




Elias Naves SOLDÁ\*

 <https://orcid.org/0000-0003-1340-6707>


Gabriel Toninato BOTURA\*\*

 <https://orcid.org/0009-0002-4679-4208>


Danilo Agostini MACHADO\*\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-9228-5511>

José Paulo CODINHOTO\*\*\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-1220-2799>

Marcos Antonio ESTREMOTE\*\*\*\*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-7687-4607>

Recebido em: 29 de maio de 2023.

Aprovado em: 20 de outubro de 2023.

## SISTEMA AUTÔNOMO DE IRRIGAÇÃO BASEADO NA UMIDADE DO SOLO\*

### RESUMO

A irregularidade das chuvas é um problema que assola os produtores de hortaliças. Uma das formas de contornar tal adversidade é a utilização de sistema de irrigação. A irrigação feita de forma adequada faz o gerenciamento do uso da água e traz inúmeros benefícios, como, redução dos gastos hídricos, gastos com mão de obra empenhada na irrigação e produtividade. Assim, propõe um sistema autônomo de irrigação para a cultura de hortaliças para melhorar a eficiência dos recursos hídricos. Para o desenvolvimento do sistema autônomo de irrigação, foi utilizado o Kit de desenvolvimento Arduino com central de processamento, válvula solenoide para controle de vazão, sensores de unidade, temperatura e luminosidade (LDR) para instrumentação do sistema. Adicionalmente, foram utilizados dois hidrômetros, instrumento de medição volumétrica de água, instalados na linha de irrigação da horta para uma avaliação mais precisa do experimento. O protótipo desenvolvido foi testado no Sítio Bela Vista no município de Nova Canaã Paulista. Os dados avaliados foram coletados ao fim do ciclo de produção da produção de hortaliças, totalizando 35 dias para a produção. Os resultados mostram que, com a ajuda do equipamento automatizado de irrigação, os produtores podem manter a umidade do solo em níveis adequados, garantindo uma produção de melhor qualidade.

**Palavras-chave:** Irrigação. Linguagem Programação C/C++. Arduino. Sensores.

## STAND-ALONE IRRIGATION SYSTEM BASED ON SOIL MOISTURE

### ABSTRACT

Irregular rainfall is a problem that plagues vegetable producers. One of the ways to overcome such adversity is the use of an irrigation system. When done properly it is highly beneficial since it manages water use and reduces the costs of water and labor consumed by irrigation and productivity. We developed an autonomous irrigation system for vegetable crops to improve water resources' efficiency. An Arduino Development Kit was used with a processing center, solenoid valve for flow control, unit, temperature, and luminosity (LDR) sensors for system instrumentation. In addition, two water meters and a volumetric water measurement instrument were installed in the irrigation line of the garden for a more accurate evaluation of the experiment. The prototype developed was tested at Sítio Bela Vista, in the municipality of Nova Canaã Paulista. Analyzed data were collected at the end of the vegetable production cycle, totaling 35 production days. The results show that growers can, aided by our automated irrigation equipment, maintain soil moisture at adequate levels, ensuring better production quality.

**Keywords:** Irrigation. C/C++ Programming Language. Arduino. Sensors.

\* Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR - Unifunec, e-mail: eliasnavessolda@hotmail.com

\*\* Graduando de Tecnologia em Análise de Dados pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR - Unifunec, e-mail: gabrieltoninato1@hotmail.com

\*\*\* Mestre, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: damachado@funecsantafe.edu.br

\*\*\*\* Mestre, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: codinhoto92@gmail.com

\*\*\*\*\* Doutor, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR – Unifunec, e-mail: estremot@gmail.com

\* Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP/BR - Pibic/Unifunec



## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho em discussão é relevante no atual contexto brasileiro pela falta de chuvas ou pela incidência em momentos inesperados, o que tem se tornando uma constante e acarreta aos pequenos produtores inúmeros prejuízos.

O estado de São Paulo nos últimos anos tem vivenciado as piores secas e o noroeste paulista, região de foco do projeto, foi classificada como área de seca excepcional, grau mais severo, como pode ser observado de acordo com o levantamento da ANA -Agência Nacional de Águas (ANA, 2022).

Uma das formas de contornar tal adversidade é a utilização de sistema de irrigação. Tais sistemas têm se mostrado de grande apoio e valia aos produtores rurais brasileiros, nas mais variadas culturas.

O produtor que tem interesse na implantação de um sistema de irrigação necessita avaliar a melhor solução, tendo em vista que existem sistemas de irrigação que não controlam o volume de água no solo como pode ser notado de acordo com Batista (2012) e Reis *et al.* (2015, p. 1).

São inúmeros os benefícios para a adoção de um sistema autônomo de irrigação. Podemos citar, por exemplo, o aumento da produção, a economia de mão de obra, de água, de fertilizante, dentre outras. Gornat e Silva (1990) e Jesus *et al.* (2021, p. 7) trazem a gama de benefícios que um sistema automatizado de irrigação pode proporcionar ao produtor como melhor administração da propriedade, maior produtividade a um custo menor, economia de mão de obra, economia de energia e economia de fertilizantes.

Diante do exposto, o projeto tem o intuito de desenvolver um protótipo para automatizar o processo de irrigação, reduzindo gastos hídricos e a mão de obra empenhada na irrigação, que, nesse caso, está incumbida da realização do processo de ligar e desligar manualmente o sistema de irrigação.

Essa questão de ligar e desligar manualmente uma irrigação, além de outras funções, mais específicas no controle de uma cultura que utiliza um sistema manual de irrigação, acaba por deixar muitos produtores presos em afazeres relacionados à irrigação manual e que, ao optarem pela adoção de um sistema automatizado de irrigação, culminaria na liberação destes produtores para o uso inteligente do seu tempo em outras funções.

Para o desenvolvimento de um sistema autônomo de irrigação, foi utilizado o *Kit* de desenvolvimento Arduino. Um Arduino deve ser entendido como “[...] uma placa de prototipagem eletrônica de código aberto. O projeto, surgido na cidade de Ivrea, na Itália, em

2005, inclui *hardware* e software livre e visa oferecer ferramentas adaptáveis e de baixo custo para a criação de projeto interativos de diversas ordens” (CANALTECH, 2015).

O desenvolvimento e implementação do protótipo se mostra muito promissor, viável e urgente em uma região como o interior de São Paulo. De um modo geral, o desenvolvimento e a produção de hortaliças são muito afetados pelas condições de clima e umidade do solo. A falta de umidade do solo é, geralmente, fator limitante na obtenção de altos rendimentos. A alta umidade também pode ser prejudicial, pois favorece o desenvolvimento de doenças.

Em nosso estado, as chuvas costumam ocorrer de forma irregular. Frequentemente, ocorre escassez ou excesso de água em curto prazo, o que afeta seriamente a produtividade e a qualidade das hortaliças. Esses danos são quase sempre irreversíveis, porque a maioria dos vegetais tem um ciclo curto e é muito sensível aos desequilíbrios de umidade (ABCSEM, 2022).

Além do exposto, o fator humano também contribui para que doenças sejam instaladas na cultura por excesso de água ou demais tratos culturais inadequados, isso ocorre pelo fato do indivíduo não saber qual a umidade exata no solo naquele momento, fazendo regas desnecessárias que desperdiçam água e causam prejuízos na cultura (ABCSEM, 2022).

## 2 METODOLOGIA

Na construção do equipamento, diversos fatores foram levados em consideração, mas o preponderante para que o equipamento ficasse íntegro e protegido das intempéries climáticas e garantisse integridade ao sistema e às partes elétricas foi a estrutura, que foi pensada para não permitir a entrada de líquidos no interior do sistema implementado.

Com a intenção de configurar todos os parâmetros de irrigação, foram feitos furos e aberturas na estrutura plástica de modo que todos os Botões e *Encoder* ficassem na parte externa do equipamento e ainda protegidos das intempéries climáticas (Figura 1).

Figura 1 - Botões, *Encoder* e *Display LCD*

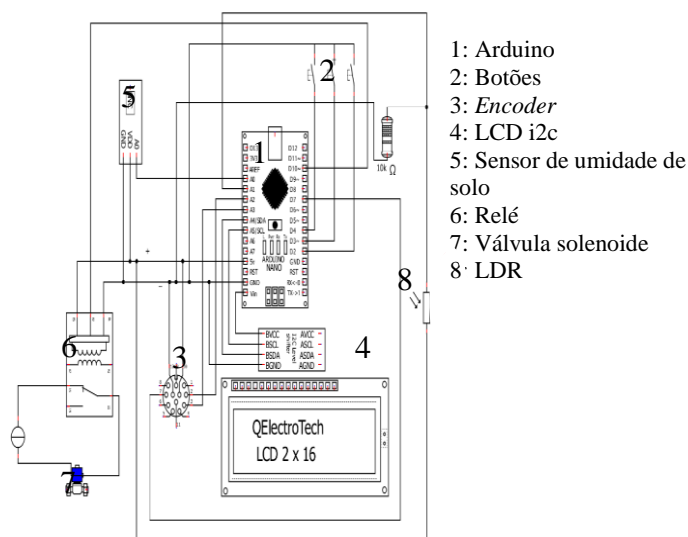


Fonte: Dos próprios autores.

Para que as partes elétricas dos Botões e do *Encoder* não entrassem em contato com a água, foram adquiridos modelos que possuísem roscas impermeáveis, impedindo assim a entrada de qualquer líquido no interior do equipamento. Com o propósito de impermeabilizar todo o equipamento, na parte frontal, foi feita uma abertura para a alocação do *Display LCD*. Para tal fim, foi adicionada uma chapa de acrílico, colada com supercola e adicionada mais uma camada na borda de cola quente (tudo para garantir a máxima vedação de todos os componentes internos citados) de modo que ainda fossem visíveis todas as informações apresentadas no LCD na parte interna do equipamento (Figura 1).

Foi adicionado um sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) ao equipamento, sensor esse que permite ao equipamento identificar a luz ambiente externa naquele momento (Figuras 2 e 3), optando assim por irrigar ou não. Assim como descreve o autor Torezani (2020), o consumo de água das plantas está ligado com seu processo de fotossíntese. E a fotossíntese somente acontece nas horas claras do dia. Isso nos permite dizer que as plantas consomem mais água durante o dia.

Figura 2 - Esquema elétrico.



Fonte: Dos próprios autores.

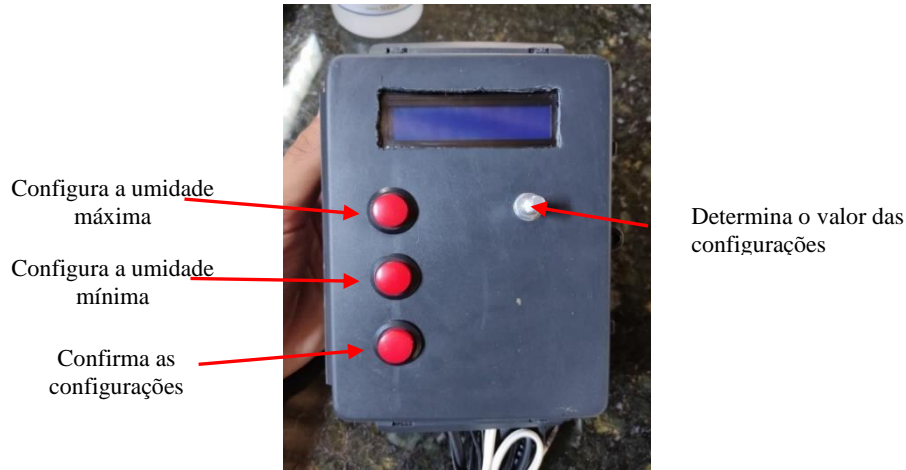
Figura 3 - Parte elétrica.



Fonte: Dos próprios autores.

Quanto ao funcionamento do equipamento criado, ele se configura de maneira simples e os textos exibidos na tela auxiliam o operador no controle e acionamento das operações. As Figuras de 4 a 10 demonstram a operação.

Figura 4 - Botões e suas funcionalidades.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 5 - Tela inicial do equipamento



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 6 - Configurando umidade máxima.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 7 - Configurando umidade mínima.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 8 - Confirmando as configurações



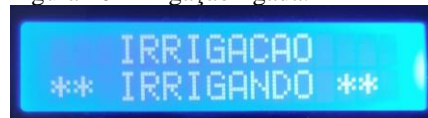
Fonte: Dos próprios autores.

Figura 9 - Irrigação pausada durante a noite



Fonte: Dos próprios autores.

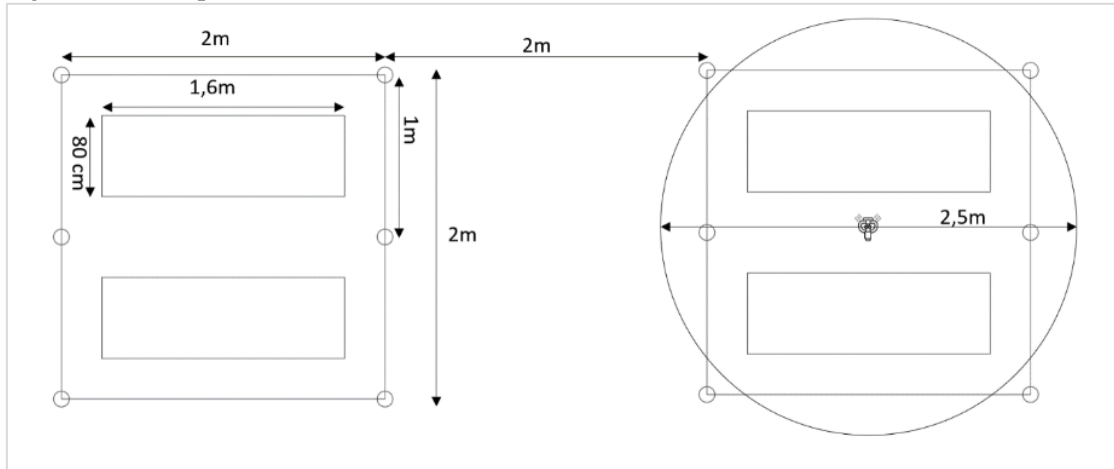
Figura 10 - Irrigação ligada.



Fonte: Dos próprios autores.

Para que o protótipo fosse testado foram criadas duas estufas de proporções similares, e para a construção foram utilizados 6 palanques de madeira, como ilustra a Figura 11, arame e tela de sombreamento 50%.

Figura 11 – Croqui das hortas.



Fonte: Dos próprios autores.

Para a colocação dos palanques, foram feitos buracos de 1m de profundidade, preenchendo o buraco com terra e compactando o solo no pé do palanque com a parte superior dos palanques ficando com 1m de altura e tal altura se deve pela extensão da horta, caso fossem mais altos (acima de 1,3m), a tela de sombreamento não protegeria toda a extensão dos canteiros da solarização. Os palanques do meio foram deixados com 1,2 m para não interferirem no aspersor que irrigará os dois canteiros (área de aspersão: Raio de 2,5m).

Para que a tela protetora fosse fixada, foram feitos furos nos acumes dos palanques para que o arame segurasse a tela no modelo capela de horta. Isso foi feito na horta ao lado, separadas por uma distância de 2m. A tela protetora foi montada no formato de cortina (Figuras 12 e 13), para eventuais manutenções na cultura, isso facilitara a entrada e o acesso aos canteiros.

Figura 12 - Hortas prontas



Fonte: Dos próprios autores.

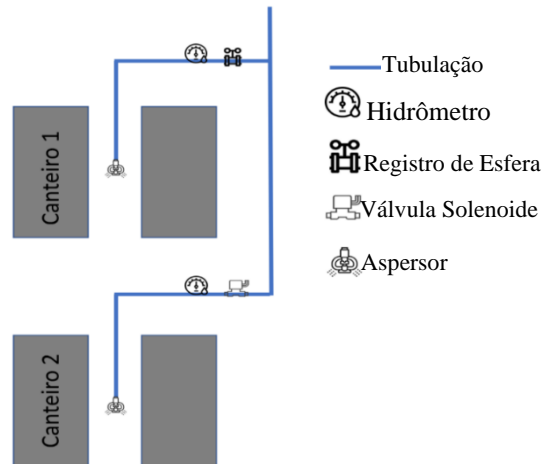
Figura 13 - Recuo da tela de sombreamento.



Fonte: Dos próprios autores.

Para a coleta de dados, foram adicionados dois hidrômetros nas linhas secundárias de irrigação assim como demonstra a Figura 14. Esses equipamentos permitem analisar a quantidade de água gasta durante todo o processo de irrigação com a cultura instalada até a fase final do ciclo com a colheita da cultura.

Figura 14 - Esquema Hidráulico



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 15 - Hidrômetro e válvula solenoide instalados



Fonte: Dos próprios autores.

A implantação do equipamento piloto aconteceu no Sítio Bela Vista no município de Nova Canaã Paulista cujas coordenadas geográficas são: 20° 22'29.11" S e 50°56'50.23" O.

A coleta de dados foi realizada por dois hidrômetros (Figuras 15) instalados na linha de irrigação da horta e as diferentes situações foram avaliadas (Sistema autônomo de irrigação e sistema manual de irrigação). As avaliações de eficiência tanto do operador quanto do equipamento aconteceram ao fim do ciclo de produção da folhosa que foi de 26 de agosto, quando ocorreu o transplântio das mudas (Figuras 16 e 17), a 30 de Setembro, dia em que foram colhidas (Figuras 18 e 19). O critério para a colheita foi baseado na experiência do operador completando assim o seu ciclo com 35 dias.

Figura 16 – Mudas de Alface.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 17 - Transplântio das mudas de Alface



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 18 – Alfaces prontas para serem colhidas.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 19 –Equipamento em funcionamento.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 20 –Equipamento em funcionamento.



Fonte: Dos próprios autores.

### 3 RESULTADOS

Os dados coletados pelos hidrômetros foram descritos a seguir nas Figuras 20 a 23.

Figura 21 –Hidrômetro utilizado no início da irrigação autônoma indicando 260 litros.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 22 – Hidrômetro utilizado no fim da irrigação autônoma indicando 5180 litros.



Fonte: Dos próprios autores.

Foi calculado o consumo de água utilizada durante o período de 26 de agosto a 30 de setembro e o consumo foi de 4.920 litros de água gasto na irrigação autônoma.

Figura 23 –Hidrômetro utilizado no início da irrigação manual indicando 1120 litros.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 24 –Hidrômetro utilizado no fim da irrigação manual indicando 6230 litros.



Fonte: Dos próprios autores.

Foi calculado o consumo de água utilizada durante o período de 26 de agosto a 30 de setembro e o consumo foi de 5.110 litros de água gasto na irrigação manual.

A quantidade de folhas, peso úmido e seco também foram obtidos e serão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados médios

Sistema Autônomo			Sistema Manual		
Quantidade de folhas	Matéria verde	Matéria seca	Quantidade de folhas	Matéria verde	Matéria seca
24	336g	11g	19	266g	8,2g
18	252g	8,3g	18	252g	7,7g
19	266g	8,7g	21	294g	9g
21	294g	9,7g	17	238g	7,3g
32	448g	14,7g	23	322g	9,9g
19	266g	8,7g	20	280g	8,6g
22	308g	10,1g	18	252g	7,7g
20	280g	9,2g	19	266g	8,2g
21	294g	9,7g	22	308g	9,5g
18	252g	8,3g	19	266g	8,2g
19,6	274,4g	9,016g	17,7	247,8g	7,611g
Média					

Fonte: Dos próprios autores.

#### 4 DISCUSSÃO

O equipamento demonstra grande estabilidade e eficiência quanto ao seu funcionamento, pois os dois modelos de irrigação consumiram quantidades de água similares, uma diferença de apenas 190 litros ou 3,6% em relação ao sistema autônomo, isto também indica que a programação feita pelo operador manual no sistema autônomo também foi bem precisa pois atendia a necessidade vista pelo operador manual na quantidade de água a ser utilizada nas hortaliças, na irrigação autônoma a umidade do solo se manteve constante em todo o crescimento da foliosa o que permitiu que as olerícolas tivessem um desenvolvimento ligeiramente superior, enquanto que na irrigação manual a foliosa teve desenvolvimento inferior, leva-se a crer que a uniformidade de água aplicada foi um dos fatores que levaram a essa diferença.

Quanto ao peso, quantidades de folhas e qualidade dos pés de alface a diferença não se mostrou representativa perante o operador manual com mais de 5 anos de experiência, mas análises quantitativas foram feitas e chegamos aos seguintes resultados:

- **Quantidade de folhas:** Sistema autônomo teve uma vantagem média de 1,9 folhas por pé
- **Peso da matéria verde:** Sistema autônomo teve uma vantagem média de 26,6 gramas por pé.

- **Peso da matéria seca:** Sistema autônomo teve uma vantagem média de 1,4 gramas por pé.

Quanto ao consumo pode se observar elevadas quantidade de água gasta por plantas segundo Barros *et al.* (2016) a quantidade virtual de água responsável pelo desenvolvimento da cultura é de 10,87 litros por planta de alface, enquanto que no sistema autônomo e manual a quantidade de água gasta foi de aproximadamente 86 litros pro planta, quantidade muito superior ao indicado pelo autor, alguns fatores influenciaram esse valor como a área de irrigação, solo, espaçamento entre plantas e condições climáticas, acredita-se que esse valor pode ser reduzido em 60% com modificações na estufa, o mesmo também pode ser configurado para umidades máximas mais baixas economizando assim maiores quantidades de água.

A facilidade de programação do equipamento de irrigação automatizado é um fator importante a ser considerado. Ao contrário de outros projetos, como Nunes, Pereira e Lopes (2019), que exigem que o código fonte seja alterado em um computador antes de ser transferido para a placa, este equipamento pode ser programado diretamente em seu painel. Isso torna a programação do equipamento mais simples e conveniente, eliminando a necessidade de deslocamento e possibilitando uma maior agilidade no processo de programação. Com essa característica, o equipamento de irrigação automatizado se torna ainda mais acessível para os produtores, contribuindo para uma maior adoção dessa tecnologia no campo.

Com o sistema de automação de baixo custo, foi possível manter a umidade do solo adequada aos parâmetros programados, evitando-se eventuais déficits ou excessos de água para a cultura em estudo (GIOMO, 2019).

No trabalho realizado por Marques Filho (2017), o sistema de controle ambiental para cultivo protegido, apresentou funcionamento satisfatório no acionamento dos atuadores de acordo com a programação implantada para a cultura da alface. Os atuadores de ventilação, nebulização e sombreamento devem ser mais bem dimensionados para que ocorra a interferência no meio interno da casa de vegetação. A pesquisa de Marques Filho (2017) visou prioritariamente analisar o funcionamento do sistema eletrônico de controle e aquisição dos dados, e não a eficiência dos atuadores, nosso objetivo foi alcançado com êxito.

## 5 CONCLUSÃO

O uso do equipamento de irrigação automatizado com o *kit* Arduino através de microcontroladores é uma solução prática e eficiente para a gestão da água na produção

agrícola. As tecnologias de automação permitem que o produtor possa dedicar seu tempo a outras atividades na propriedade e a automação garante a aplicação correta da água nas plantas, evitando desperdícios e garantindo o desenvolvimento saudável das culturas.

A implementação (desenvolvimento) desse equipamento é particularmente importante para culturas sensíveis ao excesso de água, como é o caso das olerícolas. O uso excessivo de água pode levar à deterioração dessas culturas, prejudicando não apenas a produtividade, mas também a qualidade dos produtos. Com a ajuda do equipamento automatizado de irrigação, que foi implementado e testado *in loco*, os produtores podem manter a umidade do solo em níveis adequados, garantindo uma produção de alta qualidade. Além disso, a automação também traz benefícios ambientais, uma vez que a gestão adequada da água contribui para a conservação dos recursos hídricos. Com a utilização do equipamento de irrigação automatizado, é possível reduzir o consumo excessivo de água e evitar desperdícios, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola.

A umidade do solo é um fator crítico para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Essas culturas requerem níveis adequados de umidade para produzir bem, mas o excesso de água pode levar a uma série de problemas, incluindo o apodrecimento das raízes, a proliferação de doenças e a diminuição da produção. Por isso, é importante que o nível de umidade do solo seja monitorado cuidadosamente e que a irrigação seja realizada de forma precisa e adequada. O uso de sensores de umidade do solo, como o tensiômetro, pode ajudar os produtores a obterem informações precisas sobre a umidade do solo em tempo real. Isso permite que a irrigação seja ajustada de acordo com as necessidades das plantas e evita o excesso de água.

## REFERÊNCIAS

ABCSEM. Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. **Muita água nas hortaliças**. 2022. Disponível em: <https://www.abcsem.com.br/noticias/1120/excesso-de-agua-em-hortaliças>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Dados Abertos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico: dados abertos para a gestão de recursos hídricos**. 2022. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/search?collection=Dataset&q=chuvas>. Acesso em: 1 set. 2022.

ARDUÍNO E CIA. **Como utilizar um encoder rotativo com Arduino**. 2015. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/como-usar-encoder-rotativo-ky-040-arduino/#:~:text=Ligando%20o%20encoder%20no%20Arduino&text=Teste%20esse%20circuito%20carregando%20o,LIBRARIES%20da%20IDE%20do%20Arduino.&text=Esse%20>

C3%A9%20um%20circuito%20bem,seu%20encoder%20est%C3%A1%20funcionando%20corretamente. Acesso em: 12 de maio 2022.

**ARDUÍNO E CIA. Como usar o módulo I2C com Arduino e display LCD 16x2. 2014.**

Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/modulo-i2c-display-16x2-arduino/>. Acesso em: 12 maio 2022.

BARROS, K. F. G. de *et al.* Valor da água virtual de hortaliças comercializada em Benevides - PA. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 9–24, 2018. Disponível:

<https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1739/2545>

BATISTA, S. C. O. **Estudo técnico e econômico de um dispositivo visando à automação de sistemas de irrigação a partir do monitoramento do conteúdo de água no solo.** 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2012. Disponível em: [http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses\\_dissert/322\\_\(ME-2012\)\\_Selma\\_Cristina\\_de\\_Oliveira\\_Batista.pdf](http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/322_(ME-2012)_Selma_Cristina_de_Oliveira_Batista.pdf)

CANALTECH. **O que é Arduíno?** 2015. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/hardware/o-que-e-arduino/> Acesso em: 28 de nov. 2021.

NUNES, J. E. C.; PEREIRA, S. D.; LOPES, P. N. Sistema automático de irrigação, controle e monitoramento de estufas. *In: II SEMINÁRIO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM PROTÓTIPOS.* 2019, **Anais...** Alegrete, RS, Brasil: Unipampa – Universidade Federal do Pampa, 2019. Disponível em:

[https://eventos.unipampa.edu.br/sciprot/files/2019/09/sciprot\\_2019\\_paper\\_131.pdf](https://eventos.unipampa.edu.br/sciprot/files/2019/09/sciprot_2019_paper_131.pdf). Acesso em: 12 nov. 2022.

GIOMO, D. **Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo.**

2019. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia na Agricultura, Engenharia Elétrica, Unioeste, Cascavél - Pr, 2019. Disponível em:

<https://tede.unioeste.br/handle/tede/4980>

GORNAT, B.; SILVA, W. L. V. **Sistemas de controle e automatização da irrigação.**

ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna. Brasília: ABID, 1990.

**GOOGLE EARTH.** Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-20.38146549,-50.95096914,384.23255364a,384.19306905d,35y,-5.07191695h,0.07512503t,Or>. Acesso em: 13 jun. 2022.

**HYDRA IRRIGAÇÕES. Horário em que as plantas “bebem água” afeta produtividade no campo.** 30 jan. 2020. Disponível em: <https://hydriirrigacoes.com.br/noticias/horario-em-que-as-plantas-bebem-agua-afeta-produtividade-no-campo>.

JESUS, A. M. de *et al.* Sistema de automatização para irrigação de uma horta a partir da energia fotovoltaica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5, p. 53478-53493 may. 2021 Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/30543/24010>. Acesso em: 27 nov. 2021.

LABSTORE. **Sensores de umidade do solo**: o que você precisa saber. 2020. Disponível em: <https://blog.labstore.com.br/sensores-de-umidade-do-solo/>. Acesso em: 12 maio 2022.

LOPES, O. D. *et al.* Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 6, p. 548-553, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000600002>. Acesso em: 12 nov. 2022.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES FILHO, Aldir Carpes. **Sistema de automação e controle inteligente para cultivo protegido – tecnologia acessível ao pequeno produtor**. 2017. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mecatrônica, Departamento Acadêmico de Metal-Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

Disponível em:

<https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/558/sistema%20de%20automa%C3%A7%C3%A3o%20e%20controle%20inteligente%20para%20cultivo%20protegido%20-%20tecnologia%20acess%C3%ADvel%20ao%20pequeno%20produtor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REIS, R. R. S. *et al.* Sistema automatizado de irrigação: uma solução de baixo custo para a agricultura. *In: JICE - JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO*, 6., 2015. Araguatins. **Anais ...** Araguatins: IFTO, 2015. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/6jice/paper/view/7114>. Acesso em: 28 de nov. 2021.