas atinjam seus níveis máximos de qualidade e produtividade no sistema de hidropônica, é necessário o máximo de controle sobre o cultivo. Isso é possível de ser realizado através de micro controladores ou o Arduino uno R3 que foi a escolha para ser adicionado ao protótipo, visando a eficiência produtiva nesse método de cultivo. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi automatizar o controle de temperatura e condutividade elétrica da solução hidropônica utilizada no cultivo de alface, com o auxílio de Arduino uno R3. Os resultados foram baseados na comparação da qualidade e produtividade das plantas cultivadas sob variação de temperatura da água, proveniente de dois diferentes tratamentos, com as propriedades da solução nutritiva utilizada no cultivo.

Palavras-chave: Hidropônico. Monitora. Controle. Cultivo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. METODOLOGIA.....	7
2.1. Sistema Flutuante.....	8
2.2. Sistema de Hidroponia NFT.....	8
2.3. Sistema Gota a Gota.....	9
2.4. Nutrientes.....	9
2.5. Sebrae que Ensina Sobre a Hidroponia.....	10
3. DESENVOLVIMENTO.....	11
3.1. Materiais Utilizados.....	11
3.1.1. Arduino uno R3.....	12
3.1.2. Material Lâmpada LED.....	14
3.1.3. Material Tela Preta Sombrite.....	14
3.1.4. Material Bomba d'Água Submersa.....	14
3.1.5. Infraestrutura do Protótipo.....	14
3.1.6. Nutrientes Aplicados no Protótipo.....	15
3.2. Construção Elétrica e Automação do Protótipo.....	16
3.2.1. Construção do Protótipo.....	17
3.2.2. Construção da Estrutura do Protótipo.....	17
3.2.3. Acionamento do Bomba D'água.....	18
3.2.4. Acionamento do Sensor de Nível.....	19
3.3.5. Programação do Protótipo.....	20
4. RESULTADOS ALCANÇADOS.....	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS (CONCLUSÃO)	24
6. REFERÊNCIAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

Uma estufa hidropônica automatizada é um sistema de cultivo controlado por computador que utiliza técnicas de automação para monitorar e controlar as condições de crescimento das plantas, como a iluminação, a temperatura, a umidade do ar e a utiliza tecnologia avançada para controlar e manter as condições ideais para o crescimento de plantas de forma eficiente e precisa. Este tipo de sistema combina a hidropônica, que é um método de cultivo sem solo que utiliza uma solução nutritiva para fornecer nutrientes às plantas, com a automação, que envolve o uso de sensores, controladores e sistemas de gestão para controlar e ajustar automaticamente uma série de variáveis ambientais.

Justificativa da escolha do protótipo, consiste em várias maneiras de automatizar uma estufa hidropônica, mas geralmente envolve o uso de sensores para monitorar as condições ambientais e um sistema de controle automatizado para ajustar as condições de crescimento em tempo real. Por exemplo, um sensor de umidade do solo pode ser usado para monitorar a quantidade de água que as plantas estão recebendo, e um sistema de irrigação automatizado pode ser usado para ajustar a quantidade de água que é aplicada às plantas.

Além disso, a iluminação pode ser controlada por meio de temporizadores ou sensores de luz, permitindo que as plantas recebam a quantidade ideal de luz para o seu crescimento. O controle de temperatura pode ser realizado por meio de sistemas de aquecimento e refrigeração, enquanto a umidade do ar pode ser controlada por meio de sistemas de ventilação.

Ao automatizar uma estufa hidropônica, os produtores podem obter uma maior eficiência e consistência no cultivo das plantas, o que pode levar a colheitas maiores e de maior qualidade. No entanto, é importante lembrar que a automação requer um investimento inicial significativo em equipamentos e tecnologia, além de conhecimento técnico para operar e manter o sistema.

Conforme os **Objetivo Geral**, a escolha do protótipo de Estufa Hidropônica Automatizada, para construir e facilitar aos usuários de prédios e residências que aderirem o protótipo, e os **Objetivos Específicos**, podemos analisar os pontos necessários de aumentar a eficiência e a qualidade do cultivo cultural, redução do trabalho manual, e redução os custos e o desperdício de recursos.

Para desenvolver o protótipo, fizemos diversas pesquisas na rede Internet, cuja bibliografia é apresentada na seção referências, além da consulta a professores desta unidade escolar e a profissionais. Na sequência desse trabalho escrito, apresentamos no capítulo 1 toda a fundamentação teórica utilizada em nosso protótipo e no capítulo 2 detalhamos todo o protótipo.

Em resumo, nossa estufa hidropônica foi construída através de um sistema eletrônico baseado na plataforma Arduino Uno, ligado a um mecanismo de irrigação e acionamento das lâmpadas, construído com canos PVC para segurar o Sombrite e toda a plataforma e as tubulações de PVC onde ficarão a colheita plantada, possibilitando obter resultados exatos e confiabilidade em protótipos.

A hidroponia é uma solução eficaz para os desafios de espaço nas cidades, pois permite que as plantas sejam cultivadas verticalmente em prédios, paredes e até mesmo em pequenos espaços. Isso significa que a hidroponia pode ser realizada em qualquer lugar, desde que haja luz natural ou artificial suficiente para o crescimento das plantas, em casa é uma prática agrícola que permite a produção de plantas para consumo sem o uso de terra. O seu crescimento é possível porque as raízes se desenvolvem em um substrato à base de areia ou de pedras. Além disso, também é incorporada uma solução que contém nutrientes através da irrigação.

2. METODOLOGIA

O sistema de hidropônica, ou a hidroponicultura, funciona com o cultivo das plantas sem utilizar o solo para nutri-las. Ao invés disso, utilizamos uma estrutura para que as plantas se desenvolvam recebendo a solução nutritiva por um sistema hidráulico.

Um exemplo muito comum de adoção desse método é o cultivo de alface em hidropônica. Geralmente, com essa hortaliça, utiliza-se uma estrutura em tubulações para que as raízes da alface fiquem submersas na água e recebam o substrato por uma espécie de rede hidráulica. No entanto, essa é apenas uma das várias alternativas de sistema de hidropônica possíveis.

Os sistemas de hidropônica são projetados em estufas sob o controle ideal da reposição de substratos, iluminação e outros aspectos necessários para um plantio saudável. Além da praticidade no cultivo, o sistema hidropônico oferece uma série de vantagens para o cultivo de hortaliças e plantas de pequeno a médio porte. Nesse contexto, o aumento na produtividade é um dos principais benefícios que a hidroponia pode trazer ao agricultor. Isso porque, em sistemas de hidroponia, utiliza-se menos defensivos e há a melhor absorção de nutrientes. Também é possível economizar mais água, sem contar na redução da força de trabalho e de mão de obra.

Mas nem tudo são flores! Um sistema hidropônico também tem seu lado negativo. A rapidez na contaminação de um cultivo inteiro, sobretudo, é uma preocupação constante para o agricultor que adere à hidroponia.

Isso se deve ao fato de que, caso uma planta seja contaminada por um patógeno, é muito mais fácil contaminar o resto da cultura com a circulação da água pelo sistema. Além disso, a depender do caso, as tecnologias agrícolas para manter um sistema hidropônico podem representar um custo inicial mais alto do que em modelos convencionais.

Método de Irrigação: O que torna os Jardins Suspensos da Babilônia relevante para a história da hidropônica é a maneira como a água era entregue às plantas. Não há consenso absoluto sobre como a irrigação era realizada, mas algumas teorias sugerem que água era elevada por um sistema de parafuso de água, elevadores de água ou por meio de um sistema de aqueduto que distribuía a água por todo o jardim.

Benefícios: Acredita-se que os Jardins Suspensos foram criados como uma maravilha arquitetônica e uma demonstração de poder e riqueza do rei. Eles também

podem ter servido como um espaço de recreação e relaxamento para a família real e seus convidados. Além disso, demonstram uma compreensão avançada da engenharia e da gestão da água para a agricultura.

Importância Histórica: Embora os Jardins Suspensos da Babilônia não sejam um exemplo de hidropônica moderna, eles representam um dos primeiros registros históricos de um sistema de cultivo em que a água era usada de forma proeminente para sustentar plantas. Isso indica a capacidade das civilizações antigas de criar sistemas agrícolas criativos e inovadores para superar desafios ambientais.

Embora os Jardins Suspensos da Babilônia não tenham usado os princípios científicos da hidropônica moderna, eles são um exemplo interessante de como as civilizações antigas desenvolveram métodos criativos de cultivo que, de alguma forma, anteciparam as técnicas de cultivo sem solo que vemos hoje. É válido ressaltar que um sistema hidropônico pode funcionar com os mais diversos tipos de metodologia, desde que partam do seu preceito de cultivo sem solo. Diante disso, para você compreender na prática a hidroponia, separamos os principais sistemas atualmente.

2.1. Sistema Flutuante

Tecnicamente, o sistema de hidroponia flutuante é mais simples de se trabalhar, já que também pode ser feito em casa. Nele, a estrutura hidropônica é montada com uma espécie de piscina com água e substrato. Então, coloca-se uma placa de isopor para suportar as plantas que ficam literalmente flutuando na piscina. Porém, por exigir uma grande quantidade de água no sistema, pode ser uma opção desvantajosa para cultivos mais extensos.

2.2. Sistema de Hidroponia NFT

O sistema de Nutrient Film Technique (NFT) cultura hidropônica em camada fina é, sem dúvidas, o mais famoso método de hidroponia. Aqui, o sistema radicular das plantas fica em um canal, no qual circula a água responsável por distribuir o substrato por todo o percurso. Para isso, é utilizado um dispositivo de bombeamento que mantém o fluxo da água constante, facilitando o processo de absorção da solução nutritiva pelas raízes. É importante ainda ter o reservatório para a armazenagem

desse substrato. Assim, quando a substância é bombeada no sistema hidropônico, ela percorre por todo o canal e então volta ao reservatório.



Figura 1 – Sistema de Hidroponia NFT

FONTE: Google.com 2023.

2.3. Sistema Gota a Gota

No sistema gota a gota, não há muito segredo. O funcionamento, basicamente, reflete na utilização de dispositivos sensoriais que fazem o gotejamento do substrato com intervalos programados de tempo.

Como esse sistema, na maioria dos casos, é do tipo aberto, o produtor tem uma possibilidade variada de substratos para aplicar no cultivo. A aeroponia é uma alternativa mais moderna e avançada de cultivo sem o uso do solo. De modo geral, na aeroponia o produtor tem um sistema no qual as raízes das plantas ficam suspensas no ar. Com isso, elas conseguem capturar os nutrientes liberados pelo substrato por intermédio do processo de nebulização.

2.4. Nutrientes

hidroponia é um método de cultivo de plantas sem solo, utilizando água e nutrientes em solução. Os nutrientes essenciais para o sucesso da hidroponia são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Além dos nutrientes principais, as plantas também precisam de micronutrientes como ferro, manganês, zinco, cobre, boro e molibdênio. A dosagem correta dos nutrientes é fundamental para

o sucesso da hidroponia. Um excesso ou falta pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. Os nutrientes podem ser adicionados à solução de água por meio de fertilizantes comerciais ou por meio de compostos orgânicos. É importante monitorar regularmente os níveis de pH e EC da solução de nutrientes para garantir que as plantas estejam recebendo a quantidade adequada de nutrientes. A escolha dos nutrientes também deve levar em consideração o tipo de planta que está sendo cultivada e a fase do seu ciclo de vida. A hidroponia pode ser uma opção sustentável para o cultivo de plantas, pois utiliza menos água e não gera resíduos poluentes no solo. Os nutrientes são essenciais para o sucesso da hidroponia, pois eles fornecem às plantas os elementos necessários para o seu crescimento saudável. Sem os nutrientes adequados, as plantas não conseguem se desenvolver corretamente, o que pode levar a uma colheita ruim ou mesmo à morte das plantas.

2.5. Sebrae que Ensina Sobre a Hidroponia

Hidroponia é um negócio que está relacionado à qualidade de vida e a produção de alimentos saudáveis de forma eficiente. A Hidroponia é caracterizada pelo cultivo de plantas sem a necessidade de terra. As plantas ficam com as raízes imersas dentro da água, onde são adicionados fertilizantes para alimentar a planta. A hidroponia permite cultivar qualquer espécie de planta. Alface e tomate são as culturas mais difundidas. Pode-se citar também: abobrinha, pimentão, pepino, morango, melão e plantas ornamentais como crisântemos, rosas e gladiólos.

O termo hidroponia vem do grego hidroponos, que significa “trabalho na água”. É uma técnica de cultivo de hortaliças, frutos e flores, em que as plantas não entram em contato com o solo, mas em soluções nutritivas, que são preparadas cuidadosamente para nutrir a planta, circulando entre suas raízes. É um cultivo limpo onde a planta recebe apenas o que necessita e na dose correta: sol, apoio, água arejada e nutriente.

3. DESENVOLVIMENTO

O protótipo de estufa hidropônica automatizada envolve a criação de um ambiente controlado para o cultivo de plantas sem solo, onde a água com nutrientes é entregue diretamente às raízes das plantas. A automação é incorporada para controlar e monitorar diversos aspectos do ambiente, garantindo o crescimento saudável das plantas.

Estrutura utilizamos canos PVC: com diâmetros menores para montar todo o esqueleto da estrutura onde foram encaixadas as plataformas.

Plataformas Berço de PVC: por onde a solução nutritiva será distribuída para todas as raízes das plantas.

Tela preta: meio de proteção contra insetos, envolvendo a estufa em vel. Arduino: programação de todos eletrônicos dentro do protótipo.

LED: são projetadas para fornecer um espectro de luz adequado para o crescimento das plantas, incluindo as cores vermelha e azul, que são essenciais para a fotossíntese.

Sensor de nível: nosso reservatório de água irá fazer uso do sensor de nível para ativar uma bomba d'água.

Na montagem da estrutura e berço montados com cano PVC colados, cortados e encaixados.

Controle de irrigação e eletrônicos: controlados por programação C++ no Arduino (LED, bomba d'água, sensor de nível)

Explorando um exemplo histórico da hidropônica: os Jardins Suspensos da Babilônia. Embora não seja um exemplo da hidropônica moderna, esses jardins antigos sugerem uma forma primitiva de cultivo sem solo que remonta a uma das civilizações mais antigas da história.

3.1. Materiais Utilizados

A Tabela 1 mostra os itens e seus respectivos valores utilizados para a montagem do protótipo da estufa hidropônica automatizada:

Tabela 1 – Itens dos Materiais utilizados no protótipo 2023

	Descrição do item	Quantidade	Valor Unitário
1	Bucha Redução 50/20"	26	R\$ 5,36
2	Lixa Ferro	2	R\$ 4,80
3	Tubo PVC 50/6M	9Mt	R\$ 10,00
4	Tubo PVC 20/6M	12Mt	R\$ 4,12
5	TE PVC 90 Soldado 20	20	R\$ 1,07
6	Joelho PVC 20	26	R\$ 0,56
7	Luva PVC simples 50	26	R\$ 3,02
8	Joelho PVC 50	24	R\$ 2,46
9	Bucha Redução Longa 50/40	26	R\$ 5,26
10	Arduino R3	1	R\$ 59,00
11	Protoboard	1	R\$ 16,00
12	Fonte Externa	1	R\$ 37,00
13	Tinta	5	R\$ 20,00
14	Bomba D'água	1	R\$ 100,00
15	Sensor de Nível	1	R\$ 25,00
16	Lâmpada LED	2	R\$ 25,00
17	Tela Sombrite	1	R\$ 68,00
18	Reservatório	1	R\$ 25,00
	Total		R\$ 1.018,00

FONTE: Arquivo Pessoal – Lista dos materiais e valores do orçamento para construção do protótipo 2023.

3.1.1. Arduino uno R3

O Arduino Uno é uma das placas de desenvolvimento Arduino mais populares e amplamente usadas. É uma ótima escolha para iniciantes em eletrônica e programação, devido à sua simplicidade e versatilidade. Aqui estão algumas informações essenciais sobre o Arduino Uno para programação:

Microcontrolador: O Arduino Uno é baseado em um microcontrolador ATmega328P da Atmel (agora parte da Microchip Technology). Este microcontrolador possui recursos suficientes para uma ampla variedade de protótipos, incluindo E/S digitais e analógicas, temporizadores, comunicação serial e muito mais.

Portas e Pinos: O Arduino Uno possui 14 pinos digitais de E/S (entrada/saída), dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM (Modulação por Largura de Pulso), e 6 pinos de entrada analógica. Além disso, há portas de alimentação de 5V e 3.3V, bem como portas de terra (GND).

Comunicação Serial: O Arduino Uno inclui uma porta USB que pode ser usada para programação e comunicação serial com o computador. Isso facilita a programação e o monitoramento do Arduino usando a porta serial.

Alimentação: O Arduino Uno pode ser alimentado por meio da porta USB ou por uma fonte de alimentação externa. A tensão de operação padrão é de 5V.

Arduino IDE: Para programar o Arduino Uno, você usará a Arduino IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado). A IDE é gratuita e está disponível para Windows, macOS e Linux. Ela inclui um editor de código, um compilador e uma interface para fazer o upload de código para a placa.

Linguagem de Programação: A programação do Arduino Uno é feita usando uma linguagem de programação baseada em C/C++. Você escreve seu código no editor da Arduino IDE usando funções como `setup()` e `loop()` para controlar o comportamento do seu programa.

Bibliotecas: O Arduino Uno é compatível com uma ampla variedade de bibliotecas que simplificam o desenvolvimento de protótipos. Essas bibliotecas contêm funções pré-programadas que podem ser usadas para tarefas comuns, como controle de motores, leitura de sensores e comunicação com dispositivos externos.

Exemplos de Protótipos: Há uma enorme comunidade de usuários do Arduino que compartilham protótipos e tutoriais online. Você pode encontrar uma variedade de protótipos, desde simples LEDs luminoso até robôs autônomos e sistemas de automação residencial.

Acessórios e Módulos: Você pode expandir as capacidades do Arduino Uno adicionando vários acessórios e módulos, como sensores, displays, motores e mais, para criar protótipos personalizados.

Lâmpadas LED: emitem luz por meio de diodos emissores de luz. Elas são projetadas para fornecer um espectro de luz adequado para o crescimento das plantas, incluindo as cores vermelha e azul, que são essenciais para a fotossíntese.

A luz emitida pelas lâmpadas LED é absorvida pelas plantas e usada para a produção de energia e crescimento. Além disso, as lâmpadas LED também são mais eficientes em termos de consumo de energia, o que as torna uma opção popular para o cultivo de plantas em espaços pequenos.

Arduino: é uma plataforma eletrônica open Source, que tem como objetivo integrar hardware e software de maneira fácil. O Arduino Uno R3 é uma placa baseada no microcontrolador Tmega328 (datasheet). Ele tem 14 pinos de entrada/saída digital

(dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação uma conexão ICSP e um botão de reset.

3.1.2. Material Lâmpada LED

A lâmpada LED é muito importante para o cultivo de plantas em espaços pequenos, pois fornece a luz necessária para o processo de fotossíntese das plantas. As lâmpadas LED emitem um espectro de luz adequado para o crescimento das plantas e são mais eficientes em termos de consumo de energia, ajudando as plantas a crescerem de forma saudável mesmo em ambientes com pouca luz natural.

3.1.3. Material Tela Preta Sombrite

As telas são utilizadas para proteção e sombreamento de diversos cultivos, proporcionando maior produtividade. Tem característica multifuncional por se adequar aos mais diversos protótipos agrícolas, industriais e residenciais.

3.1.4. Material Bomba d'Água Submersa

As telas de sombreamento são utilizadas para proteção e sombreamento de diversas culturas, proporcionando maior produtividade. Tem característica multifuncional por se adequar aos mais diversos protótipos agrícolas, industriais e residenciais. A bomba Água Submersa é projetada para operação submersa em líquido, como água e fluidos não corrosivos. Com essa característica, você pode utilizá-la em protótipos de aquários, sistemas de irrigação, fontes, sistemas de refrigeração, e muito mais.

3.1.5. Infraestrutura do Protótipo

Infraestrutura da estufa: utilizamos cano PVC de 50mm (milímetro) para fazer a base do cultivo e de 40mm (milímetro) para a estrutura, foi feito 12 (doze) reduções de 50mm (milímetro) para 40mm (milímetro), e de 40mm(milímetro) para 20mm (milímetro), onde obtive as conexões aplicadas no protótipo.

Sistema de cultivo hidropônico: Utilizamos o sistema NFT ((Nutrient Film Technique) que é apreciado por sua eficiência no uso de água e nutrientes, bem como pela capacidade de produzir safras de forma rápida e eficaz. No entanto, a manutenção cuidadosa é necessária para garantir que as raízes recebam oxigênio adequado e que a solução nutritiva seja mantida em condições ideais.

Iluminação: Os LEDs de fotossíntese utilizados emitem luz em espectros específicos, nas faixas azul e vermelha que juntas emitem uma luz roxa. Estes são os espectros mais eficazes para o crescimento das plantas.

3.1.6. Nutrientes Aplicados no Protótipo

Os principais **Nutrientes** utilizados na hidropônica são:

Nitrogênio (N): Essencial para o crescimento vegetativo.

Fósforo (P): Importante para o desenvolvimento radicular e formação de flores e frutos.

Potássio (K): Fundamental para o transporte de nutrientes e resistência a doenças.

Cálcio (Ca): Necessário para a formação celular e fortalecimento da parede celular.

Magnésio (Mg): Componente central da clorofila, essencial para a fotossíntese.

Enxofre (S): Importante para a síntese de proteínas e produção de clorofila.

Ferro (Fe): Crucial para o transporte de oxigênio e desenvolvimento das plantas.

Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdênio (Mo): Micronutrientes necessários em pequenas quantidades para diversas funções metabólicas.

Estes nutrientes são fornecidos às plantas por meio de uma solução nutritiva, sendo monitorados e ajustados conforme as necessidades específicas da cultura em hidropônica.

Utilizamos canos PVC com diâmetros menores para montar todo o esqueleto da estrutura onde encaixamos as plataformas (Berço) de PVC, por onde a solução nutritiva será distribuída para todas as raízes das plantas.

3.2. Construção Elétrica e Automação do Protótipo

Definição de pinos: No início do código, são atribuídos números aos pinos utilizados para os sensores, relés, bombas e uma lâmpada.

Setup: Define os pinos como entrada ou saída, dependendo de sua função no circuito (por exemplo, o sensor de umidade é configurado como entrada analógica, enquanto os pinos das bombas e relés são configurados como saída).

Loop principal: A lâmpada é ligada e desligada alternadamente em intervalos de dois segundos. O programa lê o valor do sensor de umidade e verifica o estado do sensor de tanque. Se o sensor de tanque indicar que há pouca água (baixo nível), a primeira bomba é ativada e desativada após um intervalo de tempo determinado (duração Bomba). Se o sensor de umidade indicar que a umidade está baixa e a segunda bomba não estiver ativa, a segunda bomba é ativada até que a umidade seja suficiente.

Controle das bombas: A primeira bomba é ativada quando o sensor de tanque indica baixo nível e é desligada após o tempo determinado.

A segunda bomba é ativada se a umidade estiver baixa e desativada quando a umidade estiver alta. Basicamente, o código monitora as condições do sensor de umidade e do sensor de tanque para controlar duas bombas d'água, ativando-as ou desativando-as conforme necessário para garantir o fornecimento de água adequado a um determinado sistema.

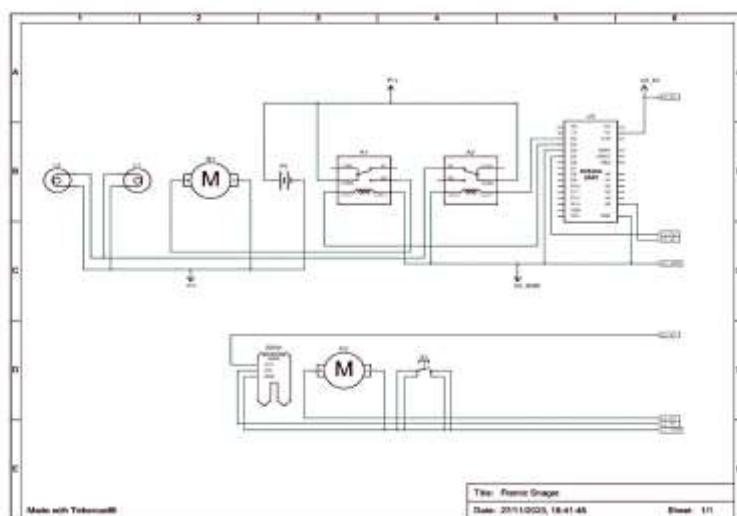


Figura 2: Diagrama Elétrico Da Automação 2023

FONTE: Tinkercad.com

3.2.1. Construção do Protótipo

Com a utilizações dos itens da lista de materiais como: canos, lixas e tintas sendo elas branco para as plataformas, pintura na cor preta para a estrutura e na cor cinza para as conexões, com auxílio de algumas ferramentas para terminar, sendo eles a furadeira com serra copo, lixadeira para desbastar, constituindo toda estrutura do protótipo.



Figura 3 – Construção do Protótipo

FONTE: Arquivo Pessoal 2023.

3.2.2. Construção da Estrutura do Protótipo

Estrutura básica: Utilizamos os canos de PVC de 1/2 polegada para criar a estrutura principal. Criamos um layout que atende às necessidades de espaço e número de plantas, montamos uma estrutura na vertical e horizontal com reduções de 50mm até 1/2, em formato de bancada.

Plataforma para as plantas: A plataforma de 50mm servirá como suporte para as plantas. Fixamos de maneira estável à estrutura principal.



Figura 4 – Estrutura do Protótipo

FONTE: Arquivo Pessoal 2023.

3.2.3. Acionamento do Bomba D'água

O acionamento da bomba é controlado através do relé conectado ao pino `pinReleBomba1` (definido como o pino 5).

A ativação e desativação da bomba estão condicionadas a algumas situações:

Sensor de Nível (`pinSensorNivel`): Se o sensor estiver pressionado (detectado como `LOW`), independentemente da umidade, a bomba é ativada. Isso é feito através da linha de código: **`cppCopy code digitalWrite(pinReleBomba1, HIGH);`**

Umidade (`pinSensorUmidade`): Se o sensor de umidade estiver abaixo do limite estabelecido ($\text{umidade} < \text{limiteUmidade}$), a bomba também é ativada, desde que o sensor de nível não esteja pressionado. Isso também aciona o relé da bomba com a mesma instrução: **`cppCopy code digitalWrite(pinReleBomba1, HIGH);`**

Tempo de Ativação: Após ser ativada, a bomba permanecerá ligada por um intervalo de tempo definido (`intervaloChecagem`). Passado esse tempo, a bomba é desativada utilizando: **`cppCopy code digitalWrite(pinReleBomba1, LOW);`**

Tempo Máximo de Ativação: Se a bomba foi ativada devido à umidade baixa e o sensor de nível não estiver mais pressionado, existe um tempo máximo de ativação

(tempoMaximoAtivacao) após o qual a bomba será desativada automaticamente, independentemente da umidade detectada. Isso ocorre nesta parte do código:

```
cppCopy code if (!sensorNivelPressionado && bomba1Ativa && (tempoAtual - tempolnicioBomba1 >= tempoMaximoAtivacao)) { digitalWrite(pinReleBomba1, LOW); bomba1Ativa = false; }
```

Portanto, o relé conectado ao pino pinReleBomba1 controla o acionamento da bomba. Quando é definido como HIGH, a bomba é ligada, fornecendo energia; quando é definido como LOW, a bomba é desligada, interrompendo o fornecimento de energia. Este controle é realizado baseado nas leituras dos sensores e nos tempos definidos no código.



Figura 5 – Acionamento do Bomba D´água

FONTE: Google.com 2023.

3.2.4. Acionamento do Sensor de Nível

O sensor de nível é lido usando a função `digitalRead(pinSensorNivel)`. Ele é configurado como `INPUT_PULLUP`, o que significa que quando não há conexão externa ao pino, ele retorna um estado alto (HIGH).

Normalmente, esses sensores são dispositivos simples que operam com base na presença de um líquido ou objeto condutor. Eles têm um ponto de referência (como

uma sonda) que, quando imerso no líquido, fecha um circuito ou muda o estado do pino de saída.

No código que você tem, `sensorNivelPressionado` recebe `true` quando o sensor de nível é pressionado (ou seja, quando está em contato com um líquido ou objeto condutor), e `false` quando não há contato.

Esta lógica permite ativar a bomba dependendo do estado do sensor de nível. Se o sensor de nível estiver pressionado, a bomba é ativada independentemente da umidade. Caso contrário, se a umidade estiver abaixo do limite estabelecido e o sensor de nível não estiver pressionado, a bomba também é ativada para regar a planta (ou realizar alguma outra tarefa, dependendo da aplicação específica).



Figura 6 – Acionamento do Sensor de Nível

FONTE: Google.com 2023.

3.3. Programação do Protótipo

```
#define pinSensorTanque 4
```

```
#define pinReleBomba 3
```

```
int pinReleLamp = 2;
```

```
bool bombaAtiva = false; // Flag para controlar o estado da bomba
```

```
unsigned long tempInicio = 0; // Variável para registrar o tempo de início
```

```
const unsigned long duracaoBomba = 10000; // Tempo de duração da bomba  
em milissegundos (5000 ms = 5 segundos)
```

```
void setup() {  
  pinMode(pinReleLamp, OUTPUT);  
  pinMode(pinSensorTanque, INPUT_PULLUP);  
  pinMode(pinReleBomba, OUTPUT);  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite(pinReleLamp, HIGH); // Liga a lâmpada por 2 segundos  
  delay(2000);  
  digitalWrite(pinReleLamp, LOW); // Desliga a lâmpada por 2 segundos  
  delay(2000);
```

```
  if (digitalRead(pinSensorTanque) == LOW) { // Se o sensor estiver ativado  
    if (!bombaAtiva) { // Se a bomba não estiver ativa  
      digitalWrite(pinReleBomba, HIGH); // Liga a bomba d'água  
      tempInicio = millis(); // Registra o tempo de início da bomba  
      bombaAtiva = true; // Marca a bomba como ativa  
    }  
  }  
}
```

```
  if (bombaAtiva && (millis() - tempInicio >= duracaoBomba)) { // Se a bomba  
estiver ativa por tempo suficiente  
    digitalWrite(pinReleBomba, LOW); // Desliga a bomba d'água  
    bombaAtiva = false; // Marca a bomba como inativa  
  }  
}
```

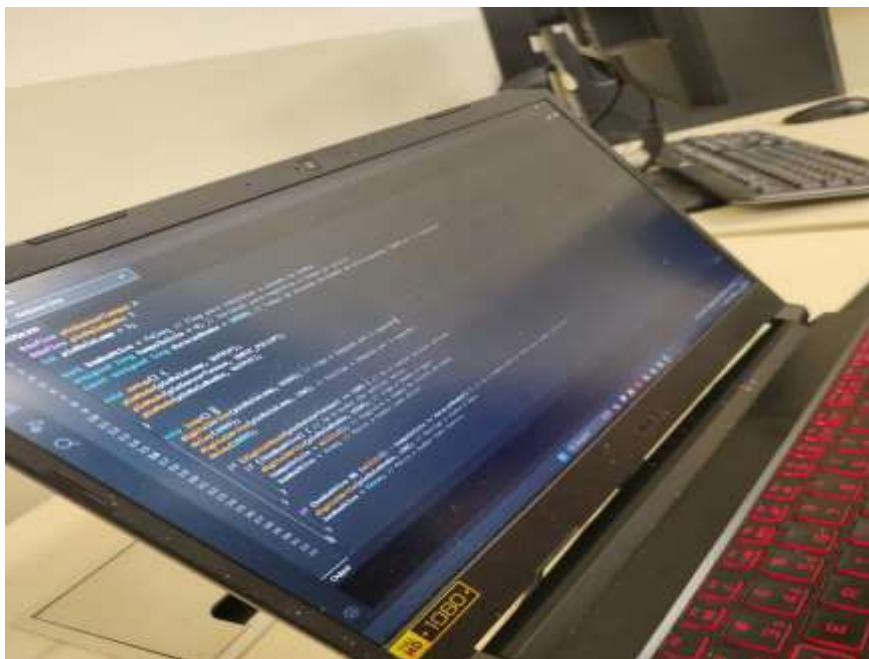


Figura 7 – Programação do Protótipo

FONTE: Arquivo Pessoal 2023.



Figura 8 – Finalização do Protótipo

FONTE: Arquivo Pessoal 2023.

4. RESULTADOS ALCANÇADOS

Crescimento Acelerado das Plantas: Os dados coletados da Embrapa indicam um notável aumento na taxa de crescimento das plantas, evidenciando a eficácia do controle preciso dos nutrientes e condições ambientais.

Eficiência Hídrica Aprimorada: Os resultados demonstram uma redução significativa no consumo de água em comparação com métodos convencionais, destacando a eficiência dos sistemas avançados de irrigação e recirculação.

Aumento Expressivo na Produtividade: Houve um aumento substancial na produção agrícola, corroborando a capacidade da estufa automatizada em criar um ambiente propício para colheitas abundantes.

Monitoramento em Tempo Real Eficaz: A análise dos dados de monitoramento contínuo mostra que os ajustes automáticos contribuíram para a otimização constante das condições de crescimento.

Sustentabilidade Ambiental Comprovada: Foi constatada uma redução significativa nos resíduos e no uso de insumos, indicando a viabilidade da estufa automatizada como uma prática sustentável na agricultura.

Controle Eficaz de Pragas e Doenças: Os resultados evidenciam uma diminuição notável nos problemas relacionados a pragas e doenças, atribuindo o sucesso a sistemas automatizados de detecção e controle.

Programação Economia Substancial de Mão de Obra: Os dados coletados indicam uma redução considerável nos custos associados à mão de obra, validando os benefícios econômicos da automação na agricultura.

Esses resultados reforçam a importância e a viabilidade da estufa hidropônica automatizada como uma abordagem eficaz para impulsionar a produtividade agrícola de maneira sustentável e economicamente eficiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS (CONCLUSÃO)

A implementação da estufa hidropônica automatizada emerge como uma solução promissora para otimizar a produção agrícola, destacando-se pelos resultados expressivos obtidos ao longo desta pesquisa. A análise aprofundada dos dados revela que a automação não apenas acelera o crescimento das plantas, mas também redefine os padrões de eficiência em diversos aspectos.

A taxa de crescimento notavelmente acelerada, respaldada pelo controle preciso dos nutrientes e das condições ambientais, destaca a capacidade intrínseca da estufa automatizada em proporcionar um ambiente de cultivo ideal. A eficiência hídrica aprimorada, com uma redução substancial no consumo de água, solidifica sua posição como uma alternativa sustentável para a agricultura moderna.

O aumento expressivo na produtividade, corroborado por colheitas abundantes, demonstra o potencial transformador da automação. O monitoramento em tempo real e os ajustes automáticos evidenciam a agilidade do sistema em adaptar-se dinamicamente, garantindo condições ideais de crescimento.

A comprovação da sustentabilidade ambiental, refletida na redução de resíduos e insumos, destaca a contribuição da estufa automatizada para práticas agrícolas mais conscientes. O controle eficaz de pragas e doenças, juntamente com a implementação bem-sucedida de programas personalizados, ressalta a versatilidade e eficácia dessa abordagem.

Além disso, a economia substancial de mão de obra, evidenciada pela redução significativa nos custos associados, reforça não apenas os benefícios econômicos, mas também a viabilidade a longo prazo da estufa hidropônica automatizada.

Em síntese, os resultados desta pesquisa fornecem uma base sólida para a aceitação e implementação generalizada da estufa hidropônica automatizada. Este estudo não apenas contribui para o conhecimento acadêmico, mas também aponta caminhos práticos para impulsionar a agricultura de maneira eficiente, sustentável e economicamente viável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. Página Inicial da Anvisa - Anvisa. Acessado dia 16 de novembro 2023.

AGRONÔMIA. Hidroponia: vantagens, projeções e cuidados, 19 mar, 2019. Acessado dia 24 de novembro 2023.

AUTODESK. Tinkercad. Acessado dia 24 de novembro 2023.

CORREIA, MARCELO. Hidroponia: Nutrientes Essenciais para Sucesso (iloveflores.com), maio 18, 2023. Acessado dia 04 de dezembro 2023.

ESTUFAS, TROPICAL. Hidroponia O que é Soluções Hidropônicas Tudo sobre Hidroponia (tropicallestufas.com.br). Acessado dia 21 de novembro 2023.

KARINA. Sistema de hidroponia: como funciona, tipos e dicas » Portal Agriconline, outubro 25, 2023. Acessado dia 04 de dezembro 2023.

PORTAL EMBRAPA: Hortaliças Hidropônicas - Portal Embrapa. Acessado dia 16 outubro 2023.

PORTAL EMBRAPA: Princípios-de-hidroponia - Portal Embrapa. Acessado dia 16 outubro 2023.