

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - CAMPUS AVANÇADO IPATINGA

André Rodrigues de Oliveira

Kailler de Paula Amaral

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO VIA
COMUNICAÇÃO *WIRELESS***

Ipatinga

2022

ANDRÉ RODRIGUES DE OLIVEIRA

KAILLER DE PAULA AMARAL

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO VIA
COMUNICAÇÃO *WIRELESS***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus*
Avançado Ipatinga para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Elétrica.
Orientador: Willian Marlon Ferreira

Ipatinga

2022

O46s

Oliveira, André Rodrigues de; Amaral, Kailler de Paula.

Sistema de monitoramento de nível de reservatório via comunicação *wireless*. André Rodrigues de Oliveira; Kailler de Paula Amaral.– 2022.
64f.;il.

Orientador: Willian Marlon Ferreira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Ipatinga*, 2022.

1. Automação. 2. Arduino. 3. Sensores. 4. *Wireless*. I. Ferreira, Willian Marlon. II. Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Ipatinga*. III. Título.

CDD 621.37

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907

ANDRÉ RODRIGUES DE OLIVEIRA

KAILLER DE PAULA AMARAL

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO VIA
COMUNICAÇÃO *WIRELESS***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus*
Avançado Ipatinga para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: ____/ ____/ _____ pela banca examinadora:

Prof. Me. Willian Marlon Ferreira - IFMG (Orientador)

Prof. Me. Felipe Antunes - IFMG

Prof. Me. Gustavo Rafael de Souza Reis – IFMG

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Abastecimento de água.....	7
2.2	Automação Residencial	8
2.2.1	<i>Os níveis da automação</i>	9
2.2.2	<i>Os benefícios da Automação Residencial</i>	9
2.3	Arduino.....	10
2.4	Transceptor nRF24L01+.....	12
2.5	Display LCD.....	13
2.6	Sensores	14
2.6.1	<i>Sensores Analógicos.....</i>	15
2.6.2	<i>Sensores Digitais.....</i>	15
2.6.3	<i>As principais Características dos Sensores.....</i>	15
2.6.4	<i>Sensores de Nível</i>	17
2.6.5	<i>Sensor Ultrassônico</i>	17
2.7	<i>Buzzer</i>	20
2.8	Maturidade Tecnológica	20
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	Personas.....	23
3.2	Pesquisa de Mercado	25
3.3	Visão Geral do Projeto	27
3.4	O Sistema de transmissão do nível do reservatório via wireless	28
3.5	O Sistema de recepção do nível do reservatório via wireless	33
3.6	Programação da memória EEPROM	35
3.7	Teste dos sistemas	36
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
4.1	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	39
	APÊNDICE A – PESQUISA DE MERCADO.....	46
	ANEXO A – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	47
	ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE RECEPÇÃO	52

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, vivemos um dos maiores períodos de seca já registrados na história do Brasil, acarretando diretamente na crise hídrica. De acordo com Malar (2021) o Brasil passa pela maior crise hídrica em 91 anos, diante disso, campanhas promovidas por autoridades visam a conscientização da população em relação ao uso de água. Nesse sentido, busca-se a contribuição da sociedade em relação ao consumo de água consciente, visando um menor impacto possível nas gerações futuras.

Todo o desenvolvimento da humanidade está associado ao uso da água. Durante muito tempo, o homem acreditou que este era um recurso inesgotável. Há apenas algumas décadas, a humanidade tem despertado para a dura realidade de que, diante da má utilização, da poluição e da superexploração, esse recurso se tornou escasso (FLORES, 2007, p.1).

Sendo assim, saber lidar com o controle de água, pode ser considerado uma tarefa difícil, já que a água é utilizada em diversas atividades e necessidades do dia a dia. Diante disso, Schmildt *et al.*, (2007, p. 76) descreve sobre este tema da seguinte maneira:

A água é necessária praticamente em todas as atividades do nosso dia a dia como: a satisfação das necessidades básicas do organismo; os afazeres domésticos; o abastecimento das casas, indústrias e comércios; o uso na agricultura, através das irrigações; na pecuária e também na mineração ainda muito explorada em nosso país. Podemos citar mais inúmeras utilidades da água, não esquecendo que ela é finita.

Frente a tal realidade algumas medidas devem ser tomadas, o consumo da água deve ser realizado de forma inteligente, para que a vida humana não sofra com a escassez desse bem precioso. Devido a uma demanda crescente da disponibilidade de recursos em condomínios residenciais e comerciais, a necessidade de um gerenciamento eficaz se torna cada vez mais necessário. “A introdução e o avanço de novas tecnologias no mundo, especialmente no Brasil tem sido um marco importante para o desenvolvimento de boas experiências no campo do desenvolvimento tecnológico voltado para a melhoria da vida das pessoas e empresas” (PALHANO, 2018, p. 69).

A partir da evolução dos microcontroladores, tornou-se mais fácil o desenvolvimento de projetos, desde o custo até sua implantação na área da automação. Deste modo, permitiu que diferentes sistemas de monitoramento de água fossem desenvolvidos Mamun *et al.* (2014, p.1) destaca que “até agora, várias tentativas foram feitas para fornecer um sistema de monitoramento eficaz para observar o nível da água. Vários trabalhos relataram

diferentes tecnologias para desenvolver este tipo de sistema de monitoramento”. Como por exemplo, Oliveira e Souza (2017) desenvolve um protótipo intitulado AquaMeasure, utilizando o conceito de Internet das Coisas, capaz de monitorar o nível de água em caixas d’água através de um sensor ultrassônico e comunicando aos usuários em tempo real por meio de um sistema web.

Segundo Kremer (2011, p.3) estratégias para efetivar a venda de um produto devem ser precisas, para que os consumidores tenham preferência pelo seu produto em relação aos concorrentes. A partir disso, para este trabalho foi realizada uma pesquisa de mercado, visando identificar o perfil do cliente e ser capaz de prever se o produto a ser desenvolvido é comercializável ou não, comparando com os produtos já disponível no mercado.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho, é desenvolver um sistema de monitoramento de nível de um reservatório que alerte ao usuário em caso de interrupção no fornecimento de água, a partir da medição de um sensor ultrassônico. Por meio dos dados obtidos neste sensor, é possível apresentar em um display LCD o nível de água presente no reservatório, facilitando a interação com o usuário e permitindo acompanhamento em tempo real do nível.

Portanto, pretende-se demonstrar a viabilidade de um sistema capaz de monitorar o nível de um reservatório utilizando recursos e ferramentas da engenharia, trazendo vantagens e economia para os usuários, além de solucionar um dos problemas recorrentes em grande parte das residências, alertando-os da possível interrupção do abastecimento de água com um custo-benefício desejável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por finalidade apresentar a revisão da bibliografia relacionada a importância da água e aos equipamentos e softwares envolvidos no sistema, bem como expor os conceitos teóricos necessários para a compreensão do sistema proposto.

2.1 Abastecimento de água

Um sistema de abastecimento de água para o consumo humano, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde (MS) 2914/2011 (BRASIL, 2011), é uma “instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada a produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.”

Segundo Heler e Paduá (2005) os sistemas de abastecimento de água urbanos devem satisfazer as mais diversas necessidades de usos de água, podendo ser doméstico, comercial ou industrial, sendo capaz de atender a demanda de consumo com qualidade e regularidade do abastecimento.

Souza (2009, p. 152) também explica que:

A questão água deve ser tema elevado a uma questão de Segurança Nacional e, dessa forma, deve ser vista e tratada. A água é um direito humano fundamental, porém devemos deixar claro que os nossos recursos hídricos são um bem de uso comum do povo, de natureza jurídica difusa, conforme artigo 225 da Constituição Federal; dessa forma é um bem pertencente ao povo brasileiro e sua utilização se dará em favor do povo e de sua dignidade, sempre em respeito à soberania nacional.

Diante disso, em 12 de novembro de 2019, a prefeitura municipal de Ipatinga emitiu uma nota oficial, notificando a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) por falta d'água nos bairros da cidade, destacando o teor da cláusula de contrato, onde a concessionária é obrigada a garantir o suprimento adequado, continuidade e permanência do serviço de abastecimento, sob pena de sanções caso não cumpra com suas responsabilidades.

Devido ao fato apresentado no último parágrafo, é possível destacar que moradores da cidade de Ipatinga passaram por dificuldades nos momentos em que foi necessário utilizar a água, tendo conhecimento da falta d'água somente quando já não havia mais água em seu reservatório, conseqüentemente, não foi possível criar uma estratégia para conseguir contornar esse problema previamente.

Sendo assim, o sistema de gerenciamento de nível possibilitaria aos usuários uma visão correta do nível de água no reservatório em que ele está instalado, podendo então priorizar o que é mais importante a se fazer quando houver alguma falta de abastecimento, evitando contratempos e frustrações.

2.2 Automação Residencial

A ideia de automatizar uma residência define-se em simplificar e facilitar diversas ações realizadas no cotidiano. Segundo Alves e Mota (2004) para minimizar a intervenção do homem em atividades rotineiras, automação residencial vem tomando espaço, garantindo então mais segura e conforto, sem deixar de lado os aspectos de ambiente familiar agradável.

De acordo com Moraes e Castrucci (2007, p. 12):

Definimos como automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano, em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, desta forma melhorando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços.

“Com o avanço da tecnologia, e a redução dos custos de fabricação de equipamentos e componentes eletrônicos, a automação residencial vem ganhando cada vez mais espaço no mercado atual” (JOSÉ JÚNIOR, 2016, p. 11).

A infraestrutura é um ponto necessário em qualquer projeto de automação, pois é ela que permitirá a expansão, a atualização e garantirá que as metas previstas sejam alcançadas. Desse modo, de nada adianta termos na interface com o usuário equipamentos de última geração, se a infraestrutura é antiquada. (CARDOSO; FREITAS; WORTMEYER, 2005, p. 1066).

Os sistemas autônomos operaram de forma independente, exercendo todas as funções para os quais foram projetados, sem a necessidade da intervenção de um controlador centralizado. “O objetivo da automação residencial é a integração de tecnologias de acesso à informação e entretenimento, com otimização dos negócios, da Internet, da segurança, além de total integração da rede de dados, voz, imagem e multimídia.” (CARDOSO; FREITAS; WORTMEYER, 2005, p. 1064).

A automação residencial representa o emprego de tecnologias ao ambiente doméstico, com o objetivo de propiciar conforto, praticidade, produtividade, economia, eficiência e rentabilidade, com valorização da imagem do empreendimento e de seus usuários (CARDOSO; FREITAS; WORTMEYER, 2005, p. 1065).

2.2.1 Os níveis da automação

De acordo com Oliveira *et al.* (2007), são definidos 3 níveis de automação residencial: sistemas autônomos; sistemas integrados ou controle centralizado e sistemas complexos. Os sistemas integrados conseguem operar, exercendo todas as funções para os quais foram projetados, utilizando uma central inteligente programada por um microprocessador sem a necessidade da intervenção de um controlador centralizado.

José Júnior (2016) define que os sistemas complexos operam com uma integração total dos sistemas domésticos, além de possuir uma arquitetura descentralizada, ou seja, os controladores são interligados por um barramento físico ou wireless formando uma malha de controle interligada entre sensores, atuadores e interfaces de usuário.

2.2.2 Os benefícios da Automação Residencial

Cardoso, Freitas e Wortmeyer (2005) definem que o objetivo de um projeto de automação residencial é garantir que os usuários possam controlar e acessar os equipamentos instalados em uma casa de dentro ou fora dela. Além disso, uma das principais preocupações dos projetistas e instaladores de sistemas de automação residencial deve ser a integração desses elementos.

“Como qualquer novidade, a automação residencial é percebida inicialmente pelo cliente como algo caro, que representa status e modernidade. A tendência é que, no momento seguinte, a segurança, economia, conforto e praticidade proporcionados passem para o primeiro plano na valorização desta tecnologia” (CARDOSO; FREITAS; WORTMEYER, 2005, p. 1066).

Atentando aos benefícios da automação residencial, Paim (2009, p. 26) determina que:

Melhorar processos é uma ação básica para as organizações responderem às mudanças que ocorrem constantemente em seu ambiente de atuação e para manter o sistema produtivo competitivo. Pode-se dizer que esse movimento mais recente de gestão de processos está fortemente associado à adoção da tecnologia da informação.

2.3 Arduino

De acordo com Rodrigues (2012), o Arduino foi criado pelo professor Massimo Banzi na Itália, com o intuito de ensinar programação de computadores de forma que esse conhecimento pudesse ser aplicado em diversos projetos, driblando a dificuldade que consistia em não encontrar no mercado placas poderosas, baratas e ao mesmo tempo fáceis de se utilizar.

“O Arduino projeta, fabrica e suporta dispositivos eletrônicos e software, permitindo que pessoas de todo o mundo acessem facilmente tecnologias avançadas que interagem com o mundo físico.” (ARDUINO, 2018).

Constitui-se de uma pequena placa, com um microcontrolador e um conector USB, que facilita a conexão a um computador. A placa tem terminais de saída e entrada, tanto analógicos como digitais, que permitem a conexão de periféricos como motores, relés, alto falantes etc. Sua alimentação se dá pela conexão USB com o computador, ou por meio de uma fonte externa que pode variar entre 7V e 12V. Essa porta USB também serve para que possamos transferir os programas de um computador para o Arduino ou receber informações do Arduino (CROVADOR, 2019, pág.15).

Devido a filosofia do Arduino ser uma plataforma *open-source*, várias pessoas do mundo contribuem para o desenvolvimento de hardwares, novas bibliotecas e materiais de apoio. “O Arduino foi criado com o objetivo de facilitar o aprendizado e possibilitar a prototipação e desenvolvimento de projetos com um custo relativamente baixo, além de não exigir um vasto conhecimento em eletrônica” (HACHOUCHE, 2016, p.7).

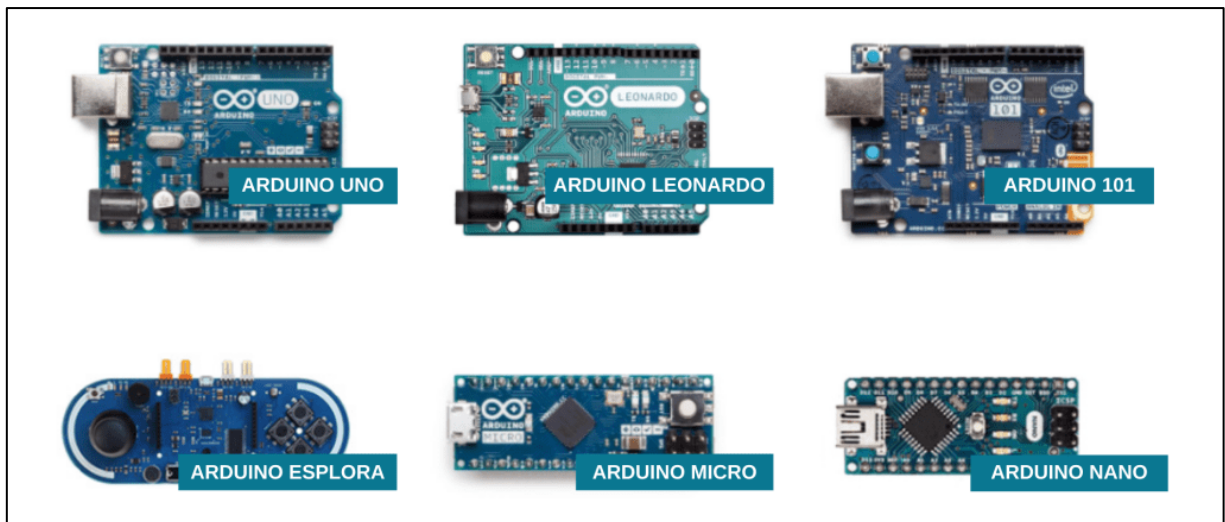
McRoberts (2010, p.3) descreve sobre os módulos secundários utilizados no Arduino da seguinte forma:

O Arduino também pode ter suas aplicações estendidas utilizando placas que contêm outros dispositivos, as quais são facilmente conectadas a ele. Estas placas são chamadas de módulos ou Shields (escudos, em inglês). Tais placas podem funcionar como receptores GPS, módulos de rede ethernet ou wireless, dentre outros.

De acordo com Monk (2013) existem diferentes modelos de *hardwares* (placas), todas utilizando a mesma linguagem para ser programada, sendo a versão UNO a mais utilizada dentre elas.

A Figura 1 demonstra os vários modelos diferentes, o que irá determinar qual placa utilizar será a necessidade de processamento e memória requeridas pelo projeto a ser executado.

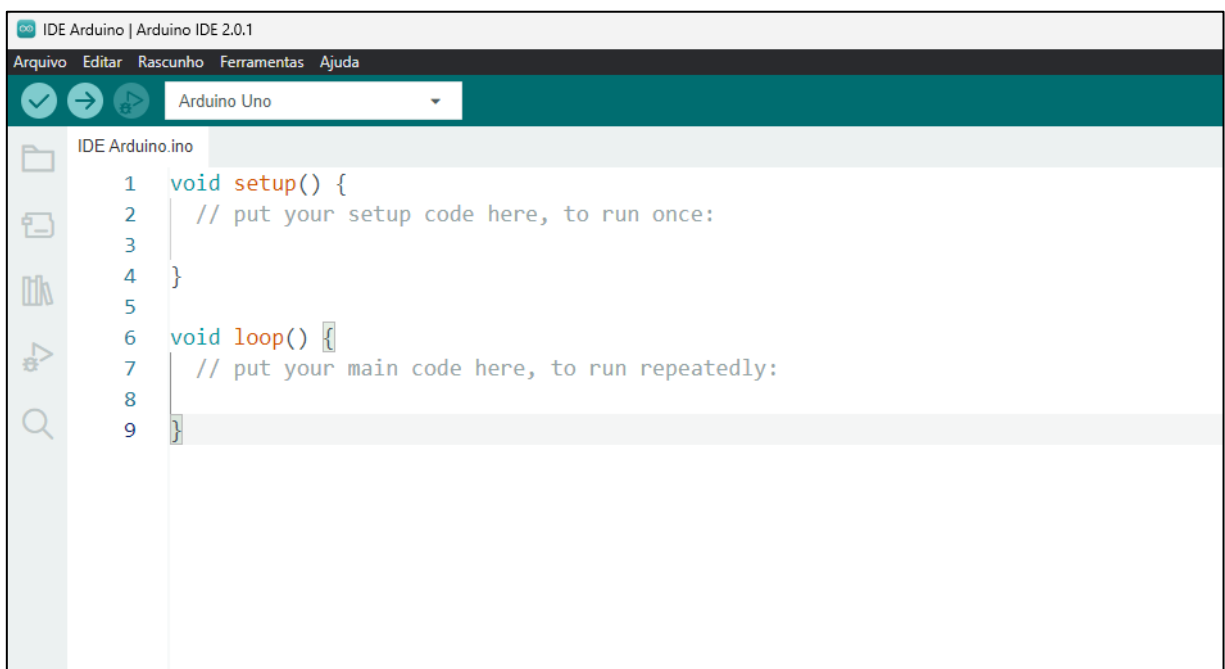
Figura 1 - Modelos de placas de Arduino



Fonte: <https://www.blogdarobotica.com/2020/09/16/o-que-e-o-arduino/>.

A partir do conhecimento do *hardware*, é importante conhecer a parte de software. O Arduino possui um ambiente de desenvolvimento próprio, Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) exibido na Figura 2, este precisa ser baixado e instalado no computador para realizar a programação. “Para o desenvolvimento de uma aplicação para Arduino é utilizada a linguagem C/C++ e a biblioteca Wiring, que é um *framework* de programação *open-source* para microcontrolador” (ARDUINO, 2015).

Figura 2 - Interface IDE Arduino



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Os programas criados neste ambiente são chamados de *Sketchs*, onde existem duas funções principais, a “*setup()*” e a “*loop()*”, estas possuem as seguintes características:

- a) a função “*setup()*” é executada uma única vez, quando o código é carregado, ou quando o Arduino é energizado. Utilizada para iniciar variáveis, bibliotecas etc.
- b) a função “*loop()*” é executada repetidamente enquanto o Arduino estiver sendo alimentado por uma fonte de energia. Esta é essencial para grande parte dos programas criadas para o Arduino.

“As funcionalidades do Arduino também podem ser extensíveis com o uso de bibliotecas, podendo o programador importá-las, criá-las ou usar as que vêm com a IDE padrão. O site oficial disponibiliza uma lista completa das bibliotecas criadas para o Arduino” (ARDUINO, 2015).

2.4 Transceptor nRF24L01+

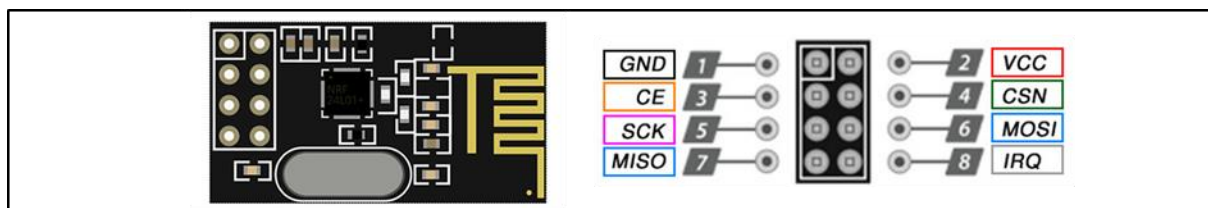
“Um transceptor é um dispositivo que consegue enviar e receber dados, ou seja, combina um transmissor e um receptor utilizando componentes de circuito comuns para ambas as funções num circuito eletrônico” (NORDIC, 2007).

Produzido pela empresa Nordic Semiconductor, o módulo utilizado para este trabalho, consiste em um circuito integrado (CI) nRF24L01+. Este módulo é constituído de uma placa com aproximadamente 33mm de comprimento com uma antena, conectores e demais componentes.

“O NRF24L01 é um pequeno CI que pode transmitir e receber dados sem fio (RF). Atualmente já existem versões mais recentes do CI que possuem mais recursos. Entretanto, o módulo que utiliza o nRF24L01 é o mais fácil de encontrar para comprar” (GUIMARÃES, 2019).

Na Figura 3 a seguir, é mostrado o módulo Transceptor nRF24L01+ com a identificação dos seus pinos de entrada. Para realizar a comunicação do transceptor e o microcontrolador externo (neste projeto o Arduino UNO), comandos pré-definidos são enviados através de um barramento.

Figura 3 – Transceptor nRF24L01+



Fonte: Adaptado de: <https://www.usinainfo.com.br/transmissores-e-receptores/nrf24l01-transceptor-wireless-24ghz-2572.html>.

Conforme a Figura 3:

- o Pino GND é utilizado como polo negativo;
- o Pino VCC é utilizado na alimentação do módulo, deve ser alimentando com uma de 3.3 V;
- o Pino CE é utilizado para ativar a comunicação do chip;
- os Pinos CSN, SCK, MOSI e MISO são os pinos padrões responsáveis por efetuar a comunicação entre os transceptores;
- o Pino IRQ é utilizado para indicar as ocorrências de erros entre a comunicação.

O alcance da comunicação é variável, pois irá depender do ambiente em que o transceptor será instalado. “O rádio nRF24L01+ é projetado para operar na banda ISM de frequência livre de 2,4 GHz, utilizando até 128 diferentes canais de 1 MHz de largura de banda cada.” (GIARETTA, 2014, p. 8)

Segundo Nordic (2007) o nRF24L01+ é identificado com uma rádio de curto alcance de transmissão, podendo alcançar até 100 metros em espaço aberto, quando transmitido em uma taxa de 250 Kbps. O módulo em questão possui apenas uma antena embutida, entretanto, é possível encontrar módulos que possuem conector para antenas, permitindo então aumentar o alcance a 1 Km em área aberta.

“Para comunicação é utilizada a biblioteca RF24, que é desenvolvida especificamente para a comunicação com a plataforma Arduino, ela é responsável por fornecer uma interface de comunicação com o hardware deste módulo, esta biblioteca é distribuída de maneira livre” (GIARETTA, 2014, p.8).

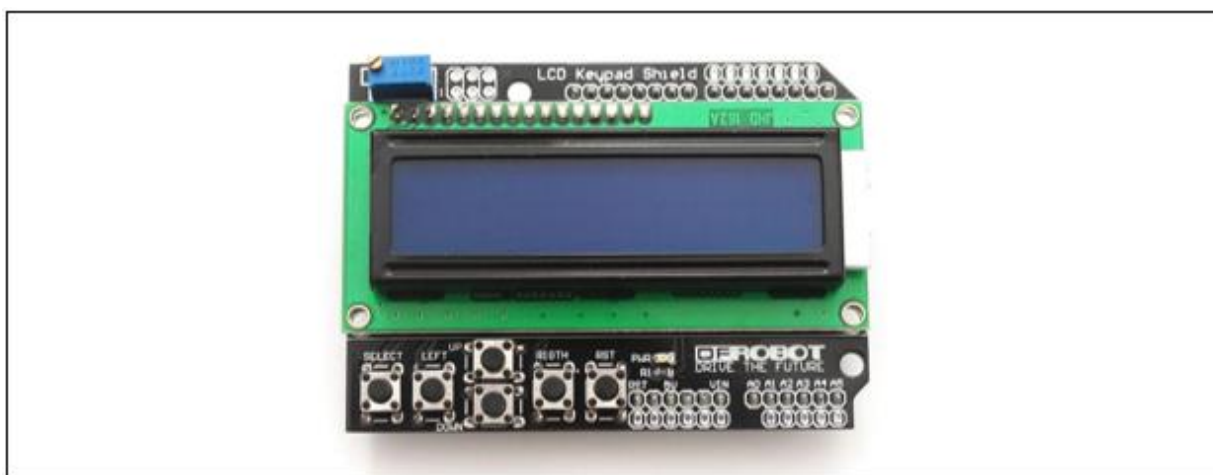
2.5 Display LCD

O *shield Liquid Crystal Display* (LCD) com teclado é uma forma de realizar a conexão do Arduino com *Display LCD*. O Display possui a luz de fundo azul e os caracteres a

serem preenchidos na cor branca. O *shield* possui 6 botões, próprios para percorrer menus interativos e, além disso, o LCD utilizado no *shield* possui a dimensão de 16x2, 16 colunas e 2 linhas para exibir os caracteres.

Uma vantagem deste modelo de *shield* está relacionado na comodidade de não utilizar cabos para realizar a ligação entre o Arduino e o LCD, necessitando somente de acoplar os pinos do *shield* na placa, na Figura 4 é possível observar a o *shield* utilizado no protótipo.

Figura 4 - Shield LCD



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-shield-com-teclado-para-arduino/>.

2.6 Sensores

“Os sensores constituem a base de qualquer sistema de automação, seja residencial ou industrial” (JOSÉ JÚNIOR, 2016, p. 16). De acordo com Thomazini (2005, p.7) “sensor é um termo empregado para designar dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente: luminosa, térmica, elétrica, cinética, entre outras, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser mensurada”. Segundo Mazzaroppi (2007, p. 2):

A finalidade de um sensor é responder a um estímulo e convertê-lo em um sinal elétrico compatível com os circuitos a ele acoplados. Podemos pensar no sensor como transdutor de energia que converte uma forma de tensão, corrente ou carga, e pode ser descrito em termos da amplitude, frequência, fase, ou código digital. A este conjunto de características chamamos de formato do sinal de saída. Consequentemente, um sensor possui propriedades de entrada e propriedades elétricas de saída.

Alguns tipos de sensores identificam exclusivamente materiais metálicos, alguns apresentam problemas para detectar materiais transparentes, outros não apresentam bons resultados em superfícies reflexivas e assim por diante. Sendo assim, para a escolha do tipo de

sensor a ser utilizado, é de suma importância a verificação e análise do material a ser detectado e da superfície a ser analisada.

2.6.1 Sensores Analógicos

Os sensores analógicos “são utilizados para monitorar uma grandeza física em uma faixa contínua de valores estabelecidos entre os limites mínimo e máximo.” (CARDOZO, 2005, p4).

José Junior (2016) define que, nesse tipo de sensor, ao longo do tempo os sensores analógicos podem assumir qualquer valor, respeitando sua faixa de operação. “Algumas das principais grandezas físicas que podem assumir qualquer valor dentro do seu range de medição, são: pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, ângulo, luminosidade, etc” (JOSÉ JÚNIOR, 2016, pág. 17). Essas grandezas variáveis são ponderadas por dispositivos conhecidos, como por exemplo: capacitores, indutores, resistores, transistores, dentre outros, sendo que industrialmente os padrões de sinais analógicos mais utilizados para a comunicação nos sistemas elétricos são os de 4 a 20 mA e de 0 a 10 V.

2.6.2 Sensores Digitais

Como afirma José Júnior (2016), são sensores que podem apenas assumir dois valores, “0” ou “1”, comumente conhecidos como “baixo” e “alto” respectivamente, em termos práticos não existem grandezas físicas que assumam apenas esses valores, porém o objetivo desse tipo de sensor é enviar sinais nos quais são interpretados pelos sistemas digitais, assim como diz Wendling (2010, p. 4):

Não existem naturalmente grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são assim mostrados ao sistema de controle após serem convertidos por um circuito eletrônico (geralmente um comparador). É utilizado, por exemplo, na detecção de passagem de objetos, encoders na determinação de distância ou velocidade etc.

2.6.3 As principais Características dos Sensores

Como dito anteriormente, “Há uma série de características relacionadas aos sensores que devem ser levadas em consideração na hora da seleção do sensor mais indicado para uma aplicação.” (WENDLING, 2010, p.5).

Antes de escolher o sensor a instalar existem algumas questões que devemos ter em atenção. Assim, devemos conhecer o melhor possível a variável a medir, o ambiente onde o sensor vai ser instalado e o princípio de funcionamento do tipo de sensor a escolher. Em grande parte das aplicações as quantidades a medir ou são constantes ou variam muito lentamente. Assim sendo, não temos que nos preocupar com as características dinâmicas do sensor, mas apenas com as características estáticas. (SOUZA, 2009, p. 44).

Ainda de acordo com Wendling (2010), algumas das principais características dos sensores são:

- a) **tipos de Saída:** Pode ser digital ou binária, ou seja, a saída do dispositivo (Sensor ou Transdutor) assume somente valores "0" ou "1" lógicos (também chamados saídas liga-desliga ou *on-off*);
- b) **sensibilidade (ganho):** É a razão entre o sinal de saída e de entrada para um dado sensor ou transdutor;
- c) **exatidão:** Consiste no erro da medida realizada por um transdutor em relação a um medidor padrão;
- d) **precisão:** É a característica relativa ao grau de repetibilidade do valor medido por um transdutor;
- e) **linearidade:** É aplicado a sensores analógicos onde a relação entre o sinal de entrada e o de saída pode ser considerada linear, geralmente neste caso a fabricante específica uma reta de calibração para o equipamento;
- f) **alcance (range):** Representa toda a faixa de valores de entrada de um transdutor;
- g) **velocidade de resposta:** É a velocidade com que a medida fornecida pelo sensor alcança o valor real do processo;
- h) **custo;**
- i) **dimensões;**
- j) **calibração;**
- k) **facilidade de manuseio;**
- l) **vida útil.**

José Júnior (2016) coloca que para uma aplicação eficiente dos sensores, há uma série de fatores que devem ser levados em consideração, como por exemplo: exatidão, tipo do sinal de saída, sensibilidade ou ganho, precisão e linearidade.

2.6.4 Sensores de Nível

Os sensores de nível são comumente utilizados em projetos de automação que tem como etapa a utilização de algum líquido, com sua principal função sendo em monitorar o nível dos reservatórios envolvidos no processo. “Medir a variável nível é quantificar referenciais por meio de monitoramento direto ou indireto com o objetivo de avaliar e controlar volumes de estocagens em tanques ou recipientes de armazenamento” (FIALHO, 2013, p. 76).

Sendo assim, o sistema de medição de nível pode ser classificado nos seguintes níveis:

- a) **medição direta:** medição onde admite-se como referência a posição do plano superior da substância no qual se deseja medir, normalmente utiliza-se réguas, gabaritos, visores, boias e flutuadores;
- b) **medição indireta:** medição onde o nível é aferido de forma indireta em relação as grandezas físicas, como pressão, empuxo, radiação e meios elétricos, normalmente é realizada através de sonares, radares, lasers, ultrassons e medidores de pressão;
- c) **medição descontínua:** medição utilizada para fornecer indicações quando o nível atingir determinados pontos desejados, comumente utilizados em sistemas de alarmes de nível alto ou nível baixo, utilizando chaves de nível normalmente com boias.

Para este trabalho, o sistema de medição ocorre de forma indireta a partir de um sensor ultrassônico, de forma a obter o nível de água presente no reservatório.

2.6.5 Sensor Ultrassônico

O sensor ultrassônico, de acordo com Araújo (2014) é um equipamento comumente utilizado para a identificação de objetos e sua distância, devido a sua velocidade e precisão, é muito empregado na área industrial e em projetos que necessitam dessas determinadas informações de forma confiável. Seu funcionamento é baseado na reflexão de onda, onde o módulo emissor chamado de “*trigger*” envia um sinal em forma senoidal. Quando se encontra com o objeto, a onda é refletida e captada pelo módulo receptor denominado “*echo*”. Após a captação, o sistema de gerenciamento do sensor efetua uma análise do tempo da resposta, e através desse resultado ele calcula a distância do objeto pela equação abaixo:

$$Distância = \frac{TempoResposta \cdot VelocidadeDoSom}{2}$$

Ainda segundo Araújo (2014), é necessário a divisão por dois devido ao fato de a onda fazer o trajeto duas vezes, um indo até o objeto e outra retornando para o sensor, porém a propagação do som varia de acordo com o meio físico e a temperatura do ambiente.

Desta forma, de acordo com Moraes e Castrucci (2010, p. 60) “a velocidade do som no ar é uma função da temperatura T (K), da pressão barométrica, da umidade relativa e da viscosidade do ar. Dessas variações a mais significativas são as devidas temperatura. Sendo assim, Moraes e Castrucci (2010, p. 60) expressa o cálculo da velocidade do som da seguinte maneira:

$$VelocidadeDoSom = 331,31 \cdot \sqrt{\frac{T}{273,16}}$$

Com base nisso, considerando a temperatura em 25 °C (298,15 K), a velocidade encontrada para o cálculo de distância, é de 346,13 m/s. O tempo de resposta dado em segundos e a distância final fornecida em metros.

Wendling (2010, p. 18) também deixa bem claro que “esse é um tipo de sensor muito útil na detecção de objetos a uma certa distância, desde que esses não sejam muito pequenos, e capazes de refletir esse tipo de radiação”. O meio de propagação usado em nosso projeto é o ar, mesmo citado por Cardozo e sendo o mais comum a ser utilizado, logo, o funcionamento é o mesmo.

A operação do sensor ultrassônico é baseada na emissão e recepção de ondas acústicas ultrassônicas entre um objeto e um receptor. Normalmente o meio de propagação é o ar. O tempo decorrido entre a emissão e a recepção da onda refletida é medida e processada. (CARDOZO, 2005, p.24).

Assim como o utilizado em nosso protótipo, existem “sensores ultrassônicos onde o emissor e receptor fazem parte do mesmo conjunto, entretanto também existem as barreiras ultrassônicas onde emissor e receptor estão separados.” (CARDOZO, 2005, p.25).

Devido ao princípio de funcionamento, esse tipo de sensor é capaz de detectar uma variedade de materiais. “A detecção independe da forma e da cor e ainda pode detectar tanto

sólidos como líquidos ou pós. Atmosferas poluídas por fumaça, poeira ou umidade não impedem a detecção.” (CARDOZO, 2005, p. 25).

De acordo com Mazzaroppi (2007) os sensores ultrassônicos que possuem emissor e receptor no mesmo encapsulamento, demonstrado na Figura 5, apresentam os seguintes métodos de detecção:

- a) **difuso:** Detecta um objeto na faixa da distância de detecção. A onda sonora se choca com o alvo e é refletida de volta ao sensor. Esta onda é então percebida e o sensor comuta sua saída. Esta configuração é utilizada normalmente para detectar presença ou contagem de peças;
- b) **reflexivo:** Utilizando os objetos de fundo como refletores para as ondas sonoras, estes sensores emitem e recebem constantemente estas ondas. Quando um alvo entra na área de detecção deste sensor, entre o sensor e os refletores de fundo, o feixe sonoro é então interrompido e ocorre a detecção. Esta configuração é utilizada normalmente para a detecção de objetos com superfícies irregulares ou que absorvem o som;
- c) **difuso com supressão de fundo:** Este modo é semelhante ao difuso diferenciando-se pela possibilidade de delimitar a distância de detecção a uma determinada zona de interesse;
- d) **difuso com supressão de frente:** Modo semelhante ao difuso com supressão de fundo, porém, determinando-se a distância mínima na qual o alvo deverá estar posicionado para que a saída do sensor seja comutada;
- e) **difuso com supressão de frente e de fundo:** Este modo reúne as características de operação dos últimos dois modos. O alvo deverá estar posicionado em um determinado intervalo, entre uma distância mínima e a uma máxima, para que ocorra a detecção do mesmo e a comutação da saída do sensor.

Figura 5 - Sensor Ultrassônico resistente a água



Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-ultrassonico-jsn-sr04t-a-prova-d-agua.html>.

2.7 Buzzer

“É um componente eletrônico composto de uma membrana vibratória em um invólucro, muitas vezes plástico. Ao excitá-lo eletricamente, a membrana vibra e produz ruído. Alterando a frequência de excitação, é possível conseguir alguns tons” (FRIZZARIN, 2014). “O *buzzer* é um componente muito simples e barato, e chega a ser um auto falante alternativo, porém limitado. Por funcionar semelhante a um alto falante, ele pode ser usado para aplicações bem interessantes” (GUIMARÃES, 2017). Na Figura 6 é possível observar o modelo utilizado no protótipo.

Figura 6 - Buzzer



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/buzzer/buzzer-ativo-5v-bip-continuo-pci-12mm-2988.html>.

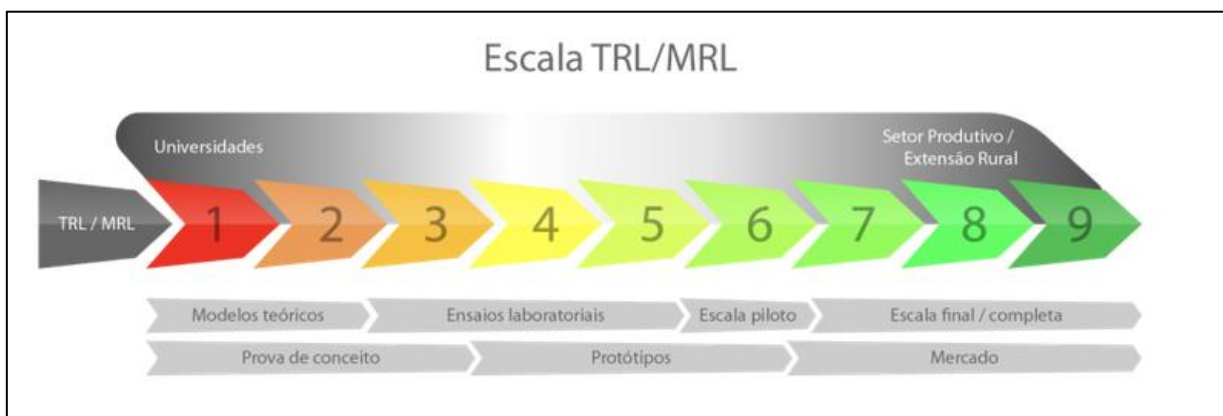
2.8 Maturidade Tecnológica

Sendo um importante processo de investigação para a indústria, além de uma ferramenta utilizada para o processo de gestão de risco inerente a tecnologia em desenvolvimento, a escala de maturidade tecnológica *Technology Readiness Level* (TRL), de acordo com Silva Neto e Trabasso (2015), foi elaborada visando obter uma medida relacionada ao estado de desenvolvimento em que se encontra uma tecnologia em relação ao seu uso, tornando-se parte crucial de análises e fornecimento de informações para auxiliar nas tomadas de decisões dos gestores.

A escala, de acordo com Quintella (2019) foi inicialmente elaborada e desenvolvida por um pesquisador da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), chamado Stan Sadin, no ano de 1974, sendo no final da década de 80, foi definida em sete níveis, e em 1995, a NASA passou a utilizar a então atual definição já existente com a adição de mais dois níveis, sendo a utilizada até os dias atuais, com uma gradação de nove níveis diferentes, começando do nível um e terminando no nove. A Figura 7, adaptada com base em um documento oficial publicado pela NASA, exemplifica em forma de diagrama, como a escala TRL é moldada,

contendo uma abreviação dos níveis, sendo essas, em alguns casos, associadas a mais de um nível simultaneamente.

Figura 7 - Escala TRL



Fonte: DINIZ, 2021.

De acordo com o uso dessa metodologia de aferição e avaliação, são considerados os níveis conforme o estado atual em que se encontra a tecnologia em desenvolvimento, ou seja, o estado atual da arte, consistindo no nível mais alto sendo a forma final do objeto desenvolvido e o nível mais baixo o início da pesquisa.

Nos dias atuais, essa escala tem sido comumente utilizada em instituições e universidades, como o caso descrito no referido documento, como uma ferramenta de análise para as tecnologias resultantes de projetos e iniciações científicas, e de acordo com Almeida (2008), essa metodologia permite-se ter uma visão mais objetiva para se definir se haverá proteção intelectual do seu ativo intangível, seja o mesmo resultante de patente, marcas, desenhos, circuitos ou programas de computadores, além da avaliação da inovação tecnológica no que tange a sociedade da atualidade.

De acordo com a Tabela 1 é possível analisar os diferentes níveis dentro da metodologia descrita. Portanto, devido ao fato de ser realizada uma pesquisa de mercado, apresentada no próximo capítulo, e a criação de um protótipo capaz de colocar em prática a prova de conceito e validar a ideia inicial, entende-se que este produto se encontra no nível 5 de TRL.

Tabela 1 - Níveis de TRL propostos pela NASA

TRL	Característica	Descrição
1	Princípios básicos observados e reportados.	Ideia da pesquisa que está sendo iniciada e esses primeiros indícios de viabilidade estão sendo traduzidos em pesquisa e desenvolvimento futuros.
2	Conceito da tecnologia e/ou formulação da aplicação.	Os princípios básicos foram definidos e há resultados com aplicações práticas que apontam para a confirmação da ideia inicial.
3	Função crítica analítica e experimental e/ou prova de conceito característica.	Em geral, estudos analíticos e/ou laboratoriais são necessários nesse nível para ver se uma tecnologia é viável e pronta para prosseguir para o processo de desenvolvimento. Nesse caso, muitas vezes, é construído um modelo de prova de conceito.
4	Validação de componentes em ambiente laboratorial.	Coloca-se em prática a prova de conceito, que consiste em sua aplicação em ambiente similar ao real, podendo constituir testes em escala de laboratório.
5	Validação de componentes em ambiente relevante.	A tecnologia deve passar por testes mais rigorosos do que a tecnologia que está apenas na TRL 4, ou seja, validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais, com configurações físicas finais. Capacidade de produzir protótipo do componente do produto.
6	Modelo do sistema/subsistema ou demonstração do protótipo em ambiente relevante.	A tecnologia constitui um protótipo totalmente funcional ou modelo representacional, sendo demonstrado em ambiente operacional (ambiente relevante no caso das principais tecnologias facilitadoras).
7	Demonstração do protótipo do sistema em ambiente operacional.	O protótipo está demonstrado e validado em ambiente operacional (ambiente relevante no caso das principais tecnologias facilitadoras).
8	Sistema real completo e qualificado através de teste e demonstração.	A tecnologia foi testada e qualificada para ambiente real, estando pronta para ser implementada em um sistema ou tecnologia já existente.
9	Sistema real comprovado através de missões bem-sucedidas.	A tecnologia está comprovada em ambiente operacional (fabricação competitiva no caso das principais tecnologias facilitadoras), uma vez que já foi testada, validada e comprovada em todas as condições, com seu uso em todo seu alcance e quantidade. Produção estabelecida.

Fonte: MANKINS, 1995.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por finalidade apresentar as personas criadas para representar o perfil dos clientes. Assim, serão exibidos os dados colhidos na pesquisa de mercado que servirão de embasamento para idealização do produto.

Diante disso, serão identificados e especificados os subsistemas do monitoramento de nível via comunicação *wireless*, descrevendo os *hardwares* e *softwares* utilizados para sua implementação.

3.1 Personas

Segundo Rosa e Couto (2016, p.41) “as personas ajudam empreendedores a tomarem decisões importantes com base no mundo real e são também uma maneira rápida e de baixo custo para testar e priorizar as características mais relevantes dos clientes.”

Portanto, visando entender o público-alvo ao que o produto deverá atender, construiu-se personas, sendo personagens fundamentais para elaborar representações confiáveis do público envolvido. Para isso, Rosa e Couto (2016, p.42) avalia que é necessário considerar alguns pontos, sendo:

- a) **história:** conte um pouco sobre quais são as características dessa pessoa. Quais são os comportamentos mais comuns dela? Como é o dia a dia dela?
- b) **motivações:** quais são as preocupações dela? Quais são os principais problemas enfrentados por ela no cotidiano? Onde ela enfrenta esses problemas? Existe alguma relação com o seu desafio? Por que elas precisam deste produto ou serviço?
- c) **nunca devemos:** o que nunca devemos fazer em relação a essa pessoa? Que tipo de atitude ela não suporta? O que deixa essa pessoa furiosa?
- d) **a experiência ideal:** como seria a experiência perfeita utilizando esse produto ou serviço?
- e) **onde encontrá-la:** identifique três locais que sua Persona frequenta.

Com base nestes pontos, a seguir são exibidas as personas criadas:

Figura 8 – Persona 1

PERSONA		SUA HISTÓRIA
		Possui um restaurante a 15 anos, casado e tem 3 filhos, perspectiva de construir um novo restaurante
NOME	José Geraldo	MOTIVAÇÕES
IDADE	50	Segurança, reservado a família, procura sempre estar com as contas em dia e ciente de tudo que acontece à sua volta.
ONDE MORA	Ipatinga, MG	NUNCA DEVEMOS
O QUE FAZ	Dono de restaurante	Prometer entregar algo e não entregar, não cumprir com o combinado lhe trará frustrações.
CITAÇÃO	“Segurança da família”	A EXPERIÊNCIA IDEAL
		Satisfação em saber que o dinheiro foi bem investido na aquisição do produto.
		ONDE ENCONTRÁ-LA?
		Restaurantes tradicionais, igreja e teatro.

Fonte: Adaptado de: ROSA; COUTO, 2016.

Figura 9 – Persona 2

PERSONA		SUA HISTÓRIA
		Possui um emprego estável, solteira e tem 2 filhas gêmeas, investe seu dinheiro na educação de suas filhas e tem costume de viajar nas férias.
NOME	Isabela	MOTIVAÇÕES
IDADE	35	Organização, Isabela por ser mãe solteira procura planejar todas as atividades e tarefas das filhas, para se precaver de possíveis imprevistos.
ONDE MORA	Coronel Fabriciano, MG	NUNCA DEVEMOS
O QUE FAZ	Professora	Isabela não gosta de ser surpreendida. Ser mal atendida ou não ser informada de imprevistos.
CITAÇÃO	“Felicidade das filhas”	A EXPERIÊNCIA IDEAL
		Ter controle total de uma variável essencial no dia a dia.
		ONDE ENCONTRÁ-LA?
		Shopping centers, escola e clubes.

Fonte: Adaptado de: ROSA; COUTO, 2016.

3.2 Pesquisa de Mercado

Na busca por desenvolvimento de um produto é de suma importância conhecer o mercado consumidor ao qual ele destina-se, diante disso, utilizou-se as personas criadas como referências para a pesquisa. Seguindo essa linha de pensamento, Rosa e Couto (2016, p.15) enfatiza que “Entrevistas e técnicas de observação poderão ajudá-lo a descobrir as expectativas das pessoas, compreender suas necessidades e projetar produtos ou serviços para atendê-las.”

“Formular boas perguntas é essencial para encontrar as respostas certas. Perguntas representam a chave para chegar ao ponto central de uma questão.” (ROSA; COUTO, 2016, p.17). Deste modo, elaborou-se um questionário onde o entrevistado pôde enxergar a ideologia do produto e dessa maneira assimilar os impactos positivos que a aquisição do produto poderia ter em sua rotina e assim expressar seu interesse em adquiri-lo ou o contrário.

Portanto, a partir dos resultados obtidos na pesquisa, foi possível vislumbrar a aceitabilidade que o dispositivo terá em sua comercialização. A pesquisa contou a participação de quarenta pessoas, residentes em diferentes localidades do Vale do Aço. Diante disso, com base nas respostas obtidas a partir das perguntas apresentadas no APÊNDICE A – **PESQUISA DE MERCADO**, obteve-se as seguintes conclusões:

A primeira pergunta propôs classificar a situação do abastecimento de água. Sendo assim, na Tabela 2 estão dispostas as porcentagens das respostas obtidas em relação a eficácia, com notas de 0 a 5, sendo ineficaz ou muito eficaz respectivamente. A partir das respostas obtidas, considera-se que o fornecimento de água na região em questão é eficaz.

Tabela 2 - Porcentagem das respostas em relação a eficácia

Nota	0	1	2	3	4	5
Porcentagem das respostas	0%	0%	0%	7,5%	22,5%	70%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Para um produto com promessa em extinguir a falta de informação sobre o abastecimento de água, sua necessidade comercial está diretamente ligada a deficiência de informação do sistema atual. Portanto, a segunda pergunta tem como objetivo, identificar se os entrevistados têm acesso à informação de interrupção do fornecimento de água.

Tabela 3 - Porcentagem das respostas em relação ao fornecimento de água

Nota	0	1	2	3	4	5
Porcentagem das respostas	22,5%	25%	20%	7,5%	15%	10%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

A partir das respostas obtidas, entende-se que a maioria dos entrevistados não são bem-informados em relação a interrupção do fornecimento de água pela companhia.

A terceira pergunta foi realizada com o objetivo de encontrar as principais dificuldades obtidas em caso de falta de abastecimento de água. Dentre as mais variadas respostas pode-se destacar duas, sendo: Cuidados com higiene pessoal e alimentação (seja na ingestão dela ou no seu uso para preparação de outro alimento). A partir desta pergunta, o entrevistado reconhece a “dor” que o produto se propõe a amenizar e sua importância.

Logo, na quarta pergunta questionou-se a facilidade de lidar com as complicações citadas pelos entrevistados sabendo previamente da interrupção de água:

Tabela 4 - Porcentagem das respostas em relação as complicações com a informação do fornecimento de água

Nota	0	1	2	3	4	5
Porcentagem das respostas	0,0%	7,5	0,0%	5,0%	27,5%	60,0%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

O entrevistado foi conduzido a refletir, baseado em suas experiências, sobre como a informação de abastecimento atenuaria a “dor”, relacionada na pergunta anterior. A partir das repostas obtidas, comprova que, tendo a informação previamente da interrupção do fornecimento de água, seria mais fácil lidar com certas complicações.

Seguidamente, na quinta pergunta questionou-se ao entrevistado o interesse em adquirir o produto capaz de informá-lo em caso de interrupção no fornecimento de água:

Tabela 5 - Porcentagem das respostas em relação ao interesse de aquisição

Interesse	Não	Talvez	Sim
Porcentagem das respostas	23,0%	15,0%	62,0%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Dentre todos os itens que compuseram a pesquisa, este vê-se como um dos mais importantes, pois demonstra o interesse do mercado em adquirir o produto por sua ideologia e promessa de solução de problemas. Com base nas respostas, os resultados foram satisfatórios, uma vez que não interessados somaram menos de um terço do total.

Por fim, para conhecer melhor o público-alvo, foi necessário estabelecer uma faixa de preço para o produto, com objetivo de saber se o custo final de produção tornaria este viável para comercialização.

Tabela 6 - Porcentagem das respostas em relação ao valor a ser investido

Valor	Até R\$100	De R\$100 a R\$200
Porcentagem das respostas	72,0%	5,0%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

A partir das respostas dos entrevistados para a sexta pergunta, entende-se que o produto é comercializável se seu valor for inferior a R\$100,00, deste modo, os componentes que compõem o produto devem ser bem definidos, para que o resultado fique dentro da margem de venda.

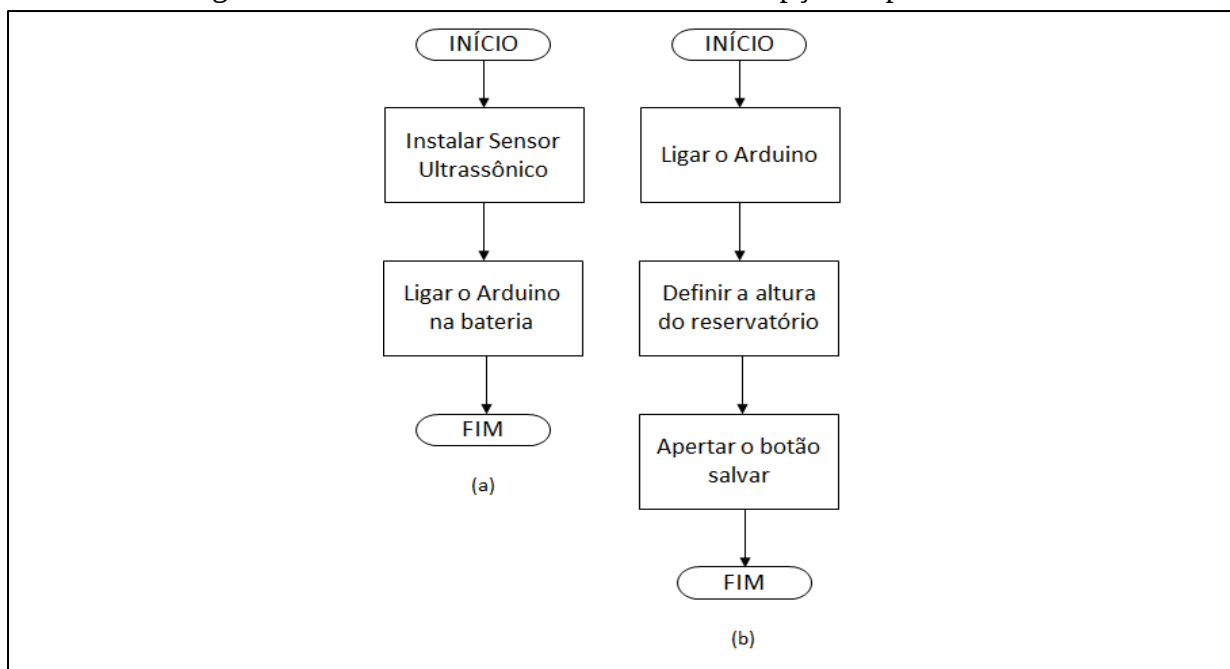
3.3 Visão Geral do Projeto

O projeto visa o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de nível via comunicação *wireless*, com foco em alertar ao usuário em caso de interrupção do fornecimento de água em seu reservatório.

Deste modo, podemos integralizar o projeto em dois subsistemas, o primeiro está relacionado na medição e transmissão do nível de água presente no reservatório. Já o segundo, é responsável de receber as informações e exibi-las ao usuário, além de alertar caso ocorra divergência no nível do reservatório.

Para contextualizar estes dois subsistemas, na Figura 10.a são exibidos os passos a serem seguidos relacionados à parte de transmissão e na Figura 10.b está associado à parte de recepção. Seguindo esses passos, o produto funcionará de acordo com o que foi programado em seu *software*. No Tópico 3.7 será descrito com detalhes o passo a passo de instalação destes subsistemas.

Figura 10 – Subsistemas de transmissão e recepção respectivamente



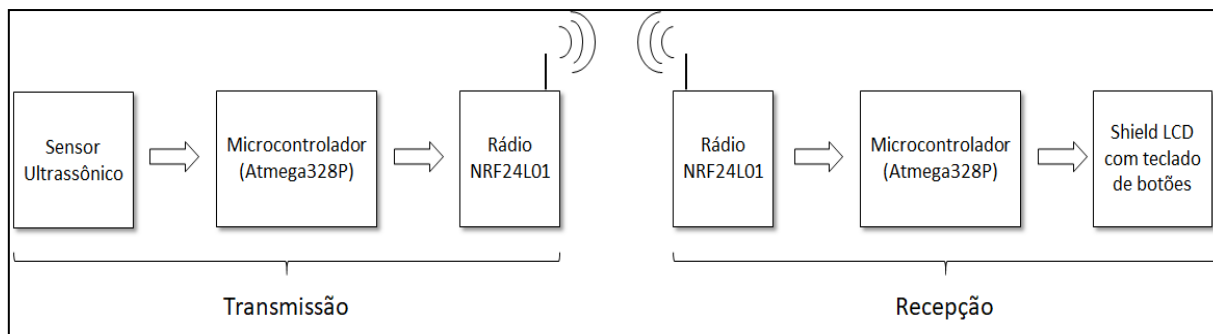
Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

3.4 O Sistema de transmissão do nível do reservatório via wireless

A partir do diagrama de blocos na Figura 11, é possível identificar cada subsistema do projeto. Primeiro temos a parte de transmissão de dados, composta pelo sensor ultrassônico, microcontrolador, rádio NRF24L01.

É importante ressaltar que os componentes escolhidos em cada sistema, foram definidos para atender a escala de maturação tecnológica de nível 5, diante disso, ao avançar na maturidade, essa decisão seria reavaliada buscando o melhor custo-benefício.

Figura 11 - Diagrama de blocos do sistema



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Neste sistema, o microcontrolador Arduino UNO (Atmega328P) atendeu às necessidades, tendo a quantidade de portas suficiente para ligar todos os componentes, memória e poder de processamento. Na Tabela 7 são apresentadas as principais características do Arduino utilizado:

Tabela 7 - Especificações do Arduino UNO

Microcontrolador	ATmega328P
Tensão operacional	5 V
Tensão de entrada	7 a 12 V
Pinos Digitais I/O	14 (dos quais 6 oferecem saída PWM)
Pinos de entrada Analógica	6
Corrente DC por pinos I/O	20 mA
Memória Flash	32 kB (dos quais 0,5 kB utilizado pelo bootloader)
SRAM	2 kB
EEPROM	1 kB
Velocidade do Clock	16 MHz

Fonte: Adaptado de: Arduino.cc, 2015.

Para realizar a medição do nível de água presente no reservatório, optou-se por um sensor ultrassônico que tivesse a característica de ser resistente a água e umidade, evitando qualquer problema de curto-circuito e oxidação de seus componentes. Diante disso, selecionou-se o modelo JSN-SR04T-2.0 (Figura 5), que possui as seguintes características de acordo com seu *datasheet* na próxima página.

Tabela 8 - Especificações do sensor ultrassônico

Sensor Ultrassônico	JSN-SR04T-2.0
Tensão operacional	3.0 – 5.5 V
Corrente de trabalho	< 8 mA
Alcance	20 - 600 cm
Precisão de medida	+/- 1 cm
Frequência	40 KHz
Resolução	1 mm
Temperatura de operação	-20 °C a +70 °C
Comprimento do cabo do sensor	2,5 metros

Fonte: Adaptado de: Jahankit.ir.

De acordo com seu *datasheet*, o módulo do sensor tem o seguinte princípio de funcionamento: é emitido uma onda ultrassônica do sensor até ponto a ser medido e em sequência esta onda é recebida de volta, a partir disso, é calculado o intervalo de tempo entre o envio do sinal e o recebimento do eco. Deste modo, com base neste intervalo, é possível definir a altura do nível de água presente no reservatório. Para distâncias inferiores a 20 cm, o sensor pode apresentar inconsistências em suas medições.

No **ANEXO A – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO** encontra-se o código completo relacionado ao sistema de transmissão do nível do reservatório. Primeiramente, o pino de disparo *trigger* e o pino de *echo* são definidos, 3 e 2 respectivamente. A instrução `#define` é usada para dar nome a um valor constante. Em sequência, são declaradas as funções e variáveis responsáveis para o funcionamento do módulo.

As funções “`leituraSimples()`” e “`calcularDistancia()`” são funções que irão efetuar a leitura e realizar o cálculo do nível respectivamente. Portanto, são realizadas 20 medidas em um intervalo de 5 milissegundos (definidas previamente) e em seguida será calculado a média destas medições, assim, garantimos uma leitura mais precisa do nível.

Em sequência, é retornado a distância medida já em centímetros e no código de recepção esta será representada em porcentagem. Portanto, a partir do momento que a caixa vai esvaziando, a medição de distância vai aumentando e a porcentagem diminuindo.

Considerando a limitação de 20 cm do sensor ultrassônico representada no exemplo abaixo (Figura 12) e uma caixa d’água tendo a altura de 75,5 cm, a representação de 70% do nível será quando o sensor medir uma distância de 42,65 cm (20 + 22,65). As fórmulas desenvolvidas para realizar estes cálculos são as seguintes (encontram-se também no Anexo B):

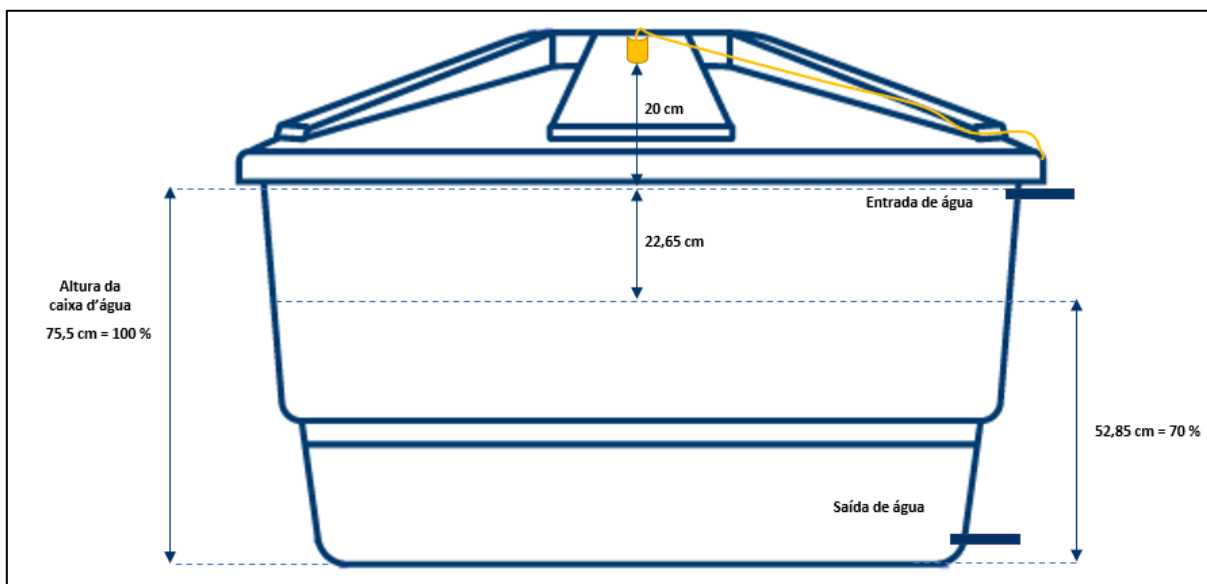
$\text{Distancia} = (\text{altura_eeprom} + 200) - (\text{Nivel} * 10);$ // Fórmula para calcular o nível

$\text{DistReal} = (\text{Distancia} * 10) / (\text{altura_eeprom} / 10);$ // Fórmula para conversão em porcentagem

A variável “altura_eeprom” armazena a informação fornecida pelo usuário referente a altura de seu reservatório, para o exemplo em questão, esta variável terá o valor de 755. A variável “Nivel” fornece o valor medido pelo sensor ultrassônico, portanto, considerando a representação do nível em 70% de seu volume total, “Nivel” será igual a 42,65. Sendo assim, a variável “Distancia” será igual a 528,5.

Por fim, a variável “DistReal” tem como função realizar a conversão do valor encontrado em “Distancia” para porcentagem, pois esta será a forma que será exibida no display LCD. Logo, após realizado os cálculos “DistReal” será igual a 70, como esperado.

Figura 12 – Modo de instalação do sensor e identificação dos limites



Fonte: Adaptado de: <https://www.fibromar.com.br/produto/12/caixa-dagua-de-poli-etileno>.

Para realizar a transmissão do nível do reservatório, o transceptor NRF24L01+ (Figura 3) é ligado ao Arduino, com a função de enviar os dados coletados do módulo sensor, de maneira que estas informações possam ser trocadas sem necessidade de fios. Além da informação de nível, o transceptor é responsável por enviar a informação da tensão da bateria que alimenta todo o circuito.

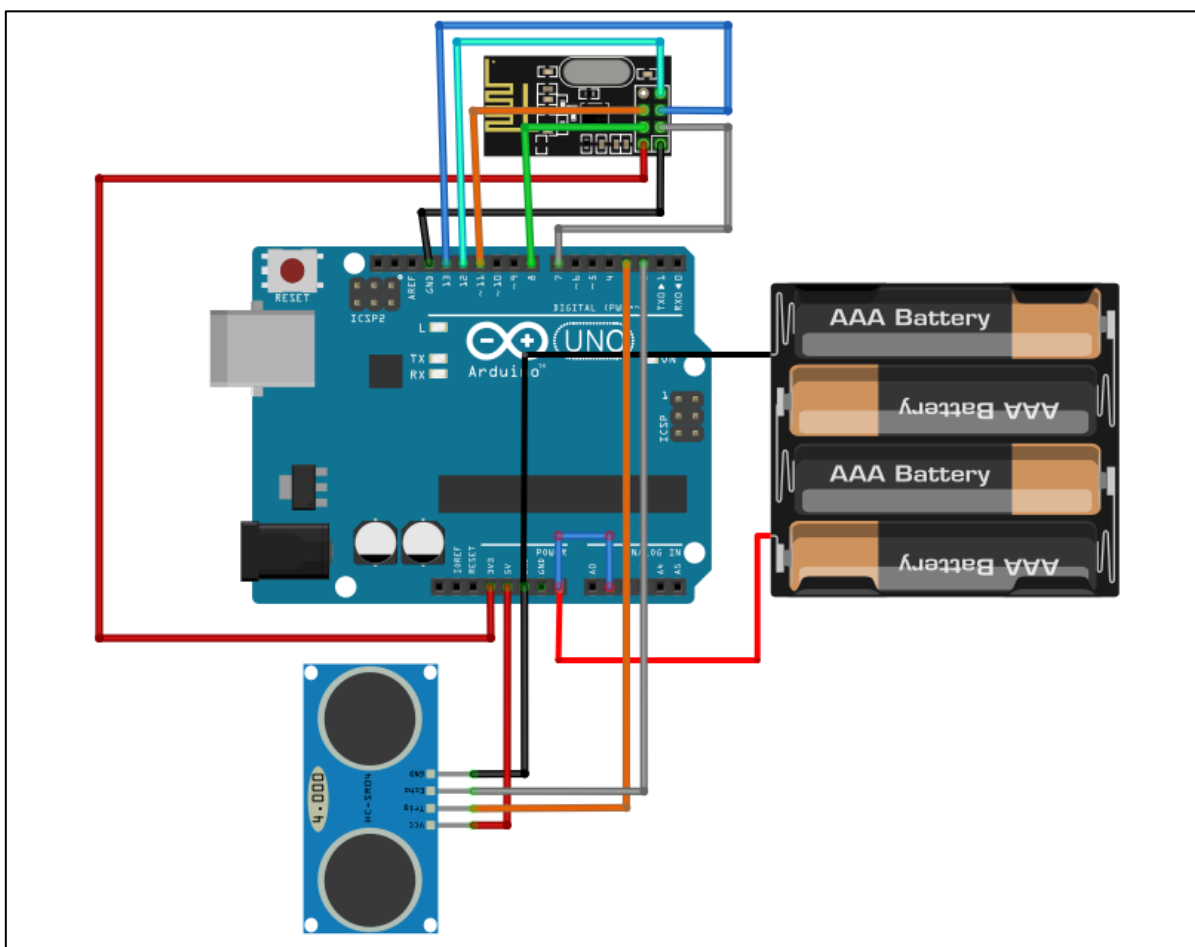
Este módulo foi escolhido para fazer a comunicação entre os dois pontos do projeto, pois é compacto e já possui uma antena embutida, além disso, seu alcance máximo atende a

aplicação. Sendo assim, os parâmetros de análise estão dentro do nível de maturidade de tecnologia para o protótipo.

Para a utilização deste transceptor é necessário utilizar as bibliotecas “RF24.h” e “printf.h”. O envio dos dados colhidos é realizado a cada 5 minutos, para que consuma o mínimo de energia possível, aumentando a vida útil das baterias comparado se estes dados fossem enviados a cada segundo.

O esquema de ligação do módulo de transmissão é mostrado na figura a seguir (Figura 13) com uma observação, o sensor ultrassônico utilizado HC-SR04, é somente para ilustrar como deve ser realizada a ligação, que é a mesma utilizada no modelo JSN-SR04T usado no projeto e as pilhas para alimentação do Arduino são de 1,2 V cada.

Figura 13 - Ligação dos componentes ao Arduino



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

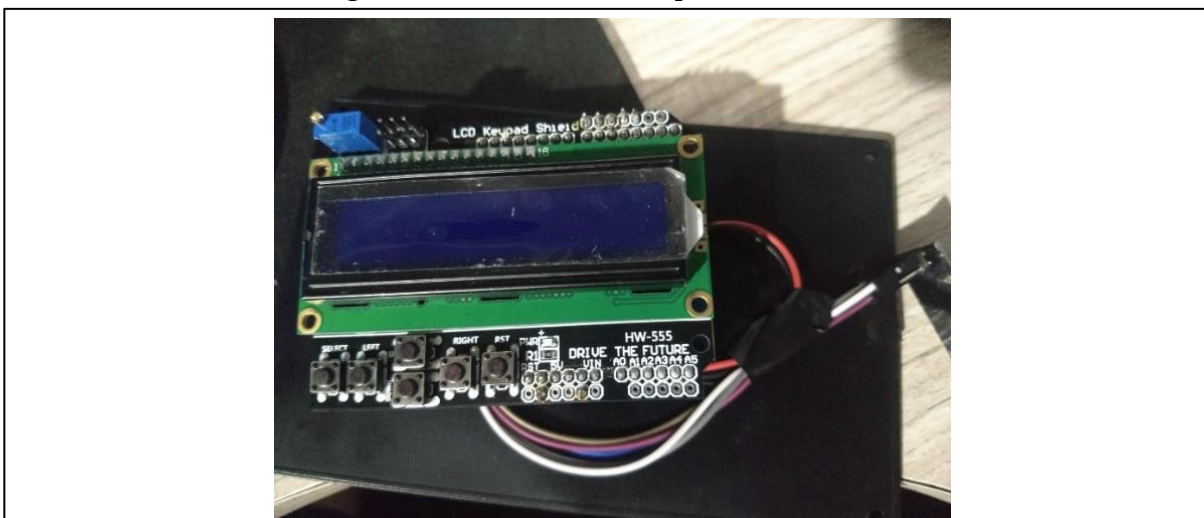
3.5 O Sistema de recepção do nível do reservatório via wireless

O segundo subsistema é composto pelo mesmo modelo de microcontrolador e rádio do sistema de transmissão, com acréscimo de um *Shield* LCD com 6 botões, possibilitando que o usuário interaja com o sistema e possa acompanhar o nível de água presente no reservatório, exibido na Figura 14 a seguir.

Também possui um *buzzer*, componente simples e barato, que apesar de suas limitações atende para este sistema, semelhante a um alto falante, este é responsável por alertar o usuário em caso de interrupção do fornecimento de água ou quando a tensão da bateria ficar baixa.

O *Shield* com 6 botões escolhido tem por objetivo facilitar a criação do protótipo, pois os botões a serem utilizados, já estão soldados no módulo, tornando mais simples sua instalação. Ao avançar na maturidade tecnológica, esta decisão deverá ser reavaliada, buscando um melhor custo-benefício.

Figura 14 - Shield LCD acoplado ao Arduino.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Em sequência na Figura 15 , é apresentado o *Shield* LCD já acoplado em uma caixa de plástico, com o objetivo de facilitar a interação do usuário. A caixa utilizada foi impressa em uma impressora 3D utilizando o filamento PLA, possibilitando um melhor acabamento para a anexação da tela e os botões.

Deste modo, cada botão tem uma configuração específica, permitindo que o usuário consiga utilizar de maneira fácil o produto. Suas funções são descritas a seguir:

Figura 15 - Shield LCD acoplado na caixa com identificação dos botões.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Tanto a programação dos botões quanto a configuração das telas exibidas no *display* LCD, estão descritas **ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE RECEPÇÃO**.

O botão “MENU” tem a função de alternar as duas telas a serem exibidas no LCD. Na primeira tela, é exibido a configuração de ajuste de altura, para que o usuário consiga inserir a altura do reservatório em que o sensor ultrassônico será instalado. Na segunda tela (Figura 16), é mostrado em porcentagem o nível de água presente no reservatório e a tensão da bateria de alimentação do Arduino utilizado na etapa de transmissão.

Em sequência, o botão “SALVAR” tem a função de guardar a informação de altura inserida pelo usuário na primeira tela. Para que o usuário consiga ajustar esta informação foram configurados dois botões, “DIMINUIR” e “AUMENTAR”, permitindo respectivamente, decrementar e incrementar o valor da altura do reservatório.

Já o botão “DESLIGAR BUZZER” tem somente a função de desligar o *buzzer* quando ele for atuado. O *buzzer* será acionado automaticamente a partir do momento que o nível do reservatório for inferior a 70%, com a finalidade de alertar ao usuário a falta de alimentação de água do reservatório. Também será acionado quando a tensão da bateria for inferior a 3 V.

Por último, o botão “RESET” permite que o usuário reinicie as configurações do sistema, possibilitando inserir um novo valor para altura de reservatório por exemplo.

Figura 16 - Tela com informações da bateria e nível do reservatório



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

3.6 Programação da memória EEPROM

No sistema de recepção, para salvar a altura do reservatório inserida pelo usuário, utilizou-se a memória EEPROM. De acordo com Almeida (2017) “A memória EEPROM ou *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*, consiste em um modelo de memória onde diferente da memória RAM, podemos manter dados armazenados após desligarmos o nosso equipamento” (ALMEIDA, 2017). Portanto, caso o Arduino seja desligado, a informação de altura inserida pelo usuário não será perdida.

Para utilização da memória EEPROM é necessário utilizar a biblioteca “EEPROM.h”. Em seguida, é realizada a limpeza da memória, garantindo que não haja nenhum dado indesejado armazenado na memória previamente, portanto, na Figura 17 é demonstrado o código para limpeza. Contudo, este trecho deve ser executado somente uma vez, portanto, após realizado esta etapa o código é comentado e o próximo valor salvo na memória da EEPROM não será apagado caso o Arduino seja desligado ou resetado.

Figura 17 - Lógica para limpeza da EEPROM

```
for (int nL = 0; nL < espacoEEPROM; nL++) {  
  EEPROM.write(nL, 0);  
}
```

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

No Arduino UNO o tamanho da memória EEPROM é de 1Kbyte, ou seja, permite o armazenamento de 1000 bytes. Deste modo, com o objetivo de guardar uma variável inteira (altura do reservatório), serão necessários dois espaços da memória.

3.7 Teste dos sistemas

Após o desenvolvimento de cada subsistema, para validação do sistema completo, foi realizado um teste com o protótipo desenvolvido. Deste modo, seguindo a Figura 10 como referência, o sensor ultrassônico foi instalado na tampa da caixa d'água, representado na Figura 18:

Figura 18 - Instalação do sensor ultrassônico na caixa d'água



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

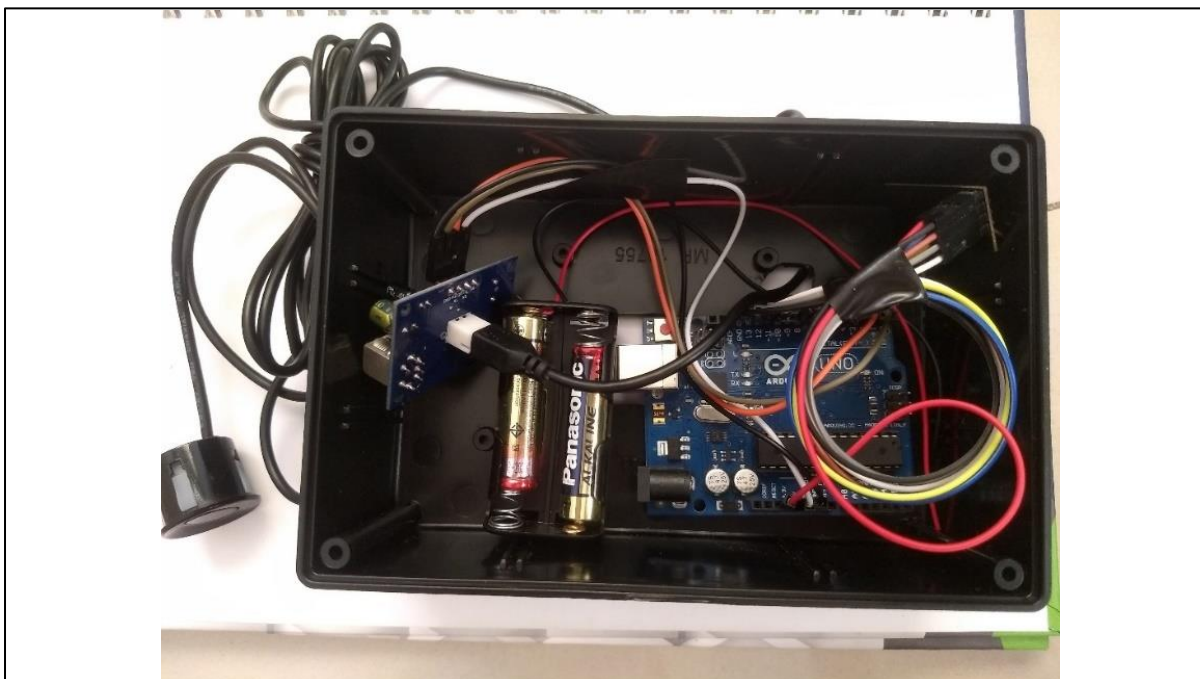
Em seguida, o cabo do sensor é conectado a seu módulo, localizado dentro de uma caixa junto ao Arduino, o transceptor e as pilhas, apresentado na Figura 19 e Figura 20:

Figura 19 - Caixa no ambiente de teste



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Figura 20 - Caixa com os componentes do subsistema de transmissão



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Na sequência, utilizando a Figura 12 como referência para a configuração do subsistema de recepção, ligou-se o Arduino com o auxílio de uma fonte de 5V e setada a altura em milímetros para uma caixa d'água de 1000 litros, conforme Figura 21:

Figura 21 - Ajuste da altura da caixa d'água



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Após salvar a altura, a tela com informações da bateria e nível foi exibida, conforme Figura 16. Por fim, para testar o funcionamento do *buzzer*, a caixa d'água foi esvaziada até atingir 70% de seu nível e utilizadas baterias com a tensão inferior a 3 V, por conseguinte, para ambos os casos o *buzzer* atuou como programado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a pesquisa de mercado, foi possível visualizar as principais dificuldades encontradas pelos entrevistados e as exigências mínimas para que o produto seja comercializado. Diante disso, o produto criado atendeu a maioria das expectativas, com exceção ao seu custo final inferior a R\$100,00, sendo possível cumprir com esta exigência, somente se o produto fosse desenvolvido em larga escala, já em níveis de TRL mais avançados.

Foi observado durante a prática, que quando a caixa estava completamente cheia, o sensor ultrassônico apresentava medições distorcidas, decorrente da limitação do sensor em medir distâncias inferior a 20 cm, entretanto, a partir do momento em que a caixa começa a esvaziar, consequentemente a distância do sensor até a água também aumenta, assim, conseguindo fornecer a medida de nível real sem comprometer com a informação da interrupção do fornecimento de água.

Portanto, o trabalho mostrou que o produto desenvolvido é eficiente para monitoramento de nível em reservatórios, utilizando somente rádios e microcontroladores, sem necessidade de cabeamento.

4.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Desenvolver um aplicativo para smartphones que obtenha os dados coletados pelo sensor, de forma que permita acompanhar o nível de água do reservatório a qualquer momento em qualquer lugar, tornando o produto ainda mais atrativo, apresentando maior comodidade.

Por fim, sugere-se avançar nos níveis de TRL objetivando o nível 9, pois, desta forma validará o produto para produção e comercialização, atendendo o público-alvo em questão.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. A; MOTA, J. Casas inteligentes. Lisboa: Centro Atlântico, 2003.

ARDUINO. 2015. Disponível em: <https://www.arduino.cc>. Acesso em: 18/06/2021.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: A survey**. Computer Networks, ScienceDirect, v. 54, p. 2787-2805, 31 maio 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128610001568>. Acesso em: 02/11/2022.

CARDOZO, Rodrigo. Apostila de Automação Industrial. Santa Maria: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2005. Disponível em: http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/CA03.pdf. Acesso em: 10/11/2022.

CHRISTENSEN, Clayton M. **O Dilema da Inovação: Quando as Novas Tecnologias Levam Empresas ao Fracasso**. Tradução: Laura Prates Veiga. São Paulo: M. Books, 2012. Título original: The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail (Management of Innovation and Change). ISBN: 978-85-7680-320-1.

CISCO IBSG, Cisco Internet Business Solution Group. **A internet das coisas, como a próxima evolução da internet está mudando o mundo**. Autor: Dave Evans, 2011. Disponível em: . Acesso em: 14/11/2022.

CROVADOR, ALVARO. **O USO DO ARDUINO EM SALA DE AULA NO EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES DE GALILEU GALILEI**. Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros. 2019. 84 f. TCC (Especialização) - Curso de Educação, UNINTER, Curitiba, 2019. Disponível em: https://www.uninter.com/mestrado/wp-content/uploads/2019/07/Versão-Final-Dissertação_Alvaro-Crovador.pdf. Acesso em: 10/11/2022.

DINIZ JÚNIOR, JOSÉ GERALDO. **SISTEMA AUTOMATIZADO DE REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS E RESIDUAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS**. Orientador: Márcio

Valério de Araújo. 2016. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/2016024005722b37505118bd3b40cd842/Jos_Geraldo_Diniz_Jnior_TCC.pdf. Acesso em: 11/06/2021.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática** - Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos. 5ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.

FLORES, Ricardo da Silva. **Sistema de Monitoração do consumo de água residencial utilizando um computador e o Microcontrolador PIC16F628A**, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília - DF, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3293/2/20226381.pdf>. Acesso em: 14/11/2022.

GIARETTA, Mateus Streit. **Projeto de uma rede de comunicação sem fio baseada no transceptor nRF24L01+ voltada para sistemas de automação predial**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2014. Disponível na internet: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/101167>. Acesso em: 14/11/2022.

GUIMARÃES, Fábio. Eletrônica: Módulo nRF24L01. In: Fábio Guimarães. **Mundo Projetado**. [S.l.]. 25 dez. 2019. Disponível em: [https://mundoprojetado.com.br/modulo-nrf24l01/#:~:text=O%20nRF24L01%20é%20um%20pequeno,deste%20post%20\(dezembro%202019\).](https://mundoprojetado.com.br/modulo-nrf24l01/#:~:text=O%20nRF24L01%20é%20um%20pequeno,deste%20post%20(dezembro%202019).) Acesso em: 10/11/2022.

HACHOUCHE, A. S. **Apostila Arduino básico**. v. 1.0. Disponível em: https://www.dmcvg.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/66/2021/04/Apostila_Eletrogate_-_Kit_Arduino_Robotica_compressed-1.pdf. Acesso em: 14/06/2021.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para Consumo Humano** – Material didático para a disciplina Sistema de Abastecimento de Água do curso de Engenharia Civil da UFMG. Minas Gerais, DESA, 2005. 247 p.

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS. Rede de Bibliotecas. **Manual de normalização de trabalhos acadêmicos**. Belo Horizonte: IFMG, 2020. Disponível em: <https://>

www2.ifmg.edu.br/portal/ensino/bibliotecas/manual-de-normalizacao-do-ifmg. Acesso em: 14/11/2022.

MALAR, João Pedro. **Como a economia circular pode ajudar empresas a reduzir consumo de água**: Técnicas vão além do reuso, e especialistas apontam necessidade de políticas públicas de incentivo. CNN Brasil Business, São Paulo, 18 set. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/como-a-economia-circular-pode-ajudar-empresas-a-reduzir-consumo-de-agua/>. Acesso em: 15/05/2022.

MANKINS, J. C. Technology Readiness Levels. A White Paper. April 6, 1995. **Advanced Concepts Office**. Office of Space Access and Technology. NASA. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf. Acesso em: 14/11/2022.

MAMUN, Abdullah-Al; AHMED, Nasim; AHAMED, Nizam Uddin; RAHMAN, S. A. M. Matiur; AHMAD, Badlishah; SUNDARAJ, Kenneth. Use of Wireless Sensor and Microcontroller to Develop Water-level Monitoring System. **Indian Journal of Science and Technology**, [S. l.], v. 7, p. 1325-1330, 1 set. 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/159182631.pdf>. Acesso em: 05/05/2021.

PAIM, R. *et al.* **Gestão de processos**: Pensar, agir e aprender. Porto Alegre: Bookman, 2009.

MAZZAROPPI, MARCELO. **SENSORES DE MOVIMENTO E PRESENÇA**. Orientador: MARCOS VICENTE DE BRITO MOREIRA. 2007. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, ENGENHARIA ELÉTRICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7345/1/monopoli10001369.pdf>. Acesso em: 10/11/2022.

MCROBERTS, Michael. *Beggining Arduino*. Apress. Nova Iorque: 2010.

DINIZ, Michely Correia. **Núcleo de Inovação Tecnológica**. [S.l.]. UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2021. Disponível em:

<https://portais.univasf.edu.br/nit/portfolio-tecnologico/nivel-de-maturidade-tecnologica>.

Acesso em: 10/11/2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2.914. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. ano 2011, 12 dez. 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 18/10/2021.

MONACO, Rafael. **Investimentos em automação potencializam competitividade da indústria**. 2013. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br>. Acesso em: 10/11/2022.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com sketches**. 2. ed. Porto Alegre - RS: Bookman Editora LTDA, 2013. 200 p.

MUNICÍPIO de Ipatinga notifica a Copasa por falta d'água. **Diário do Aço**, Ipatinga, 12 nov. 2019. Cidade, Disponível em: <https://www.diariodoaco.com.br/noticia/0073300-municipio-de-ipatinga-notifica-a-copasa-por-falta-dagua>. Acesso em: 11 jun. 2021.

MORAES, Cícero Couto; CASTRUCCI, Plínio de Lado. **Engenharia de automação industrial**. 2007. 2ª Edição.

NORDIC SEMICONDUCTORES, EUA, 2007. Disponível em: http://www.nordicsemi.com/eng/content/download/2726/34069/file/nRF24L01P_Product_Specification_1_0.pdf. Acesso em: 14/11/2022.

OLIVEIRA, Daniel Bermudez Souto de; ZANATTA, Marcio Piragibe de Bakker Faria; SANTOS, Rodrigo Almeida. **Redes de Sensores e Atuadores Wireless para Automação Predial**. 2007. 59 f. Trabalho de Graduação de Curso (Curso Superior de Engenheiro Eletricista) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, 2007.

PALHANO, Luiz Fábio de Souza. **Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Nível para Reaproveitamento de Água**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 07, pp. 69-85, agosto de 2018.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Distribuição da água no mundo**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/geografia/distribuaao-agua-no-mundo.html>. Acesso em: 29/10/2022.

RODRIGUES, L *et al.* **Introdução ao Arduino**. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Campo Grande: 2012.

ROSA, Cláudio Afrânio; COUTO, Gustavo Marques. **Guia do Bootcamper: Mindset Empreendedor: Cliente e Mercado**. Belo Horizonte: Sebrae Minas, 2016. v. II.

SCHMILDT, I. A.; CHISTÉ, G. O.; OLIVEIRA, R. C. L.; BORGES, C. N. P.; LOYOLL, D. N. Alunos do ensino fundamental e uso racional da água. In: XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. **Anais do XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de PósGraduação – Universidade do Vale do Paraíba**, Taubaté, p. 72-76, 2007.

SOUZA, Luciana Cordeiro. **Águas Subterrâneas e a Legislação brasileira**. Curitiba: Editora Juruá, 2009.

THOMAZINI, Daniel; DE ALBUQUERQUE, Pedro U.B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2007. 367 p.

SENRA, M.F. **Uso consciente da água**. Orientador: Paula Bamberg. 2017. 70 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - MG, 2016.

QUINTELLA, C. M. *et al.* **Prospecção tecnológica**. Salvador: FORTEC/PROFNIT, 2019. SILVA NETO, A. M.; TRABASSO, L. G. **Método para avaliação do grau de maturidade tecnológica no processo de desenvolvimento de produtos da indústria metal-mecânica**. 2015. Disponível em: http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/334/322. Acesso em: 13/11/2021.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Guaratinguetá: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, v. 2.0, 2010. 19 p. Disponível

em: <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>. Acesso em: 10/11/2022.

WORTMEYER, Charles; FREITAS, Fernando; CARDOSO, Líuam. Automação Residencial: Busca de Tecnologias visando o Conforto, a Economia, a Praticidade e a Segurança do Usuário. **II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, Rio de Janeiro, p. 1064-1067, 2005. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/256_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf. Acesso em: 9/11/2022.

APÊNDICE A – PESQUISA DE MERCADO

Esta pesquisa de mercado tem a finalidade de avaliar a aplicabilidade do produto a ser desenvolvido, na região do Vale do Aço. As respostas são confidenciais e visam apenas auxiliar na resolução de um problema de pesquisa.

1. Eficácia no fornecimento de água

“Em uma escala de zero a cinco, onde zero representa pouco eficaz e cinco é muito eficaz, como você classifica a eficácia do fornecimento de água encanada?”

2. Acesso à informação de interrupção do fornecimento de água

“Em uma escala de zero a cinco, onde zero representa nunca ter recebido informação previa e cinco representa sempre ser informado pela interrupção no abastecimento de água?”

3. Complicações geradas por falta de água

“Cite duas ou mais complicações que a falta de água ocasionou a você?”

4. Relação de complicações e a informação

“Em uma escala de zero a cinco, onde zero significa nenhuma diferença e cinco grande diferença. Ao ser avisado de irregularidades no abastecimento por algum meio de comunicação, é mais fácil lidar com as complicações citadas anteriormente?”

5. Interesse de aquisição

“Você adquiriria um produto que te manteria informado sobre o abastecimento de água em sua residência ou estabelecimento?”

6. Recurso financeiro disponível para aquisição

“Qual valor você estaria disposto a pagar por esse produto?”

ANEXO A – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

```
#include <EEPROM.h>
#include <RF24.h>
#include <printf.h>

//Definição Pinos Sensor Ultrassônico
#define pinTrigger 3
#define pinEcho 2

// DECLARAÇÃO DE FUNÇÕES
float leituraSimples();
float calcularDistancia();
void sonarBegin(byte trig, byte echo);

// DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS
float distancia;

//***** Controle do RF *****
#define radioID 1 //Informar "0" para um dispositivo e "1" para o
outro dispositivo

struct estruturaDadosRF {
    boolean ligando = false; //Esta variavel será usada para
solicitar os dados do outro aparelho. Será útil quando o aparelho
solicitante esta sendo ligado, para manter os valores do aparelho
que já esta ligado.
    unsigned int Nivel = 0; // Nível da caixa d'água
    unsigned int BatVolt = 0;
};
typedef struct estruturaDadosRF tipoDadosRF;
tipoDadosRF dadosRF;
tipoDadosRF dadosRecebidos;

boolean transmitido = true;
boolean alterado = false;

RF24 radio(7, 8); //(CE,CSN)
```

```

byte enderecos[][6] = { "1node", "2node" };

//***** Declara Variáveis Globais *****
#define BatVoltPin A1    //Define o pino para leitura da tensão da
bateria

unsigned int Nivel = 0;
unsigned int NivelAnt = 0;

unsigned int BatVolt = 0;
unsigned int BatVoltAnt = 0;

void setup() {

    //***** Inicializa pinos *****
    sonarBegin(pinTrigger, pinEcho);

    //***** Controle do RF *****
    radio.begin();

    #if radioID == 0
        radio.openWritingPipe(enderecos[0]);
        radio.openReadingPipe(1, enderecos[1]);
    #else
        radio.openWritingPipe(enderecos[1]);
        radio.openReadingPipe(1, enderecos[0]);
    #endif

    //Solicita os dados do outro aparelho, se ele estiver ligado.
    Tenta a comunicação por 2 segundos.
    dadosRF.ligando = true;
    radio.stopListening();
    long tempoInicio = millis();
    while (!radio.write(&dadosRF, sizeof(tipoDadosRF))) {
        if ((millis() - tempoInicio) > 2000) {
            break;
        }
    }
}

```

```

    dadosRF.ligando = false;
    radio.startListening();

}

void loop() {

    Nivel = calcularDistancia();

    //***** Controle do RF NÃO ALTERAR
    *****

    // se houve alteração dos dados, envia para o outro radio
    if (alterado || !transmitido) {
        radio.stopListening();
        transmitido = radio.write(&dadosRF, sizeof(tipoDadosRF));
        radio.startListening();
        alterado = false;
    }
    //verifica se esta recebendo mensagem
    if (radio.available()) {
        radio.read(&dadosRecebidos, sizeof(tipoDadosRF));
        //verifica se houve solicitação de envio dos dados
        if (dadosRecebidos.ligando) {
            alterado = true;
        } else {
            dadosRF = dadosRecebidos;
        }
    }

    if (Nivel != NivelAnt) {
        dadosRF.Nivel = Nivel;
        alterado = true; //esta variavel controla o envio dos dados
        sempre que houver uma alteração
    }
    NivelAnt = Nivel;
    BatVolt = map(analogRead(BatVoltPin), 0, 1023, 0, 50); // 0V
    Nível mínimo, 5V Nível Máximo
    if (BatVolt != BatVoltAnt) {
        dadosRF.BatVolt = BatVolt;
    }
}

```

```

        alterado = true;
    }
    BatVoltAnt = BatVolt;
    delay(300000);
}

// IMPLEMENTO DE FUNÇÕES

void sonarBegin(byte trig, byte echo) {

#define divisor 58.0
#define intervaloMedida 5
#define qtdMedidas 20

    pinMode(trig, OUTPUT);
    pinMode(echo, INPUT);

    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(500);
}

float calcularDistancia() {

    float leituraSum = 0;
    float resultado = 0;

    for (int index = 0; index < qtdMedidas; index++) {

        delay(intervaloMedida);
        leituraSum += leituraSimples();
    }

    resultado = (float)leituraSum / qtdMedidas;

    return resultado;
}

float leituraSimples() {

```

```
long duracao = 0;
float resultado = 0;

digitalWrite(pinTrigger, HIGH);

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pinTrigger, LOW);

duracao = pulseIn(pinEcho, HIGH);

resultado = ((float)duracao / divisor);

return resultado;
}
```

ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE RECEPÇÃO

```
#include <EEPROM.h>
#include <printf.h>
#include <RF24.h>
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7); /* For 8-bit mode */
```

```
//VARIABLES MENUS 2
```

```
#define espacoEEPROM 1000 //1kb para todos os Arduinos com ATmega 328P
```

```
int Menu = 2; //Tela 2, tela em que o usuário entrará com os dados da caixa d'agua.
```

```
float Distancia = 0;
```

```
float DistReal = 0;
```

```
int botao = 0;
```

```
int altura_eeeprom = 1000;
```

```
boolean bBuzzer_ant = 0;
```

```
boolean bMais_ant = 0;
```

```
boolean bMenos_ant = 0;
```

```
boolean bMenu_ant = 0;
```

```
boolean bSalvar_ant = 0;
```

```
boolean bMais = 0;
```

```
boolean bMenos = 0;
```

```
boolean bMenu = 0;
```

```
boolean bSalvar = 0;
```

```
boolean bBuzzer = 0;
```

```
//***** Controle do RF *****
```

```
#define radioID 0 //Informar "0" para um dispositivo e "1" para o outro dispositivo
```

```
struct estruturaDadosRF
```

```
{
```

```
    boolean ligando = false;          //Esta variavel será usada para solicitar os dados do outro
    aparelho. Será útil quando o aparelho solicitante esta sendo ligado, para manter os valores do
    aparelho que já esta ligado.
```

```
    unsigned int Nivel = 0;           // Nível da caixa d'água
```

```
    unsigned int BatVolt = 0;         // Nível da bateria
```

```

};
typedef struct estruturaDadosRF tipoDadosRF;
tipoDadosRF dadosRF;
tipoDadosRF dadosRecebidos;

boolean transmitido = true;
boolean alterado = false;

RF24 radio(2, 3); //(CE-7, CSN-8)

byte enderecos[][6] = {"1node", "2node"};

//***** Declaração de Variáveis Globais *****
#define BuzzerOff A5 //Define o pino que o botão de calar a sirene está ligado
#define Buzzer A4
int BuzzerTemp = 0;

unsigned int BatFull = 42;
unsigned int Bat6 = 40;
unsigned int Bat5 = 38;
unsigned int Bat4 = 36;
unsigned int Bat3 = 34;
unsigned int Bat2 = 32;
unsigned int BatLow = 30;
unsigned long tempo = 0;

//***** Declaração de Variáveis EEPROM *****

void EEPROMWritealtura(int address, int value); //2Bytes
int EEPROMReadaltura(int address);

void setup() {
    //Limpeza da EEPROM (Executado apenas para limpar a memória. IMPORTANTE: após a
    primeira carga, comentar esse trecho e efetuar a segunda carga em seguida.)
    //for (int nL = 0; nL < espacoEEPROM; nL++) {
    //EEPROM.write(nL, 0);
    //} //Comentar até aqui.

```

```

//***** Controle do RF *****

radio.begin();

#if radioID == 0
  radio.openWritingPipe(enderecos[0]);
  radio.openReadingPipe(1, enderecos[1]);
#else
  radio.openWritingPipe(enderecos[1]);
  radio.openReadingPipe(1, enderecos[0]);
#endif

pinMode(Buzzer, OUTPUT);
digitalWrite(Buzzer, LOW);
pinMode(BuzzerOff, INPUT_PULLUP);

//Solicita os dados do outro aparelho, se ele estiver ligado. Tenta a comunicação por 2
segundos.
dadosRF.ligando = true;
radio.stopListening();
long tempoInicio = millis();
while ( !radio.write( &dadosRF, sizeof(tipoDadosRF) ) ) {
  if ((millis() - tempoInicio) > 2000) {
    break;
  }
}
dadosRF.ligando = false;
radio.startListening();

//***** Controle do Projeto LOCAL *****

altura_eeprom = EEPROMReadaltura(1); //Posicao 1 e 2 da EEPROM
lcd.begin(16,2);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("  CENTRAL DE");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("  ALARME");

```

```

delay(3000);
lcd.clear();
lcd.begin(16, 2);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(" AJUSTE  ALTURA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("0 < ");
lcd.print(altura_eeprom);
lcd.print(" < 1655");
}

```

```

void loop() {

```

```

    // Ler botões apenas a cada 100 milissegundos

```

```

    static unsigned long botaoDellay = 0;

```

```

    if (botaoDellay + 100 < millis()){

```

```

        botaoDellay = millis();

```

```

        //variaveis para tela de menu 2

```

```

        int botao = analogRead(0);

```

```

        if (botao <= 80) { //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE 80, IDENTIFICA
QUE O BOTÃO APERTADO FOI O DE "MAIS"

```

```

            bMais = 1; bMenos = 0; bMenu = 0; bSalvar = 0; bBuzzer = 0;

```

```

        }

```

```

        else if (botao > 80 && botao <= 200) { //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE
200, IDENTIFICA QUE O BOTÃO APERTADO FOI O DE "MENU"

```

```

            bMenu = 1; bMais = 0; bMenos = 0; bSalvar = 0; bBuzzer = 0;

```

```

        }

```

```

        else if (botao > 200 && botao <= 400){ //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE
400, IDENTIFICA QUE O BOTÃO APERTADO FOI DE "SALVAR"

```

```

            bSalvar = 1; bMenu = 0; bMais = 0; bMenos = 0; bBuzzer = 0;

```

```

        }

```

```

        else if (botao > 400 && botao <= 600){ //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE
600, IDENTIFICA QUE O BOTÃO APERTADO FOI DE "MENOS"

```

```

            bMenos = 1; bSalvar = 0; bMenu = 0; bMais = 0; bBuzzer = 0;

```

```

        }

```

```

        else if (botao > 600 && botao <= 800){ //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE
800, IDENTIFICA QUE O BOTÃO APERTADO FOI DE " DESLIGA BUZZER"

```

```

    bBuzzer = 1; bMenos = 0; bSalvar = 0; bMenu = 0; bMais = 0;
}
else {
    bMenos = 0; bSalvar = 0; bMenu = 0; bMais = 0; bBuzzer = 0;
}
}

//***** Controle do Projeto LOCAL *****

if (bMenu == 1 & bMenu_ant == 0){ //SE O BOTAO DE MENU FOR PRESSIONADO E
JA ESTIVER NO MENU 1 DEVE SER ALTERADO PARA MENU 2 (TELA ONDE
ENTRA COM OS DADOS)

    if(Menu == 1){
        Menu = 2;
        Serial.print("Menu ");
        Serial.println(Menu);
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print(" AJUSTE  ALTURA");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("0 < ");
        lcd.print(altura_eeprom);
        lcd.print(" < 1655");
    }

    else{          //SE O BOTAO MENU FOR PRESSIONADO E ESTIVER EM MENU 2
VOLTARA PARA MENU 1
        Menu = 1;
        Serial.print("Menu ");
        Serial.println(Menu);
    }
}

unsigned int Nivel = dadosRF.Nivel;
Distancia = (altura_eeprom+200) - (Nivel*10); //Formula para calculo do nivel
DistReal = (Distancia*10)/(altura_eeprom/10); //Formula para conversão em porcentagem
float BatVolt2 = (float)dadosRF.BatVolt/10;
if(Menu == 1 && millis()- tempo > 500){

```

```

tempo = millis();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("BatV ");
lcd.print(BatVolt2);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Nível ");
lcd.print(DistReal);
lcd.print("%");

//***** Nível da bateria
*****

    unsigned int BatVolt = dadosRF.BatVolt;
    batterylevel(15,0,BatVolt);
}

if (!digitalRead(BuzzerOff)){
    BuzzerTemp = 1;

}

if(Nivel <= 70 && BuzzerTemp == 0){
    digitalWrite(Buzzer,HIGH);
}
else{
    digitalWrite(Buzzer,LOW);
    if(Nivel > 70){
        BuzzerTemp = 0;
    }
}

if(BatVolt2 <= 3){
    digitalWrite(Buzzer, HIGH);
}

```

if (Menu == 2 & bMais == 1 & bMais_ant == 0){ //SE ESTIVER NA TELA 2 E APERTADO O BOTAO DE MAIS, DEVERA SER INCREMENTADO 5 NO VALOR DA ALTURA

```
altura_eeprom = altura_eeprom + 5;
altura_eeprom = constrain(altura_eeprom,1000,1655);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);          //(x,y) - (coluna, linha)
lcd.print(" AJUSTE  ALTURA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("0 < ");
lcd.print(altura_eeprom);
lcd.print(" < 1655");
Serial.println("Mais");

}
```

if (Menu == 2 & bMenos == 1 & bMenos_ant == 0){ //SE ESTIVER NA TELA 2 E APERTADO O BOTAO DE MENOS, DEVERA SER DECREMENTADO 5 NO VALOR DA ALTURA

```
altura_eeprom = altura_eeprom - 5;
altura_eeprom = constrain(altura_eeprom,0,1655);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);          //O CURSOR INICIARA NA LINHA 0 COLUNA 1 E
ESCREVERÁ AJUSTE A ALTURA
lcd.print(" AJUSTE  ALTURA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("0 < ");
lcd.print(altura_eeprom);
lcd.print(" < 1655");
Serial.println("Menos");

}
```

if (Menu == 2 & bSalvar == 1 & bSalvar_ant == 0){ //SE ESTIVER NA TELA 2 E APERTADO O BOTAO DE SALVAR, DEVERA SALVAR A ALTURA E ACIONAR O BUZZER (VOLTAR PARA TELA 1)

```

Menu = 1;
Distancia = (altura_eeeprom+200) - (Nivel*10); //Formula para calculo do nivel
DistReal = (Distancia*10)/(altura_eeeprom/10); //Formula para conversão em porcentagem
float BatVolt2 = (float)dadosRF.BatVolt/10;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("BatV ");
    lcd.print(BatVolt2);
    lcd.print("V");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Nivel ");
    lcd.print(DistReal);
    lcd.print("%");
    Serial.println("altura");
    Serial.println(altura_eeeprom);
    unsigned int BatVolt = dadosRF.BatVolt;
    batterylevel(15,0,BatVolt);
digitalWrite(Buzzer, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(Buzzer, LOW);
}
if (bBuzzer == 1 && BuzzerTemp == 1){
    digitalWrite(Buzzer, LOW);
}

//***** Controle do RF NÃO ALTERAR *****
// se houve alteração dos dados, envia para o outro radio
if (alterado || !transmitido) {
    radio.stopListening();
    transmitido = radio.write( &dadosRF, sizeof(tipoDadosRF) );
    radio.startListening();
    alterado = false;
}

//verifica se esta recebendo mensagem
if (radio.available()) {
    radio.read( &dadosRecebidos, sizeof(tipoDadosRF) );

```

```

//verifica se houve solicitação de envio dos dados
if (dadosRecebidos.ligando) {
    alterado = true;
} else {
    dadosRF = dadosRecebidos;
}
}

//***** Variaveis_ant *****

bMais_ant = bMais;
bMenos_ant = bMenos;
bSalvar_ant = bSalvar;
bMenu_ant = bMenu;
EEPROMWritealtura(1, altura_eeprom);
delay(100);
}

//***** Variaveis EEPROM *****

void EEPROMWritealtura(int address, int value) {
    byte hiByte = highByte(value);
    byte loByte = lowByte(value);

    EEPROM.write(address, hiByte);
    EEPROM.write(address + 1, loByte);
}

int EEPROMReadaltura(int address) {
    byte hiByte = EEPROM.read(address);
    byte loByte = EEPROM.read(address + 1);

    return word(hiByte, loByte);
}

//***** Criação do caracter de Nível de Bateria
*****

//draw battery level in position x,y
void batterylevel(int xpos,int ypos,unsigned int curvolt)

```

```

{

//Recebe a tensão da bateria
//float curvolt = BatVolt;

// check if voltge is bigger than 4.2 volt so this is a power source
if(curvolt > BatFull)
{
    byte batlevel[8] = {
        B01110,
        B11111,
        B10101,
        B10001,
        B11011,
        B11011,
        B11111,
        B11111,
    };
    lcd.createChar(0 , batlevel);
    lcd.setCursor(xpos,ypos);
    lcd.write(byte(0));
}
if(curvolt <= BatFull && curvolt > Bat6)
{
    byte batlevel[8] = {
        B01110,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
    };
    lcd.createChar(0 , batlevel);
    lcd.setCursor(xpos,ypos);
    lcd.write(byte(0));
}
}

```

```

if(curvolt <= Bat6 && curvolt > Bat5)
{
    byte batlevel[8] = {
        B01110,
        B10001,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
    };
    lcd.createChar(0 , batlevel);
    lcd.setCursor(xpos,ypos);
    lcd.write(byte(0));
}
if(curvolt <= Bat5 && curvolt > Bat4)
{
    byte batlevel[8] = {
        B01110,
        B10001,
        B10001,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
        B11111,
    };
    lcd.createChar(0 , batlevel);
    lcd.setCursor(xpos,ypos);
    lcd.write(byte(0));
}
if(curvolt <= Bat4 && curvolt > Bat3)
{
    byte batlevel[8] = {
        B01110,
        B10001,
        B10001,

```

[illegible]

```
    lcd.createChar(0 , batlevel);  
    lcd.setCursor(xpos,ypos);  
    lcd.write(byte(0));  
}  
if(curvolt < BatLow)  
{  
    byte batlevel[8] = {  
        B01110,  
        B10001,  
        B10001,  
        B10001,  
        B10001,  
        B10001,  
        B10001,  
        B10001,  
        B11111,  
    };  
    lcd.createChar(0 , batlevel);  
    lcd.setCursor(xpos,ypos);  
    lcd.write(byte(0));  
}  
}
```