



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Sistema de irrigação automático para hortas caseiras

Alunos: Dafine Borota (101924)
Gabriel Freitas (148663)
Tainara Santos (133550)

Profa. Dra.: Denise Stringhini

Trabalho apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo como requisito parcial para conclusão da disciplina de Circuitos Digitais.

São José dos Campos, SP.
2023

Sistema de irrigação automático para hortas caseiras

Dafine Borota¹, Gabriel Freitas², Tainara Santos³, Denise Stringhini³

¹ Instituto de Ciência e Tecnologia da Unifesp / Interdisciplinar de Ciência e Tecnologia

² Instituto de Ciência e Tecnologia da Unifesp / Engenharia Biomédica

³ Instituto de Ciência e Tecnologia da Unifesp / Engenharia de Computação

Resumo — Com a crescente revolução tecnológica voltada para o agronegócio, existe a necessidade do desenvolvimento de sistemas que tornem a atividade braçal automatizada, com a finalidade de garantir a qualidade e tornar o processo mais simples e eficaz. Além disso, esse tipo de tecnologia ajuda a manter a competitividade dentro do mercado do agronegócio. Um dos grandes desafios para a implementação da tecnologia é manter o baixo custo e tornar acessível esse tipo de tecnologia para o uso doméstico. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver a lógica de um circuito digital para automatizar a irrigação com base em diferentes tipos de sensores já existentes no mercado. Além disso, busca estar de acordo com o objetivo 2, 3 e 7 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (Organização das Nações Unidas), que são fome zero; boa saúde e bem estar; e energia acessível e limpa respectivamente.

Palavras-chave— **Revolução tecnológica, Automatização, Agronegócio, Irrigação.**

Abstract — With the growing technological revolution focused on agribusiness, there is a need to develop systems that make manual activity automated, in order to guarantee quality and make the process simpler and more effective. In addition, this type of technology helps maintain competitiveness within the agribusiness market. One of the great challenges for the implementation of the technology is to keep the cost low and make this type of technology accessible for domestic use. This work aims to develop the logic of a digital circuit to automate irrigation based on different types of sensors already on the market. In addition, it seeks to comply with objective 2, 3 and 7 of the Sustainable Development Goals of the UN (United Nations), which are zero hunger; good health and well-being; and affordable and clean energy respectively.

Keywords— **Technological revolution, Automatization, Agrobusiness, Irrigation.**

I. INTRODUÇÃO

A. Contextualização

A horta caseira tem se tornado uma alternativa para muitos brasileiros como forma de manter uma alimentação saudável perante o hábito de se alimentar fora de casa. Sabendo que a alimentação saudável gera qualidade de vida, se faz necessário que as pessoas administrem o horário de maneira organizada para otimizar o tempo e conciliar com as atividades do dia a dia.

Segundo o Programa de Análise de Resíduos em Alimentos da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2011), um terço dos alimentos consumidos pelos brasileiros possuem agrotóxicos. A intoxicação por esse produto químico pode causar diversas doenças, como as variações do câncer. Esse é um dos motivos pelos quais as pessoas buscam pela qualidade de vida através de uma alimentação saudável.

B. Necessidade da automação

Muitos brasileiros possuem uma rotina completa de demandas e falta de tempo, seja por conta do trabalho ou por questões pessoais. Administrar a rotina e incorporar as práticas de exercício físico ou outras que auxiliem a melhorar a qualidade de vida se tornou cada vez mais complexo.

Dado um dos principais problemas latentes de muitas pessoas em lidar com essa gestão do tempo para conciliar as demandas, se faz necessário o uso de recursos tecnológicos para auxiliá-las a investir melhor o tempo e tornar o dia a dia mais eficaz e produtivo.

C. Principais desafios

À medida que novas tecnologias emergem para tentar facilitar as demandas do cotidiano, seja para as pessoas ou para negócios, independente do tamanho, o grande desafio é dar acessibilidade ao usuário final. Isso exige que o produto tenha um baixo custo e se adapte melhor às necessidades do consumidor, por exemplo.

Com o presente trabalho, o objetivo é além de desenvolver um produto de baixo custo, uma vez que a lógica é desenvolvida com sensores já existentes no mercado, mas também possibilitar a autonomia para o usuário e fazer com que sua rotina seja mais eficaz. Isso é possível com a automação da irrigação de uma horta.

D. Contextualização

II. SENSORES

A. pH - Potencial Hidrogenônico

O sensor de pH é um dos sensores envolvidos no projeto. Ele tem como finalidade medir o nível de acidez ou alcalinidade de uma solução. É amplamente utilizado em laboratórios, processos industriais e aplicações ambientais para monitorar e controlar a qualidade de líquidos, como água, alimentos e produtos químicos. O sensor de pH fornece informações importantes para garantir a segurança, eficiência e precisão em uma variedade de processos e aplicações.

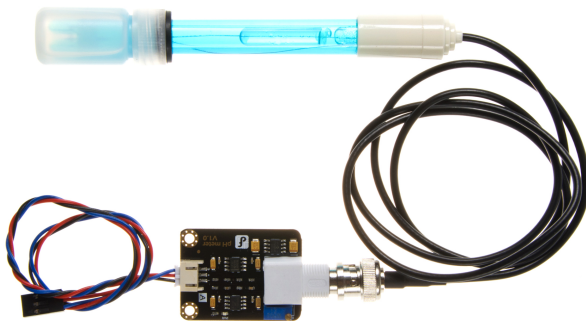


Figura 1: imagem do sensor físico de pH.

No presente projeto, ele será utilizado para verificar a acidez ou alcalinidade na solução. Uma vez que as plantas em geral possuem o seu desenvolvimento máximo entre um pH de 5,5 e 6,5 e à medida que elas crescem esse valor pode ser alterado (SOUZA, Silva Allef, 2016).

A lógica utilizada para este sensor é baseada nos valores considerados ideais. Caso o pH esteja abaixo de 5,5, o sensor então é ajustado com solução alcalina.

Para aumentar a precisão do sistema, será utilizado uma lógica de verificação par a par entre todos os sensores. Para fins de simplificação do projeto, os valores foram arredondados e a tabela verdade do circuito pode ser observada na Figura 1.

Leitura Valor	Sensor de pH			Saídas S
	C	B	A	
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	0

Figura 2: Tabela verdade do sensor de pH.

A simplificação para cada saída foi feita através do mapa de Karnaugh, ou mais comumente denominado mapa-K. A simplificação para a saída de base e ácido pode ser observada na Figura 2 e 3, respectivamente.

CB	A	
	0	1
00	1	1
01	1	1
11	0	0
10	1	0

Figura 3: Mapa-K para a saída do sensor de pH.

É possível simplificar a saídas dado o mapa de Karnaugh e pode ser observada através da expressão a seguir:

$$S' = C' + B'A'$$

Após a simplificação, o circuito pode ser implementado no software Wired Panda e pode ser observado na Figura 4 abaixo.

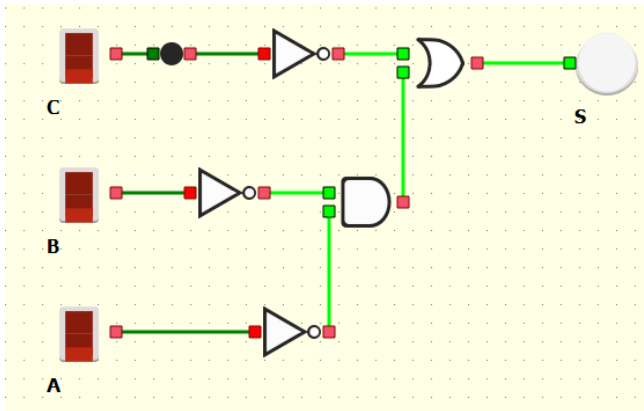


Figura 5: circuito do pH.

É possível perceber que o circuito atende às necessidades e sua funcionalidade corresponde com a tabela verdade. A fim de verificar o seu funcionamento com todas as combinações possíveis, além de melhorar a interpretação e detectar possíveis problemas, é possível observar a forma de onda do circuito na Figura 6.

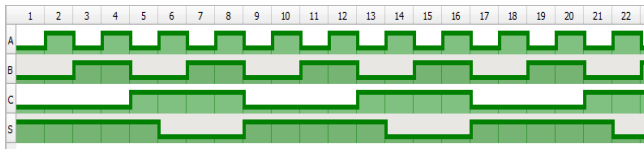


Figura 6: forma de onda gerada pelo sensor de pH.

B. Sensor de umidade e temperatura

O sensor de temperatura é ideal para alertar o usuário quando o valor não estiver dentro das normalidades. O valor considerado padrão para uma horta é acima de 18°C e abaixo de 24°C no verão e 10°C a 16°C durante o inverno, uma vez que temperaturas acima do limiar máximo podem causar danos às plantas, pois elas apresentam dificuldades em realizar fotossíntese e garantir os nutrientes em temperaturas extremamente altas.

Já o sensor de umidade é útil para monitorar a quantidade de água no solo, permitindo que o usuário saiba o momento de regar as plantas, evitando o excesso ou a falta de água. O sensor auxilia o uso consciente da água e garante a umidade adequada para o crescimento saudável das plantas.

Além disso, esse tipo de dispositivo também ajuda a evitar o apodrecimento das raízes devido a falta de irrigação.

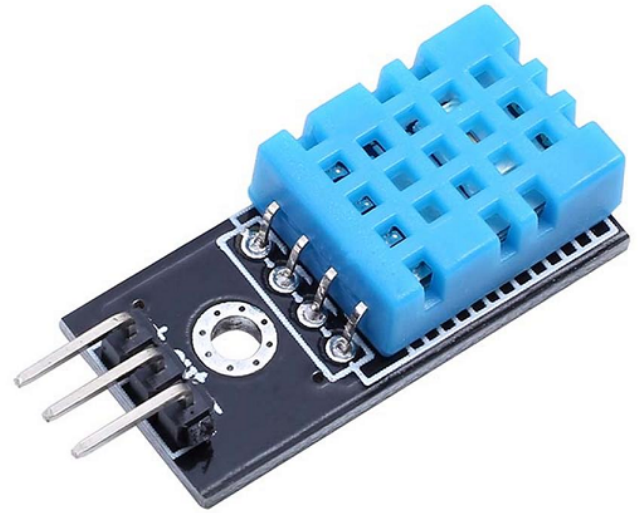


Figura 7: imagem do sensor de umidade e temperatura DHT11.

A umidade ideal para uma horta caseira varia de 50% até uma média de 75%. Essa faixa de valores será usada para o desenvolvimento do sensor posteriormente, respeitando os limites do dispositivo físico, que variam de 20% a 90% para o sensor de umidade e até 50°C para a leitura de temperatura.

A lógica para ambos os dispositivos é trabalhar em faixa de valores para 3 bits para o sensor de umidade e com a finalidade de aumentar a precisão no sensor de temperatura, serão utilizados 4 bits. A tabela verdade para o sensor de umidade e temperatura podem ser analisadas respectivamente nas Figuras 8 e 9.

Faixa de valores	U2	U1	U0	U
20 - 29	0	0	0	1
30 - 39	0	0	1	1
40 - 49	0	1	0	1
50 - 59	0	1	1	0
60 - 69	1	0	0	0
70 - 79	1	0	1	0
80 - 89	1	1	0	0
90	1	1	1	0

Figura 8: tabela verdade do sensor de umidade

Faixa de valores	T3	T2	T1	T0	T
0 - 3	0	0	0	0	0
4 - 6	0	0	0	1	0
7 - 9	0	0	1	0	0
10 - 12	0	0	1	1	0
13 - 15	0	1	0	0	0
16 - 18	0	1	0	1	0
19 - 21	0	1	1	0	0
22 - 24	0	1	1	1	0
25 - 27	1	0	0	0	1
28 - 30	1	0	0	1	1
31 - 33	1	0	1	0	1
34 - 36	1	0	1	1	1
37 - 39	1	1	0	0	1
40 - 42	1	1	0	1	1
43 - 45	1	1	1	0	1
46 - 50	1	1	1	1	1

Figura 9: tabela verdade para a leitura de temperatura.

A partir das tabelas-verdade anteriores é possível analisar o momento de ativação para cada tipo de leitura. No caso de umidade, é ativo somente quando o valor mensurado é menor que 20% e o usuário precisa regar as plantas novamente. Já para o caso de temperatura, o usuário será avisado tanto no momento em que a temperatura exceder os valores máximos considerados ideais para as plantas, quanto para os valores mínimos ideais para manter sua sobrevivência.

Antes de elaborar o diagrama do circuito, é importante simplificar cada um deles. Para ambos os casos, foi utilizado o mapa de Karnaugh para auxiliar o processo e então a equação que irá modelar o circuito. Ambos podem ser verificados a seguir.

U	U0	
U2 U1	0	1
00	1	1
01	1	0
11	0	0
10	0	0

Figura 10: mapa de Karnaugh para a leitura de umidade

$$U = U2'U0' + U2'U1'$$

T	T1T0			
T3T2	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

Figura 11: mapa de Karnaugh do sensor de temperatura.

$$T = T3$$

Com as simplificações do mapa de Karnaugh, é possível esquematizar o circuito com as portas lógicas através do software *Wired Panda*.

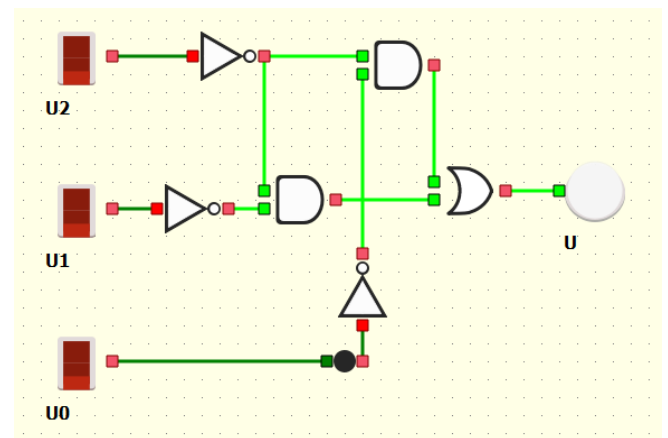


Figura 12: circuito digital do sensor de umidade.

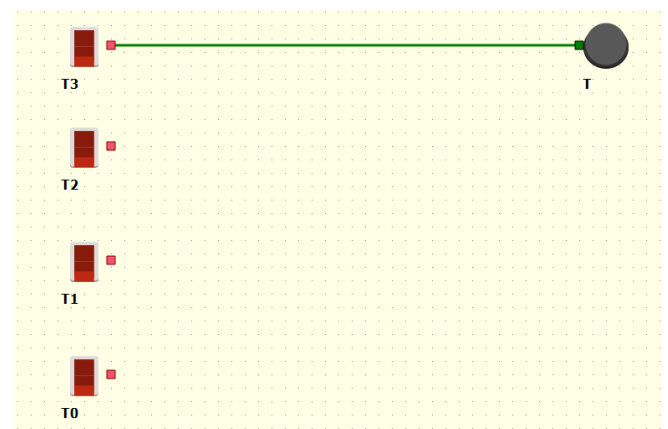


Figura 13: circuito digital do sensor de temperatura.

C. Circuito verificador par a par

Para garantir que os sensores estejam funcionando corretamente e detecte alguma anomalia na leitura, será utilizada uma lógica, para cada sensor, a fim de verificar se ao menos dois deles estejam funcionando corretamente. Um alarme irá detectar qual o sensor que apresenta um potencial erro de leitura em uma de suas saídas. Um display de 7 segmentos irá indicar qual dos circuitos se mostrou menos preciso durante a leitura.

O circuito verificador foi desenvolvido de forma genérica, ou seja, um circuito integrado para facilitar a replicação posteriormente.

C	B	A	Saída	Alarme
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

Figura 14: tabela verdade verificador sensor de umidade e temperatura..

Saída	A		Alarme	A	
CB	0	1	CB	0	1
00	0	0	00	1	1
01	0	1	01	1	0
11	1	1	11	0	0
10	0	1	10	1	0

Figura 15: mapas de Karnaugh do verificador do sensor de umidade.

Simplificando a partir do mapa demonstrado na Figura 15, obtemos as seguintes expressões:

$$Saída = BA + CA + CB = A(B + C) + CB$$

$$Alarme = B'A' + C'B' + C'A' = A'(B' + C') + C'B'$$

A partir das duas expressões geradas pelo mapa de Karnaugh, é possível obter o diagrama do circuito com as portas lógicas para o verificador que será utilizado para os três sensores.

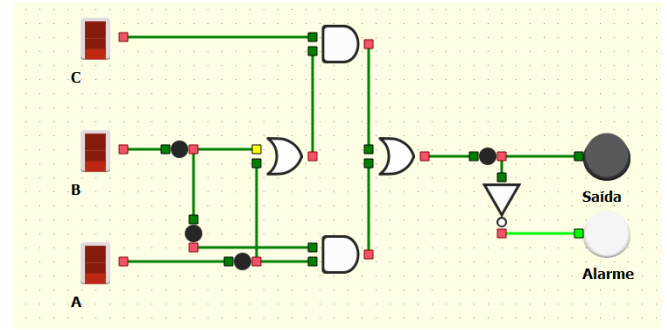


Figura 16: circuito digital do verificador par a par.

D. Circuito do display de 7 segmentos

Para facilitar a manutenção e acurácia da automação, o display de 7 segmentos foi introduzido a fim de sinalizar qual dos sensores pode estar apresentando erros de leitura, a representação do display pode ser conferida na Figura 17.

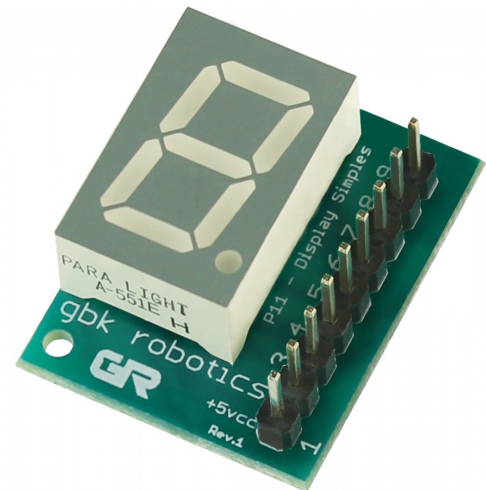


Figura 17: imagem do display de 7 segmentos.

Para a ativação dos leds referentes ao display foi construído um circuito digital que ativa os segmentos do display que referente ao número do sensor que está apresentando erro de leitura. O circuito está representado na Figura 18.

III. CIRCUITO COMPLETO

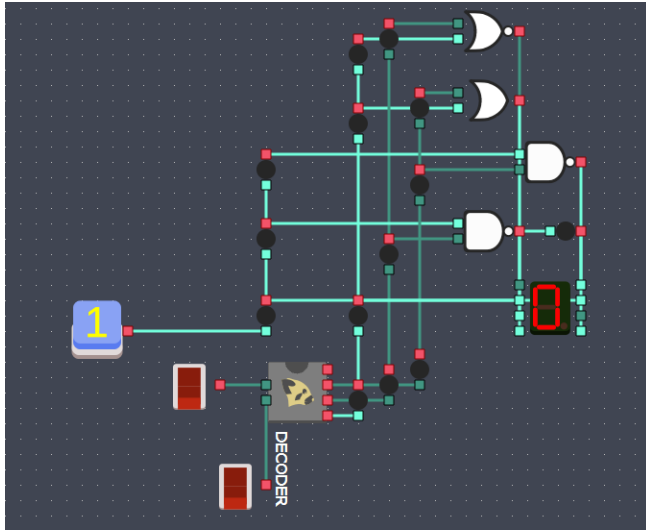


Figura 18: representação do circuito do display de 7 segmentos..

O circuito completo pode ser observado logo abaixo com os respectivos sensores (temperatura, pH e umidade), juntamente com o CI do clock e verificador.

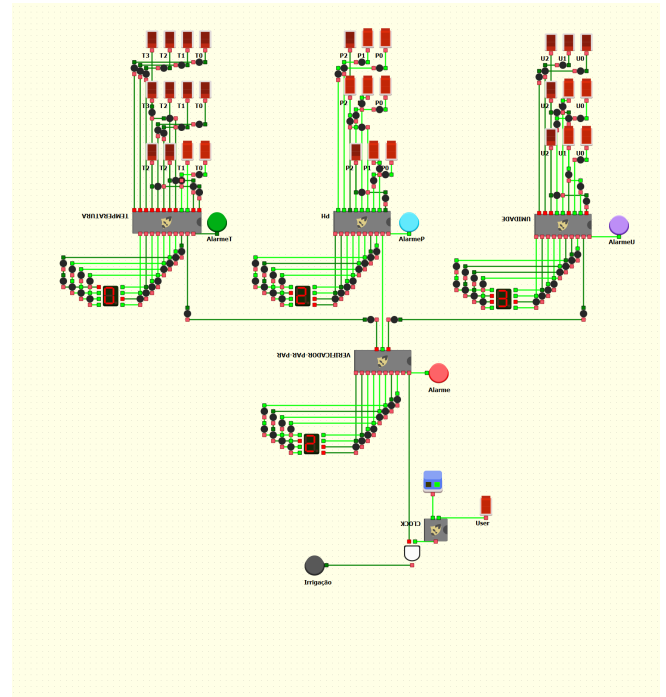


Figura 19: sistema de irrigação completo

Na figura acima, os sensores de temperatura e umidade não estão na faixa de valores correta para ativação do circuito, ou seja, a temperatura não está acima de 25°C e o sensor de umidade está acima de 50%. O circuito verificador já foi capaz de detectar entre cada sensor qual deles está divergente dos demais. O segundo verificador só é ativado quando há ao menos duas entradas de nível alta, mas neste caso apenas o pH. Como a entrada do usuário está habilitada, então a válvula de irrigação não é ativada.

IV. CONCLUSÃO

Em conclusão, um sistema de irrigação automático com sensores é altamente benéfico. Esse tipo de sistema proporciona uma gestão eficiente do uso de água, garantindo que as plantas recebam a quantidade adequada de irrigação no momento certo. Os sensores monitoram constantemente as condições do solo, como umidade e pH. Além disso, um sistema automatizado economiza tempo e esforço, eliminando a necessidade de monitoramento manual constante. Com a capacidade de otimizar o consumo de água e melhorar o crescimento das plantas, um sistema de irrigação automático com sensores se mostra uma escolha inteligente e sustentável para um manejo eficaz da água e uma paisagem verde exuberante. Além disso, é um sistema que contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, contribuindo especificamente para uma gestão eficiente do uso da água e fome zero e agricultura sustentável

<https://www.correiobraziliense.com.br/revista-do-correio/2022/07/5024821-ter-uma-horta-caseira-e-opcao-saudavel-e-util-para-toda-a-familia.html>.
Acesso em: 15 de junho de 2023.

REFERÊNCIAS

- [1] ANVISA. Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxico em Alimentos (PARA), dados da coleta e análise de alimentos de 2010. Brasília: ANVISA, 2011. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em 06 de junho de 2023.
- [2] DOS SANTOS ASSAD, ÉRIKA; NOVAES PILLAR DE OLIVEIRA CASTRO, L.; TAVARES MOTA, L. E.; DE JESUS SOUZA, M.; DE PAULA SILVA DE CARVALHO, M. Protótipo para instalação de um sistema para controle de irrigação de hortas caseiras: easy garden uma solução sustentável. *Humanas Sociais & Aplicadas*, v. 9, n. 26, p. 8-17, 19 dez. 2019.
- [3] TUDO Hidroponia. (s.d.). Cuidados com a solução nutritiva para Hidroponia. Tudo Hidroponia. Disponível em: <http://tudohidroponia.net/cuidados-com-a-solucaonutritiva-para-hidroponia/>. Acesso em 26 de Junho de 2023.
- [4] SOUZA, Allef Silva; LOURENÇO, Ícaro Lopes; PEREIRA, Laiane dos Santos; SANTOS, Marcos Galdino. Horta hidropônica automatizada por microcontrolador. Disponível em: <http://sistemaolimpico.org/midias/uploads/041a39b02a1a5bb1d271f19551ba9396.pdf>. Acesso em 25 de Junho de 2023.
- [5] MARCUSSE, Carolina. Ter uma horta caseira é opção saudável e útil para toda família. *Correio Braziliense*, São Paulo, 01 de agosto de 2023. Disponível em: