



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS-DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

LUCAS JORHAN NISHIMURA FURTADO

SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DA CHUVA

MANAUS - AM

2021

LUCAS JORHAN NISHIMURA FURTADO

SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DA CHUVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito-Industrial, Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Gonçalves Reis

Co-Orientador: Prof. MSc. Pedro Ivan das Graças Palheta

MANAUS - AM

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F992s Furtado, Lucas Jorhan Nishimura.

Sistema automático de irrigação com água da chuva. / Lucas Jorhan Nishimura.
– Manaus, 2021.

63 f. : il. Color.

TCC (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Gonçalves Reis

1. Reutilização da água. 2. Automação residencial. 3. Simulação. 4. Controle de irrigação. I. Reis, Ailton Gonçalves (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 629.89

Elabora por Fc^a. Amélia Frota, registro n.858 (CRB11)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS-DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

LUCAS JORHAN NISHIMURA FURTADO

SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DA CHUVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação e aprovado em sua forma final pelo Curso.

Manaus, __ de março de 2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ailton Gonçalves Reis
Orientador

Prof. MSc. Pedro Ivan das Graças Palheta
Co-orientador

Prof. Esp. Juan Gabriel de Albuquerque Ramos
Avaliador

Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro
Avaliador

Dedico este trabalho a Deus pela saúde, pela força e por sempre ter me sustentado. Aos meus pais e minha irmã pelos valores, conselhos, educação, incentivo nos momentos difíceis que me fizeram chegar onde sempre sonhei. À minha filha e namorada por todo companheirismo, apoio e conforto neste período de término da graduação.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus por esta oportunidade de concluir mais uma etapa em minha vida. Início a minha carreira como Engenheiro e sei que Ele ainda me concederá saúde e sabedoria para continuar realizando os meus sonhos.

Aos meus pais Eraldo Albernaz e Rosângela Midori que sempre me apoiaram nessa empreitada me fornecendo condições de educação, proporcionando otimismo e ensinando valores. Constituindo a minha base familiar e referência de vida.

Ao meu orientador Prof. Ailton Reis, pela orientação, por me conduzir com excelência durante essa trajetória de finalização, por sua resiliência, pelas contribuições para esta pesquisa e por ter aceitado ser meu orientador mesmo numa situação adversa a qual vivemos.

Ao meu coorientador Prof. Pedro Ivan, pelas suas contribuições técnicas, sua experiência em projetos com sistemas de irrigação autônomos, sua atenção e hospitalidade.

Aos meus colegas de faculdade, por todo o companheirismo ao longo deste período.

Ao Instituto Federal do Amazonas, por me proporcionar a oportunidade de me graduar como Engenheiro Mecatrônico.

Finalmente, a todos que não foram citados acima, mas que de forma direta ou indireta ajudaram para essa realização.

RESUMO

Este trabalho consiste no estudo de um sistema automatizado de irrigação para plantas caseiras visando garantir o uso eficiente da água da chuva. O sistema utiliza informações provenientes de sensor de umidade do solo para controlar o processo de irrigação. A interface do sistema permite a visualização do estado que se encontra o nível dos tanques. Após as análises feitas por meio de simulação foram encontrados resultados satisfatórios tanto para a redução de uso da água potável quanto para decisão autônoma do funcionamento do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Reutilização da Água. Automação Residencial. Simulação. Controle da Irrigação.

ABSTRACT

This work consists of the study of an automated irrigation system for houseplants in order to guarantee the efficient use of rainwater. The system uses information from the soil moisture sensor to control the irrigation process. The system interface allows the visualization of the state that meets the level of the tanks. After the analyzes made by means of simulation, satisfactory results were found both for the reduction of the use of drinking water and for the autonomous decision of the functioning of the process.

KEYWORDS: Water Reuse. Home automation. Simulation. Irrigation Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arduíno Uno.....	26
Figura 2: Placa do Arduino Uno.....	26
Figura 3: Microcontrolador Atmega328p da Atmel.....	27
Figura 4: Sensor de nível de água com boia horizontal.....	28
Figura 5: Funcionamento do Sensor de Nível com Boia Horizontal.....	29
Figura 6: Método Capacitivo.....	30
Figura 7: Esquema de conversão de valores analógicos para digitais.....	31
Figura 8: Esquemático da ligação do Sensor de Umidade com o Arduino.....	31
Figura 9: Esquemático do relé.....	32
Figura 10: Módulo Relé.....	33
Figura 11: Esquema de ligação de um relé	33
Figura 12: Válvula Solenoide Aberta e Fechada.....	34
Figura 13: Válvula Solenoide 12VDC.....	35
Figura 14: Mini Bomba de Água RS385.....	36
Figura 15: LCD 16x2.....	39
Figura 16: Caractere "A" numa matriz de pixels (8 x 5)	39
Figura 17: Sensor Hall Presente no Sensor de Fluxo de Água.....	40
Figura 18: Visão Interna do Sensor de Fluxo Arduino.....	41
Figura 19: Estimativa da área do telhado.....	43
Figura 20: Diagrama esquemático do projeto.....	45
Figura 21: Sistema de Controle.....	46
Figura 22: Funcionamento do sensor.....	49
Figura 23: Primeira exibição do LCD.....	49
Figura 24: Possíveis exibições na indicação de níveis no decorrer do processo.....	49
Figura 25: Resposta da interface com a ativação do motor.....	50
Figura 26: Resposta da interface com a ativação da Irrigação.....	50
Figura 27: Regra de prioridade no LCD	51
Figura 28: Válvula Solenoide no Proteus	52
Figura 29: Bomba de água no Proteus.....	52
Figura 30: Sensor de nível no Proteus.....	53
Figura 31: Sensor de umidade do solo no software.....	53
Figura 32: Sensor de fluxo no simulador.....	53
Figura 32: Simulação.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre um sistema de irrigação manual e automático.....	21
Tabela 2: Especificações do sensor de nível.....	29
Tabela 3: Especificações do sensor de umidade do solo.....	32
Tabela 4: Especificação do Relé.....	33
Tabela 5. Especificações da Válvula Solenoide.....	35
Tabela 6. Especificações da mini bomba de água RS-385.....	36
Tabela 7: Conexão do Módulo LCD.....	38
Tabela 8: Especificações do YF-S201.....	40
Tabela 9: Histórico de previsão das precipitações em Manaus, BR.....	42
Tabela 10: regras de determinação da característica do.....	48

LISTA DE SIGLAS

DC - *Direct Current*

LCD - *Liquid Cristal Display*

mm – Milímetros

NA - Normalmente Aberto

NF - Normalmente Fechado

PWM – *Pulse Width Modulation*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	15
2.2 DISPONIBILIDADE DA ÁGUA.....	16
2.3 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.....	18
2.4 IRRIGAÇÃO.....	18
2.4.1 Sistemas de Irrigação Automatizados	19
2.4.1.1 Sistemas de Irrigação Baseados em Temporizadores.....	20
2.4.1.2 Sistemas de Irrigação sem Unidades Temporizadoras.....	22
2.4.1.2.1 Sistemas com Sensor de Umidade	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 COMPONENTES.....	24
3.1.1 Arduino	24
3.1.1.1 Placa do Arduino	25
3.1.2 Sensor de Nível	27
3.1.3 Sensor de Umidade do solo	29
3.1.4 Relé	31
3.1.5 Válvula Selenoide	33
3.1.1 Bomba de água	34
3.1.1 LCD	35
3.1.1 Sensor de Fluxo de Água	38
3.1 DIMENSIONAMENTO DO TELHADO.....	40
3.1 DIAGRAMA DO SISTEMA.....	42
3.2 SISTEMA DE CONTROLE.....	43
3.3 SISTEMA HIDRAULICO.....	45
3.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	46
3.5 INTERFACE VISUAL	47
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	49
4.1 SIMULAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXO	61

1 INTRODUÇÃO

Automação é um sistema que utiliza processos automáticos que controlam os mecanismos para seu próprio funcionamento. Ou seja, é um sistema que faz uso de técnicas computadorizadas ou mecânicas que têm como objetivo otimizar tempo e reduzir custos. Sendo assim, de acordo com Romero et al. (2012), a aproximação mais racional para otimização da irrigação é o uso de controladores automáticos.

Diversos autores têm estudado formas de automação de baixo custo para sistemas de irrigação baseados em disponibilidade de água. (PINMANEE et al., 2011; PRAKASH et al., 2012).

Consoante a Dutra et al. (2012) a falta de água no solo é prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Por conta dessa necessidade foi identificado o uso intensificado de água potável na irrigação das plantas em um local situado no bairro Armando Mendes na cidade de Manaus.

Nesse contexto, as perguntas problema que nortearam a pesquisa foram: “Que fatores potencializam o uso excessivo de água no local de estudo? E, que fatores podem ser criados com o objetivo de diminuir o desperdício de água encontrada naquele local?”

Inferimos que o mal-uso dos moradores do local estudado é resultado da falta de uma educação ambiental efetiva, demonstrada pela falta de consciência do uso racional da água potável. Para diminuir este uso excessivo, pode ser utilizado um reservatório de água da chuva para o uso de atividades com fins não-potáveis, visto que na região o clima chuvoso prevalece em todas as estações do ano.

Diante disso, a realização desse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ao estudar e apresentar uma alternativa metodológica para reutilização dos recursos hídricos de forma automática e, por consequência, reduzir o consumo de água potável, tornando-se relevante, porque aumenta a comodidade dos residentes, diminui os gastos com energia elétrica, os gastos com as contas de fornecimento de água e, por consequência, ajuda o próprio meio ambiente.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar um sistema de automação para aproveitamento da água da chuva, integrando ao um sistema de irrigação doméstico.

Para obter um resultado satisfatório listamos os seguintes objetivos específicos:

- a) Atingir a automação do sistema, onde ele próprio tome decisões rápidas e corretas para a reutilização da água de forma eficaz;
- b) Estabelecer o momento adequado de irrigar o solo ao longo do processo;
- c) Criar uma simulação para demonstrar a funcionalidade do modelo experimental;
- d) Colaborar com o meio ambiente através do armazenamento automático da chuva.

Os referenciais teóricos utilizados respeitam as ideias que perpassam pelos principais conceitos da importância, disponibilidade e captação da água; irrigação e o sistema automatizado para abastecimento hídrico das plantas.

A metodologia segue as características pesquisa aplicada com a consequente pesquisa de campo. No entanto, dado a realidade de pandemia que estamos vivendo a pesquisa de campo foi substituída por um processo de simulação. Além disso, cabe salientar o respeito as abordagens de pesquisas qualitativas e quantitativas.

Esperamos que esse trabalho possa ajudar na economia de água em uma residência, fornece uma consciência ecológica de forma agradável e melhorar o processo de irrigação hidratando a planta no momento adequado.

Esse TCC, então, está formatado da seguinte maneira: o primeiro capítulo está a Introdução que apresenta as características gerais o trabalho, abordando os objetivos, problemática e intuito geral da realização desta solução para os domicílios. O segundo capítulo mostra o referencial teórico adotado no trabalho, fundamentando os conceitos necessários para o progresso e desenvolvimento da simulação. O terceiro capítulo expõe a metodologia e os procedimentos metodológicos utilizados nessa monografia, isto é, as características da pesquisa e a maneira como foi construída. O quarto capítulo evidencia os principais resultados e as desenvolvimento da simulação no Proteus do sistema de irrigação. Por fim, temos as considerações finais explicando as soluções dadas do problema proposto visto na introdução.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo tem por objetivo apresentar conceitos teóricos necessários para as discussões práticas deste TCC.

Assim, abordaremos a temática água sobre os vieses necessários para justificar a realização do trabalho, isto é, o viés de aproveitamento e a consequente diminuição do desperdício da água potável, a partir do reaproveitamento das águas da chuva.

Nessa direção, abordaremos também a questão da automatização dos sistemas de aproveitamento de água e como essa automatização pode contribuir para a irrigação.

2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

Para Bacci e Pataca (2008), a água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, sendo assim, evidenciar a relevância dos conhecimentos sobre a mesma, em suas diversas dimensões, é defender a sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais. A presença ou ausência de água escreve a história, cria culturas e hábitos, determina a ocupação de territórios, vence batalhas, extingue e dá vida às espécies, determina o futuro de gerações. Nosso planeta não teria se transformado em ambiente apropriado para a vida sem a água. Desde a sua origem, os elementos hidrogênio e oxigênio se combinaram para dar origem ao elemento-chave da existência da vida.

Nessa mesma linha de pensamento Angelis et. al. (2016) afirma que a própria vida de todos os seres, tal qual como a conhecemos, se originou na água e é extremamente dependente dela. A evolução da vida na terra foi modelada pelas propriedades do meio aquoso, no qual ela ocorreu. Logo, todas as formas de vidas necessitam de água, desde as aquáticas, que passam toda sua vida em ambiente aquoso, até os organismos terrestres, que apresentam interior aquoso. As propriedades da água são, por essa razão, de importância fundamental para todos os seres vivos, pois todos os aspectos da estrutura e função das células e, portanto, da vida, são adaptados às propriedades físicas e químicas da água.

Essa adaptação faz com que, no decorrer da evolução do nosso planeta, a natureza procure seu próprio aprimoramento para manter o nível hídrico estável. Assim, o volume de água no Planeta Terra permanece sempre constante, ocupando aproximadamente 70% da superfície, sendo este um dos recursos naturais mais abundantes na Terra (LOBATO, 2005).

Nesse contexto, é fato que todos os seres vivos necessitam de água para continuar existindo. Essa característica faz com que Siqueira (2011) chame atenção para a observação que a água tem mil utilidades, dentre elas: consumo humano, irrigação, produção de energia elétrica, navegação, pesca, uso industrial, medicinal e lazer.

A mesma autora indica que Pero Vaz de Caminha, em sua famosa carta quando do descobrimento do Brasil, disse: “Terra em que se plantando tudo dá, por causa das muitas águas que ela tem”. A água é o fundamento de todas as formas de vida e tem um valor social notável, pois é impossível pensar em uma sociedade saudável, harmônica e pacífica sem água de qualidade para todos os seus cidadãos. Ela tem, também, um valor espiritual grandioso, pois muitos rios, lagos e nascentes são considerados sagrados por muitos povos – como, por exemplo, o Rio Ganges, na Índia, e o Rio Araguaia para os índios Carajás, no Brasil. Para os cristãos, a água apresenta um valor simbólico forte: é usada no sacramento do batismo e em atos sacramentais (SIQUEIRA, 2011).

2.2 DISPONIBILIDADE DA ÁGUA

Consoante a Bacci e Pataca (2008), na sociedade atual a exploração dos recursos naturais, dentre eles a água, de forma bastante agressiva e descontrolada, levou a uma crise socioambiental bastante profunda. Hoje deparamos com uma situação na qual estamos ameaçados por essa crise, que pode se tornar um dos mais graves problemas a serem enfrentados neste século.

Do volume total de água no planeta, é estimado que apenas 2,5% seja de água potável, sendo que grande parte deste volume não está facilmente acessível. Apenas 0,26% deste total se encontra em lagos, rios e reservatórios, estando o restante distribuído na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. Deste modo,

estima-se que somente 0,007% de toda a água doce do planeta encontra-se em locais de simples acesso para o consumo (UNIÁGUA, 2006).

Um percentual de 68,9% de água doce está congelado nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas. Já a água subterrânea compreende em torno de 29,9% do volume de água doce no planeta (TOMAZ, 2005).

A água no planeta encontra-se distribuída de forma não igualitária, sendo que na Ásia e na América do Sul contém os maiores volumes disponíveis. A Ásia detém a maior parcela mundial deste recurso, totalizando 31,6%, e alcançando vazões de 458.000 km³/ano. Os menores potenciais são encontrados na Oceania, Austrália e Tasmânia (id ibid.). Entre os países, o Brasil é privilegiado com 12% da água doce superficial no mundo (ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL, 2007 apud MARINOSKI, 2017).

O mesmo autor chama atenção para uma realidade, de reservas de águas, na qual o Brasil está inserido. Assim,

[...] m dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo é o Aquífero Guarani, que cobre uma superfície de quase 1,2 milhões de km², e está inserido na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, localizada em territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Esse aquífero constitui-se a principal reserva de água subterrânea da América do Sul, com um volume estimado em 46 mil km³, sendo 71% localizado em território brasileiro (AQÜÍFERO GUARANI, 2010, p15).

A disponibilidade de água potável é um problema antigo e a tendência futura é insatisfatória. Em muitos casos, essa questão pode ser atribuída pela sua escassez devido ao aumento da população, desperdício, inadequada distribuição geográfica, poluição, resultando no comprometimento do desenvolvimento e crescimento de gerações futuras (SAUTCHÚK, 2004).

Além disso, a crescimento industrial e as mudanças climáticas, as quais alteram o regime de distribuição das chuvas, também são fatores que contribuem para o agravamento do problema da escassez (HAGEMANN, 2009).

Dentre as diversas finalidades para a utilização da água em todo o mundo, destacam-se o abastecimento, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, limpeza das cidades entre outros. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, cerca de 70% de toda a água consumida é destinada para a agricultura, 22% para o setor industrial e 8% para as atividades domésticas (MMA, 2005).

2.3 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações (SINDUSCON-SP, 2005). A utilização da água da chuva, por depender de condições locais e visando seu aproveitamento no próprio local de captação, se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais sua gestão é compartilhada com o usuário (GONÇALVES, 2006).

Coletar água de chuva, afirma Gonçalves (2006), não é apenas conservar a água, mas também a energia, considerando o consumo necessário para a operação de uma estação de tratamento de água, o bombeamento e as operações correlatas de distribuição entre reservatórios. Em muitas cidades brasileiras a exemplo de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Porto Alegre, tem sido adotadas legislações específicas sobre a coleta da água da chuva, visando à redução de enchentes. Nestas cidades, alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água da chuva, não apenas para reduzir o 'pico de cheias' como também visando sua utilização para fins não potáveis (id ipid.).

2.4 IRRIGAÇÃO

Segundo Marouelli et al. (2000, p14.), irrigação é o nome designado ao processo que proporciona a sobrevivência e produtividade das plantas através do fornecimento de água no momento adequado e na quantidade necessária.

A agricultura irrigada não deve ser vista apenas como um meio para evitar secas ou veranicos, mas como uma técnica de auxílio que dê condição ideal para que o cultivo expresse toda sua capacidade de produção. (HERNANDEZ, 2004)

Existem três tipos principais de irrigação, a utilização de cada método varia de acordo com a região de cultivo ou produto cultivado, sendo que o uso adequado pode garantir uma eficiência do uso dos recursos e aumentar a produtividade na

colheita. Os principais tipos são irrigação superficial, irrigação por aspersão e irrigação localizada. (id ipid.)

2.4.1 Sistemas de Irrigação Automatizados

Bezerra e Gomes (2013) partem do conceito etimológico para afirmar que:

[...] derivado do latim *automatus*, que significa “mover-se por si” (grifos dos autores), o termo automação pode ser definido como qualquer aplicação de técnica computadorizada, eletroeletrônica e/ou mecânica, para diminuir ou suprimir a interferência humana em qualquer processo. [...]. Entende-se por automático todo processo que se desenvolve sem a necessidade de intervenção humana (medição, decisão e ação corretiva). (BEZERRA; GOMES, 2013, p. 229)

Nesse quadro, os mesmos autores entendem que os mecanismos automáticos podem ser utilizados tanto no auxílio de controle de processos simples como no controle de grandes sistemas. Sendo assim, ainda para Bezerra e Gomes (2013), podemos afirmar que a automação cumpre a sua função quando se alcança, de forma direta ou indireta, os seguintes objetivos:

- Controle dos processos.
- Aumento da confiabilidade dos processos e das decisões.
- Rápida resposta às necessidades ou distúrbios do sistema.
- Manutenção de dados históricos e maior confiabilidade das informações.
- Aumento da segurança em relação às pessoas e ao ambiente.
- Redução das atividades repetitivas e/ou que requerem pouca qualificação.
- Diminuição do número de empregados em determinadas funções.
- Aumento da qualidade e padronização dos processos.
- Redução dos custos de produção e dos insumos. (BEZERRA; GOMES, 2013, p. 229)

Os mesmos autores também defendem a utilização dos mecanismos automáticos nos processos de irrigação, que, segundo eles, têm como finalidade primeira possibilitar a operação assistida e o controle automático de processos. Assim, os principais motivos para essa automatização são:

- Economia de recursos hídricos e aumento da produtividade das culturas – existem sistemas que permitem programar a irrigação em função da umidade do solo, temperatura do ar, evapotranspiração e velocidade do vento. A umidade do solo permanece dentro de uma faixa considerada ideal para o desenvolvimento pleno da cultura, possibilitando o aumento da produtivida-

de, tanto em quantidade como em qualidade dos produtos. Eficiência Energética Sistemas de Irrigação

- Economia com os custos energéticos – a operação do sistema de bombeamento é otimizada e ocorre somente em função da demanda real de água. A possibilidade de irrigação em horários cujos valores da energia são mais baratos também é uma opção explorada.
- Melhor administração da propriedade ou projeto agrícola – os sistemas de controle permitem aos gestores tomarem decisões mais rápidas e baseadas em dados on-line e históricos de aplicações de água, ou decidirem a melhor ação com base em algoritmos matemáticos.
- Flexibilidade de atendimento – grandes sistemas estão se afastando dos conceitos originais de distribuição de oferta programada. Esses possuem usuários que requerem que a água seja entregue em horários flexíveis.
- Economia de mão-de-obra – a automação diminui a necessidade de mão-de-obra para realização de tarefas simples, como ligar e desligar uma bomba.
- Economia de fertilizantes – a automação da operação permite administrar a quantidade de fertilizante de forma precisa.
- Possibilita irrigações noturnas – pode-se irrigar durante a noite sem necessidade de acompanhamento, o que proporciona economia com a conta de energia e maior eficiência de irrigação. A maior eficiência é decorrente da menor evapotranspiração e velocidade do vento à noite, um dos principais responsáveis pela não uniformidade dos sistemas de irrigação por aspersão. (BEZERRA; GOMES, 2013, p. 229-230)

Para Reis (2015), há uma profunda repercussão sobre as diferentes tecnologias de sistemas de automação para irrigação, devido as melhorias na qualidade do processo de cultivo, pois possibilitam irrigações sem a necessidade de acompanhamento humano, além de otimizar o consumo de água.

Para Durson e Ozden (2011), a demanda altamente crescente de água doce requer o uso de tecnologia de automação para gerar eficiência na utilização dos recursos hídricos.

Atualmente, os sistemas automatizados de irrigação se classificam em duas abordagens principais: baseados em temporizadores, sem unidades temporizadoras e com sensor de umidade (MEDEIROS, 2018).

2.4.1.1 Sistemas de Irrigação Baseados em Temporizadores

Segundo Reis (2015), argumenta que existem discussões crescentes sobre as diferentes tecnologias de sistemas de automação para irrigação, as quais derivam das melhorias na qualidade do processo de cultivo, pois possibilitam irrigações sem a necessidade de acompanhamento humano, além de otimizar o consumo de água.

Ainda para Medeiros (2018), a realidade atual apresenta uma demanda, também altamente crescente, de água doce e, esse fato requer o uso de tecnologia de automação e seus instrumentos para gerar eficiência na utilização dos recursos hídricos.

Assim, o mesmo autor, citando Zazueta et al. (1994), afirma que maior parte dos sistemas de irrigação disponíveis no mercado tem utilizado temporizadores para fazer o controle do processo de irrigação. Esses mecanismos realizam a liberação de água em intervalos fixos de tempo.

Entretanto, mesmo tendo sido usado desde da década de 1990, esses temporizadores apresentam falhas, o que faz Almeida (2018), afirmar que:

Porém, este tipo de mecanismo apresenta vários problemas como: desperdício de água, gerado pela liberação de água quando o solo ainda está úmido; falta de suprimento hídrico para a planta, gerado por intervalos de tempo muito grandes sem irrigação; prejuízos à saúde da planta por irrigações realizadas em instantes com presença de altas temperaturas; entre outros (MEDEIROS, 2018, p. 9).

Sendo assim, existe a necessidade de se buscar melhorias que resultem em maior eficiência da irrigação coordenada por temporizadores.

Reis (2015) apoiada em algumas das vantagens já apresentadas neste trabalho ao parafrasear Bezerra e Gomes (2013), defende a automatização. Para a autora afirma que podemos confirmar que uma simples automação supre muita das necessidades de exploração racional e rentável, tais como otimização dos recursos produtivos e redução de custo.

A autora apresenta um exemplo prático dessas vantagens, a partir de um estudo acadêmico, onde foram feitas análises comparativas em uma área de 9,31 hectares do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), plantada com uva, no qual foi aplicado uma lâmina de água de 8mm/dia e um volume de 68 litros por planta por dia. O sistema de irrigação utilizado foi a microaspersão.

Tabela 1: Comparativo entre um sistema de irrigação manual e automático

ITENS	MANUAL	AUTOMÁTICO
Número de setores	05	10
Vazão do emissor (l/h)	120	120
Vazão do sistema (m ³ /h)	83	41,5
Tempo de irrigação/setor (h)	1,93	1,93
Tempo de funcionamento total (h)	9,65	19,3
Diâmetro da adução (polegadas)	6"	4"
Potência de acionamento (cv)	50	25
Custo do equipamento (R\$)	55.125,00	46.500,00

Fonte: Reis (2015)

2.4.1.2 Sistemas de Irrigação sem Unidades Temporizadoras

São sistemas que não fazem o uso de temporizadores físicos. Para identificar o momento correto de cada irrigação, assim como a quantidade de água, essas unidades contam com um sistema de controle, alimentado por sensores, que identificam o momento ideal para regar (MEDEIROS, 2018).

O mesmo autor baseado em Nise (2011) afirma que um sistema de controle consiste em subsistemas e processos projetados de forma que uma entrada especificada, resulta em uma saída desejada. Segundo ele, os sistemas de controle podem compensar a falta de habilidade humana e mecanismos projetados sobre eles podem ser usados para substituir humanos nos trabalhos em locais remotos, perigosos ou propiciar conveniência.

O desempenho de um determinado sistema pode ser verificado a partir de sua curva de resposta e as duas das principais medidas de desempenho são a resposta transitória e o erro em regime permanente. Os sistemas de controle são construídos em casos de amplificação de potência, controle remoto, conveniência da forma de entrar, compensação de perturbações e automação. A utilização de um sistema de controle em um sistema de irrigação tem como objetivo automatizar a ação manual de irrigar as plantas e tentar compensar as perturbações provocadas por variações climáticas, tipos de solos, tipos de plantas e variações na temperatura (NISE, 2011, p10.).

Nesse sistema então, existe uma maior interação entre o trabalho humano com o processo irrigatório e, conseqüentemente menor utilização de maquinários.

2.4.1.2.1 Sistemas com Sensor de Umidade

Para Durson e Ozden (2011) a aplicação de uma rede de sensores permite fazer o monitoramento em tempo real da umidade presente no solo, determinando onde, quando e quanto irrigar, proporcionando um uso eficiente de recursos e eliminando a necessidade de mão-de-obra para efetuar a irrigação.

Reis (2015) afirma que o sucesso das atividades agrícolas está relacionado ao uso eficiente da água nas culturas principalmente em períodos de estresse hídrico e isso é atingido fazendo-se o controle da umidade do solo.

Para Bayer et al. (2013), esta eficiência no uso da água está diretamente relacionada com a garantia de boa produção e renda para os produtores de pequeno porte.

Porém, antes de definir qual sensor utilizar, é necessário conhecer os métodos utilizados para determinar a umidade do solo. Esses métodos podem ser classificados em dois tipos: diretos e indiretos. Nos métodos diretos, uma amostra do solo é utilizada para fazer quantificação da água presente nele. A quantificação pode ser feita por meio da extração e determinação do volume de água contido na amostra (umidade volumétrica) ou pela umidade gravimétrica, que utiliza pesagens e relaciona a massa da água com a massa dos sólidos da amostra (ALTOÉ, 2012, p. 11).

Já nos métodos indiretos, a determinação da umidade é feita utilizando as propriedades físicas do solo (capacitância, pressão, resistência elétrica e outras) (MADALOSSO, 2014).

Esses métodos possuem maior vantagem na construção de sensores de umidade por não ser necessário extrair amostras de terra para a análise, uma vez que o sensor pode ser conectado diretamente ao solo da cultura. Os modelos mais utilizados são condutividade térmica, tensiômetro, irrigás e blocos de resistência elétrica. (MEDEIROS, 2018, p11)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os materiais necessários para construção de um protótipo, explicar a automação aplicada no sistema, exemplificar o dimensionamento em uma área real e ainda explicar os métodos utilizados para encontrar as soluções propostas na introdução deste trabalho.

A metodologia geral de pesquisa respeita as características da pesquisa aplicada, entendendo esse modelo como “[...] objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos”. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.35).

A essa pesquisa aplicada foi dada uma abordagem qualitativa, a qual pode ser entendida como aquela não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõem uma metodologia própria. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.33).

No entanto, considerando o próprio curso de Engenharia de Controle e Automação enquanto parte das ciências exatas e, também, os próprios objetivos desse TCC foi considerada também a abordagem quantitativa de pesquisa, a qual “[...] tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras lógicas e os atributos mensuráveis da experiência humana. (id ibid.)

3.1 COMPONENTES

Todos os componentes que serão aqui descritos foram dimensionados para o uso em um protótipo real. A análise mais detalhada destes equipamentos proporcionará um amplo conhecimento quanto aos seus funcionamentos e seus componentes internos, um fator bastante importante para entender ainda melhor a automação na aplicação neste TCC.

3.1.1 Arduino

Nesse TCC especificamente usa-se o Arduino Uno consiste em uma pequena placa de circuito impresso (6,8 x 5,5 x 1,0 cm), conforme Figura 1. Ele é um dispositivo muito utilizado para criar projetos automáticos de controle, monitoramento e interatividade, precisando somente conectá-lo a um notebook ou rede para que ele possa enviar e receber informações do arduino para os outros dispositivos que estão em um circuito interligado, além de ser uma plataforma livre. (MCROBERTS, 2011 *apud* MATIAS et al., 2017).

Segundo De Silva (2013) o Arduino é baseado nas filosofias de software e hardware livres, ou *open sources*. (DE SILVA, 2013). Os projetos *open sources* conforme Gomes *apud* De Silva (2013, p.2) são aqueles criados para o domínio público, ou seja, que podem ser copiados e modificados por outras pessoas conforme suas necessidades e depois colocados de volta ao domínio público de modo que outros usuários possam usufruir dessas mudanças em seus próprios projetos.

o Arduino é constituído por entrada e saída tornando possível interligá-lo a diversos dispositivos, como sensores ou circuitos. Basicamente é uma plataforma física computacional composta por sistemas digitais conectados a sensores e atuadores, que proporcionam a construção de sistemas automáticos que percebam a realidade e respondam realizando o acionamento de algumas tarefas desejadas. (FONSECA; BEPPU, 2010).

O Arduino é uma plataforma formada por dois componentes: A placa, que é o Hardware que usaremos para construir este projeto e a IDE Arduino, que é o Software onde escrevemos o que queremos que a placa faça. A maior vantagem dessa plataforma de desenvolvimento sobre as demais é a sua facilidade de sua utilização. (VIDA DE SILÍCIO, 2021).

Figura 1: Arduino Uno

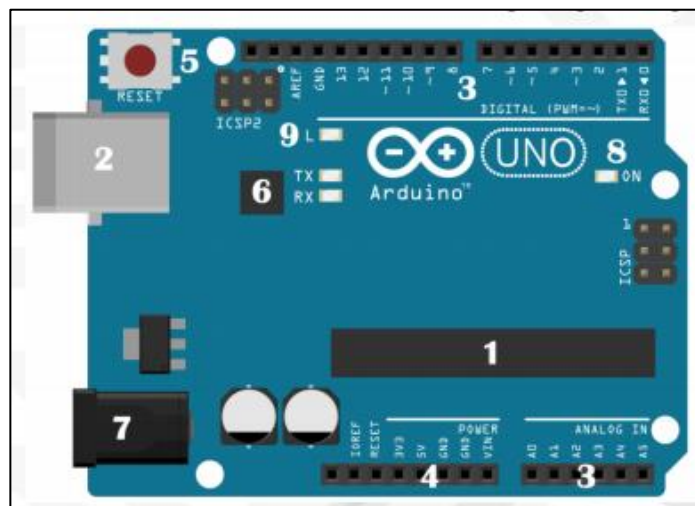


Fonte: © MAKEZINE

3.1.1.1. A placa Arduino

Vamos analisar a partir desse momento o hardware do Arduino UNO. Ele é composto pelos seguintes blocos:

Figura 2 – Placa do Arduino Uno



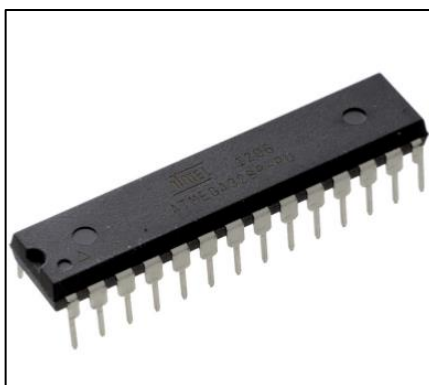
Fonte: © VIDA DE SILÍCIO (2021).

1. Microcontrolador: O cérebro do Arduino. Um computador inteiro dentro de um pequeno chip. Este é o dispositivo programável que roda o código que enviamos à placa. No mercado existem várias opções de marcas e modelos de microcontroladores. O Arduino UNO usa o microcontrolador ATmega32
2. Conector USB: Conecta o Arduino ao computador. É por onde o computador e o Arduino se comunicam com o auxílio de um cabo USB, além de ser uma opção de alimentação da placa.
3. Pinos de Entrada e Saída: Pinos que podem ser programados para agirem como entradas ou saídas fazendo com que o Arduino interaja com o meio externo. O Arduino UNO possui 14 portas digitais (I/O), 6 pinos de entrada analógica e 6 saídas analógicas (PWM).

4. Pinos de Alimentação: Fornecem diversos valores de tensão que podem ser utilizados para energizar os componentes do seu projeto. Devem ser usados com cuidado, para que não sejam forçados a fornecer valores de corrente superiores ao suportado pela placa.
5. Botão de Reset: Botão que reinicia a placa Arduino.
6. Conversor Serial-USB e LEDs TX/RX: Para que o computador e o microcontrolador conversem, é necessário que exista um chip que traduza as informações vindas de um para o outro. Os LEDs TX e RX acendem quando o Arduino está transmitindo e recebendo dados pela porta serial respectivamente.
7. Conector de Alimentação: Responsável por receber a energia de alimentação externa, que pode ter uma tensão de no mínimo 7 Volts e no máximo 20 Volts e uma corrente mínima de 300mA. Recomendamos 9V, com um pino redondo de 2,1mm e centro positivo. Caso a placa também esteja sendo alimentada pelo cabo USB, ele dará preferência à fonte externa automaticamente.
8. LED de Alimentação: Indica se a placa está energizada.
9. LED Interno: LED conectado ao pino digital 13. (VIDA DE SILÍCIO, 2021, p.5)

Em resumo, os principais componentes em uma placa Arduino Uno contam com 01 microcontrolador ATmega328P (figura 3), 14 entradas e saídas digitais, 6 entradas analógicas, 1 oscilador de cristal de 16 MHz e pinos de alimentação com 3,3 V, 5 V e Terra (GND). (DE SILVA, 2013)

Figura 3: Microcontrolador Atmega328p da Atmel



Fonte: © IZITO (2021).

O IDE Arduino é software da plataforma Arduino, sendo o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino e o programa desenvolvido pelo autor para enviar para a nossa placa. Uma das grandes vantagens dessa plataforma está no seu ambiente de desenvolvimento, que usa uma linguagem baseada no C/C++, linguagem bem difundida, usando uma estrutura simples. (VIDA DE SILÍCIO, 2021).

3.1.2 Sensor De Nível De Água

O sensor de nível de água, figura 4, é um equipamento com diversos modelos, todos com suas especificações e características próprias. A principal diferença está em seu método de verificação com boia que pode ser tanto horizontal quanto vertical. Tendo em vista o local de instalação e seu funcionamento neste projeto, optamos pelo sensor de nível com boia horizontal. (STRAUB, 2019b)

Figura 4: *sensor de nível de água com boia horizontal*

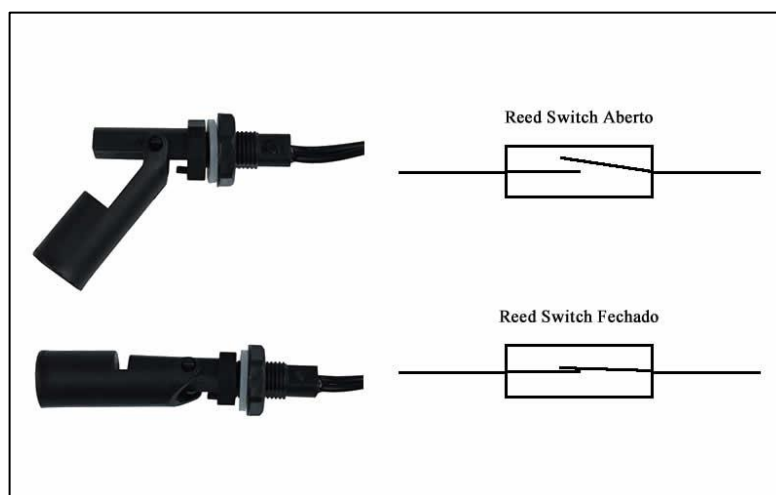


Fonte: © ELECTROFUN (2021)

O funcionamento deste equipamento é extremamente simples uma vez que conta com apenas dois fios para sua comunicação e acionamento. O sinal para detecção junto ao Arduino é gerado através de um *reed switch* e um ímã, um instalado na base e outro na boia. (id. *ibid.*)

Sempre que o ímã localizado na boia se aproxima do *reed switch* (figura 5), o mesmo gera um sinal através do contato estabelecido. Este contato faz com que a alimentação introduzida em uma das extremidades do fio circule até a outra, logo mandando um sinal de 5V (valor lógico alto) para o Arduino. (id. *ibid.*)

Figura 5: Funcionamento do Sensor de Nível com Boia Horizontal



Fonte: © USINAINFO (2021)

O sensor é extremamente simples e pode ser utilizado em diversos projetos, incluindo aplicações sem a necessidade de um Arduino. Já que possui uma tensão de chaveamento de 100V, pode ser utilizado em projetos com alimentações superiores às do Arduino. (id. ibid.)

Tabela 2: Especificações do sensor de nível

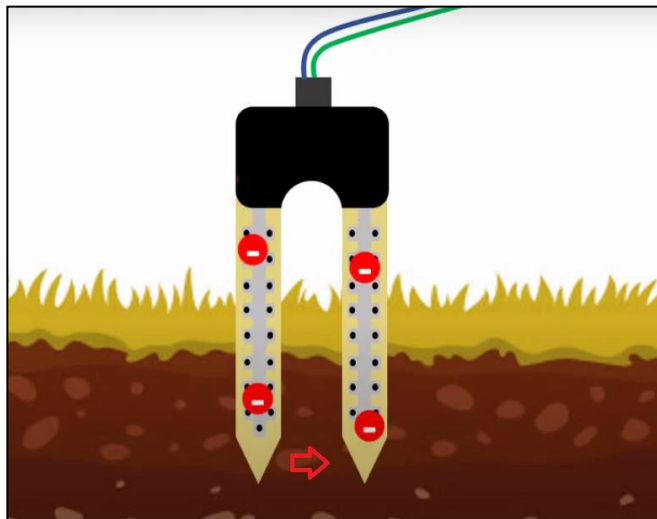
Especificações	Valor	Unidade
Tensão de chaveamento (máx.)	100 (DC)	V
Corrente de chaveamento (máx.)	0,5	A
Tensão do contato aberto (máx.)	220 (DC)	V
Resistência Contato (máx.)	100M	Ohms
Temperatura de operação	-10° ~ +85°	C
Extensão do fio	35	cm
Diâmetro	17	mm
Diâmetro na rosca	11,3	mm
Comprimento total	82	mm
Peso com embalagem	18	g

Fonte: © USINAINFO (2021)

3.1.3 Sensor de Umidade de Solo

O sensor de Umidade de Solo usado neste projeto usa o método capacitivo para medir a presença de água no solo. Este método é uma técnica que estima a quantidade de água no solo por meio da medida da sua constante dielétrica, essa medida é feita através da capacitância entre dois eletrodos implantados no solo. Como mostrado na figura 6 os eletrodos são submetidos a um sinal de excitação de frequência conhecida e mede-se a impedância do circuito por ele formado. (ROQUE, 2008)

Figura 6: Método Capacitivo



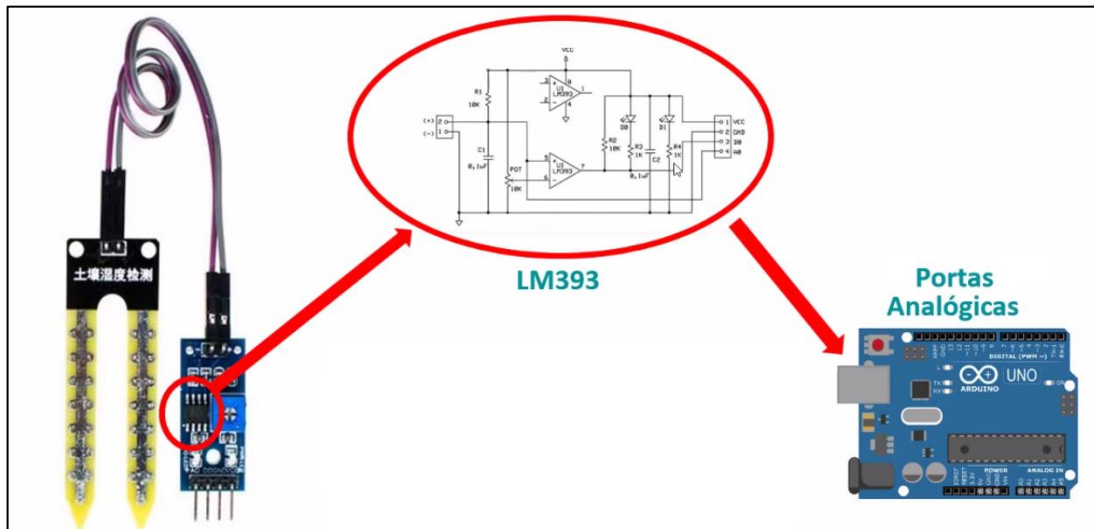
Fonte: Adaptado DE SOUZA (2021)

O conteúdo de água no solo pode ser determinado pelas variações da constante dielétrica causadas pela água no solo. No caso de solos arenosos, onde a água livre predomina, a constante dielétrica é diretamente proporcional ao conteúdo de água. O sinal obtido não é linear com o conteúdo de água e é influenciado tanto pelo tipo, como pela temperatura do solo. Portanto, esse método requer calibração cuidadosa na instalação e também durante todo o tempo de uso, pois sua estabilidade a longo prazo é questionável. (id. ibid.)

Em resumo, pelas hastes do sensor irá circular uma corrente elétrica, onde parte do caminho é feita através do solo. As sondas criam uma corrente elétrica que permite medir a resistência. Quanto maior a resistência registrada, menor a eletricidade e menor a quantidade de água no solo. (EDUARDO, 2019)

A tensão de saída do sensor passa por um circuito comparado LM393. Posteriormente, é recebido pelo conversor analógico digital do Arduino através das portas analógicas convertendo este sinal analógico em sinal digital (figura 7) em uma escala de 0 a 1023. De modo que, 0 é extremamente úmido e 1023 extremamente seco. (DE SOUZA, 2021)

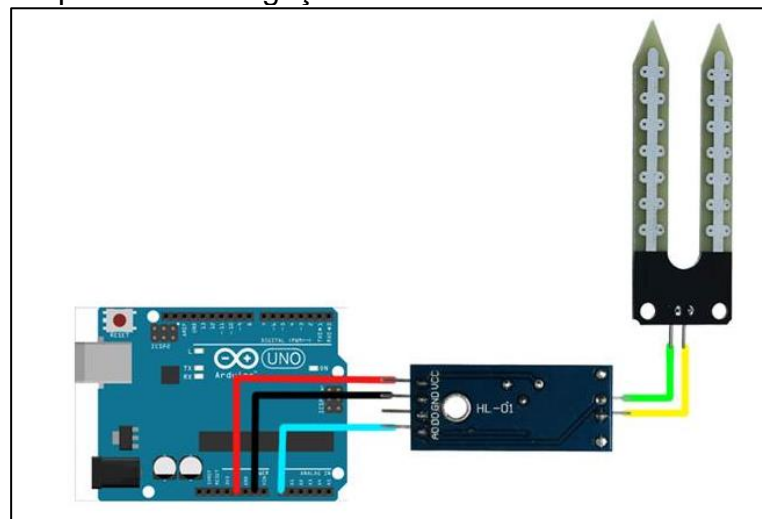
Figura 7: Esquema de conversão de valores analógicos para digitais



Fonte: DE SOUZA (2021)

Para a ligação do sensor no Arduino devemos respeitar os seguintes pinos que serão mostrados na figura a seguir.

Figura 8: Esquemático da ligação do Sensor de Umidade com o Arduino



Fonte: © USINAINFO (2021)

Tabela 3: Especificações do sensor de umidade do solo

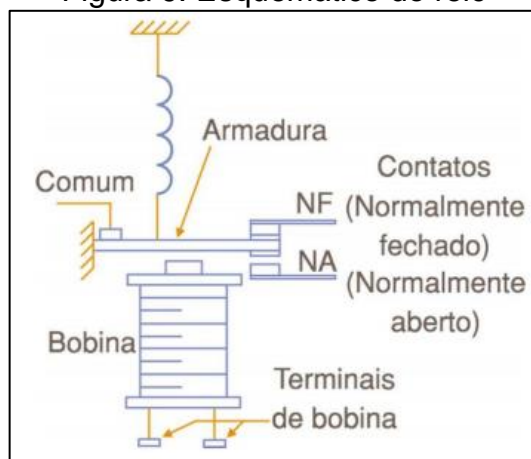
Especificações	Valor	Unidade
Modelo	HL-69	-
Tensão de funcionamento	3.3 ~ 5	V
Dimensão do sensor com sondas	60x20	mm
Peso total	9	g

Fonte: © USINAINFO (2021)

3.1.4 Relé

Relé é um interruptor eletromecânico, que funciona quando um campo eletromagnético é criado por uma corrente elétrica que passa por uma bobina, mudando o estado dos contatos elétricos (RELÉ, 2018 *apud* SILVA, 2019). Seus componentes internos são um eletroímã e uma armadura móvel como pode ser visto na figura 9. Esta armadura tem a finalidade de fechar ou abrir um circuito quando atraída magneticamente pelo campo criado pela bobina ao ser eletrificada (BRAGA, 2012).

Figura 9: Esquemático do relé



Fonte: SOMBRA (2016)

Módulos relés compatíveis com Arduino podem ser encontrados com um ou quatro canais, em que cada canal funciona como um interruptor, isoladamente. Na Figura 10 é mostrado um módulo relé com 4 canais. Devido a necessidade de 3 relés utilizamos esse que fornece 4 canais para a idealização do protótipo, pois iremos usar 2 válvulas solenoides, 1 motor DC e um relé de reserva se os outros

apresentarem defeito ou mal funcionamento. As especificações da válvula são mostradas na Tabela 4.

Figura 10: Módulo Relé



Fonte: © FILIPEFLOP

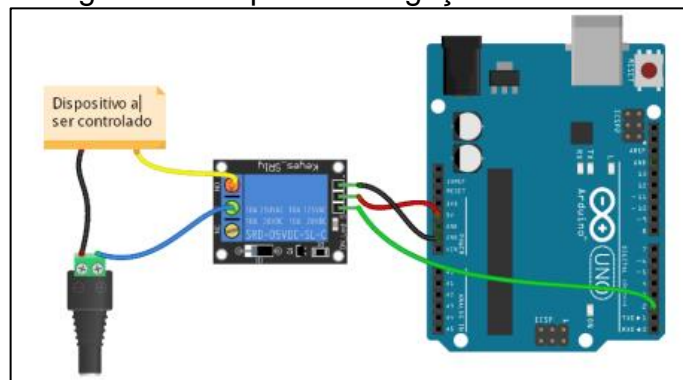
Tabela 4: Especificação do Relé

Especificação	Valor	Unidade
Tensão de operação	5 (DC)	V
Corrente de operação	15 – 20	mA
Tensão de saída	30 (DC - 10A) 250 (AC - 10A)	V
Tempo de resposta	5 – 10	ms

Fonte: © FILIPEFLOP

A ligação do relé com o Arduino é realizada conforme mostrado na Figura 11. O borne central é conectado a uma fonte de alimentação e pode ser escolhido entre conectar o dispositivo a ser controlado no borne NA (normalmente aberto) ou no borne NF (normalmente fechado). Caso a conexão seja realizada no borne NA, o dispositivo será acionado quando o relé receber sinal do microcontrolador por meio da porta digital do Arduino. Por outro lado, se a conexão for realizada no borne NF, o dispositivo permanecerá ligado até que receba sinal do Arduino para ser desligado. (SILVA, 2019, p. 14)

Figura 11: Esquema de ligação de um relé



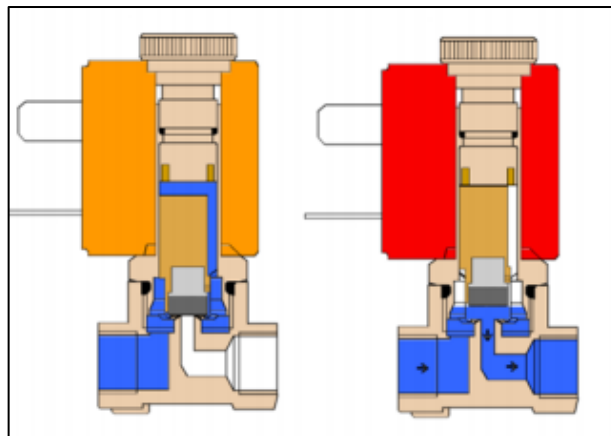
Fonte: SILVA (2019)

3.1.5 Válvula Solenoide

A válvula solenoide, ou eletroválvula como também é conhecida, necessita de uma corrente elétrica para deslocar um pino e realizar a tarefa de abertura ou bloqueio da passagem de um fluido. Ela possui duas partes principais, o solenoide e a válvula. O solenoide é controlado pela corrente elétrica através de uma bobina que é formada por um fio enrolado ao redor de uma superfície cilíndrica, quando a corrente elétrica passa por este fio, tem-se uma força eletromagnética no centro da bobina solenoide, que faz com que o êmbolo da válvula seja acionado, energia elétrica convertida em energia mecânica, que por sua vez, abre ou fecha a válvula mecânica (VÁLVULA SOLENOIDE, 2012 *apud* GOUVEIA, 2012).

Outra parte que compõe a válvula é o corpo, o qual possui um dispositivo que permite a passagem ou não do fluido (figura 12). Quando a haste do corpo é acionada pela força da bobina que atua na forma de um eletroímã, a força faz com que o pino seja puxado para o centro da bobina, permitindo assim a passagem do fluido. Já o processo de fechamento da válvula solenoide ocorre quando a bobina perde energia, a força da mola instalada no corpo da válvula faz com que o pino volte a bloquear a passagem do fluxo do fluido através da válvula (id. *ibid.*)

Figura 12: Válvula Solenoide Aberta e Fechada.



Fonte: © VÁLVULA SOLENOIDE (2012)

A válvula escolhida na idealização desse projeto está representada na Figura 13. As especificações da válvula são mostradas na Tabela 5.

Figura 13: Válvula Solenoide 12VDC



Fonte: FILIPEFLOP (© 2021)

Tabela 5. Especificações da Válvula Solenoide

Especificação	Valor	Unidade
Tensão de operação	12	V (DC)
Diâmetro das roscas	0,25	in
Pressão de operação	0,2 – 8	kgf/cm ²
Temperatura máxima do líquido	60	°C
Vida útil	50000 operações	-
Dimensões	85 x 65 x 40	mm
Tipo de terminal	Faston 6,3 x 0,8	mm

Fonte: © FILIPEFLOP (2021)

3.1.6 Bomba de Água

A bomba de água é um dispositivo capaz de adicionar energia à água ou líquidos com características físicas parecidas. Existem diversos tipos desses dispositivos para uso com Arduino que podem ser usados submersos ou não, dependendo do modelo. (SILVA, 2019)

Após o entendimento da facilidade, simplicidade do acionamento com Arduino e o baixo custo, a melhor alternativa na idealização do protótipo foi o modelo RS-385, na figura 14, abaixo, está disposta a imagem da bomba de água RS-385.

Figura 14: Mini Bomba de Água RS385



Fonte: © SHOPEE (2021)

Na tabela 6 estão as especificações técnicas da bomba RS385 conforme os dados do fornecedor.

Tabela 6. Especificações da mini bomba de água RS-385

Especificação	Valor	Unidade
Tensão de operação	9 – 15 (DC)	V
Corrente de operação	0,6 – 2	A
Altura de aspiração máxima	2	m
Elevação máxima	3	m
Vazão de água máxima	1,5 – 2	L/m
Diâmetro de entrada e saída	aproximadamente 7,6	mm
Peso	100	g

Fonte: © USINAINFO (2021)

A Minibomba de Água RS385 foi criada especialmente para o desenvolvimento de projetos de prototipagem, incluído automação residencial (demótica) e protótipos robóticos baseados em plataformas microcontroladoras. Com um motor de tamanho adequado a Minibomba de Água RS385 é capaz de impulsionar entre 1500ml a 2000ml por minuto, sendo destacada pela sua eficiência e precisão durante sua execução em conjunto com o Arduino [...] (USINAINFO, 2019 apud SILVA; MORAIS, 2019, p19)

A alimentação da bomba deve ser realizada por uma fonte externa, pois o Arduino só fornece 5V de tensão. (SILVA, 2019)

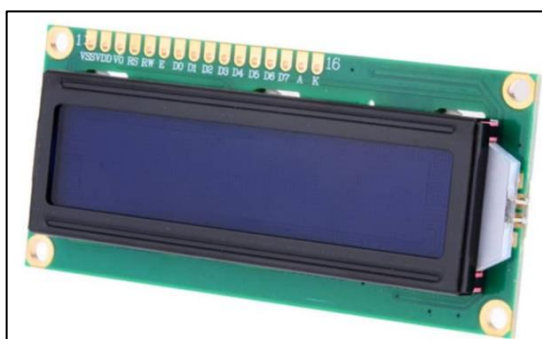
3.1.7 LCD

Módulos de display LCD (Liquid Cristal Display) de caracteres alfanuméricos são interfaces de comunicação visual muito úteis e atraentes. Eles se encontram em

quase todos os aparelhos domésticos, eletroeletrônicos, automóveis, instrumentos de medição e não será diferente nesse TCC. São dispositivos que possuem interfaces elétricas padronizadas e recursos internos gráficos e de software que permitem facilmente a simbiose entre fabricantes diferentes, sem que seja necessário alterar o programa de aplicação. Por ser altamente padronizado seu custo é baixo. É um recurso antigo, deve ter uns vinte anos de idade ou mais, mas continua atual, com suas inúmeras formas, cores, tamanhos e preços. (PUHLMANN, 2019)

Os módulos LCD são especificados principalmente por sua capacidade gráfica de comunicação, ou seja, o número de caracteres por linha e o número de linhas. Nesse TCC será usado o 16 (désseis) colunas por 2 (dois) linhas, como ser visto na figura 15.

Figura 15: LCD 16x2



Fonte: © BOTSHOP (2021)

Os módulos podem ser encontrados com LED *backlight* (com uma iluminação de fundo) para facilitar as leituras durante a noite. Neste caso, a alimentação deste led faz-se normalmente pelos pinos 15 e 16 para os módulos comuns, sendo os pinos 15 e 19 para ligação ao anodo e os pinos 16 e 20 para o catodo. A corrente de alimentação deste led varia de 100 a 200mA. (BARBACENA, 1996)

Segundo o mesmo autor estes módulos utilizam um controlador próprio, permitindo sua interligação com outras placas através de seus pinos, onde deve ser alimentado o módulo e interligado o barramento de dados e controle do módulo com a placa do usuário. Além de alimentar e conectar os pinos do módulo com a placa do usuário deverá haver um protocolo de comunicação entre as partes, que envolve o envio de bytes de instruções e bytes de dados pelo sistema do usuário.

A Tabela 7 descreve cada pino do módulo display para conexão deste a placa do microcontrolador:

Tabela 7: Conexão do Módulo LCD

Pino	Função	Descrição
1	Alimentação	Terra ou GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	V0	Tensão para ajuste de contraste (ver Figura 1)
4	RS Seleção:	1 - Dado, 0 - Instrução
5	R/W Seleção:	1 - Leitura, 0 - Escrita
6	E Chip select	1 ou (1 → 0) - Habilita, 0 - Desabilitado
7	B0 LSB	Barramento de Dados
8	B1	
9	B2	
10	B3	
11	B4	
12	B5	
13	B6	
14	B7 MSB	
15	A (qdo existir)	Anodo p/ <i>LED backlight</i>
16	K (qdo existir)	Catodo p/ <i>LED backlight</i>

Fonte: BARBACENA (1996)

Quando se obtém um módulo de display LCD é interessante se saber qual é o controlador é utilizado nesse módulo. Os recursos oferecidos pelos controladores variam um pouco além dos recursos básicos comuns para todos. Alguns recursos comuns são a interface com um microcontrolador configurável para 4 ou 8 bits, memória ROM interna com os gráficos correspondentes a cada caractere disponível, opções de *Fonts* para os caracteres, entre outros. Na figura 16, como exemplo, se pode observar como é formado graficamente o caractere "A", numa matriz de pontos (pixels), onde os 1s (um no plural) indicam pixels acesos e os 0s (zeros), os pixels apagados. (PUHLMANN, 2019)

Figura 16: Caractere "A" numa matriz de pixels (8 x 5)

CGRAM Data							
P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
x	x	x	0	1	1	1	0
			1	0	0	0	1
			1	0	0	0	1
			1	1	1	1	1
		.	1	0	0	0	1
		.	1	0	0	0	1
		.	1	0	0	0	1
		.	0	0	0	0	0

Fonte: PUHLMANN (2019)

3.1.8 Sensor de Fluxo de Água

O funcionamento interno do Sensor de Fluxo de Água, modelo YF-S201, baseia-se na leitura via sensor de efeito hall¹ e com o auxílio de um rotor e conjunto de pás. Juntos, estes equipamentos leem a quantia de voltas desenvolvidas a partir da passagem do líquido e relacionam estes dados com a quantia em litros que passou. (STRAUB, 2019a)

Diferente do que a maioria imagina o sensor de efeito hall (figura 17) não detecta o campo magnético de uma pá em questão, ele verifica a variação do campo magnético e com isto obtém os dados que necessita para leitura através do sensor de efeito hall. Abaixo podemos ver o módulo internamente com seus respectivos componentes: (id. ibid.)

Figura 17: Sensor Hall Presente no Sensor de Fluxo de Água



Fonte: © USINAINFO (2021)

¹São dispositivos capazes de medir com elevada precisão a intensidade do campo magnético. (BORGES et al., 2015)

Junto ao rotor, temos um ímã fixo e de giro perpendicular ao das pás, acima dele e de maneira isolada temos o módulo com o sensor de efeito hall responsável por gerar os pulsos para verificação pelo microcontrolador Atmega328p. Posicionado acima das pás semelhante a imagem abaixo, todas as funções que cabem ao Sensor de Fluxo de Água podem ser desenvolvidas. (id. ibid.)

Figura 18: Visão Interna do Sensor de Fluxo Arduino



Fonte: © USINAINFO (2021)

Como o sensor pode ser operado com 5V, a alimentação pode ser realizada diretamente pelo Arduino. A saída de dados é conectada a alguma porta digital da placa para que seja possível o cálculo da vazão a partir do valor de frequência retornado pelo sensor. (SILVA, 2019)

Este sensor será um grande aliado no desenvolvimento desse projeto. Pois, ele definirá qual valor de volume de água o sistema irá descartar, devido as primeiras águas da chuva serem impuras pelos detritos do telhado. Sendo necessário uma primeira lavagem do telhado por completo, para então começar a ser coletada para irrigação. A seguir as especificações necessárias para maior compreensão.

Tabela 8: Especificações do YF-S201

Especificação	Valor	Unidade
Tensão de operação	5 – 24	V
Corrente máxima	15 (5V)	mA
Faixa de vazão	1 – 30	L/min
Exatidão	10%	-
Temperatura de operação	-25 - +80	°C
Dimensões	2,5 x 1,4 x 1,4	in

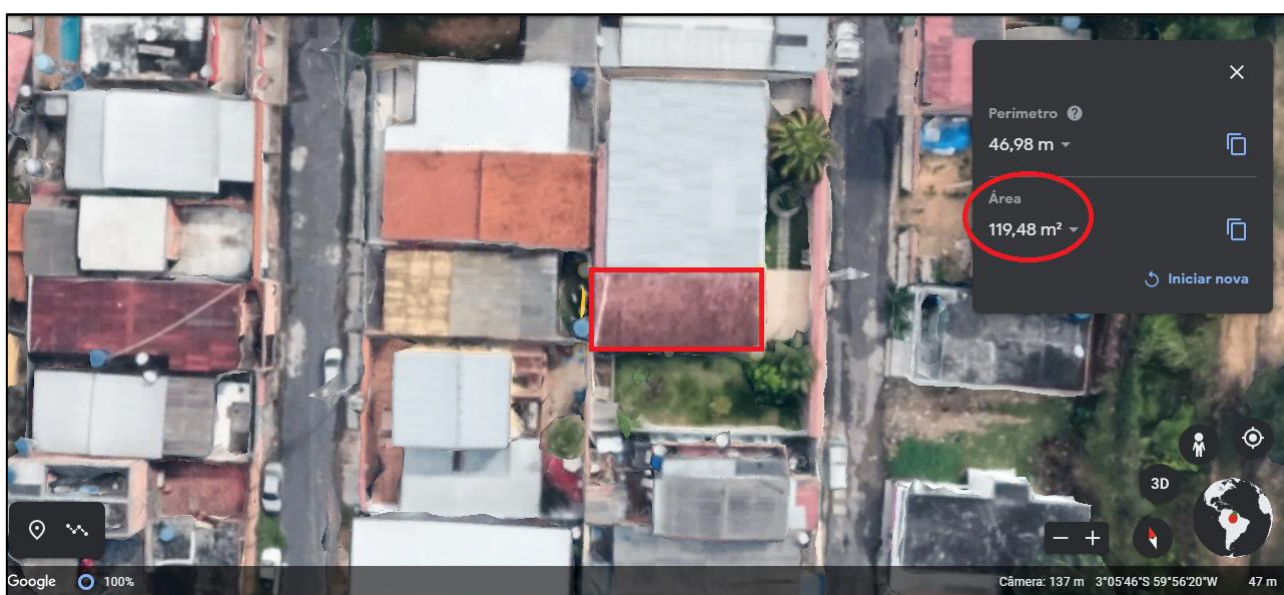
Fonte: © FILIPEFLOP (2021)

3.2 DIMENSIONAMENTO DO TELHADO

Nesse capítulo será feito o dimensionamento do telhado para uma maior precisão na quantidade de água que o sensor de fluxo deverá descartar na etapa inicial do processo da coleta da chuva.

O telhado proposto para o cálculo do dimensionamento será uma residência que está localizado na Rua Rio Branquinho no bairro do Armando Mendes. Fez-se indispensável o uso da ferramenta Google Earth, para a avaliação da área do telhado desse domicílio (figura 19).

Figura 19: Estimativa da área do telhado



Fonte: Google Earth (© 2021)

Para entendermos quanto de água da chuva será necessário para estimar a primeira lavagem do telhado, temos que ter o conhecimento que a medida usada para medir o volume da chuva é em milímetros por metro quadrado (área da base de 1m^2 por 1mm de altura) que equivale a um volume, em litros, d'água. Por exemplo, se choveu 50mm , seriam 50 litros em cada metro quadrado (AZEVEDO et. al. 2014). Abaixo segue-se a explicação matemática para as conclusões abordadas no exemplo anterior.

$$\text{Volume} = (\text{área da base}) \times \text{altura} = 1\text{m}^2 \times 0,05\text{m} = 0,05 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = 0,05 \times 1000 = 50 \text{ litros}$$

Com esse conhecimento e tamanho da área da cobertura (119,48 m²), já podemos aferir que será necessário para fazer a primeira lavagem no telhado cerca de 119,48 litros. Esse valor será colocado dentro do código de programação, a fim de que o sensor de fluxo de água descarte esse volume de líquido, utilizando apenas o armazenamento excedente. Com essa medida, evitamos a probabilidade de substâncias impuras vindas do telhado sejam lançadas na planta, permitindo um estágio mais saudável no momento da irrigação.

Para efeito de referência apresenta-se os dados (tabela 9) que concebem o comportamento da chuva em Manaus. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados. É possível identificar a épocas mais úmidas e secas. (CLIMA TEMPO, 2021)

Tabela 9: Histórico de previsão das precipitações em Manaus, BR

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	342
Fevereiro	266
Março	302
Abril	310
Maiο	267
Junho	137
Julho	89
Agosto	79
Setembro	109
Outubro	116
Novembro	213
Dezembro	330

Fonte: Adaptado de © CLIMA TEMPO (2021)

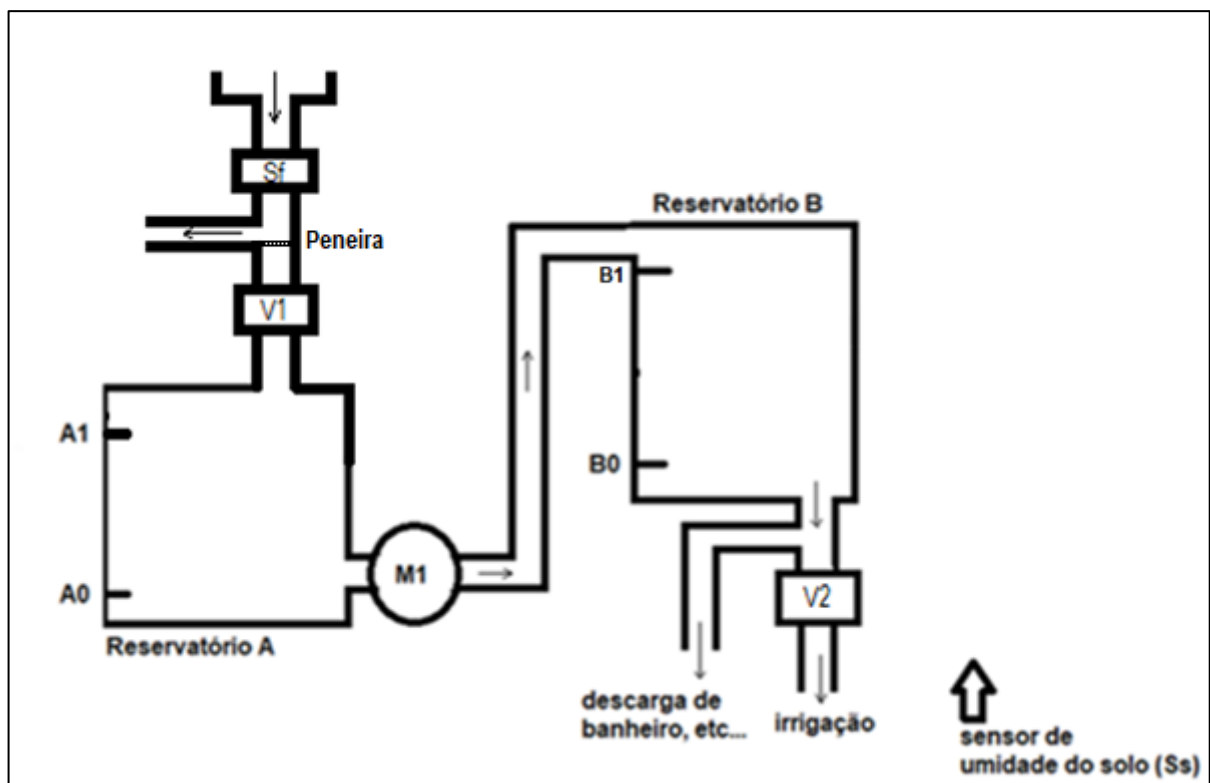
Segundo as informações nesta Tabela, observa-se que a menor possibilidade de chuva no ano, em agosto, são 79mm de precipitação por metro

quadrado que corresponde, em média, a 2,63 litros por metro quadrado de água por dia deste mês. Para encontrar a quantidade de volume que o telhado (figura 19) pode captar por dia, multiplica-se 2,63 litros pela área da cobertura, 119,48m², encontra-se um total de 314,23 litros, todavia devemos subtrair os primeiros 119,48 litros de água, assim teremos 194,75 litros utilizáveis para consumo na irrigação por dia deste mês em média. Com esses dados pode-se notar que a cidade de Manaus tem capacidade de fornecer todo ano um volume de água relevante para armazenamento, com o auxílio dessa tecnologia apresentada neste TCC.

3.3 DIAGRAMA DO SISTEMA

O sistema automático de reutilização da água é ilustrado na figura 20 com seguintes itens abaixo:

Figura 20: Diagrama esquemático do projeto



Fonte: Adaptado de DE OLIVEIRA et al., 2019

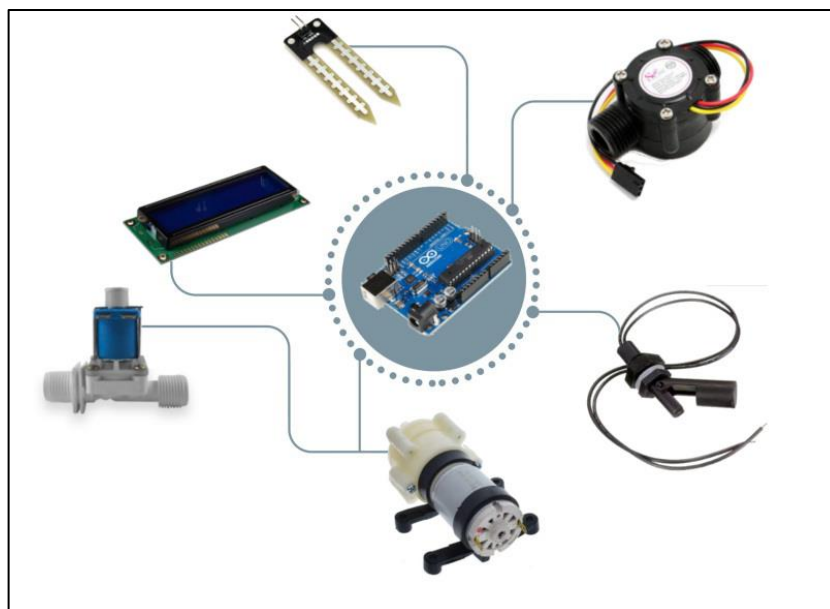
- i. Reservatório A: É destinado a captação das águas da chuva;
- ii. Reservatório B: Armazena a água destinada a fins não potáveis e como fonte para um sistema de irrigação doméstico;

- iii. Válvula solenoide 1 (V1): essa válvula tem como objetivo permitir a passagem de água da chuva para o reservatório A. O intuito é descartar a primeira água da chuva, que geralmente possui impurezas sólidas e ácidos, que prejudicam o sistema e as plantas;
- iv. Válvula solenoide 2 (V2): Essa válvula libera a passagem de água para o sistema automático de irrigação;
- v. Motor de bombeamento (M1): Motor que bombeia a água do reservatório A para o reservatório B;
- vi. Sensor de nível A1: Sensor que determina o nível máximo do reservatório A;
- vii. Sensor de nível A0: Sensor que determina o nível mínimo do reservatório A;
- viii. Sensor de nível B1: Sensor que indica o nível máximo do reservatório B;
- ix. Sensor de nível B0: Sensor que indica o nível mínimo do reservatório B;
- x. Sensor de Fluxo de Água (Sf): sensor que calcula o volume de água passante na tubulação;
- xi. Sensor de umidade do solo (Ss): sensor que determina se o solo está úmido ou está seco.

3.4 SISTEMA DE CONTROLE

Para fazer o controle desse sistema, funcionando como uma espécie do cérebro do sistema (Figura 21), foi usado o microcontrolador Atmega 328p da Atmel que vem integrada com a placa do Arduino Uno. A escolha dele foi dada por fornecer facilidade na construção de códigos, alta compatibilidade com os periféricos externos e familiaridade do autor deste TCC com o uso dele em soluções autônomas.

Figura 21: Sistema de Controle



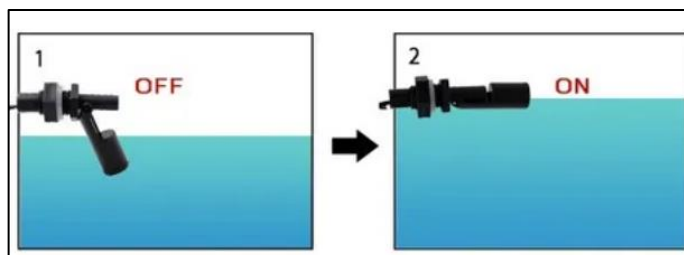
Fonte: Criado pelo autor (2021)

Na etapa inicial, enquanto não há chuva todo o sistema permanece em repouso à espera da indicação de chuva que será identificado pelo sensor (Sf). A partir do momento que existe fluxo de água no sensor, ele espera até que o volume máximo, pré-determinado pelo programador, seja alcançado para que depois desse processo a válvula (V1) altere seu estado de normalmente fechada para normalmente aberta. Assim liberando a vazão de água para o reservatório A.

No reservatório A, há dois sensores de indicação de nível e funcionam conforme demonstrado na figura 22. Este sensor tem uma boia que quando água empurra com subida do nível em algum recipiente, a parte móvel se encontra com a parte fixa, o circuito é alimentado com 5V. O A0 é responsável pelo nível mínimo, quando estar com valor digital igual à 0, o sistema permite a passagem de água para armazenamento, quando estar com valor digital igual a 1 o sistema aguarda chegar à resposta do próximo sensor. O A1 indica valor de nível máximo, que tem como objetivo não deixar transbordar o reservatório. Por consequente, o sistema faz uma verificação se o sensor B0 está em valor lógico baixo. Se sim, a vazão de água é liberada do reservatório A para o B por meio do motor M1.

No reservatório B, existem dois sensores de indicação de nível. O primeiro sensor de nível mínimo B0, indica que o reservatório está sem água. B1 que indica que o reservatório está no nível máximo, tem objetivo de desligar o motor M1, para que o reservatório B não transborde.

Figura 22: Funcionamento do sensor



Fonte: ELECTRONILAB (© 2021)

Há duas formas de esvaziar o recipiente B. A primeira, é o uso da água para fins não potáveis na residência, como: lavagem de pátio, descargas dos banheiros e etc. A segunda é com a irrigação, onde foi pensada uma automação com o sensor B1 e o sensor de umidade do solo (Ss). Se os ambos derem condições favoráveis, o sistema inicia o processo de irrigação. Caso contrário, o sistema aguarda até que as condições se tornem verdadeiras.

Na interface visual o Arduino tem um trabalho duplo, executar os processos de lógica mencionados anteriormente quanto mostrar para o usuário as atividades principais que estão sendo efetuadas. Cada atividade dos sensores e atuadores geram informações diferentes para o Atmega 328p, todos esses dados são codificados e convertidos em textos familiares para o usuário compreender o que está ocorrendo. Todas essas informações são expostas no LCD, que tem essa função de conversar com o indivíduo.

3.5 SISTEMA HIDRAULICO

Com a planejamento da utilização de um sistema autônomo na parte hidráulica, foi necessário o uso de uma válvula que acionasse de forma automática sem interferência manual. O componente com essas características foi encontrado na válvula solenoide (figura 13). Todavia, está referida válvula (V1 e V2) tem que ser alimentada por 12V, logo se sentiu a obrigação do uso de um relê que acionasse com 5V compatível com o valor de saída do sinal do Arduino e ainda a isolasse da fonte externa.

Neste projeto será utilizada uma válvula solenoide 2 (duas) vias normalmente fechadas, isto é, quando desenergizada a mesma estará vedando a passagem da

água. Quando estiver aberta, liberará a passagem do fluido com o estímulo recebido do relé vindo da placa microcontrolada.

Como já mencionado, V1 fica responsável pela liberação da água da chuva no início de todo o processo. V2 fica responsável por liberar a água para o sistema de irrigação quando o Atmega328p julgar necessário.

Seguindo a ordem natural do processo, passando do reservatório A para o B, encontra-se o motor (M1) que empurra a água para a próxima etapa. Em uma idealização do protótipo, este requerido o motor será representado pela Mini Bomba de Água RS385. Opera com tensão recomendada entre 9V a 15V, permitindo elevação máxima de até 3 metros e altura de aspiração de até 2 metro. Se mostrando capaz de elevar a água do reservatório A para o B. Devendo atuar em ligação com um relé, para isolar o Atmega328p da corrente acima de 5V.

3.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação tem como componentes para o seu pleno funcionamento o sensor de nível B1 e o sensor de solo. Tendo em vista que para irrigar necessita de nível mínimo no tanque B e o solo tem que estar com umidade baixa para que o sistema venha ser ligado.

O sensor de solo (Ss) gera uma medida analógica U. Que variam de 0 a 1023 na interpretação do microcontrolador. Os valores analógicos de tolerâncias permitidas por esse sensor são pré-determinados pelo programador que decide o quanto de água que o solo necessita para se manter saudável. Os valores utilizados na tabela 10 são números hipotéticos para exemplificar de forma didática o uso desse sensor com o microcontrolador. A lógica de funcionamento do equipamento de irrigação respeita as seguintes condições:

Tabela 10: regras de determinação da característica do solo

Valor medido de U	Sistema de Irrigação
$U \geq 700$	Seco
$400 < U < 700$	Intermediário
$U \leq 400$	Úmido

Fonte: Adaptado de DE OLIVEIRA et al., 2019

O solo somente será irrigado quando este estiver completamente seco e houver um nível mínimo de água no tanque B. Após iniciada a irrigação, o processo só irá terminar quando o solo estiver totalmente úmido ou o sensor B0 indicar nível baixo.

3.7 INTERFACE VISUAL

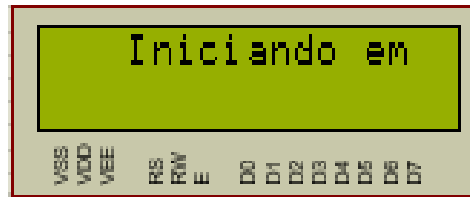
O uso dessa ferramenta tornou-se relevante no nosso sistema para mostrar ao usuário os *status* do processo. Tendo em vista, que o sistema de irrigação automático com os reservatórios será aplicado em um lugar externo longe do alcance do indivíduo. Sendo interessante a instalação dessa interface na parte interna da residência ou estabelecimento para o acompanhamento visual dos moradores.

A ideia com nossa interface visual tem o objetivo apenas de mostrar:

- níveis (seco ou mínimo ou máximo) dos recipientes (A e B);
- momento que o tanque B está sendo abastecido;
- e indicação da ativação do sistema de irrigação.

No instante zero, a tela do sistema mostra a seguinte frase: Iniciando o sistema. Logo após, mostra uma contagem de três segundos. Isto foi colocado para o microcontrolador tenha tempo necessário para iniciar seu *setup* de codificação.

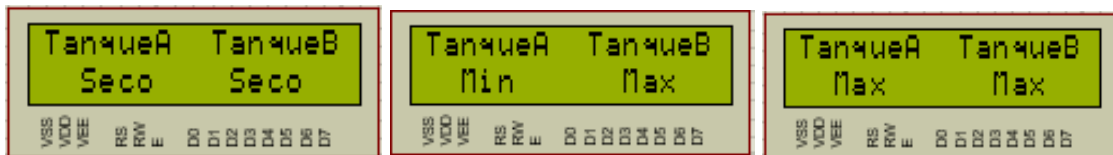
Figura 23: Primeira exibição do LCD



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

Quando se inicia todo o processo, todos os sensores de nível de entrada estão em valor lógico zero, logo o status que aparecerá na tela será seco tanto para o tanque A quanto para o tanque B. Com o acréscimo de água nos recipientes e as alterações dos valores lidos, instantaneamente o status também mudam para o correspondente valor, que poderá ser, no início, mínimo, e depois máximo, se o volume de água for exatamente igual a capacidade do tanque.

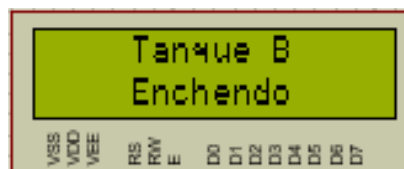
Figura 24: Possíveis exibições na indicação de níveis no decorrer do processo



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

Sensor A1 detecta presença de água, o motor liga levando o fluido para o Tanque B. Paralelamente a nossa interface indica esta ativação do motor com a seguinte frase: Enchendo tanque B (figura 25)

Figura 25: Resposta da interface com a ativação do motor



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

Se iniciando a irrigação, nossa interface interrompe os status de níveis dos recipientes ou indicação de abastecimento do tanque B, dando prioridade para o *status* de irrigação ligada e nível de humidade do solo logo abaixo (figura 26). Pois, consideramos que a irrigação é o fator primordial do sistema e o objetivo final de

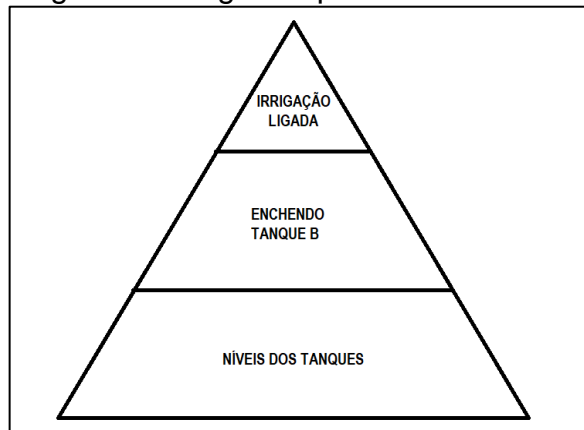
todo esse TCC que é irrigar o solo. Então levamos essa prioridade também para esta interface, conforme na figura 27.

Figura 26: Resposta da interface com a ativação da Irrigação



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

Figura 27: Regra de prioridade no LCD



Fonte: Criado pelo autor

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O intuito inicial do TCC era realizar a simulação e após um bom resultado, um protótipo real, mas devido uma crise epidêmica na região houve uma grande dificuldade para encontrar componentes eletrônicos, adquirir instrumentos, comprar material estrutural e outros recursos. Então apresentaremos neste capítulo somente a simulação e os resultados referentes a este. Pode-se notar, que todo o TCC teve como base componentes reais, e no decorrer do capítulo iremos abordar a analogia deles com suas formas simuladas.

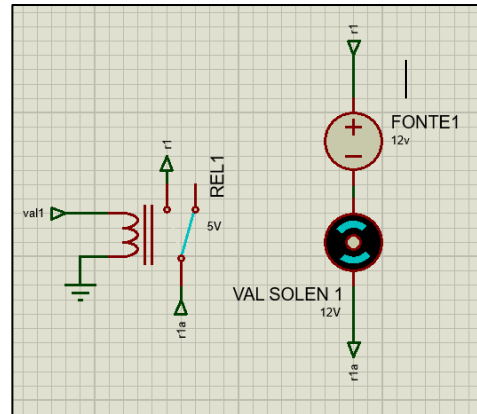
4.1 SIMULAÇÃO DO SISTEMA

A simulação foi feita no programa Proteus². Dentro dos componentes do simulador não existe a válvula solenoide, então o motor DC foi utilizado como analogia ao funcionamento de um solenoide. Pois, da mesma forma que a bobina de um motor atrai uma lâmina metálica que são os contatos (um fixo e um móvel), um solenoide também apresenta a mesma atração, ou seja, um campo magnético é criado quando uma corrente elétrica passa pela bobina, movimentando, assim, o êmbolo no caso do solenoide e o rotor no caso do motor. Com isso o orifício da válvula é aberto e no motor o eixo rotaciona. (SILVEIRA, 2018 *apud* SILVA, 2019). Assim, a substituição desta válvula por um motor não representa prejuízo ao comportamento do sistema.

Pelo fato do microcontrolador (Atmega328p da Atmel) ser capaz de fornecer apenas 5V de tensão para qualquer componente de saída. O relé servirá para acionar e isolar as cargas de tensão maior que 5V do nosso sistema.

² É um software para criação de projetos eletrônicos, composto por uma suíte de ferramentas, incluindo captura esquemática, simulação e módulos de projetos de placas de circuito impresso, usadas principalmente para o projeto de circuitos integrados.

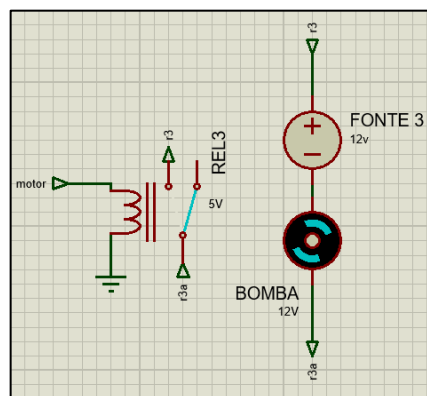
Figura 28: Válvula Solenoide no Proteus



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

A mini Bomba de água também equivale ao motor DC (corrente contínua) no Proteus. A ligação dele se assemelha a conexão da válvula solenoide dita anteriormente, usando um relê para isolar a corrente de 12V do microcontrolador.

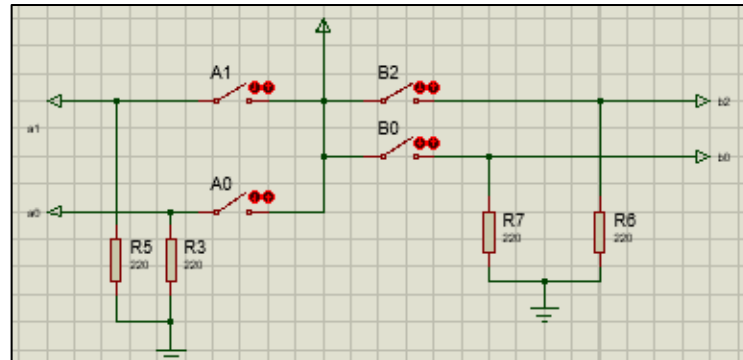
Figura 29: Bomba de água no Proteus



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

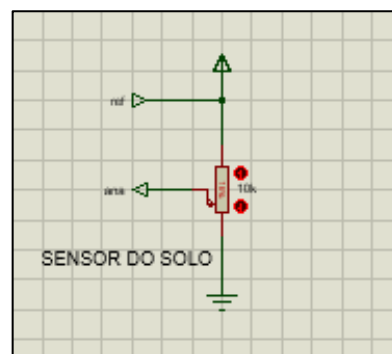
Para simular o sensor de nível com interruptor de boia utilizamos as chaves interruptoras, pois esse sensor funciona como um botão interruptor. Onde ambas só podem apresentar valores digitais, ora estão em nível lógico alto (5V) ora em nível lógico baixo (0V).

Figura 30: Sensor de nível no Proteus



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

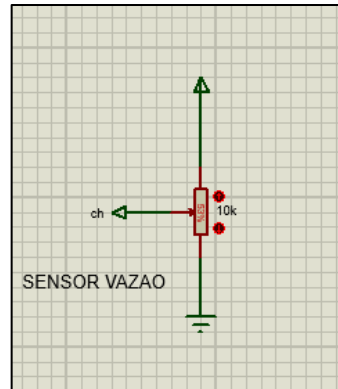
Tendo em vista, que o simulador também não contém o sensor de umidade de solo usamos o potenciômetro. Pois, seria necessário simular valores analógicos e o componente encontrado dentro do *software* com essa característica foi o potenciômetro. Entendendo que ambos geram valores analógicos e se comportam da mesma forma, variando de 0 a 1024 (na leitura do microcontrolador). Lembrando, que valor 0 é totalmente úmido e 1024 é totalmente seco.

Figura 31: Sensor de umidade do solo no *software*

Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

Devido não existir o sensor de fluxo de água no Proteus utilizamos também um componente análogo. O volume de água é identificado através da variação de tensão, logo usamos o potenciômetro que nos possibilita valores analógicos. Para efeito de simulação utilizamos o valor hipotético de 20% do valor da resistência do potenciômetro de 10k Ω que equivalerá aproximadamente ao volume de 120 litros de água, onde a partir desse volume a válvula (V1) muda de estado, liberando a passagem do líquido.

Figura 32: Sensor de fluxo no simulador

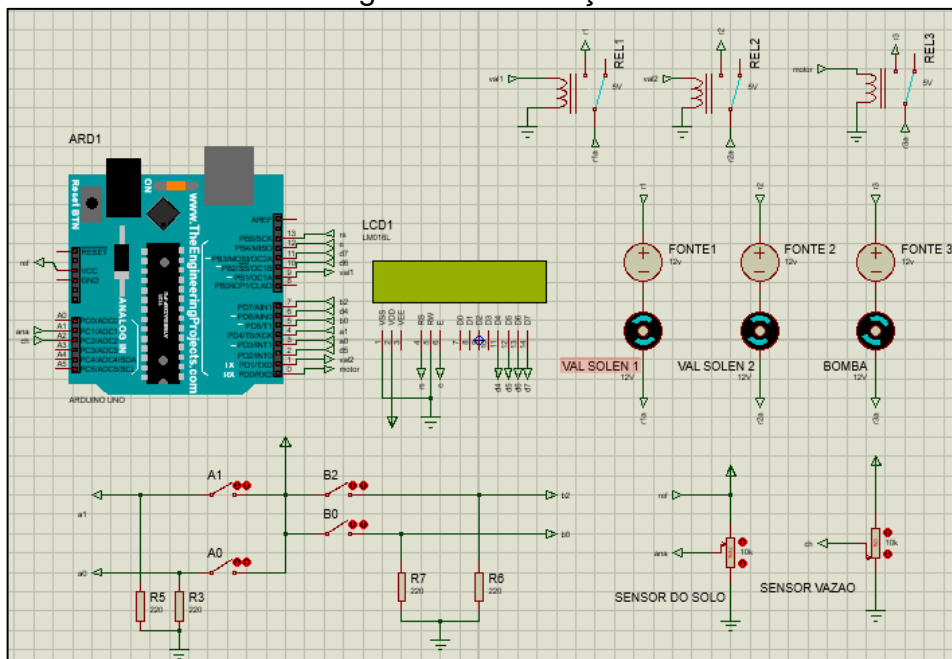


Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

O LCD apresentado nesta simulação é exatamente o utilizado na forma real. Os códigos para escrever no LCD tanto no simulador quanto em um protótipo são da mesma forma, não havendo nenhuma alteração.

O sistema de controle é baseado em malha fechada³ onde o sistema aciona a passagem de água conforme a resposta dada pelos os sensores, se não for satisfatório ele retorna, até que tenha um resultado esperado. Para então, retorna ao modo de repouso.

Figura 33: Simulação



Fonte: Criada pelo Próprio Autor com a Utilização do Programa Proteus (2021)

³ Ciclo repetitivo até que o sensor verifique que o valor é falso.

A partir dos fatos decorrentes do processo de simulação, podemos afirmar que:

Atingimos a automação do sistema, pois as respostas dos sensores e atuadores colocados nas situações propostas foram satisfatórias dentro da simulação. Por fim, se os sensores forem utilizados de forma correta, isto é, seguindo todas as ligações e conexões entre a placa microcontrolada e eles, apresentará a indicação adequada ao nível do reservatório, procedendo como resultado: ligação da bomba no tempo correto, não transbordamento dos tanques e irrigação no momento certo de abastecimento de água no solo sem prejudicar as plantas.

A interface visual foi o sistema que mais se destacou na simulação, pois neste processo os componentes da simulação em comparação com os reais são exatamente iguais sem precisar procurar um componente similar que se comportasse da mesma forma. Assim, o resultado final será de igual modo em um protótipo, se assim posteriormente desejar executar.

Que essa forma de trabalho pode ajudar o meio ambiente, porque devido os resultados elétricos tanto com os sensores em conjunto com o bom acionamento do motor podemos inferir que o sistema se mostra autônomo quanto a parte elétrica. Proporcionando o armazenamento correto da água da chuva, sem precisar irrigar as plantas com água potável.

Devido à não execução do protótipo, usando somente o processo de simulação, não podemos afirmar:

A sensibilidade correta do sensor de umidade do solo, pois tal ação só seria capaz se houvesse uma amostra real de solo, sem isso não há possibilidade de identificar a porosidade tão como a necessidade de água correta para uma planta. Por isso foi usado valores hipotéticos apenas para fins de visualização correto do funcionamento proposto.

A total pureza da água, pois os detritos sólidos da primeira lavagem do telhado poderão ir para o reservatório A por conta da ligação direta entre a calha e a válvula (V1) em 90°. Uma possível solução seria a adição do tubo sifão antes da válvula V1 para coleta desses resíduos.

Se o peso da coluna de água sobre a válvula (V1) será maléfica quando a água atingir o nível máximo nos dois tanques, causando menor tempo de uso que o esperado no componente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação é uma área muito vasta e além de incluir diversos assuntos dentro da própria automação, exige um conhecimento sobre a área à qual se deseja automatizar.

A construção da simulação mostrou que componentes simulados podem conter suas semelhanças ao um modelo real, conseguindo preservar a maioria dos resultados.

Com este estudo, conclui-se, mediante a simulação, que os sensores, as válvulas e o motor apresentaram o comportamento esperado, e a interface simplificou a visualização das tarefas que acontecem no decorrer do processo.

Além disso, comprovou a automatização do processo de coleta de água da chuva causando comodidade aos residentes e o uso consciente da água potável.

Sendo assim, entende-se que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que a simulação obteve resultado favorável, como já afirmado. Dessa forma, tanto a sociedade quanto o próprio meio ambiente podem ser beneficiados pelo sistema proposto.

Entretanto, dado as limitações impostas pela a realidade mundial atual, entende-se que outros fatores podem ser considerados em trabalhos futuros, os quais podem levar a resultados diferentes dos encontrados nesse trabalho, quais sejam:

- Acrescentar um sistema via rede que mande informações por SMS para o celular do usuário informando dados estatísticos da economia de água por mês e alertas de falhas;
- Adicionar um sistema de reserva em tempo de escassez de chuva na região com uma ligação na rede pública ou poço artesiano no reservatório B;
- Na etapa da coleta da primeira água da chuva, alterar para um sistema semiautomático utilizando um tanque reservatório a mais com o volume do dimensionamento da primeira lavagem do telhado desejado, eliminando o uso da válvula (V1) e do sensor de vazão (Sf), logo minimizando custos.

REFERÊNCIAS

ACBMAC. **Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva**. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br>. Acesso em 28 fevereiro de 2021.

ALTOÉ, M. A. C. 2012. **Sistema Automatizado de Irrigação para Culturas Específicas**. Centro Universitário de Brasília. Brasília.

AQUÍFERO GUARANI In: **XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**. Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e de esperanças- Espaço de Socialização de Coletivos. Porto Alegre, 25-31 de julho, 2010. Acesso: <<https://nau.furg.br/publicacoes/publicacoes-em-eventos/61-xvieng>>. Acesso: 27 mar. 2021.

AZEVEDO, Julio Cesar; AZEVEDO, Ramona; CARVALHO, José Roberto; DE LIMA, Ronniery Bezerra. **Guia de dimensionamento e montagem**. Universidade Federal de Pernambuco. 2014.

BACCI, Denise de La Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. **Educação para a Água. Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

BARBACENA, Ilton L.; FLEURY, Claudio Afonso. Display lcd. Outubro, 1996.

BAYER, A, MAHBUB, I., CHAPPELL, M., RUTER, J., & IERSEL, M. 2013. Water Use and Growth of Hibiscus acetosella 'Panama Red' Grown with a Soil Moisture Sensor-controlled Irrigation System. 48.

BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; GOMES Heber Pimentel. AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO GOMES, In: Heber Pimentel (org.). **Sistemas de Irrigação: Eficiência Energética**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

BORGES, Jacques Cousteau da Silva et al. Estudo e desenvolvimento de um transdutor de torque para eixos rotativos por meio de sensores de efeito hall. 2015.

BRAGA, Newton C; Tudo Sobre Relés, Instituto Newton C. Braga, Abril de 2012. São Paulo.

CLIMA TEMPO. Disponível em: <www.climatempo.com.br/climatologia/25/manaus-am>. Acesso em: 1 de mar. 2021

DE ANGELIS, Franceschi; DE ANGELIS, Derlene Attili. **Importância da água para a vida e garantia de manutenção da sua qualidade**.2016.

DE LIMA, Gustavo Fernandes. Controle de temperatura de um sistema de baixo custo utilizando a placa Arduino. In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN. 2013.

DE OLIVEIRA, Kauann Jacome; BRASIL, Gleimy Ferreira; DE SOUZA, Thiago Valério. **Sistema Automático para Aproveitamento da Água das Chuvas**. IV Encontro de Computação do Oeste Potiguar. Universidade Federal Rural Semiárido (UFERSA). Pau dos Ferros, RN. 2019

DE SOUZA, José Eduardo Cabral. **Sensor de Umidade do Solo com Arduino**. YOUTUBE. 7 fev. 2021. Disponível em: <<https://youtu.be/jqlaC1zXJ9E>>. Acesso em 02 de jan. 2021.

DURSON, M., & OZDEN, S. 2011. A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors. Technical Education Faculty, Gazi University. Turkey. Ankara

DUTRA, Carla Cristina et al. **Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água**. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 1, p. 2657-2667, 2012.

EDUARDO. **Sensor de umidade do solo**: para que serve e como funciona. Irrigat. 1 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.irrigat.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-para-que-serve-e-como-funciona/>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

FAVRETTO, Carliana Rouse et al. **Métodos de dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água pluvial no município de Bento GONÇALVES (RS)**. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 2, n. 2, p. 17-24, 2016.

FONSECA, E.G.P. da; BEPPU, M.M. Apostila Arduino. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense Centro Tecnológico, 2010. 23 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Método de Pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil UAB/UFRGS. Curso de Graduação Tecnológica, Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre. 2009.

GONÇALVES, R.F (Coordenador). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009 352p.

Google Earth. Software Google Earth. 2021

GOUVEIA André Antonio; LOPES Guilherme Martins. **Automatização De Uma Máquina De Vazão de Líquidos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFSM – RS. Santa Maria, 2009.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFSM – RS. Santa Maria, 2009.

HERNANDEZ, F.B.T. **Manejo da irrigação**. 2004. Disponível em<<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 3 de maio 2017.

LOBATO, M. B. Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método Electre III. 283 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MADALOSSO, E. 2014. **Sistema Automatizado para Irrigação de Estufas**. 76 f. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de Água Pluvial para fins não potáveis** em Instituição de Ensino. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 2007.

MARQUELLI, W. A., SILVA, W. L. C., SILVA, H. R., & VILELA, N. J. **Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial**. Horticultura Brasileira. 2000

MATIAS, Verônica de Paula; MATIAS, Gustavo Oliveira; LACERDA, Paloma Silva; ROCHA, Paula de Paula; NAZARÉ, Tiago Bittencourt. **Projeto de irrigação automática** através da plataforma Arduino. XII EPPA- Faculdade Integradas de Cataguases, Minas Gerais, 2017.

MEDEIROS, Pedro Henrique Silva. **Sistema de irrigação automatizado para plantas caseiras**. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/IDEC, 2005. 160 p.

NISE, N.S. 2011. Control Systems Engineering. 6th edition edn. Wiley.

PINMANEE, S. et al. Development of a low-cost tensiometer driven irrigation control unit and evaluation of its suitability for irrigation of lychee trees in the uplands of Northern Thailand in a participatory approach. Journal of Horticulture and Forestry, v.3,n.7, p.226-230. 2011. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/JHF/fulltext/2011> >. Acesso em: 07 set. 2013.

PRAKASH, et al. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v.1, n.1, p.04-06, 2012. Disponível em: <<http://www.ijitee.org/atTCAhments/File/v1i1/A105051112.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2021.

PUHLMANN, Henrique Frank W. **Módulo de Display LCD**. 2019

REIS, Jessica Sarto dos. **Sistema de Controle Aplicado à Automação Agrícola** – Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial). Cornélio Procópio, PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2015

ROMERO, R. et al. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. Agricultural Water Management, v.114, p.59-66, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377412001746>>. Acesso em: 07 mar. 2021.

ROQUE, Wellington. **Desenvolvimento de um multi-sensor eletrônico para medida da umidade, temperatura e condutividade elétrica do solo**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2008.

SAUTCHÚK, C. A. **Formulação de diretrizes para a implantação de programas de conservação de água em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, Gleidson Bonifácio; MORAIS, Sávio Figueiredo de. **Hidroponia: monitoramento remoto**. 2019.

SILVA, Vinícius Neves et al. **Propostas de montagens experimentais com Arduino para o estudo de controle na Engenharia Química**. 2019.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005.

SIQUEIRA, Leila Aparecida. **Água fonte de vida**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. UTFPR. Medianeira. 2011.

SOMBRA, Lucas Gomes. **Automação residencial para controle de iluminação, segurança e monitoramento de temperatura usando o Arduino Mega**. 2016.

STRAUB, Matheus Gebert (2009a). **Sensor de fluxo de água arduino como sensor de vazão para projetos**. Usinainfo. 23 julho 19 Disponível em: <www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-fluxo-de-agua-arduino-como-sensor-de-vazao-para-projetos/>. Acesso em: 15 fev. 2021.

STRAUB, Matheus Gebert (2009b). **Sensor de Nível de Água com Arduino**. Usinainfo. 6 ago 19 Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-nivel-de-agua-com-arduino-automacao-residencial-de-controle>>. Acesso em: 16 fev. 2021.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: Para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br>. Acessado em outubro de 2006.

VÁLVULA SOLENOIDE. **Introdução sobre válvulas**. Disponível em: <<http://www.valvulasolenoide.info/>>. Acesso em: 09 fev. 2021.

VIDA DE SILÍCIO. Apostila **Arduino Básico**. VL1. Disponível em: <<https://commitlinux.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Apostila-Arduino-Vol-1.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

ZAZUETA, F. S., SMAJSTRLA, A.G., & CLARK, G.A. 1994. Irrigation system controllers. University of Florida. Flórida.

Referências de Lojas:

BOTSHOP. Disponível em: <www.botshop.co.za>. Acesso em: 28 fev. 2021.

ELECTROFUN. Disponível em: <<https://ww.electrofun.pt>>. Acesso em: 11 fev. 2021.

FILIFELOP. Disponível em: <www.filipeflop.com.br>. Acesso em: 28 fev. 2021.

IZITO. Disponível em: <www.izito.com.br>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MAKEZINE. Disponível em: <www.makezine.com>. Acesso em: 12 fev. 2021.

MLSTATIC. Disponível em: <www.mlstatic.com>. Acesso em: 26 fev. 2021.

SHOPEE. Disponível em: <www.cf.shopee.vn.com>. Acesso em: 28 fev. 2021.

USINAINFO. Disponível em: <www.usinainfo.com.br>. Acesso em: 23 fev. 2021.

ANEXO**TERMO DE COMPROMISSO DO ORIENTADO SOBRE AS
NORMAS/REGULAMENTOS DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Eu, Lucas Sonhan Nishimura Furtado estudante regularmente matriculado no Curso Superior de Engenharia de Controle de Automação, do Instituto Federal do Amazonas, *Campus* Distrito, estou ciente e concordo com as normas/regulamentos instituídos para o desenvolvimento do meu Trabalho de Conclusão de Curso. Outrossim, declaro seguir tal regimento. Por estar plenamente de acordo firmo o presente.

Manaus, AM, 30 de março de 2021