

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS* FORMIGA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

João Victor Costa Cardoso

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROCESSO ELETROLÍTICO PARA REDUZIR A
POLUIÇÃO FERRUGINOSA DE ÁGUAS ARMAZENADAS EM ZONAS RURAIS**

FORMIGA – MG

2022

JOÃO VICTOR COSTA CARDOSO

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROCESSO ELETROLÍTICO PARA REDUZIR A
POLUIÇÃO FERRUGINOSA DE ÁGUAS ARMazenADAS EM ZONAS RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Me. Marco Antônio Silva Pereira.
Coorientadora: Dra. Anamaria Teodora Coelho Rios da Silva.

FORMIGA – MG

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Cardoso, João Victor Costa
C268s Sistema Automatizado de Processo Eletrolítico para Reduzir a Poluição
 Ferruginosa de Águas Armazenadas em Zonas Rurais.
/ João Victor Costa Cardoso -- Formiga : IFMG, 2022.
63p. : il.

Orientador: Prof. MSc. Marco Antônio Silva Pereira
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a. Anamaria Teodora Coelho Rios da Silva
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Turbidez. 2. Água. 3. Armazenamento de Água em Zonas Rurais.
4. Processo Eletrolítico Automatizado. 5. Arduíno. I. Pereira, Marco Antônio Silva.
II. da Silva, Anamaria Teodora Coelho Rios. III. Título.

CDD 621.3

JOÃO VICTOR COSTA CARDOSO

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE PROCESSO ELETROLÍTICO PARA REDUZIR A
POLUIÇÃO FERRUGINOSA DE ÁGUAS ARMAZENADAS EM ZONAS RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

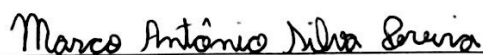
Orientador: Prof. Me. Marco Antônio Silva Pereira.

Coorientadora: Prof.^a Dra. Anamaria Teodora Coelho Rios da Silva.

Avaliado em 03 de dezembro de 2022.

Nota: 85,0

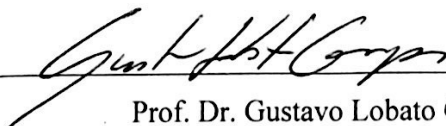
BANCA EXAMINADORA



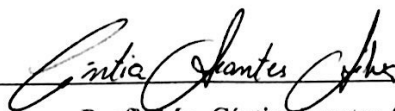
Prof. Me. Marco Antônio Silva Pereira (Orientador)



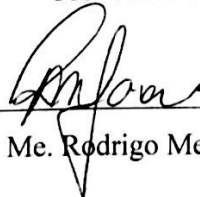
Prof.^a Dra. Anamária Teodora Coelho Rios da Silva (Coorientadora)



Prof. Dr. Gustavo Lobato Campos



Prof.^a Ma. Cíntia Arantes Silva



Me. Rodrigo Menezes Sobral Zacaroni

RESUMO

Entre todas as necessidades vitais para o ser humano a água consiste em um dos recursos mais importantes e, nesse contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias que busquem a disponibilização desta na condição potável e com as melhores características possíveis é algo relevante, inclusive no meio acadêmico que sempre se encontra aberto a novas ideias e processos. Nesse estudo revela-se e apresenta-se uma solução para o problema da turbidez de águas armazenadas em zonas rurais com a finalidade de consumo para atividades domésticas, sendo que o valor máximo permitido para fins de distribuição das companhias é de 5.0 Unidades de Turbidez Nefelométrica - NTU. Sabe-se que em muitas regiões do país, em especial no Estado de Minas Gerais, vários locais apresentam um solo rico em partículas ferrosas que podem atingir facilmente os mananciais subterrâneos e no caso de quantidades elevadas, pode causar sérias lesões hepáticas, anemia e até mesmo a nefrose. Sendo assim, o projeto se baseia na premissa de que nem sempre um reservatório contém o volume de água necessário para determinado uso e, além disso, a água armazenada pode não estar em condições adequadas para consumo, por exemplo com possíveis contaminações por elementos ferrosos. É proposto, então, o desenvolvimento de um protótipo, implementado com a plataforma Arduino, que analisa a existência de água no reservatório, sendo que, em sua ausência, é ativado automaticamente um sistema de bombeamento com o objetivo de encher o mesmo. O controle deste enchimento possui um sensor que desativa a bomba quando se atinge determinado volume. Ao constatar a presença de água, esta é analisada por um sensor de turbidez, de forma que o líquido é direcionado para um segundo reservatório e liberado para consumo. Caso contrário, um processo de eletrólise é iniciado, a partir da energização de eletrodos de Cobre imersos na água, de forma que as partículas de ferro se acumulam na parte mais funda e a água mais acima fica incolor e liberada para consumo. Para uma melhor gestão de funcionamento, foi elaborado um painel para indicação luminosa das fases do processo, tornando sua utilização bastante simples e prática para o usuário que, mesmo sem conhecimentos em eletrônica, possa manipulá-lo sem dificuldades.

Palavras Chave: Turbidez; Água; Armazenamento de água em zonas rurais; Processo Eletrolítico automatizado; Arduino.

ABSTRACT

Among all the vital needs for human beings, water is one of the most important resources and, in this context, the development of new technologies that seek to make it available in a drinkable condition and with the best possible characteristics is something relevant, including in the academic environment that is always open to new ideas and processes. This study reveals and presents a solution to the problem of turbidity of water stored in rural areas for the purpose of consumption for domestic activities, since the maximum amount allowed for the companies distribution purposes is 5.0 Nephelometric Turbidity Units - NTU. It is known that in many regions of the country, especially in the state of Minas Gerais, several places have a soil rich in iron particles that can easily reach underground springs and, in case of high quantities, can cause serious liver damage, anemia, and even nephrosis. Therefore, the project is based on the premise that a reservoir does not always contain the volume of water required for a particular use, and that the stored water may not be in adequate condition for consumption, for example with possible contamination by iron elements. It is proposed, then, the development of a prototype, implemented with the Arduino platform, which analyzes the existence of water in the reservoir, and, in its absence, a pumping system is automatically activated with the objective of filling it. The filling control has a sensor that deactivates the pump when a certain volume is reached. When the presence of water is verified, it is analyzed by a turbidity sensor, so that the liquid is directed to a second reservoir and released for consumption. Otherwise, an electrolysis process is started, from the energization of copper electrodes immersed in the water, so that the iron particles accumulate in the deeper part and the water above it becomes colorless and released for consumption. For a better operation management, a panel was elaborated for light indication of the process phases, making its use very simple and practical for the user who, even without knowledge in electronics, can handle it without difficulty.

Keywords: Turbidity; Water; Rural water storage; Automated electrolytic process; Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Eletroquímico.....	19
Figura 2 - Arduino UNO R3.....	21
Figura 3 - Módulo relé Arduino 4 canais.....	23
Figura 4 - Sensor de turbidez.....	24
Figura 5 - Esquema de ligação do Sistema Ótico de verificação.....	24
Figura 6 - Sensor de nível.....	25
Figura 7 - Micro bomba de água submersível 5Vdc.....	26
Figura 8 - Micro bomba de água submersível 127V.....	27
Figura 9 - Protoboard.....	28
Figura 10 - Régua de 3 pontos.....	29
Figura 11 - LEDs.....	29
Figura 12 - Resistor.....	30
Figura 13 - Fonte 12V 1A.....	31
Figura 14 - Fonte 9V 1A.....	32
Figura 15 - Fonte 5V 1A.....	33
Figura 16 - Recipiente Transparente de 7,6L.....	33
Figura 17 - Tubo termo retrátil.....	34
Figura 18 - Cabos de conexão.....	35
Figura 19 - Painel indicativo.....	36
Figura 20 - Barra de cobre.....	36
Figura 21 - Fluxograma de funcionamento do projeto.....	39
Figura 22 - Esquema da ligação elétrica dos componentes do projeto.....	40
Figura 23 - Esquemático do reservatório de água – Versão I.....	42
Figura 24 – Esquemático do reservatório de água – Versão II.....	44
Figura 25 - Suporte de Madeira – Vista superior.....	45
Figura 26 - Suporte de Madeira – Vista lateral.....	45
Figura 27 – Montagem prática reservatório Versão I.....	47
Figura 28 - Montagem prática reservatório Versão II – Visão Superior.....	48
Figura 29 - Montagem prática reservatório Versão II – Visão Frontal.....	49
Figura 30 - Montagem prática sistema completo.....	49
Figura 31 - Montagem prática sistema completo – parte interior.....	50

Figura 32 - Posicionamento dos reservatórios do sistema.....	51
Figura 33 - Água com alto nível de turbidez.....	52
Figura 34 - Água com nível de turbidez aceitável.....	52
Figura 35 - Resíduos descartados no fundo do reservatório.....	53
Figura 36A - Água com alto nível de turbidez.....	54
Figura 36B - Água com nível de turbidez aceitável.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição do Arduino UNO R3.....	21
Tabela 2 - Descrição Módulo relé Arduino 4 canais.....	22
Tabela 3 - Informações do Sensor de nível.....	25
Tabela 4 - Informações da micro bomba submersível 5Vdc.....	26
Tabela 5 - Informações da micro bomba submersível 127V.....	27
Tabela 6 - Informações da Protoboard.....	28
Tabela 7 - Informações da Régua de 3 pontos.....	28
Tabela 8 - Informações da Fonte de 12V 1A.....	30
Tabela 9 - Informações da Fonte de 9V 1A.....	31
Tabela 10 - Informações da Fonte de 5V 1A.....	32
Tabela 11 - Tubo termo retrátil.....	34
Tabela 12 - Cabos de conexão.....	35
Tabela 13 - Barra de Cobre.....	36
Tabela 14 - Levantamento de custos.....	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AWG: American Wire Gauge.

GND: *Graduated Neutral Density* – Terra ou massa.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

LED: Light emitting diode ou Diodo emissor de luz.

NBR: Norma Brasileira.

NTU: *Nephelometric Turbidity Units* ou Unidades de Turbidez Nefelométrica.

PWM: *Pulse width modulation* ou Modulação por largura de pulso.

RMS: *Root Mena Square* ou Potência Média Quadrática.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	MOTIVAÇÃO.....	13
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	A IMPORTANCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA NO MEIO RURAL	16
2.2	O PROBLEMA DA TURBIDEZ DE ÁGUAS PARA O CONSUMO DIVERSO	17
2.2.1	Eletrólise.....	18
2.3	A ÁGUA PARA UTILIZAÇÃO GERAL EM ZONAS RURAIS	20
2.3.1	Descrição dos componentes utilizados no projeto.....	20
2.3.1.1	Controlador Arduino	20
2.3.1.2	Módulo Relé Arduino - 4 canais	21
2.3.1.3	Sensor de Turbidez ST100	23
2.3.1.4	Sensor de nível	24
2.3.1.5	Micro bomba de água submersível 5Vdc	25
2.3.1.6	Micro bomba de água submersível 127 V	26
2.3.1.7	Protoboard 830 furos	27
2.3.1.8	Régua de 3 pontos	28
2.3.1.9	Light Emitting Diodo - LED	29
2.3.1.10	Resistor	30
2.3.1.11	Fonte 12V 1A	30
2.3.1.12	Fonte 9V 1A	31
2.3.1.13	Fonte de 5V 1A	32
2.3.1.14	Recipiente transparente.....	33
2.3.1.15	Tubo termo retrátil.....	34
2.3.1.16	Cabos de conexão	34
2.3.1.17	Painel Indicativo	35
2.3.1.18	Barra de cobre – 15cm.....	36
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	FLUXOGRAMA E ESQUEMATICOS DESCRITIVOS DO PROJETO.....	37
3.1.1	Descrição do funcionamento do processo de eletrólise automatizado	37
3.1.2	Projetos dos reservatórios.....	41
3.1.2.1	Esquemático do reservatório de água – Versão I	41

3.1.2.2	Esquemático do reservatório de água – Versão II.....	43
3.2	SUPORTE DE MADEIRA	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1	ESCOLHA DO RESERVATÓRIO	46
4.1.1	Versão I	46
4.1.2	Versão II.....	47
4.2	TESTES DO PROCESSO DE ELETRÓLISE.....	51
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
	ANEXO A	60
	ANEXO B	601

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desse trabalho surgiu da necessidade de se preservar a saúde humana e animal, principalmente em regiões onde o abastecimento de água não é concedido por empresas especializadas que já disponibilizam o produto em condições adequadas para o consumo e livres de contaminações que possam eventualmente comprometer aqueles que fazem uso da mesma.

Observa-se que, na maior parte das comunidades rurais do país, o meio mais comum de armazenamento de água é aquele que faz uso de cisternas, sendo normalmente de pequena capacidade e feitas de placas de concreto. Vários projetos governamentais incentivam o armazenamento de águas de chuva nesse tipo de reservatório, em algumas localidades os moradores usam essas estruturas para também águas de outras fontes como poços e açudes. Em outras situações, alguns agricultores que possuem suas propriedades nos arredores de rios ou fontes naturais de água, constroem açudes que tem capacidade de armazenamento bem maior que as cisternas e podem servir para atender diversas necessidades da propriedade, de animais e de eventuais lavouras que necessitem de um processo de irrigação perene (SOUSA; SOUSA NETO, 2012).

Sabe-se que a água é essencial para que exista condição de sobrevivência humana e o abastecimento e fornecimento desse produto precisa sempre ser satisfatório e confiável, em relação à sua quantidade mínima necessária para atender as necessidades dos usuários. O uso inadequado dos recursos hídricos disponíveis principalmente nas regiões rurais afastadas dos grandes centros tem levado um grande número de pessoas a desenvolver patologias que comprometem diretamente sua saúde e capacidade produtiva e aumentando o ônus público no sentido de implementar o tratamento adequado para esses indivíduos (SILVA, 2019).

De acordo com Vieira *et al.* (2020), a disponibilização de técnica e recursos simplificados que permita a população realizar melhoria na qualidade da água em áreas onde não existem empresas que a forneçam dentro dos padrões adequados é de extrema importância para a solução dessa problemática e podem aumentar a segurança para o consumo do produto livre de impurezas que possibilitam o aparecimento de agentes comprometedores.

As atividades agropecuárias e o manejo inadequado de produtos químicos, a fim de se produzir em quantidades mais elevadas de alguma cultura precisa ser criteriosamente analisada para se verificar até que ponto um aumento de produtividade pode ser mais importante que se manter os ecossistemas ligados a região em condições adequadas para que a água não se torne

algo que comprometa a qualidade de vida daqueles que fizerem uso dela (BERNARDINO; COSTA; OLIVEIRA, 2020).

Em alguns casos, a utilização de água sem tratamento ou com alta turbidez pode levar à uma série de problemas que impactam diretamente os indivíduos que a consomem, como dito anteriormente, assim como podem acarretar na produção de vegetais contaminados, por exemplo, tornando-se um multiplicador de possíveis danos. Nesse contexto surge uma sequência de contingências inesperadas que podem gerar um ônus muito superior ao investimento que seria necessário para um tratamento adequado da água que evitaria o surgimento da problemática e todos os percalços oriundos dela (MONTENEGRO; ALMEIDA; FREITAS, 2019).

Diante dessa realidade, tem-se incentivado cada vez no meio acadêmico e mesmo nas indústrias ligadas ao setor, que sejam produzidos equipamentos e desenvolvidas técnicas simplificadas que permitam ao morador das zonas rurais implementar processos para que se tenha à disposição uma água de melhor qualidade para atender suas necessidades e também ser fornecida aos animais e usada nas culturas que eventualmente sejam cultivadas na região. O que se percebe é que na grande maioria das propriedades rurais o que se faz é simplesmente buscar água de poços artesianos ou semiartesianos e a água é consumida e utilizada sem qualquer espécie de tratamento pois acredita-se entre a população que esta já está devidamente purificada devido a sua origem (SOUSA *et al.*, 2019).

Uma alternativa para melhora da qualidade da água nestes locais consiste em aplicar um processo eletrolítico, de forma que possíveis partículas ferrosas que contribuem para sua turbidez sejam decantadas e permitam que os usuários recebam o líquido incolor. Obviamente é necessário realizar outros tipos de tratamento, para garantir a adequação da água para consumo, porém, este tipo de abordagem já contribui, por exemplo, em processos de lavagem em geral.

1.1 MOTIVAÇÃO

A qualidade de vida no mundo atual é bastante discutida no meio acadêmico e mesmo nos grandes centros, mas infelizmente nas zonas rurais o problema é relegado a um segundo plano e só se busca uma melhora de condições quando surgem problemas mais graves de saúde que poderiam ser evitados com propostas simples e previamente adotadas (SILVA *et al.*, 2019).

Ao início do estudo de caso do presente trabalho, envolvendo pontos da zona rural da cidade de Arcos/MG, foi constatado que algumas cisternas e poços artesianos apresentavam sinais de ferrugem, fato que prejudica a qualidade da água que exibe coloração amarelada e mal cheiro. Este problema afeta o cotidiano das pessoas que necessitam desse meio para ter abastecimento de água em suas residências. Uma solução encontrada, por meio de pesquisa bibliográfica, consiste em utilizar um processo eletrolítico com eletrodos de cobre para que, de acordo com a ionização resultante, ocorra um processo de decantação dos resíduos de ferro, diminuindo a turbidez.

Buscou-se, então, através de uma pesquisa mais específica encontrar uma solução de baixo custo e viável para esta problemática tendo em vista que apesar da água não ser utilizada para o consumo humano a mesma era bastante empregada no imóvel para outras finalidades no cotidiano dos moradores. Como solução pensou-se a utilização de um processo de ionização que poderia reduzir o nível de turbidez da água a níveis mais aceitáveis para, assim, evitar os problemas que a mesma gera quando utilizada no imóvel.

Este tipo de abordagem é pouco discutido na literatura, dessa forma entende-se que no futuro seria interessante que abordagens mais diversificadas desse conteúdo sejam exploradas para que se consiga difundir de forma mais ampla propostas similares que possa atender necessidades semelhantes em condições ambientais diferentes da analisada por esse estudo.

Em uma busca sistematizada nas bases de dados da Scielo - Brasil e do Google Acadêmico nos últimos 5 anos, isso é, entre 2017 até 2021 procurou-se por trabalhos de cunho científico focados em temas que seguissem a mesma linha daquele proposto para essa obra, sendo que na primeira base consultada buscando-se redução de poluição ferruginosa na água, não se encontrou qualquer trabalho sobre o tema, na segunda base em uma busca similar encontrou-se 4.570 resultados que filtrados novamente para região rural reduziu o número para 1.980, na pesquisa sobre eletrólise encontrou-se 1214 trabalhos na primeira base e 1045 na segunda, acrescentando-se o termo automatizada na primeira base a quantidade encontrada foi de 529 e na segunda 317 trabalhos localizados.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Produzir um sistema que seja capaz de reduzir a poluição ferruginosa da água com um baixo custo para garantir uma melhoria da qualidade desta pela redução da turbidez provocada

por elementos ferrosos.

Especificamente se buscou:

- Quantificar o nível de turbidez da água;
- Desenvolver um protótipo em escala reduzida para reduzir a turbidez da água a partir de processo eletrolítico;
- Implementar um sistema automatizado e de fácil manuseio para reduzir a turbidez da água melhorando sua qualidade para o consumo humano e outras aplicações no meio rural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA NO MEIO RURAL

Sabe-se que a água é extremamente relevante para sobrevivência de seres humanos, animais e plantas de uma forma geral, e que seu fornecimento em quantidade adequada e com a qualidade mínima é fundamental, mesmo quando essa não seja usada para consumo. Pensando-se de forma quantitativa, já foi provado que o volume total de água existente no planeta é relativamente constante e apenas 2,5% aproximadamente deste total é água doce. Uma pequena parcela desta última se encontra na superfície da terra, em rios e lagos e assim podem ser exploradas de forma mais simplificada por populações com menos recursos (CASELANI, 2017).

De forma qualitativa, segundo Caselani (2017), observa-se que a água é uma molécula composta de hidrogênio e oxigênio que é capaz de transportar substâncias e moléculas bióticas e abióticas da superfície terrestre até os rios, lagos, oceanos e aquíferos, tornando-os um ponto de concentração dos materiais carreados. Devido a essa característica, a água recebeu o título de solvente universal, por sua capacidade de alterar seus aspectos qualitativos, tornando-a assim um indicador das perdas de materiais e elementos que ocorrem em um determinado local. A análise qualitativa e quantitativa da água pode determinar em muitos casos a necessidade de uma remodelação de um determinado ambiente visando reduzir a poluição, aumentar a oferta dos recursos hídricos e melhorar a qualidade de vida daqueles que a consomem ou utilizam em suas atividades cotidianas.

A diminuição da quantidade e da qualidade da água potável a níveis que comprometam até mesmo a sobrevivência humana é um problema cada vez mais próximo. No meio rural, a contaminação da água tem relação, principalmente, com as atividades agrícolas desenvolvidas, as quais possuem diferentes níveis de impacto ao ambiente de acordo com a tecnologia adotada. Por isso, faz-se necessário o monitoramento constante da sua qualidade, principalmente no meio rural, onde a população, na sua maioria, não é abastecida por empresas de saneamento e a água advém de sistemas alternativos de abastecimento, sem receber tratamento físico e/ou químico. No meio rural a dispersão da população é um limitante à implantação de tecnologias coletivas de captação e tratamento de água, o que obriga o uso de tecnologias individuais para esse fim. Em contrapartida, a maior concentração de pessoas em vilas e comunidades rurais possibilita a

implementação de estruturas para captar e tratar a água adequadamente, o que atingiria uma maior parcela da população rural (PERONI; CARVALHO; LANNES, 2021).

Peroni, Carvalho e Lanner (2021) ainda afirmam que, nestes locais geralmente existem escolas rurais, que são ambientes de concentração de crianças que passam pelo menos metade do dia no estabelecimento. Nestes ambientes, o consumo de água de qualidade é conveniente a fim de promover a manutenção da saúde das pessoas e, conseqüentemente, maior qualidade de vida. Além disso, as crianças são mais propensas à aquisição de doenças devido à menor imunidade, o que obriga a existir um fornecimento periódico de água livre de contaminantes.

A água imprópria para consumo e o mau saneamento constituem a segunda maior causa mundial de morte infantil. Além disso, as infecções parasitárias transmitidas pela água e pelo mau saneamento atrasam o potencial de aprendizagem de crianças. O monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano da população rural torna-se, portanto, imprescindível, principalmente das águas que abastecem vilas e comunidades rurais, as quais possuem maior concentração de pessoas (ABONIZIO, 2017).

2.2 O PROBLEMA DA TURBIDEZ DE ÁGUAS PARA O CONSUMO DIVERSO

A turbidez, talvez a principal característica aparente de qualidade da água, é causada por partículas em suspensão, inorgânicas e orgânicas, tais como argila, silte, precipitados de elementos químicos como o ferro e manganês ou outros de acordo com a região, ou ainda plâncton e resíduos vegetais. Expressa a transparência de um líquido a partir da medida da dispersão e absorção de luz pelas partículas em suspensão (XAVIER; QUADROS; SILVA, 2022).

Para Xavier, Quadros e Silva (2022), a turbidez é uma variável com significado estético, que interfere na aceitação ou rejeição da água seja lá para qual finalidade se destine. Nesse sentido, entende-se que a mesma compõe o padrão organolético de potabilidade no que se refere as normas de qualidade da água para consumo humano e outros no meio rural.

A turbidez da água apresenta também significado intrínseco para a saúde, na medida em que partículas em suspensão podem, em certos casos, servir de abrigo para microrganismos, tornando-a perigosa para utilização. Além disso, a remoção de turbidez por meio de filtração, como indicador da remoção de partículas em suspensão, é associada

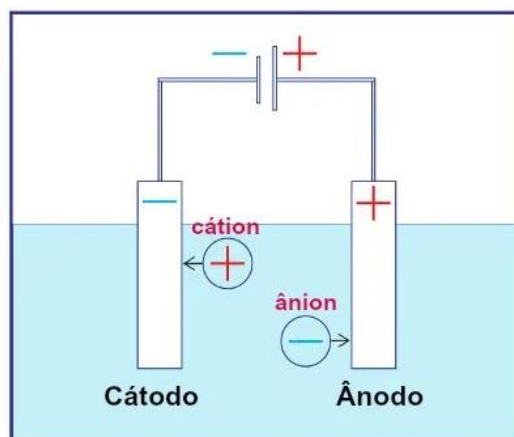
à remoção de cistos e oocistos de protozoários, mais especificamente de *Giardia* e *Cryptosporidium*, dois parasitas humanos de reconhecida transmissão via consumo de água. Há inclusive relatos de associação de turbidez da água de consumo com incidência de doenças gastrointestinais. Dessa forma, a turbidez da água pós-filtração e pré desinfecção tem sido incorporada como parte do padrão microbiológico de potabilidade em várias normas e inclusive em diretrizes de referência internacional, no Brasil, nos Estados Unidos, na Nova Zelândia, no Canadá e Austrália (FERREIRA; BASTOS, 2020).

De acordo com Galvão (2022), em se falando de comunidades rurais, sempre que se deseja instalar um sistema de abastecimento de água torna-se necessário um estudo dos hábitos dos moradores, para que nenhum componente seja sub ou superdimensionado, evitando assim problemas futuros de abastecimento nessas localidades. Nesse contexto, soluções de baixo custo para reduzir a turbidez da água podem ser uma solução extremamente viável e aplicável na localidade.

2.2.1 Eletrólise

A eletrólise segundo Santos, Porto e Klouranis (2020), é um processo em que ocorre a passagem de uma determinada corrente elétrica em um sistema com a presença de íons que produzem reações químicas de oxirredução. Nesse contexto, a corrente é transportada pelos íons que percorrem uma solução, resultando na variação de sua concentração ao longo desta mesma solução. Esta situação está associada à movimentação de cargas negativas e positivas em eletrodos denominados respectivamente, como catodo e anodo, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Sistema Eletroquímico



Fonte: Santos, Porto e Klouranis (2020)

Pensando-se na teoria da eletrólise e nas leis de Faraday, entende-se que, no sistema eletroquímico envolvido, devem existir no mínimo dois eletrodos, os quais são imersos em um eletrólito que transporta íons. Este último, por definição, é denominado como condutor eletrolítico e consiste em estruturas para uma transferência de massa associada à passagem de corrente elétrica.

O fenômeno da eletrólise, através do resumo das leis de Faraday podem ser descritas da seguinte forma:

- A quantidade de produto primário formado num eletrodo pela eletrólise é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade que passa pela solução;
- As quantidades de diferentes produtos primários formados num eletrodo pela mesma quantidade de eletricidade são proporcionais as suas massas moleculares relativas, ou massas atômicas relativas, divididas pela variação de seu número de oxidação durante o processo eletrolítico.

De acordo com Santos, Porto e Klouranis (2020, p. 117) pode-se dizer que: “A passagem de uma corrente elétrica de um condutor metálico para um condutor eletrolítico, ou vice-versa, é sempre acompanhada por uma reação eletroquímica”.

Conforme citado anteriormente, a proposta deste trabalho consiste em desenvolver um protótipo para realizar processos de eletrólise que sejam capazes de reduzir a turbidez de águas com poluição ferruginosa. Desta forma, são utilizados eletrodos de cobre, submersos em água (eletrólito), que, ao serem percorridos por corrente elétrica, produzem reações químicas de oxirredução. Sendo assim, os íons de ferro que se misturam na água, aumentando sua turbidez, sofrem redução e se transformam em ferro metálico que se deposita no fundo da solução em função de sua densidade. Em contrapartida, o cobre dos eletrodos sofre oxidação. Como

resultado, espera-se reduzir a turbidez da água, tornando-a incolor.

2.3 A ÁGUA PARA UTILIZAÇÃO GERAL EM ZONAS RURAIS

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, foi desenvolvido um protótipo para automatizar o processo de eletrólise idealizado para reduzir a poluição ferruginosa da água. Neste contexto, vários materiais foram utilizados, conforme descrição apresentada a seguir

2.3.1 Descrição dos componentes utilizados no projeto

2.3.1.1 Controlador Arduino

Entre as tecnologias disponíveis para se realizar o processo de automação de processos, o Arduino é uma das plataformas mais utilizadas dada a simplicidade de manuseio e implementação. Sua interação com inúmeras ferramentas e softwares permitem uma alta flexibilidade para o projetista ou desenvolvedor na busca de soluções práticas para a resolução de problemas ou para a criação de estruturas sistêmicas nos controles de processos (MCROBERTS, 2018).

A Tabela 1 descreve detalhes técnicos da placa Arduino UNO, a qual foi escolhida para desenvolvimento do trabalho.

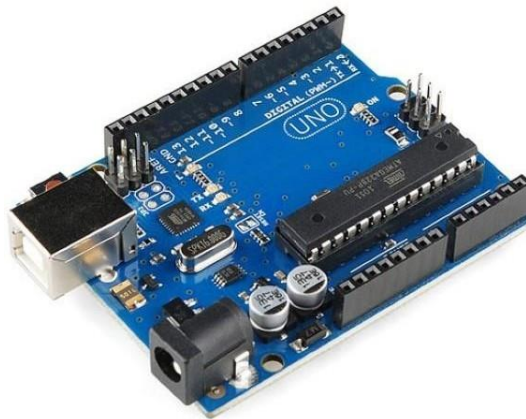
Tabela 1 – Descrição do Arduino UNO R3

Microcontrolador	ATmega328
Tensão de operação	5V
Tensão de alimentação	(recomendada)7-12V
Tensão de alimentação	(limite) 6-20V
Entradas e saídas digitais	14 das quais 6 podem ser PWM
Entradas analógicas	6
Corrente contínua por pino de I/O	40 mA
Corrente contínua para o pino 3.3V	50 mA
Memória Flash	32 KB (ATmega328)
Memória SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidade do Clock	16 MHz
Dimensões	68,58mm x 53,34mm
Peso	50g

Fonte: Sparkfun (2022).

A escolha desse dispositivo se deve ao fato de que suas características atendem as necessidades específicas do sistema, não necessitando de comunicação sem fio no presente trabalho. A Figura 2 apresenta a imagem física da placa.

Figura 2 – Arduino UNO R3



Fonte: Sparkfun (2022).

2.3.1.2 Módulo Relé Arduino - 4 canais

De acordo com a proposta do trabalho, será necessária a ligação de 3 dispositivos com alimentação externa, que tem características incompatíveis com os pinos de saída do Arduino

UNO, pois os mesmos são capazes de suprir cargas que trabalham a um nível de tensão próximo a 5V e requerem baixa corrente elétrica (da ordem de 40mA). No caso do trabalho, alguns componentes têm sua funcionalidade com valores distintos de tensão e corrente, são eles:

- Micro bomba de água submersível Arduino Motor 5Vdc 120 l/h conforme especificação mostrada na seção 2.3.2.5;
- Micro bomba de água submersível 127 V que pode ser observada na seção 2.3.2.6;
- Barra de cobre – 15cm apresentada na seção 2.3.2.18.

Dessa forma o modelo mais acessível encontrado foi o módulo relé de 4 canais, ilustrado na Figura 3, por atender ao sistema e ainda contar com um módulo relé reserva em caso de alguma manutenção. Utilizando esse dispositivo, o acionamento dos componentes é feito de forma indireta, pois quando a placa Arduino UNO acionar o pino referente a um dos dispositivos citados anteriormente, quem irá receber esse pulso de baixa potência será o pino de entrada do módulo relé, realizando assim o acionamento do respectivo relé de saída que estará conectando de forma direta à fonte de alimentação externa e também à um dos dispositivos mencionados anteriormente.

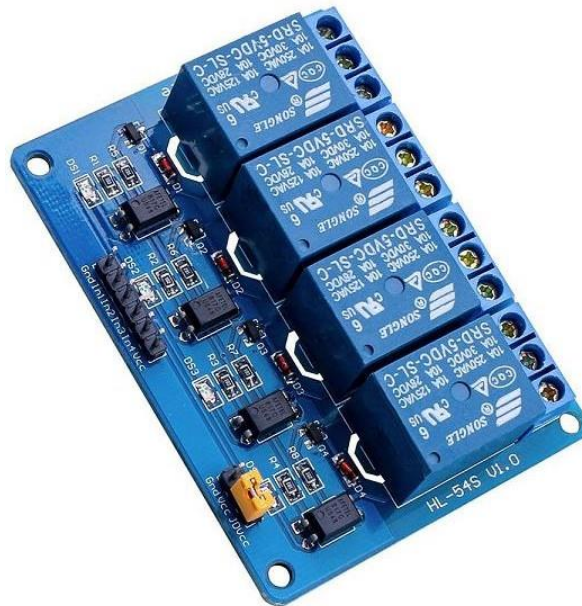
Descrição das características do componente são apresentadas na Tabela 2, enquanto a Figura 3 mostra sua estrutura física.

Tabela 2 – Descrição Módulo relé Arduino 4 canais

Modelo	JQC-3FF-S-Z
Tensão de operação	5VDC
Permite controlar cargas de 220V AC Corrente típica de operação	15~20mA LED indicador de status
Pinagem	Normal Aberto, Normal Fechado e Comum
Tensão de saída	(30 VDC a 10A) ou (250VAC a 10A)
Tempo de resposta	5~10ms
Dimensões	8 x 6 x 2cm
Peso	100g
Furos de 3mm para fixação nas extremidades da placa	
Ativo baixo (Aciona com GND)	

Fonte: Sparkfun (2022).

Figura 3 – Módulo relé Arduino 4 canais



Fonte: Sparkfun (2022).

2.3.1.3 Sensor de Turbidez ST100

O Sensor de Turbidez funciona através de um sistema ótico de atuação no qual tem-se um LED emissor e um Fototransistor receptor de luz. Este sensor detecta a qualidade da água através da medição dos níveis de turbidez / opacidade e utiliza um sistema de análise para detecção de partículas suspensas na água.

Com base no exposto, a verificação se faz da seguinte maneira: em águas claras a dispersão da luz até o receptor é mínima e à medida que a turbidez da água se eleva, menor é a quantidade de luz que chega até o receptor. O aumento na turbidez pode ser causado por partículas sólidas como materiais orgânicos como a argila, além de materiais ferrosos que podem estar presentes na água e que conseqüentemente interferem na propagação da luz, ou seja, quanto maior o número de partículas, mais a luz será espalhada.

Para aquisição dos dados relacionados a turbidez da água, foi utilizado, específico, o sensor de turbidez ST100, que conta com uma boa e constante análise dos dados de turbidez da água. Internamente, o Sensor de Turbidez possui um trimpot para ajuste de leitura, disponibilizando uma tensão máxima de saída igual a 4,2V, porém com possibilidade de ajuste. A Figura 4 apresenta a imagem desse componente.

Figura 4 – Sensor de Turbidez

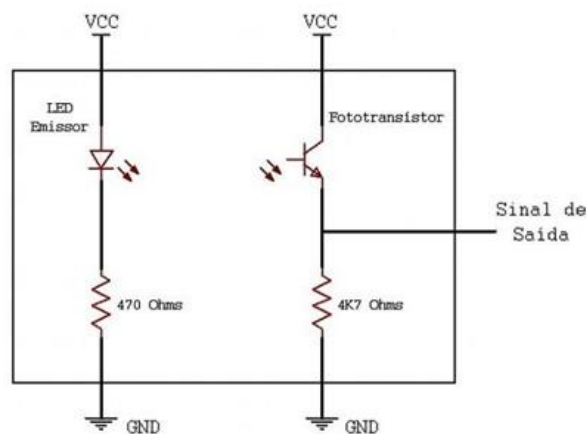


Fonte: Usinainfo (2022).

O esquema de ligação pode ser desenvolvido de duas maneiras, cada qual com diferentes propósitos. É possível desenvolvermos a ligação através do pino digital ou através do pino analógico, a depender da necessidade do projeto. Para a nossa atual necessidade, utilizou-se a saída analógica.

A Figura 5 permite a observação do esquema de ligação dos dispositivos de emissão e captação de luz, responsáveis pela saída de sinal analógico.

Figura 5 – Esquema de ligação do Sistema Ótico de verificação



Fonte: Usinainfo (2022).

2.3.1.4 Sensor de nível

No mercado existem inúmeros modelos de sensores de nível que possibilitam verificar

a quantidade de líquido em um reservatório. Para a aplicação nesse trabalho escolheu-se um tipo específico que opera como chave fechada quando algum líquido ultrapassa a altura em que esta fixado e opera, em caso contrário, como chave aberta. A Tabela 3 informações relevantes sobre esse componente e a Figura 6 uma imagem ilustrativa do mesmo.

Tabela 3 – Informações do Sensor de nível

Material	Plástico PP
Tensão Máxima	100V DC
Corrente Máxima	50mA
Resistência máxima do contato	0,4 ohms
Comprimento do cabo	36cm
Faixa de Temperatura	-20 a 80°C
Peso	12 g
Dimensões	50 x 19 mm

Fonte: Eletrogate (2022a).

Figura 6 – Sensor de nível



Fonte: Eletrogate (2022a).

2.3.1.5 Micro bomba de água submersível 5Vdc

Dispositivo escolhido para fazer o bombeamento da água entre os recipientes do sistema, escolhido por sua boa vazão, e custo acessível. A Tabela 4 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 7 permite a sua visualização.

Tabela 4 – Informações da micro bomba submersível 5Vdc

Tensão de funcionamento	2,5-6 V
Elevação máxima	40-110 cm
Vazão	80-120L/h
Diâmetro externo de saída de água	7,5 mm
Dentro diâmetro de saída de água	4,7 mm;
Diâmetro	aprox. 24 mm
Comprimento	aprox. 45 mm
Altura	aprox. 33 mm
Material	Plástico
Vida de trabalho contínuo	500horas

Fonte: Arduino Belem (2022).

Figura 7 – Micro bomba de água submersível 5Vdc



Fonte: Arduino Belem (2022).

2.3.1.6 Micro bomba de água submersível 127 V

Dispositivo escolhido para simular a saída do fluido após o processo de redução de turbidez, representando a ação de uma válvula solenoide no protótipo. A Tabela 5 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 8 permite a sua visualização.

Tabela 5 – Informações da micro bomba submersível 127V

Potência	3W
Vazão máxima	250 litros/hora
Elevação máxima do líquido	60cm
Voltagem	110-220 volts/60hz (bivolt)
Fio alimentação	1,2 metros
Vedação	ipx8(Isolamento a prova d'água)
Possui Ventosas	
Possui regulagem de vazão de água	

Fonte: HBO (2022).

Figura 8 – Micro bomba de água submersível 127V



Fonte: HBO (2022).

2.3.1.7 Protoboard 830 furos

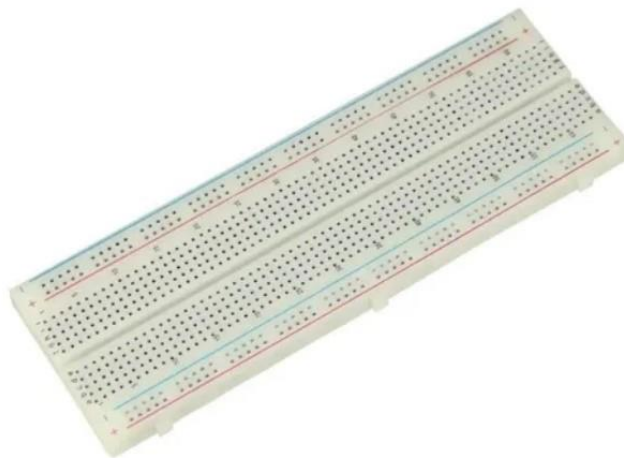
Devido a necessidade de conexões entre os componentes do projeto, é necessário utilizar uma matriz de contatos – *protoboard*, cuja quantidade de furos é adequada para as conexões do sistema, não havendo necessidade de uma placa de circuito impresso, por se tratar de um projeto modelo em fase de testes e adequações. A Tabela 6 apresenta os dados principais relativos a esse componente e a Figura 9 permite a sua visualização.

Tabela 6 – Informações da *Protoboard*

Número de Furos	830
Material do corpo	ABS (resistente até 90°C)
Material do contato	Bronze fosforoso
Acabamento do contato	Banho de Níquel
Bitola do fio	0,41 a 0,81mm (20 ~ 29 AWG)
Tensão máxima	300V RMS
Corrente máxima	3A RMS

Fonte: Caldeira *Tech* (2022).

Figura 9 – *Protoboard*



Fonte: Caldeira *Tech* (2022).

2.3.1.8 Régua de 3 pontos

Para a alimentação elétrica geral do sistema, utilizou-se uma régua com 3 postos atendem exatamente o necessário para a aplicação e montagem. A Tabela 7 apresenta os dados principais relativos a esse componente e a Figura 10 permite a sua visualização.

Tabela 7 – Informações da Régua de 3 pontos

Capacidade elétrica	10A e 20A em 127/220V
Dimensões	20 x 5 (cm)
Produtos certificados pelo INMETRO	
Atendem ao padrão brasileiro de plugues e tomadas (NBR 14136)	

Fonte: Margirius (2022).

Figura 10 – Régua de 3 pontos



Fonte: Margirius (2022).

2.3.1.9 Light Emitting Diodo - LED

Amplamente utilizado em circuitos eletrônicos para indicar e sinalizar atividades, o diodo emissor de luz (*Light Emitting Diodo – LED*) é formado por um material semicondutor que emite luz quando uma tensão é aplicada nos terminais.

Para o painel indicativo do sistema, foi utilizado um sistema com 4 leds, onde cada um indica em qual etapa o sistema está operando quando é acionado. A Figura 11 permite a visualização desse componente.

Figura 11 – LEDs



Fonte: Baú da eletrônica (2022).

2.3.1.10 Resistor

Para realizar o acionamento dos leds indicativos, existe a necessidade da inserção de resistores em série com os mesmos, para que a corrente seja suficientemente necessária para acendê-los sem causar risco de queima dos dispositivos, no caso do projeto, a tensão de alimentação dos leds é de 5V, provenientes das saídas do Arduino, por isso a utilização dos resistores de 330Ω de $1/4W$ e tolerância de $\pm 5\%$. A Figura 12 permite a visualização desse componente.

Figura 12 – Resistor



Fonte: Baú da Eletrônica (2022).

2.3.1.11 Fonte 12V 1A

Considerando a necessidade do projeto de realizar o processo de eletrólise, tal solução foi utilizar a fonte de 12V para a energização duas barras de cobre empregadas como eletrodos. A Tabela 8 apresenta os dados principais relativos a esse componente e a Figura 13 permite a sua visualização.

Tabela 8 – Informações da Fonte de 12V 1A

Tensão de entrada	Bivolt 100~240VAC 50~60Hz
Tensão de saída	12VDC
Corrente de saída máxima	1A
Plugue	P4
Diâmetro Furo Interno	2.1mm
Diâmetro Externo	5.5mm
Plug	P4 Macho

Fonte: Submarino (2022).

Figura 13 – Fonte 12V 1A



Fonte: Eletrogate (2022b).

2.3.1.12 Fonte 9V 1A

Utilizada para a energização da placa Arduino interna e a caixa de acionamentos, possibilitando assim que este dispositivo fosse utilizado em conjunto com o restante do projeto sem a necessidade de estar conectada a um computador, considerando que a mesma já esteja com o código em sua memória. A Tabela 9 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 14 permite a sua visualização.

Tabela 9 – Informações da Fonte de 9V 1A

Tensão de entrada	Bivolt 100~240VAC 50~60Hz
Tensão de saída	9VDC
Corrente de saída máxima	1A
Plugue	P4
Diâmetro Furo Interno	2.1mm
Diâmetro Externo	5.5mm
Plug	P4 Macho

Fonte: Eletrogate (2022b).

Figura 14 – Fonte 9V 1A



Fonte: Eletrogate (2022b).

2.3.1.13 Fonte de 5V 1A

Para a energização da minibomba d'água é necessário dispor de uma fonte de 5V de forma que a bomba pode ser utilizada quando o rele possibilitar passagem ao circuito. A Tabela 10 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 15 permite a sua visualização.

Tabela 10 – Informações da Fonte de 5V 1A

Tensão de entrada	Bivolt 100~240VAC 50~60Hz
Tensão de saída	9VDC
Corrente de saída máxima	1A
Plugue	P4
Diâmetro Furo Interno	2.1mm
Diâmetro Externo	5.5mm
Plug	P4 Macho

Fonte: Eletrogate (2022b).

Figura 15 – Fonte 5V 1A



Fonte: Eletrogate (2022b).

2.3.1.14 Recipiente transparente

Para que o protótipo consiga exemplificar em seu funcionamento a forma de atuação do real projeto em prática, houve a necessidade da aquisição de 2 reservatórios de 7,6 litros idênticos, de forma que o primeiro simbolize o sistema de captação de água, e o segundo simbolize o reservatório que será feita a redução da turbidez da água. Além do fato que ambos devem ser transparentes para facilitar a visibilidade de todo o protótipo em funcionamento. A Figura 16 permite a visualização desse componente.

Figura 16 – Recipiente Transparente de 7,6 L



Fonte: Plasútil (2022).

2.3.1.15 Tubo termo retrátil

Devido a necessidade de algumas emendas de cabos de comando e cabos de atuadores, para que seja evitado problemas relacionados a mal contato e curto circuito, além de melhorar a estética de acabamento, foram utilizados os tubos termo retráteis, que atendem bem as especificações e exigências do projeto. A Tabela 11 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 17 permite a sua visualização.

Tabela 11 – Tubo termo retrátil

Material	Polyolefin
Cores	Preto, vermelho, Amarelo, Azul e Verde
Temperatura mínima de encolhimento	+70°C
Temperatura máxima de encolhimento	+110°C
Resistência à tração	10.4 Mpa
Rigidez dielétrica	15kV/mm

Fonte: Winnereco (2022).

Figura 17 – Tubo termo retrátil



Fonte: Winnereco (2022).

2.3.1.16 Cabos de conexão

Os cabos de conexão ou simplesmente *jumpers* foram utilizados para realizar a ligação de todos os componentes com a placa Arduíno, seja eles em contato direto com a placa,

utilizando a Protoboard, ou em ligação com os módulos relé. A Tabela 12 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 18 permite a sua visualização.

Tabela 12 – Cabos de conexão

Peso do produto	40 g
EAN	7899744045407
Dimensões do produto	25 x 25 x 25 cm; 40 g

Fonte: CHIPSCE (2022).

Figura 18 – Cabos de conexão



Fonte: CHIPSCE (2022).

2.3.1.17 Painel Indicativo

Com o intuito de fornecer ao usuário o máximo de informações possíveis sobre o funcionamento e andamento do processo, foi utilizado um painel indicativo, de forma que todas as etapas do sistema estejam descritas, fazendo com que o usuário compreenda qual etapa está sendo executada no momento.

Para realizar tal indicação, foram utilizados os leds listados posicionados nos retângulos a esquerda do adesivo descritivo, conforme mostrado na Figura 19 de forma que, ao acender, indicam qual etapa o sistema está executando.

Figura 19 – Painel indicativo

	ÁGUA DISPONÍVEL PARA CONSUMO
	BOMBA D'ÁGUA LIGADA
	FILTRO LIGADO
	FALHA NO SISTEMA

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

2.3.1.18 Barra de cobre – 15cm

Para que seja realizado o processo de eletrólise, é necessário a utilização de duas barras de cobre com 15cm de comprimento alimentadas pela fonte de 12V descrita anteriormente. Uma das barras tem conexão direta com o ponto GND (0V) da fonte, e a segunda barra tem conexão direta com um dos módulos relés, onde está conectado também o ponto 12V da fonte, fazendo com que o sistema possa ter pleno funcionamento quando o módulo relé estiver chaveado. A Tabela 13 apresenta os dados principais relativos a esse componente e o a Figura 20 permite a sua visualização.

Tabela 13 – Barra de Cobre

Nomenclatura	Barra de Cobre Eletrolítico
Comprimento	15cm ou 150mm
Material	Cobre puro

Fonte: Zathura Barramentos (2022).

Figura 20 – Barra de cobre



Fonte: Zathura Barramentos (2022).

A Tabela de custos dos componentes usados no sistema esta disponível no Anexo A desse trabalho.

3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido com base na percepção de uma necessidade eminente observada em populações de áreas rurais onde não existe um abastecimento de água realizado por empresas especializadas e capacitadas a produzir esse item em condições adequadas para o consumo humano e para outras contingências necessárias a uma boa qualidade de vida dessas populações. Para tal a princípio foi realizada uma pesquisa bibliométrica exploratória nas bases de dados da Scielo e Google Acadêmico buscando trabalhos de cunho científico que focassem no assunto, na problemática analisada e também nas soluções já implementadas em alguma localidade.

Com base no observado idealizou-se o projeto e a construção de um protótipo de custo acessível que possa ser utilizado por operadores leigos em eletrônica, para realizar o tratamento da água, pelo menos em relação a sua turbidez, em certos aspectos que eliminassem parcialmente o risco a saúde ante aos componente contaminantes observados, a metodologia proposta envolve o processo de eletrólise para separação de elementos ferrosos, que podem promover o desenvolvimento de graves patologias nos seres humanos entre elas as lesões hepáticas, a anemia hemolítica, a nefrose que compromete os rins e ainda várias outras condições que associadas a doenças preexistentes podem comprometer significativa a qualidade de vida daqueles que consomem essa água contaminada.

Com base no conteúdo analisado buscou-se uma abordagem para especificar os componentes necessários para se montar o projeto, levando em conta aspectos como o custo e a facilidade de aquisição de cada item.

3.1 FLUXOGRAMA E ESQUEMATICOS DESCRITIVOS DO PROJETO

3.1.1 Descrição do funcionamento do processo de eletrólise automatizado

Pode-se entender o funcionamento do sistema proposto analisando-se a função de cada componente nos processos idealizados. Em síntese tem-se os seguintes ciclos:

- 1 Água disponível para utilização;

- 2 Bomba d'água ligada;
- 3 Filtro ligado;
- 4 Falha no sistema.

No primeiro processo observa-se que o reservatório está com um mínimo de água disponível para o consumo, o qual já passou por um processo de análise de turbidez e alcançou valores aceitáveis para a utilização. Considerando essa hipótese tem-se as seguintes:

- Reservatório possui água? Sim!
- Nível de Turbidez aceitável? Sim!
- Água liberada para o consumo!

No segundo processo, o dispositivo que libera água para a utilização se mantém fechado, para garantir que não seja disponibilizada água sem o devido processo de análise e redução de turbidez. Esse processo se inicia quando a boia de baixo nível é atuada, indicando que o reservatório está sem água para disponibilizar, e se mantém em funcionamento até que a boia que indica nível alto seja atuada, garantindo que o processo já tenha água suficiente para desligar a bomba e dar início ao processo de eletrólise, se necessário. Considerando essa hipótese tem-se:

- Reservatório possui água? Não!
- Bomba d'água em funcionamento!
- Atingiu volume necessário? Não
- Bomba d'água em funcionamento!
- Atingiu volume necessário? Sim!
- Análise de turbidez, próximo tópico.

Após a finalização do segundo processo, é iniciado o terceiro estágio, em que o dispositivo que libera água para o consumo continua operando em modo fechado. Neste ponto, entra em operação o sensor de turbidez, que faz a aquisição de dados referentes a água e os envia para o microcontrolador, que determina se o nível de turbidez está aceitável ou não para o consumo. Caso o nível de turbidez não esteja aceitável para a utilização, é acionado o circuito de eletrolise para redução de turbidez, o qual é constituído por duas barras de cobre que estão submersas na água, que são conectadas a uma fonte de 12V pelo acionamento de um dos módulos relé, além disso, o sensor continua monitorando o processo até que o mesmo esteja com valores aceitáveis para o consumo, desligando o circuito de eletrólise e liberando o fluido para o consumo. Considerando essa hipótese tem-se:

- Nível de Turbidez aceitável? Não!

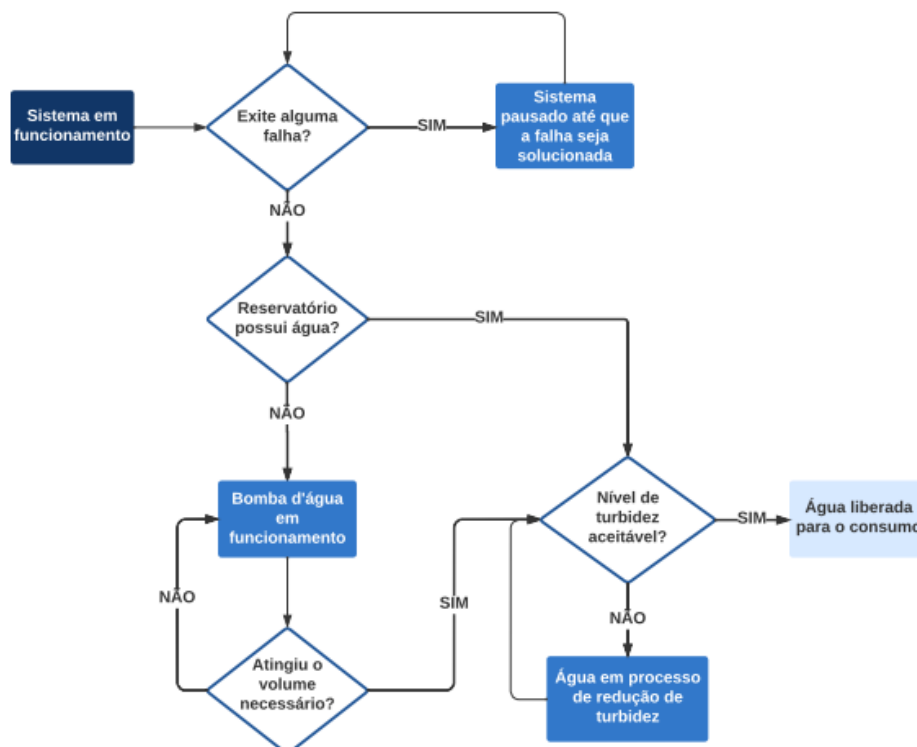
- Água em processo de redução de turbidez!
- Nível de Turbidez aceitável? Sim!
- Água liberada para o consumo!

A quarta etapa, quando indicada no painel, simboliza que existe algum problema relativo as boias do sistema, para evitar desperdício de água ou falta de informações indicando que o sistema está sem água. Nesta situação, todas as operações são cessadas imediatamente, para indicar a falha nos dispositivos, voltando ao normal quando os devidos reparos estiverem feitos. Considerando essa hipótese tem-se:

- Existe alguma falha? Sim!
- Sistema pausado até que a falha seja solucionada
- Existe alguma falha? Não!
- Processo segue normalmente

Para uma melhor ilustração da ideia e visando contemplar melhor todo o processo idealizado, montou-se um fluxograma descritivo que é apresentado na Figura 21 e que certamente facilita a compreensão acerca do sistema proposto.

Figura 21 – Fluxograma de funcionamento do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

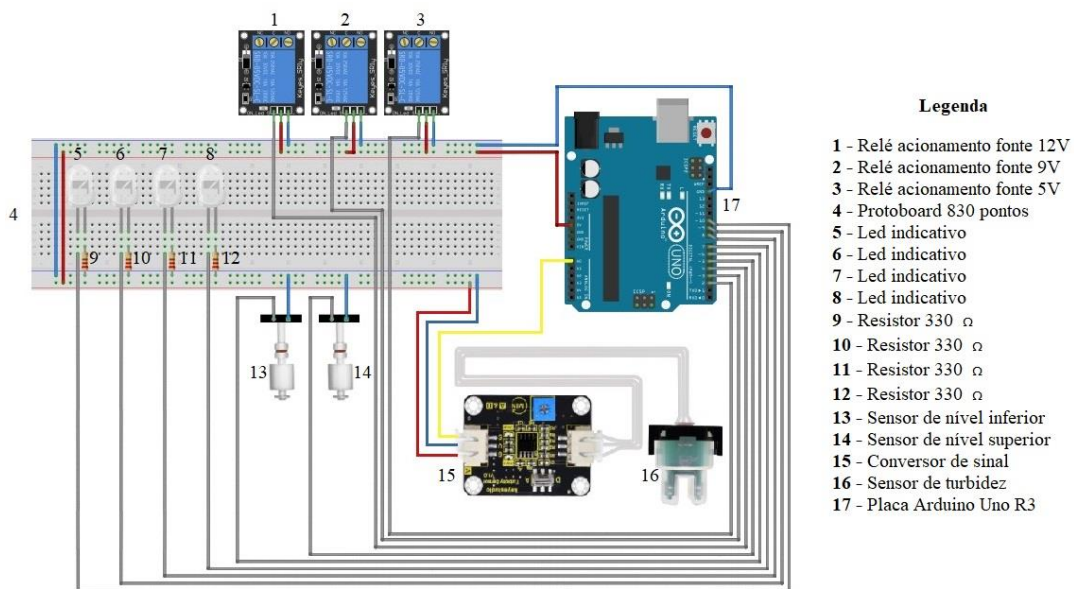
No contexto de programação, para que o Arduino atue exatamente como descrito no fluxograma, foram utilizados alguns recursos. Em todas as tomadas de decisão foram utilizadas a funcionalidade *while*, que analisa uma determinada condição e executa instruções enquanto esta condição for verdadeira. Quando a condição se torna falsa, parte-se para o conjunto de instruções do próximo estágio de funcionamento do sistema

Também foi utilizada a funcionalidade *if*, que analisa se determinada condição está de acordo com os parâmetros e executa a mesma, porém ao final de sua execução segue a leitura do código executando outras etapas.

No contexto em específico do sensor de turbidez, foi utilizado *while*, fazendo com que a funcionalidade ‘filtro ligado’ se permaneça até que as informações do sensor de turbidez indiquem os valores ideais. Os parâmetros são: menores que 350, água com alto índice de turbidez, maiores que 350, água com nível aceitável de turbidez.

Utilizando o software Fritzing, foi possível construir o esquema elétrico da ligação dos componentes conforme proposta executada, como mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Esquema da ligação elétrica dos componentes do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Analisando a Figura 22 podemos compreender como foi feita a montagem elétrica de todos os componentes presentes no trabalho.

O item 4 da legenda, Protoboard 830 pontos, permite as ligações necessárias do circuito com o auxílio de jumpers, evitando que seja construída uma placa de circuito impresso para a

execução de um protótipo. Desse modo podemos analisar que em suas extremidades são conectadas as linhas de GND e 5V, possibilitando assim que todos os componentes possam se interligar com a placa Arduino UNO, evitando múltiplas conexões em apenas um ponto.

Os itens 1, 2 e 3 da legenda são os módulos relés que fazem a interconexão dos atuadores a respectiva fonte de alimentação, sua entrada é conectada ao pino de saída da placa Arduino que está programada para fazer o acionamento do respectivo atuador.

Partindo para os itens 5, 6, 7 e 8 da legenda, temos os leds indicativos, que serão posicionados na caixa de controle do projeto, para informar ao usuário qual etapa o sistema está desenvolvendo no momento. Como os pinos de saída da placa Arduino UNO possuem um nível de tensão de 5V, para que os leds possam trabalhar com uma corrente adequada, é necessário a utilização dos componentes 9, 10, 11 e 12 da legenda, que são resistores de 330Ω .

Os sensores de nível são os itens 13 e 14 da legenda, ambos estarão afixados na parte interna do reservatório onde irá ocorrer a redução de turbidez da água, de forma que o sistema saiba quando ligar e desligar os atuadores que abastecem e utilizam o volume de água para consumo.

Os itens 15 e 16 fazem parte do conjunto sensor de turbidez, de forma que o dispositivo 16 faça a aquisição dos dados e encaminhe os mesmos para o item 15, onde são tratados e enviados para a placa Arduino UNO.

O item 17 da legenda, Placa Arduino UNO R3 é o centro de todas as operações, analisando os sinais recebidos de todos os sensores, tomando as decisões necessárias de acordo com a programação estabelecida e enviando os devidos sinais para os atuadores, fazendo com que o sistema opere da melhor forma possível.

3.1.2 Projetos dos reservatórios.

3.1.2.1 Esquemático do reservatório de água – Versão I

A Figura 23 permite uma visão da proposta idealizada para a primeira versão do reservatório onde é realizado o processo de eletrólise do sistema. Analisando a imagem, pode-se perceber alguns pontos específicos, são eles:

- Fundo do reservatório com inclinação, para que todo o material decantado da

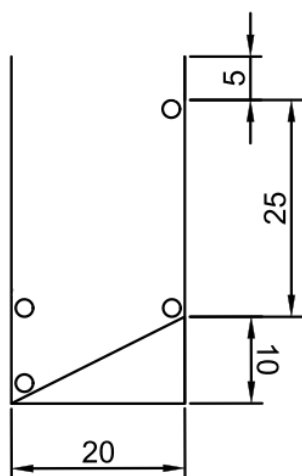
água possa fluir para um lugar em específico facilitando a limpeza;

- Furo para inserção de registro de limpeza, de forma que o mesmo fique posicionado o mais próximo do fundo possível, facilitando assim a manutenção e limpeza do reservatório quando necessário;
- Furo para inserção de válvula solenoide, que irá controlar a passagem de água proveniente do reservatório, a 10cm de altura;
- Fixação de sensor de nível inferior a 10cm de altura;
- Nível livre para armazenamento de água de 25cm da base;
- Afixação de sensor de nível superior a 35cm de altura da base;
- 5 cm de área livre para evitar problemas de transbordamento e obstrução da entrada de água;
- Entrada de água posicionada na parte posterior do reservatório a 42cm da base
- Reservatório em forma de quadrado, 20cm por 20cm;
- Afixação da base suporte para as barras de cobre e sensor de turbidez a 35cm da base.

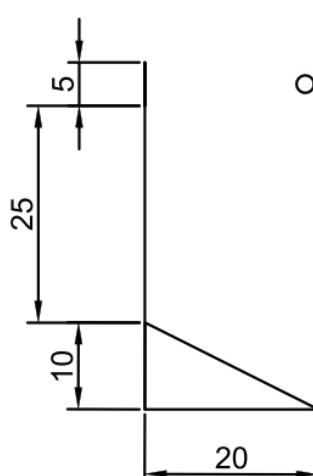
Devido à complexidade de projeto, para atender todos os pontos, seria necessário a construção do mesmo de forma manual.

Figura 23 - Esquemático do reservatório de água – Versão I

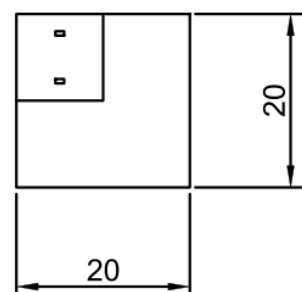
Vista frontal



Vista posterior



Vista superior



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).
Medidas em centímetro.

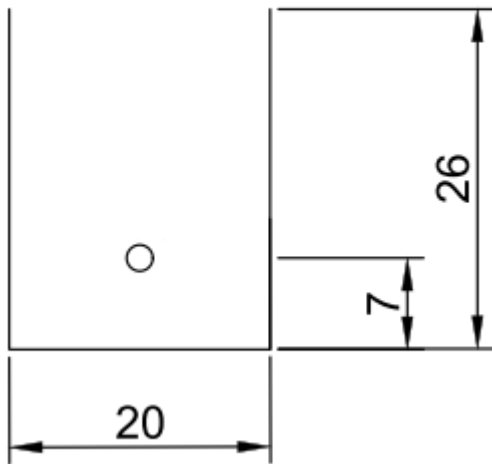
3.1.2.2 Esquemático do reservatório de água – Versão II

Com o intuito de tornar o projeto mais viável, foi projetado uma segunda versão, Figura 24, de forma que o reservatório seja adquirido de uma produção industrial e passasse por um pequeno processo de adequação para atender os seguintes pontos:

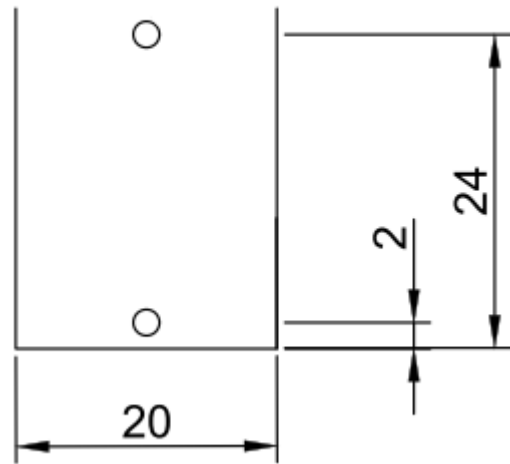
- Saída de água na parte frontal do reservatório a 7cm da base;
- Espaço para armazenamento de água com 17cm de altura;
- Saída de resíduos proveniente da decantação a 2cm da base localizada na lateral esquerda do reservatório;
- Entrada de água localizada a 24cm da base, lateral esquerda;
- 2cm de vão livre para evitar transbordo e obstrução da entrada de água;
- Sensor de nível inferior localizado na parte posterior a 10cm da base;
- Sensor de nível superior localizado na parte posterior a 22cm da base;
- Afixação da base suporte para as barras de cobre e sensor de turbidez a 24cm da base;
- Reservatório em forma de quadrado, 20cm por 20cm.

Figura 24 – Esquemático do reservatório de água – Versão II

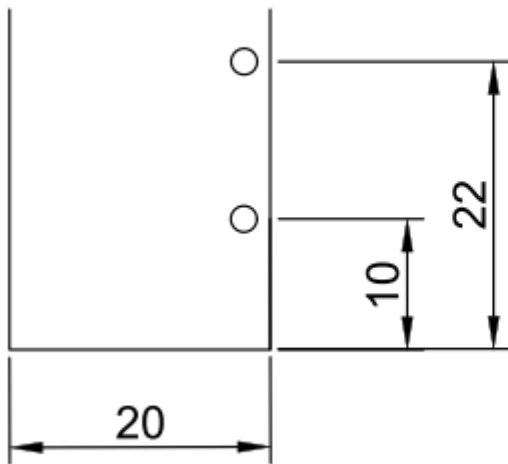
Vista frontal



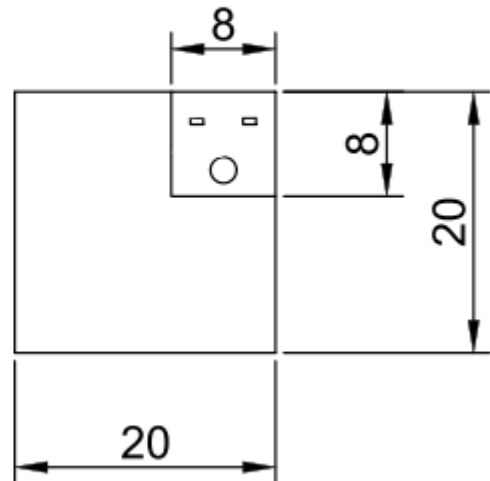
Vista posterior



Vista lateral esquerda



Vista superior

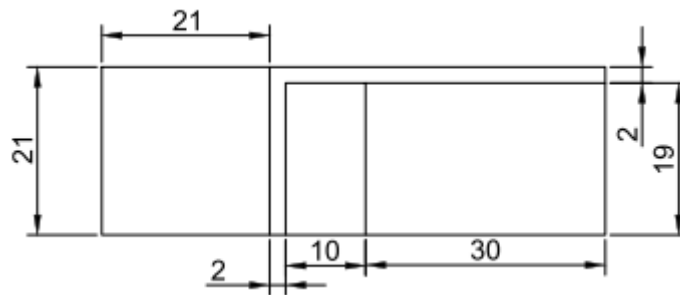


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).
A cotação das imagens foi realizada em centímetros – cm.

3.2 SUPORTE DE MADEIRA

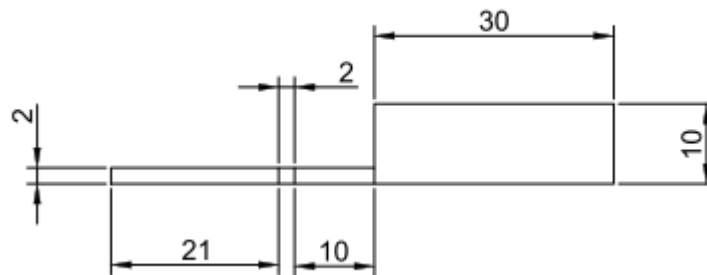
Para facilitar a organização e visibilidade do protótipo, foi utilizado um suporte em madeira que faz a junção da área de atuação do sistema e a área de processamento e energização dos circuitos, fazendo com que ambas estejam no mesmo suporte, porém com suas devidas separações, para que a área separada ao processamento não seja exposta de tal forma a sofrer algum dano ao decorrer do tempo. A Figura 25 e 26 permitem a visualização dessa estrutura.

Figura 25 – Vista superior



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 26 – Vista lateral



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de todas as etapas de projeto, programação e escolha dos materiais, deu-se início a implementação física do trabalho, com a montagem do reservatório, seja ele na Versão I ou II, construção do suporte, instalação de todos os dispositivos sensores e atuadores, e por fim, o teste para comprovar a funcionalidade do sistema como um todo.

4.1 ESCOLHA DO RESERVATÓRIO

4.1.1 Versão I

Para atender todas as especificações do projeto e possibilitar a visibilidade do sistema, o material para construção deveria ser transparente, nesse caso foi utilizado acrílico, que já era um material adquirido em outros projetos e estava em desuso. Para fazer todas as conexões foram utilizadas cantoneiras de alumínio, que também era material de descarte por fim, a junção de todo o material foi feita com silicone industrial, com o intuito de vedar todas as frestas existentes nas conexões.

A montagem foi realizada conforme especificações do projeto, pode ser visualizada na Figura 27

Figura 27 – Montagem prática reservatório Versão I



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como pode-se ver na Figura 28, para as saídas de água foram utilizados flanges, os sensores de nível foram afixados nas alturas corretas, o reservatório possuía sua parte inferior com desnível, para proporcionar uma facilidade na manutenção e limpeza do sistema por fim, o suporte para as barras de cobre também já estava posicionado de acordo com a ideia inicial do projeto.

Durante o primeiro teste, o reservatório apresentou inúmeros vazamentos, mostrando sua impossibilidade de executar o trabalho e desta forma, foi necessário efetuar a montagem do trabalho utilizando a Versão II do reservatório.

4.1.2 Versão II

Para a montagem da segunda versão do reservatório, alguns requisitos do projeto inicial seriam desconsiderados, levando em consideração apenas o essencial para a funcionalidade do sistema.

O reservatório mais viável encontrado atenderia bem ao projeto, porém não apresentava característica de ser quadrado, como demonstrado no projeto, e também não possuía sua base inclinada, porém estava de acordo com o restante das exigências.

Algumas alterações foram feitas em relação a primeira versão, devido ao fato de que já havia uma experiência envolvendo o armazenamento de água e vazamentos recorrentes, por esse motivo, para a efetivação da segunda versão, foram feitos o mínimo possível de furos no reservatório. Pode-se destacar o furo para a saída de água, além de um tampão com um furo exatamente necessário para a passagem de mangueira transparente, furo para manutenção e limpeza e um registro. Os sensores de nível foram afixados em uma régua com as alturas necessárias do projeto, evitando assim que sejam feitos mais furos no recipiente, o suporte para as barras de cobre e o sensor de turbidez se mantiveram.

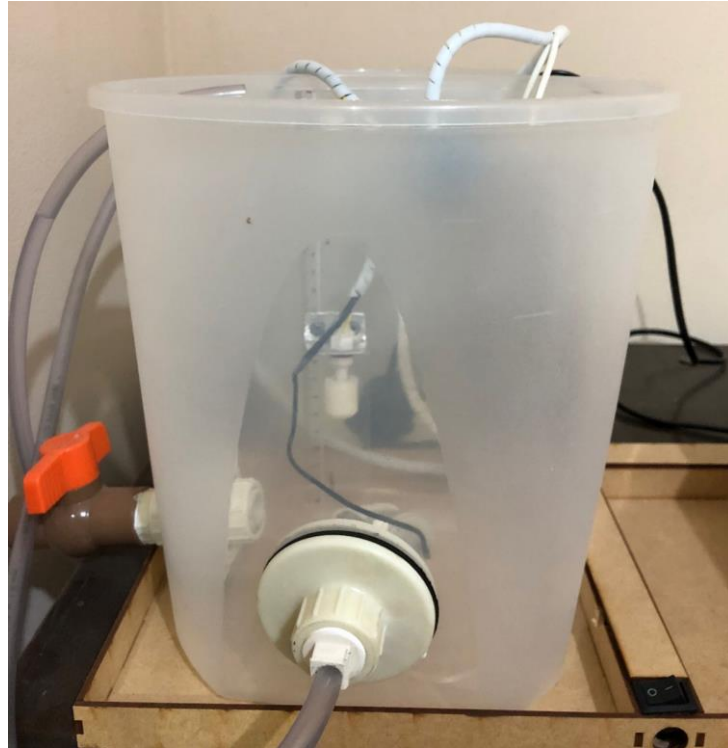
Com a finalização da montagem, foram feitos vários testes para comprovar o funcionamento do sistema como um todo, sem vazamentos e todos os componentes com comportamento conforme previsto. Pode-se analisar a montagem nas Figuras 28 e 29.

Figura 28 – Montagem prática reservatório Versão II – Visão Superior



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 29 – Montagem prática reservatório Versão II – Visão Frontal



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

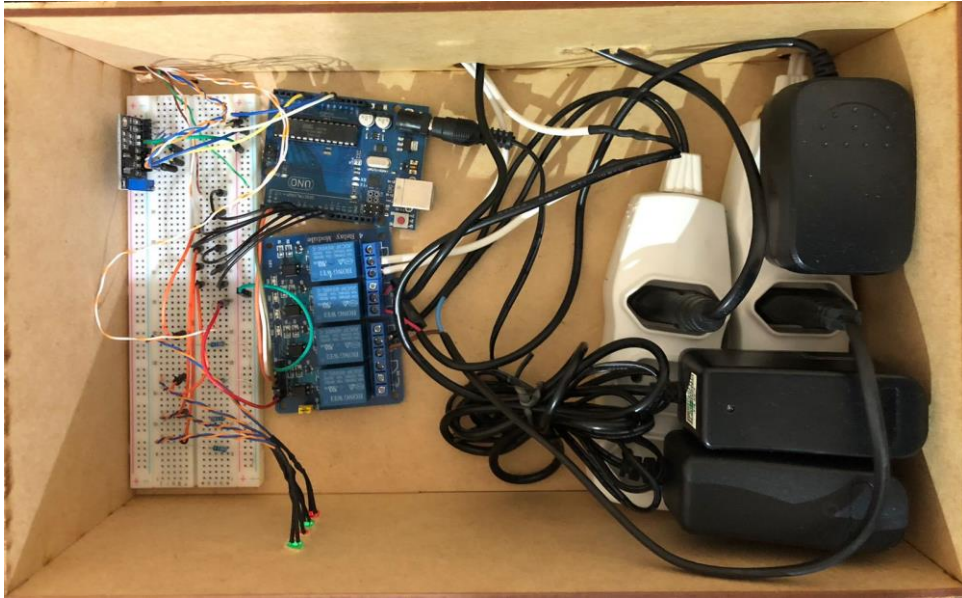
O sistema completo é composto por duas partes, como demonstrado no item 3.2 Suporte de madeira, a parte exterior, onde fica posicionado o reservatório e a parte interior, onde são alojados todos os dispositivos eletrônicos, como podemos ver nas Figuras 30 e 31.

Figura 30 – Montagem prática sistema completo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 31 – Montagem prática sistema completo – parte interior



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A parte interna é vedado com uma tampa, para evitar que a parte eletrônica fique exposta, além de proporcionar um acabamento visivelmente melhor. Por possuir um caminho específico para a passagem dos cabos necessários para a ligação de todos os sensores e atuadores, em pontos onde existe a necessidade que os condutores fiquem expostos, foi utilizado um organizador de cabos, para proporcionar uma boa visibilidade do trabalho.

Para facilitar os testes e demonstrar com clareza a ideia do projeto, foram utilizados dois reservatórios idênticos, de forma que o reservatório principal se posicione sobre o suporte e o reservatório secundário se localize logo atrás, simbolizando o poço, onde se encontra a bomba que faz o abastecimento do reservatório principal, como podemos ver na Figura 32.

Figura 32 – Posicionamento dos reservatórios do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Dessa forma, a água utilizada para demonstração e testes do protótipo trabalha em um ciclo fechado, abastecendo o reservatório principal, e retornando para o reservatório secundário.

4.2 TESTES DO PROCESSO DE ELETRÓLISE

Para comprovar que o processo de eletrólise pode reduzir a turbidez da água, deu-se início à testes com a utilização de água com diferentes níveis de turbidez, como mostra a Figura 33

Figura 33 – Água com alto nível de turbidez



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A água foi colocada no sistema, de forma que o sensor identificasse o alto nível de turbidez e desse início ao processo. Desse modo, em instantes o sistema já estava operando em modo “Filtro ligado”, atendendo as expectativas do trabalho.

Depois de aproximadamente duas horas, a água já estava com nível de turbidez aceitável, desligando assim o filtro e passando a operar em modo “Água disponível para consumo”, como podemos ver na Figura 34.

Figura 34 – Água com nível de turbidez aceitável



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a retirada da água, é possível notar o resíduo de ferro presente no fundo do recipiente, o que indica que o sistema funcionou como o esperado, como mostrado na Figura 35.

Figura 35 – Resíduos decantados no fundo do reservatório



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para fins de comparação, podemos analisar a diferença da turbidez na água em seus dois estágios, e então realmente perceber que o trabalho se mostrou realmente eficaz, para tal, podemos analisar as Figuras 36A e 36B.

Figura 36A e 36B – Água com alto nível de turbidez, Água com nível de turbidez aceitável



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

É possível perceber facilmente a diferença em relação a turbidez da água, lembrando que a mesma não será destinada para consumo humano, mas para ações cotidianas de uma residência, como por exemplo lavar roupa, o que se torna praticamente impossível com a utilização da água da Figura 36A.

5 CONCLUSÕES

Este estudo permitiu ao acadêmico melhorar sua percepção sobre a importância de se poder disponibilizar, em áreas rurais, água com boa qualidade para quaisquer aplicações que se fizerem necessárias. Em especial esse estudo abordou a problemática da turbidez e uma possível solução de baixo custo para solucioná-la.

Pode-se concluir, a partir da elaboração e execução do protótipo proposto que se pode melhorar a qualidade da água armazenada e consumida a qual envolve a utilização de processo de eletrólise para reduzir a poluição ferruginosa da água de forma automatizada, é relativamente simples e demonstra que sua operação não exigindo do usuário grandes conhecimentos ou habilidades.

É importante ressaltar que os custos associados ao desenvolvimento do protótipo viabilizam a implementação, após os ajustes necessários, de uma versão que seja possível aplicar em ambiente real. Obviamente, muito pode ser melhorado a partir da ideia básica apresentada e mesmo a interface humana do sistema pode ser mais bem elaborada a fim de tornar o sistema menos susceptível a erros humanos de operação e falhas técnicas.

Sugere-se também que no futuro outros trabalhos venha a ser desenvolvidos e possam se focar na análise química da qualidade da água antes e depois do processo de eletrólise, que também possam estudar caso envolvendo cenários diferentes de turbidez de água e ainda outros que possam estabelecer a definição ideal da quantidade de cobre a ser utilizada para cada volume de água e tempo de acionamento do sistema de eletrólise, e que possam vir a concluir sobre aspectos que não foram contemplados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABONIZIO, R. M. **Saneamento básico no meio rural: um estudo em assentamento rural no interior do Paraná**. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

ARDUINO BELEM. **Robótica e motores**. 2022. Disponível em: Micro Bomba De Água Submersível Motor Dc – Loja Arduino Belém (arduinobelem.com.br). Acesso em: 23 ago. 2022.

BAÚ DA ELETRÔNICA. **Componentes eletrônicos**. 2022. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/componentes-eletronicos>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BELVEDERE, P. **Arduino UNO: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Senai, 2017.

BERNARDINO, K. R.; COSTA, D. de A.; OLIVEIRA, V. de P. dos S. de. O desafio do saneamento em comunidades rurais e a importância do monitoramento da qualidade da água. **Boletim do observatório ambiental**, v. 14, n. 2, 2020. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/15422>. Acesso em: 14 mai. 2022.

CALDEIRA TECH. **Protoboard**. 2022. Disponível em: https://www.amazon.com.br/Protoboard-Pontos-Prot%C3%B3tipos-Arduino-Raspberry/dp/B07GJ6XP6R/ref=asc_df_B07GJ6XP6R/. Acesso em: 24 ago. 2022.

CASELANI, K. Qualidade da água no meio rural. **Veterinária Notícias**, v. 23, n. 1, 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/33345>. Acesso em: 01 set. 2022.

CHIPSCE. **Jumpers**. 2022. Acesso em: https://www.amazon.com.br/Chipsce-010-0228-Jumpers-Macho-Pecas/dp/B092R479NT/ref=asc_df_B092R479NT/. Disponível em: 25 ago. 2022.

COSTA, R. C. de M. **Eletrolisador microcontrolado de água**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Computação apresentado ao Centro Universitário de Brasília – UniCEUB/FATECS. Brasília/DF, 2009.

ELETROGATE. **Sensores e módulos**. 2022a. Disponível em: Sensor de Nível de Água 180° - 52mm - Eletrogate | Robótica, IoT, Apostilas e Kits. Acesso em: 23 ago. 2022.

ELETROGATE. **Fontes**. 2022b. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/buscar?q=Fonte>. Acesso em: 24 ago. 2022.

FERREIRA, L. C.; BASTOS, R. K. X. Comparação de leituras de turbidez com diferentes equipamentos: contribuições à regulamentação brasileira de qualidade da água para consumo humano. **Revista DAE**. São Paulo, v. 68, n. 223, p. 62-77, abr./jun., 2020.

GALVÃO, B. L. **Qualidade da água para consumo humano de barragens subterrâneas em áreas rurais do semiárido potiguar**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRGN. Natal/RN, 2022.

Disponível em:

https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46290/1/QualidadedaAguaParaConsumoHumano_Galv%C3%A3o_2022.pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.

HBO. **Bombas**. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-830422934-bomba-submersa-bombinha-fonte-agua-aquario-220lh-110-ou-220-_JM. Acesso em: 24 ago. 2022.

MARGIRIUS. **Réguas de tomadas**. 2022. Disponível em:

<https://www.margirius.com.br/produto/regua-de-tomadas-2p-10a-3-postos/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2018.

MONTENEGRO, D. L.; ALMEIDA, A. S. O.; FREITAS, F. R. S. **Avaliação da qualidade da água e performance de uma estação de tratamento de água**. In. 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 2019. Disponível em:

https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54919/1/2019_eve_dlmontenegro.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; MARTINS, A. S. Água de reuso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, 2020. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/7888VSVHBqZK7Bnz85X5Z8x/>. Acesso em: 25 ago. 2022.

PERONI, J. B.; CARVALHO, L. H.; LANNES, L. S. Aspectos de qualidade da água e saneamento básico em um assentamento rural no interior de São Paulo: diagnóstico e perspectivas para a melhoria da qualidade socioambiental. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, 2021.

PLASÚTIL. **Potes**. 2020. Disponível em: <https://www.lojaplasutil.com.br/pote-76-l-rosca-branco>. Acesso em: 28 ago. 2022.

SANTOS, M. C. G.; PORTO, P. A.; KLOURANIS, N. M. M. Michael Faraday rumo às Leis da Eletrólise: alguns experimentos. **Química – Nova Escola**, v. 42, n. 4, p. 330-336, nov. 2020. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_4/05-HQ-21-20.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

SILVA, A. dos S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita/PB e propostas de melhoria**. Dissertação de Mestrado em Gestão de sistemas aquáticos e recursos hídricos apresentada a Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, 2019.

SILVA, É. L. da; SILVA, K. A. da; SOUZA, F. R. L. de; TAVARES, F. B. R. A escassez hídrica na zona rural: o consumo de água sob a perspectiva dos agricultores de um assentamento no município de Pombal/PB. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662197036/560662197036.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2022.

SOUSA, C. R. do N. A. de; MATIAS, A. O.; SANTOS FILHO, F. C.; SARMENTO, R. G.; GOMES, M. F. C.; COSTA, M. F. Análise da qualidade da água de três propriedades rurais do município de Floriano – Piauí. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3877>. Acesso em: 14 jul. 2022.

SOUSA, T. P. de; SOUSA NETO, E. P. de. **Capacidade de captação e armazenamento de água de chuva em comunidades rurais do município de João Dias/RN**. In. 8º Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva. Campo Grande, 14 a 17 ago. 2012. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/8SBCMAC/8sbcmac-a002.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2022.

SPARKFUN. **Electronics - Product Categories**. 2022. Disponível em: Arduino Uno - R3 - DEV-11021 - SparkFun Electronics. Acesso em: 20 ago. 2022.

SUBMARINO. **Fonte**. 2022. Disponível em: <https://www.submarino.com.br/produto/4157499129>. Acesso em: 25 ago. 2022.

USINAINFO. **Eletrônica e Robótica**. 2022. Disponível em: Sensor de Turbidez - Projeto de Qualidade da Água - Blog Usinainfo. Acesso em: 21 ago. 2022.

VIEIRA, I. F. B.; ROLIM NETO, F. C.; CARVALHO, M. N.; CALDAS, A. M.; SILVA, K. S. da. Qualidade da água em área rural sob influência antrópica na Zona da Mata de

Pernambuco. **Revista DAE**. São Paulo, v. 68, n. 227, p. 152-165, nov. 2020. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_227_n_1916.pdf. Acesso em: 13 mai. 2022.

XAVIER, M. das V. S.; QUADROS, H. C.; SILVA, M. S. S. da. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022.

WINNERECO. **Isolador termo retrátil**. 2022. Acesso em: https://www.amazon.com.br/isolamento-termorretr%C3%A1teis-tamanhos-eletr%C3%B4nicos-sortidos/dp/B07R17GRFZ/ref=asc_df_B07R17GRFZ/. Acesso em: 25 ago. 2022.

ZATHURA BARRAMENTOS. **Barra chata de cobre**. 2022. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2643065671-barra-chata-cobre-12-x-18-c-30cm-_JM, Acesso em: 25 ago. 2022.

ANEXO A

Tabela 14 - Levantamentos de custos

Dispositivo	Valor	Quantidade	Total
Arduíno Uno R3	R\$128,34	1	R\$128,34
Módulo relé Arduino 4 canais	R\$33,16	1	R\$33,16
Sensor de Turbidez ST100	R\$148,71	1	R\$148,71
Sensor de Nível	R\$23,66	2	R\$47,32
Micro Bomba De Água Submersível	R\$25,90	1	R\$25,90
Arduino Motor 5Vdc 120l/h			
Micro Bomba De Água Submersível	R\$23,99	1	R\$23,99
127 V			
Protoboard 830 Furos	R\$17,99	1	R\$17,99
Régua com 3 postos	R\$25,40	1	R\$25,40
Led 5mm	R\$0,25	4	R\$1,00
Resistor 330 Ω	R\$1,90	4	R\$7,60
Fonte 12V 1A	R\$30,00	1	R\$30,00
Fonte 9V 1A	R\$30,50	1	R\$30,50
Fonte 5V 1A	R\$15,49	1	R\$15,49
Recipiente transparentes 7L	R\$18,45	2	R\$36,90
Kit Tubo termo retrátil	R\$29,19	1	R\$29,19
Kit Cabos de conexão	R\$14,90	1	R\$14,90
Painel indicativo	R\$1,00	1	R\$1,00
Suporte em madeira	R\$75,00	1	R\$75,00
Barra de cobre 15cm	R\$18,75	2	R\$37,50
Total	R\$729,89		

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

ANEXO B

```
//-----  
                                //declarando variáveis  
int baixo;                       //armazenamento nível baixo  
int alto;                        //armazenamento nível alto  
int SD = 1;                      //variável que indica se o sistema está com o nível de água subindo ou descendo  
int valor_sensor;              //variável que armazena o valor lido pelo sensor de turbidez  
  
//-----  
                                //declarando pinos  
int bomba = 2;                  //bomba d'água definida como pino 2  
int solenoide = 3;              //solenoide definido como pino 3  
int filtro = 4;                 //filtro definida como pino 4  
int falha = 5;                  //falha no sistema definido como pino 5  
int boia_alto = 6;              //boia nível alto definida como pino 6  
int boia_baixo = 7;            //boia nível baixo definida como pino 7  
int indicativo_bomba = 8;       //indicativo bomba d'água definida como pino 8  
int indicativo_solenoide = 9;   //indicativo solenoide definida como pino 9  
int indicativo_filtro = 10;     //indicativo filtro definida como pino 10  
int sensor = A0;                //sensor de turbidez definido como pino analogico A0  
  
//-----  
  
void setup()  
{  
  pinMode(bomba, OUTPUT);        //declarando indicação de bomba como saída  
  pinMode(solenoide, OUTPUT);    //declarando indicação de solenoide como saída  
  pinMode(filtro, OUTPUT);      //declarando indicação de filtro como saída  
  pinMode(falha, OUTPUT);       //declarando indicação de falha como saída  
  pinMode(boia_alto, INPUT_PULLUP); //declarando indicação de boia nível alto como entrada pullup  
  pinMode(boia_baixo, INPUT_PULLUP); //declarando indicação de boia nível baixo como entrada pullup  
  pinMode(indicativo_bomba, OUTPUT); //declarando indicação de indicativo bomba como saída  
  pinMode(indicativo_solenoide, OUTPUT); //declarando indicação de indicativo solenoide como saída  
  pinMode(indicativo_filtro, OUTPUT); //declarando indicação de indicativo filtro como saída  
}  
  
//-----  
  
void loop()  
{  
  Serial.begin(9600);           //acompanhamento valores sensor de turbidez  
  baixo = digitalRead(boia_baixo); //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível baixo  
  alto = digitalRead(boia_alto); //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível alto  
  
  while(baixo == LOW && alto == LOW){ //se a boia nível baixo for acionada (Caixa d'água vazia)  
    digitalWrite(bomba, LOW);        //bomaba é ligada  
    digitalWrite(indicativo_bomba, HIGH); //indicativo bomaba é ligado  
    digitalWrite(solenoide, HIGH);    //solenoide é desligada  
    digitalWrite(indicativo_solenoide, LOW); //indicativo solenoide é desligada  
    digitalWrite(filtro, HIGH);       //filtro é desligado  
    digitalWrite(indicativo_filtro, LOW); //indicativo filtro é desligado  
    baixo = digitalRead(boia_baixo); //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível baixo  
    alto = digitalRead(boia_alto); //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível alto  
    digitalWrite(falha, LOW);        //desliga falha  
    SD = 0;                          //indica que o sistema está em processo de armazenamento  
  }  
}
```

```

while(baixo == HIGH && alto == LOW){           //indica que o reservatório esta em processo de armazenamento ou consumo
  if(SD == 0){                                 //indica que o sistema está em processo de armazenamento
    digitalWrite(bomba, LOW);                 //bomaba é ligada
    digitalWrite(indicativo_bomba, HIGH);    //indicativo bomaba é ligado
    digitalWrite(solenoide, HIGH);           //solenoide é desligada
    digitalWrite(indicativo_solenoide, LOW); //indicativo solenoide é desligada
    digitalWrite(filtro, HIGH);              //filtro é desligado
    digitalWrite(indicativo_filtro, LOW);    //indicativo filtro é desligado
    digitalWrite(falha, LOW);                //desliga falha
  }
  if(SD == 1){                                 //indica que o sistema está em processo de consumo
    digitalWrite(bomba, HIGH);                //bomaba é desligada
    digitalWrite(indicativo_bomba, LOW);     //indicativo bomaba é desligado
    digitalWrite(solenoide, LOW);            //solenoide é ligada
    digitalWrite(indicativo_solenoide, HIGH); //indicativo solenoide é ligada
    digitalWrite(filtro, HIGH);              //filtro é desligado
    digitalWrite(indicativo_filtro, LOW);    //indicativo filtro é desligado
    digitalWrite(falha, LOW);                //desliga falha
  }
}

baixo = digitalRead(boia_baixo); //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível baixo
alto = digitalRead(boia_alto);  //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível alto
}

if(SD == 0){
  while(baixo == HIGH && alto == HIGH){       //se a boia nível alto for acionada (Caixa d'água encheu)
    delay(3000);
    digitalWrite(bomba, HIGH);                //bomaba é desligada
    digitalWrite(indicativo_bomba, LOW);     //indicativo bomaba é desligado

    valor_sensor = analogRead(sensor); //leitura e armazenamento dos dados fornecidos pelo sensor de turbidez
    Serial.print(valor_sensor);
    Serial.print(" | ");

    while(valor_sensor < 350){               // enquanto o valor fornecido pelo sensor for inferior a 350, filtro permanece ligado
      digitalWrite(filtro, LOW);              //filtro é ligado
      digitalWrite(indicativo_filtro, HIGH); //indicativo filtro é ligado
      digitalWrite(solenoide, HIGH);          //solenoide é desligada
      digitalWrite(indicativo_solenoide, LOW); //indicativo solenoide é desligada
      valor_sensor = analogRead(sensor); //leitura e armazenamento dos dados fornecidos pelo sensor de turbidez
      Serial.print(valor_sensor);
      Serial.print(" | ");
      delay(700);
    }

    digitalWrite(solenoide, LOW);             //solenoide é ligada
    digitalWrite(indicativo_solenoide, HIGH); //indicativo solenoide é ligada
    digitalWrite(filtro, HIGH);              //desliga o filtro
    digitalWrite(indicativo_filtro, LOW);    //indicativo filtro é desligado
    digitalWrite(falha, LOW);                //desliga falha
    SD = 1;                                   //indica que o sistema está em processo de consumo
    baixo = digitalRead(boia_baixo); //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível baixo
    alto = digitalRead(boia_alto);  //leitura e armazenamento dos dados obtidos na entrada da boia nível alto
  }
}

if(baixo == LOW && alto == HIGH){            //falha no sistema
  digitalWrite(bomba, HIGH);                 //desliga bomba
  digitalWrite(indicativo_bomba, LOW);      //indicativo bomaba é desligado
  digitalWrite(solenoide, HIGH);            //desliga solenoide
  digitalWrite(indicativo_solenoide, LOW); //indicativo solenoide é ligada
  digitalWrite(filtro, HIGH);               //desliga filtro
  digitalWrite(indicativo_filtro, LOW);    //indicativo filtro é desligado
  digitalWrite(falha, HIGH);                //liga indicação de falha no sistema
}
}

```