

Implantação de sistemas inteligentes de irrigação para a melhoria da produção da agricultura familiar em plantações cultivadas em estufas

Abstract. *It has been possible to perceive, through the contact with familiar farmers from Rio Grande do Sul, the difficulty of performing a good administration of irrigation at greenhouses in an automated and efficient way, what happens because there is a shortage of products which do that with good cost benefit. Therefore, this research has the goal of developing a prototype able to solve this problem through an intelligent, automated, context aware, efficient at water use and low cost irrigation.*

Resumo. *Percebeu-se, através do contato com agricultores familiares do Rio Grande do Sul, a dificuldade na realização de uma boa administração da irrigação em estufas de modo automatizado e eficiente, por conta da carência de produtos com bom custo-benefício para tal finalidade. Sendo assim, o presente trabalho busca desenvolver um protótipo capaz de solucionar o problema, através da realização de uma irrigação sem necessidade de trabalho manual, inteligente, de baixo custo, ciente de contexto e eficiente no aproveitamento de água.*

1. Introdução

Dentro do âmbito da agricultura percebe-se a atividade de irrigação como sendo de extrema importância. Para que sejam satisfeitas as necessidades das culturas nas plantações e, conseqüentemente, atinja-se um nível ideal na produção, é preciso que a irrigação seja vista como uma ciência e não somente ferramenta. Pois, sendo entendida como ciência, a irrigação necessita de ser feita de forma correta, que evite possíveis desperdícios e otimize os impactos positivos de determinada técnica [Testezlaf 2017].

Além disso, a boa utilização da água em contexto agrícola também mostra relevância. Podemos observar o percentual de água gasto mundialmente: de acordo com o posicionamento da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), de toda a água consumida no mundo, 70% são pela agricultura [PET Agronomia UFSM 2022]. Sendo assim, o bom uso da água se faz importante tanto para o agricultor e sua qualidade produtiva quanto para o meio à sua volta.

Entretanto, através do contato com agricultores da região Litoral Norte do Rio Grande do Sul, percebeu-se a existência de dificuldades no gerenciamento da água realizada nas estufas agrícolas. É relatado pelos agricultores que existe gasto de tempo além do desejado para realizar a irrigação de suas plantações, mesmo no caso da posse de “timers” que são responsáveis por realizar uma função de irrigação semi-automática. O problema com dispositivos de custo acessível como esses é que eles não têm a capacidade de lidar com situações adversas, fazem a irrigação de forma fixa e, por exemplo, em um dia quente no qual as plantas necessitam de mais água, não farão essa distinção e as culturas ficarão com nível de umidade menor que o devido, a não ser que o agricultor despenda sua força de trabalho e realize a água manualmente, o que acarreta no gasto de tempo anteriormente mencionado.

Além disso, opções de produtos mais eficazes acabam por ter um custo acima daquilo que é economicamente viável à maior parte do público visado. Um exemplo de sistema de irrigação utilizado no agronegócio brasileiro foi desenvolvido na UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), o qual, sendo chamado “Sistema Irriga”, conta com um plano mínimo de 25 ha para realização da irrigação [UFSM 2023] . Por outro lado, plantações em estufas costumam ter seu tamanho bastante reduzido em relação à escala dos hectares, tendo suas dimensões usualmente menores do que a faixa das centenas de metros [Reis 2005].

Sendo assim, visando ser uma boa opção para o escopo agrícola de pequeno porte, a presente pesquisa se propõe a desenvolver, dentro do ensino técnico de informática integrado ao ensino médio, um sistema capaz de realizar a irrigação de plantações de modo automatizado, inteligente, de baixo custo e eficiente, isto é, o sistema deverá ser capaz de realizar sua função sem a necessidade de aplicação da força de trabalho do cultivador envolvido na plantação, de modo que as plantas recebam a quantidade de água que precisam de acordo com o cenário ambiental e climático, evitando assim o desperdício de recursos hídricos e gasto de tempo em excesso da figura do agricultor na realização do trabalho, sendo tudo feito com materiais de boa qualidade e menor custo possível.

A intenção é tornar o sistema ciente de contexto, conceito que se refere capacidade de aproveitar quaisquer informações com utilidade na caracterização da situação na qual se encontra determinada entidade, podendo essa ser tanto uma pessoa quanto um objeto [Dey 2001], e, no caso da presente pesquisa, a entidade se trata do sistema de irrigação. Desse modo, dizer que o sistema deverá ser ciente de contexto, significa que ele precisará ter sensores hábeis a coletar informações úteis para entender a situação, atingir seus objetivos e, conseqüentemente, tornar a administração da irrigação mais eficiente. Um exemplo de fator ambiente com extrema relevância é a umidade do solo, a qual afeta e é afetada diretamente pelas culturas presentes nas plantações. Basicamente, o protótipo deve ser capaz de utilizar dados situacionais em prol de tomar decisões que supram a necessidade de água das diferentes culturas agrícolas cultivadas em estufas.

3. Metodologia

O presente trabalho tem seu desenvolvimento com características de uma pesquisa experimental no que se refere às técnicas empregadas e explicativa quanto aos objetivos, pois dentro do campo da pesquisa científica o experimento se mostra um dos melhores exemplos e, em seu cerne, a pesquisa experimental busca determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que sobre ele têm influência e determinar formas de observação e controle delas [GIL 2002], sendo assim, faz diálogo direto com a ideia de ciência de contexto presente no desenvolvimento do sistema e em como essa pode ser usada de modo mais eficiente. Quanto a classificação de pesquisa experimental, se deve ao fato desse tipo de pesquisa ser centralizada em identificar fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos, aprofundando assim o conhecimento da realidade, pois explica a causa das coisas [GIL 2002] viabilizando a atuação sobre elas.

Deste modo, em prol de solucionar os problemas relacionados a administração da água e o impacto desta sobre seu uso inadequado, possível prejuízo às plantas, má utilização de tempo e mão de obra do agricultor, moldam-se as seguintes etapas:

- I. Determinar os métodos de irrigação que deverão ser utilizados de forma que se alinhem aos objetivos do projeto.
- II. Identificação das variáveis do ambiente com influência sobre as plantas que podem ser lidas, interpretadas e utilizadas pelo sistema em prol de melhorar a irrigação.
- III. Realizar a coleta dos dados a partir de sensores e identificar como aplicá-los na lógica de programação.
- IV. Efetuar testes dos protótipos em ambiente prático real: estufas agrícolas.
- V. Coletar os resultados obtidos a partir dos testes e realizar sua análise para determinar o quão benéfico o sistema é nos quesitos: gasto de água, gasto de tempo do agricultor, produtividade das lavouras e custo-benefício.

3. Protótipos e Técnicas

A partir do objetivo de manter o sistema com o custo mais baixo e a qualidade mais alta possíveis, buscaram-se componentes e técnicas que atendessem a esse requisito da melhor maneira, tanto no que tange a área eletrônica quanto a agrícola. Interligando-as de forma benéfica ao objetivo.

3.1. Técnicas de Irrigação

Como método de distribuição da água, o escolhido foi o gotejamento, por conta de sua propensão à economia de água. A técnica se baseia na aplicação de pequenos volumes de água na área radicular das plantas através de gotas, o que apresenta diminuição da perda de recursos hídricos por concentrá-los nas áreas específicas de necessidade, assim mostrando maior eficiência em relação à métodos de aspersão e superfície [Testezlaf 2017].

Além disso, utilizou-se a técnica de fertirrigação, que consiste na diluição de adubos na água que será utilizada na irrigação. Tal escolha de método foi tomada uma vez que a fertirrigação aumenta a eficiência no uso dos fertilizantes, reduz a necessidade de mão de obra e custos com meios de aplicação e permite fracionar os adubos de acordo com a cultura trabalhada. Ademais, a fertirrigação necessita de boa distribuição da água no solo onde se encontram as plantações, o que é favorecido pelo ambiente controlado das estufas agrícolas [Coelho , Costa , Borges, Andrade and Pinto 2010].

3.2. Protótipos

Os protótipos foram construídos visando atingir eficiência e baixo custo. Além disso, visa-se a utilização dos conceitos de ciência de contexto, ou seja, existe a necessidade do sistema coletar informações do meio no qual se encontra e aplicá-las, através de lógica, em prol de realizar a irrigação no momento correto e com a quantidade de água que as culturas necessitam. Empregaram-se nos protótipos, portanto, microcontroladores para aplicação da programação responsável por gerenciar o funcionamento do sistema, sensores capazes de registrar leituras do ambiente e componentes para distribuição da água ao longo do solo.

Quanto aos microcontroladores, optou-se pelo uso das placas de prototipagem Arduino e ESP32, por conta de serem economicamente vantajosas e aplicáveis de forma

prática, com viabilidade de aplicar a lógica de funcionamento do sistema através de programação usando a linguagem C++. O protótipo atual, contudo, conta com a utilização somente da ESP32 por sua excelente conectividade, sendo capaz de realizar conexões bluetooth e wifi, o que lhe confere ótimo custo-benefício e alta empregabilidade, atributos que a tornam peça chave no desenvolvimento do sistema autônomo [Santos and Junior 2019].

Além de seus atributos superiores ao Arduino mencionados acima, a ESP32 conta com 520Kb de memória RAM, 34 GPIOs que permitem conexão e interação com outros dispositivos - tanto através de sinais analógicos quanto digitais - por exemplo, com os sensores responsáveis por coletar informações dos fatores ambientais. Além disso, a placa de prototipagem tem capacidade de realizar multithreading, ou seja, é possível programar a realização de mais de uma tarefa simultaneamente, pois possui dual-core [NodeMCU ESP32 2023], o que é extremamente útil no caso de falta de conexão com a internet: ao mesmo tempo que a ESP32 monitora a irrigação, ela é capaz de acompanhar a possibilidade de conexão e, assim que possível, reavê-la sem ter prejudicado o funcionamento da aguação.

Por conta da quantidade de água que as plantas recebem estar diretamente ligada com sua qualidade e produtividade [Testezlaf 2017], o fator do ambiente escolhido para ser monitorado é a umidade do solo, pois a partir do momento que o solo não possui água suficiente para manter as culturas irrigadas, existe a necessidade de receberem a aguação. Ou seja, independentemente do tempo desde a última irrigação ou mesmo da temperatura ambiente, caso a raiz da planta não tenha água, ela poderá se encontrar em situação prejudicial ou, ao menos, fora das condições desejadas, principalmente se tratando de culturas que consomem maior quantidade de recursos hídricos.

Para realizar o monitoramento da umidade do solo, foram utilizados 3 tipos de sensores, cada um com um diferente princípio de funcionamento. O primeiro sensor utilizado nos protótipos foi o sensor resistivo - mostrado na figura 1 - o qual conta com uma haste de dois terminais e um módulo que realiza a comunicação com a placa de prototipagem ESP32. O princípio de funcionamento dessa peça é, como o nome sugere, identificar a umidade através da medição de resistência, através de uma corrente que percorre os terminais do sensor e o solo. Assim, conforme a presença de água se altera, a resistência presente no circuito também. A partir disso, o módulo que faz a comunicação com a ESP32 envia diferentes valores em concordância com as leituras [Alves 2020].

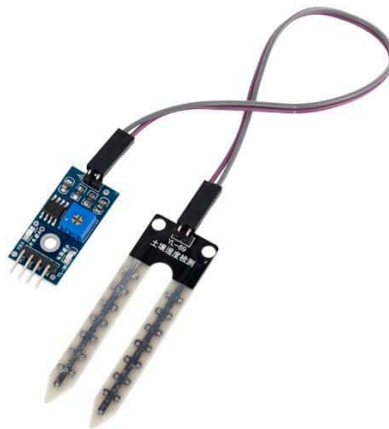


Figura 1. Sensor resistivo

O sensor resistivo demonstrou leituras satisfatórias, ou seja, ele entregou valores sem grandes oscilações e que possibilitaram às culturas uma irrigação autônoma e estável ao longo de 14 dias de utilização. Contudo, houve um problema pois, após o período citado, o sensor demonstrou oscilações nos valores de umidade em intervalos de tempo extremamente curtos. Após análise, foi percebido que o componente sofrera oxidação, como fica evidente na figura 2.



Figura 2. Sensor resistivo deteriorado após 14 dias de uso

Após a constatação de ineficiência do sensor resistivo por períodos longos, houve necessidade de selecionar um substituto. Foram feitos então testes com o sensor capacitivo, presente na figura 3. O equipamento, por sua vez, opera através da medição da capacitância presente no solo, o que é feito por seus dois eletrodos revestidos por uma camada dielétrica, distantes entre si e enterrados no solo durante o funcionamento. O solo, no que lhe concerne, fica posicionado entre os dois eletrodos e, dessa maneira, influencia a capacitância de acordo com a existência de água [Alves 2020].

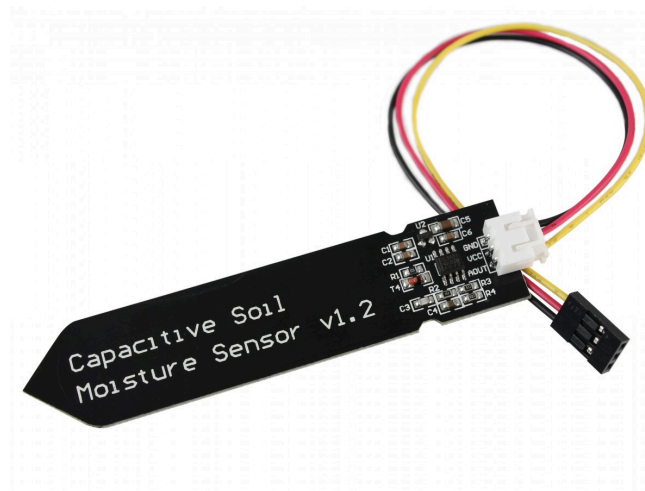


Figura 3. Sensor capacitivo

O sensor capacitivo, assim como o resistivo, no início do período de experimentação mostrou-se competente em sua função, sem apresentar grandes problemas. Contudo, embora não apresente corrosão acentuada como seu antecessor, começou também a apresentar oscilação marcante das leituras. Seus testes começaram no dia 19/10/2022 e, já no dia 08/11/2022, seu funcionamento se mostrava prejudicado, fazendo leituras com oscilação de até 47 entre dois valores de umidade seguidamente coletados, com 2 minutos de diferença entre eles - sendo os valores das leituras comprimidos em um intervalo de 0 a 100.

Dado o problema de durabilidade inerente aos modelos de sensores capacitivo e resistivo, precisou-se pesquisar uma nova alternativa. Foi então encontrado o sensor HD-38 anticorrosivo (figura 4), que está atualmente sendo testado e utilizado na pesquisa. Seu funcionamento tem o mesmo princípio do sensor resistivo [Alves 2020], trabalhando com a resistência afetada pela presença de água no solo e com a corrente fluindo através de dois terminais que ficam enterrados. Além disso, também conta com um módulo que o acompanha para realizar a comunicação com a placa de prototipagem.



Figura 4. Sensor HD-38 anticorrosivo

Desde o início da testagem com o sensor HD-38, ele demonstrou medições satisfatórias durante 28 dias e segue em funcionamento sem ter sofrido danos por corrosão, como ocorrido com o seu primeiro antecessor. Nas figuras 5 e 6 vemos, respectivamente, duas horas de leituras dos dias 02/06/2023 e 30/06/2023. No caso do primeiro dia, o momento é registrado após ocorrer uma irrigação manual prévia ao início dos testes, enquanto no segundo dia há momentos de antes e depois de um ciclo de irrigação.

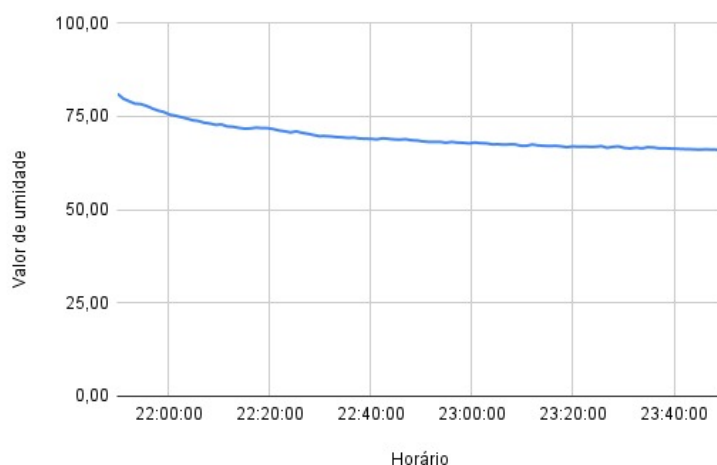


Figura 5. Leituras realizadas pelo sensor HD-38 no dia 02/06/2023

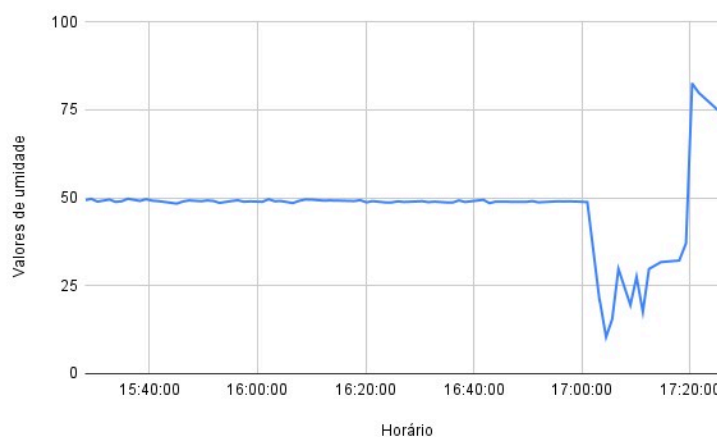


Figura 6. Leituras realizadas pelo sensor HD-38 no dia 30/06/2023

Embora no dia 30/06/2023 haja uma grande oscilação durante o momento no qual ocorre a irrigação e tal fato seja algo que deva receber atenção e ser trabalhado, vale ressaltar alguns detalhes: primeiramente, mesmo tendo ocorrido a grande variação dos valores em um curto período de tempo, o resultado da aguação foi satisfatório, pois antes de ocorrer o solo se mostrava seco e depois com umidade agradável - o que não ocorria com as oscilações dos antecessores, os quais já causaram encharcamentos. Além disso, o sensor estava posicionado não diretamente abaixo do gotejador, mas ao lado, fator que acaba por afetar seu funcionamento, outro dado verificado na testagem. Sendo assim, até o momento o sensor HD-38 tem se mostrado o modelo mais completo e eficiente.

Além disso, para que ocorra a irrigação propriamente dita, são necessários dois componentes: um motor que será responsável pela pressurização da água para as mangueiras gotejadoras, e uma peça eletrônica que torna o circuito capaz de ativá-lo. O motor utilizado na atualidade tem capacidade para 8L por minuto de água, enquanto a peça que está ligada no sistema para efetuar a ativação da água é um relé que suporta 220V, por ser a tensão da corrente elétrica do local de testagem.

4. Algoritmo e Software

Programado em C++, o algoritmo aplicado nos protótipos baseia-se no monitoramento do ambiente a partir de limiares de umidade, ou seja, valores específicos que demonstram se o solo, em determinado momento e circunstância, deve ser considerado seco ou úmido o suficiente pelo sistema e, a partir disso realizar a irrigação. Os valores numéricos dos limiares de umidade, por sua vez, foram obtidos através da testagem realizada da seguinte forma: com o sistema em funcionamento, o sensor foi posicionado tanto em substrato seco quanto com a devida umidade, sendo as leituras realizadas nas diferentes situações durante 20 minutos. Os valores médios encontrados no sensor HD-38 para solo seco e umidificado foram, respectivamente, 40 e 70. Sendo assim, quando valor maior que 70 é encontrado, o solo é considerado irrigado e a água cessa, a partir disso o sistema monitora as leituras e, quando atingem valor menor do que 40, a água começa e o processo se repete.

Quanto ao modo como as leituras são lidas e interpretadas pelo algoritmo, seu funcionamento se dá pelo seguinte: ocorrem em intervalos de um segundo e há uma função no código que as armazena durante um minuto. Após esse período é feito um cálculo de sua média aritmética e esse é o valor considerado a umidade real e enviado à base de dados. Tal método se deve ao fato de ocorrerem oscilações nas leituras de um segundo, porém, condensadas em média os valores se tornam mais concordantes entre si. Quanto ao tempo de 1 minuto, foi selecionado por conta de sua menor oscilação em relação aos menores intervalos temporais e pouca perda quando comparado aos maiores, Tal fato é demonstrado com dados obtidos através do cálculo da média de 30, 60, e 180 segundos de leituras.

Tabela 1. Dados de umidade calculados em diferentes tempos

	Média		
	Teste 1	Teste 2	Teste 3
30 segundos	28,76	29,60	30
60 segundos	29,7	29,83	30,21
180 segundos	29,89	29,72	29,6

Com a realização das leituras de forma eficaz, o sistema é capaz de monitorar o estado do ambiente e a disponibilidade de água para as culturas. A partir disso e da definição de limiares de umidade, é apto para indicar ao sistema quando deve ocorrer a irrigação, o que é feito através de uma condicional no código. Basicamente, quando houver valores que infrinjam as condições estabelecidas pelos valores limites (seco e

úmido), o software determinará o envio de um sinal digital ao relé que fará a ligação do motor responsável pela irrigação.

5. Custo-benefício

Tendo em vista o objetivo de manter a viabilidade econômica na aquisição do sistema por parte do público visado, se faz necessária a verificação do custo geral do protótipo e valores de mercado nos quais se encontram os componentes eletrônicos que o integram. Na lista abaixo, encontram-se os valores das peças do atual protótipo:

I. Sensor HD-38: R\$ 11,73 [Great IT electronic components 2022].

II. ESP32 DEVKIT V1: R\$ 37,76 [3GL02 3C Store 2022]

III. Relé com suporte para 220V: R\$ 3,12 [GARYMA Tech Store 2022]

IV. Motor d'água: R\$ 169,90 [Lepono 2022]

V. Fita gotejadora 1m: R\$ 0,49 [Centro Agrícola Tupa]

Supondo que o agricultor necessita adquirir todos os componentes acima citados para implantar o sistema (considerando o protótipo atual) com 12m de fita gotejadora, ele arcará com o custo de R\$ 228,39. Entretanto, caso o agricultor em questão já tenha métodos para distribuir a água sobre sua plantação, o motor e a fita gotejadora poderão ser excluídos de sua compra, sendo assim, o custo para a aquisição do sistema inteligente de irrigação ficará em torno de R\$ 52,61, adicionado a este valor apenas alguns fios para a conexão do sistema, custo este não relevante no momento.

6. Conclusão

A partir dos dados coletados, o maior entrave encontrado até o presente momento é a escolha de um sensor adequado para o sistema, uma vez que caso o componente responsável por realizar a leitura do ambiente não seja apto a desempenhar a tarefa com qualidade, a lógica de operação geral não é sustentada, bem como o funcionamento prático.

Houve, contudo, boa performance do sistema nos dias em que as duas primeiras opções de sensores se mostraram em bom estado e bom aproveitamento geral da alternativa mais recente, o sensor HD-38, tendo a irrigação mantido o solo em nível satisfatório de umidade e ocorrido ao longo de quase 1 mês sem necessidade de intervenção humana.

Ademais, no que tange fatores econômicos, o custo-benefício do sistema se mostra promissor, com o protótipo atual sendo viável a partir de R\$ 52,61. A partir de tal valor e do desempenho satisfatório que deverá ser confirmado a partir da experimentação em situações práticas, o sistema demonstra ter grande potencial de atingir seus objetivos, solucionando os problemas da administração da água em estufas de pequeno porte, principalmente da agricultura familiar.

Por outro lado, sendo este um projeto desenvolvido no nível médio com ensino técnico integrado de informática, também demonstra forte viés educacional, principalmente no que diz respeito à possibilidade do bolsista interagir com conhecimentos de sua área e aplicá-los na prática através de metodologia científica, viabilizando relações interdisciplinares não presentes no ensino convencional. Realizar

este projeto é uma ótima oportunidade em diversos aspectos, pois proporciona a capacidade de compreender melhor tanto como se faz ciência quanto como aplicar conhecimentos para ela e através dela. Ademais, ver a utilização da informática em prol de desenvolver algo para além dela é bastante recompensador e estimulante, ter um objetivo real faz, sem dúvida alguma, com que a busca pelo conhecimento se torne muito mais interessante e aplicável.

Referências

- Alves, B. (2020) “Análise da Durabilidade e Eficiência de Sensores Resistivos de Umidade do Solo em Plataforma Arduino”. Niterói, RJ.
- Centro Agrícola Tupa “Mangueira Gotejamento Petroisa 200m Espaçamento 30x30cm”. Recuperado de: <https://l1nq.com/rOiTe> (acesso em: 18 de junho de 2023).
- Coelho E. F., Costa, E. L., Borges, A. L., Andrade, T. M. and Pinto, J. M. (2010) “Fertirrigação”.
- Dey, A. K. (2001) “Understanding and using context. Personal and ubiquitous computing”. Atlanta, GA.
- GARYMA Tech Store (2022) “Placa de interface do módulo do relé do canal Escudo, baixo nível disparador, 1 canal, PIC, AVR, DSP, BRAÇO, MCU, 5V”. Recuperado de: <https://l1nk.dev/hdzfi5> (acesso em: 18 de junho de 2023).
- GIL, A. C. (2002) “Como elaborar projetos de pesquisa”. 4 ed. Editora Atlas, São Paulo.
- Great IT electronic components co., LTD (2022) “Sensor de umidade do solo e módulo detector de solo Teste de umidade Sonda de resistência à corrosão”. Recuperado de: <https://acesse.one/GTnHk> (acesso em: 18 de junho de 2023).
- Lepono (2022) “Bomba D Água 1/2 Cv Periférica Poço Artesiano Lepono”. Recuperado de: <https://l1nk.dev/6QRP6> (acesso em: 18 de junho de 2023).
- NodeMCU ESP32 (2016) “ESPHome” Disponível em: https://esphome.io/devices/nodemcu_esp32.html (acesso em: 18 de junho de 2023).
- PET Agronomia UFSM (2022) “O uso da água na agricultura”, disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2022/08/23/o-uso-da-agua-na-agricultura> (acesso em: 15 de junho de 2023).
- Reis, N. (2005) “Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste”. Brasília, DF.
- Santos, J. W. and Junior, C. L. (2019) “Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador ESP32 e monitorado via smartphone”. Ponta Grossa, PR.
- Testezlaf, R.(org). (2017) “Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações”. São Paulo, Feagri, Campinas.
- UFSM (2023) “Sistema Irriga”, disponível em: <https://www.sistemairriga.com.br/> (acesso em: 15 de junho de 2023).

3GL02 3C Store (2022) “Para esp32 placa de desenvolvimento ESP-32S wifi + bluetooth-compatível de baixo consumo de energia módulo kits acessórios”. Recuperado de: <https://acesse.one/RnUy8> (acesso em: 18 de junho de 2023).