

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**LORENZO DOMARCO SILVA**

**MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DE SENSORES  
ROBÓTICOS ARDUINO**

**Ilha Solteira  
2022**

**LORENZO DOMARCO SILVA**

**MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DE SENSORES  
ROBÓTICOS ARDUINO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira  
– Unesp como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Profa. Dra. Christiane Marie Schweitzer  
**Orientadora.**

**Ilha Solteira  
2022**







FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Silva, Lorenzo Domarco.  
S586m Monitoramento de qualidade de água através de sensores robóticos arduino  
/ Lorenzo Domarco Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
137 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientadora: Christiane Marie Schweitzer  
Inclui bibliografia

1. Qualidade de água. 2. Robótica. 3. IoT. 4. Quarta revolução industrial.

*Raiane da Silva Santos*  
Raiane da Silva Santos

Supervisor Técnico de Serviço  
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação  
Divisão Técnica de Biblioteca e Documentação  
C3218 - 9994



### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos dezesesseis dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e dois, o discente **LORENZO DOMARCO SILVA**, matriculado sob o RA: 162053789, tendo como banca examinadora sua orientadora a Profa. Dra. Christiane Marie Schweitzer, o Prof. Dr. Douglas D. Bueno e a Profa. Dra. Mara Lúcia Martins Lopes, apresentou o Trabalho de Graduação do Curso de Engenharia Elétrica (FEIS/UNESP) intitulado "MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DE SENSORES ROBÓTICOS ARDUINO", obtendo a nota 10,0 (Dez) e o conceito APROVADO

Lorenzo Domarco Silva  
Discente (Engenharia Elétrica)

Profa. Dra. Christiane Marie Schweitzer  
DMAT/FEIS/UNESP  
Orientadora

Prof. Dr. Douglas D. Bueno  
DMAT/FEIS/UNESP  
Membro da banca

Profa. Dra. Mara Lúcia Martins Lopes  
DMAT/FEIS/UNESP  
Membro da banca

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço a Deus por iluminar meu caminho das mais diferentes formas, nas grandes escolhas, nos pequenos detalhes e, às vezes, se manifestando através de pessoas incríveis que cruzaram meu caminho. Desses seres quais tive pequenos momentos ou em extensas etapas de convivência e delas o proveito, indireta ou diretamente, de lições, conselhos, exemplos de atitude, diferentes perspectivas de vida. Hoje fico grato até pelos obstáculos que, na verdade, se traduzem em desafios: oportunidades de me tornar melhor.

Agradeço a minha família que foi um pilar intrépido, sendo o meu resguardo em alguns momentos de fraqueza durante essa jornada. Sempre me reestabeleciam a luta, eram a minha fortaleza e, ao mesmo tempo, são o meu maior estímulo para crescer, a fim de um dia poder ter condições de confortá-los.

Aos meus colegas que tornaram Ilha Solteira um lar durante a graduação, já que enfrentamos as dificuldades unidos, assim como desfrutamos muitas risadas juntos.

A Profa. Dra. Christiane Marie Schweitzer, pelo aceite em ser minha orientadora, tanto neste, como em projetos anteriores, pelos conselhos, ensinamentos, e pela convivência sadia pautada na confiança no resultado todos esses anos.

O apoio dos meus líderes na Raízen Energia – Unidade GASA que cederam o espaço e permissão para a realização dos testes da Sonda MAQUA.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 53971.

“Nada lhe posso dar que já não exista em  
você mesmo. Não posso abrir-lhe outro mundo de  
imagens, além daquele que há em sua própria alma.  
Nada lhe posso dar a não ser a oportunidade, o  
impulso, a chave. Eu o ajudarei a tornar visível o seu  
próprio mundo, e isso é tudo.” (HESSE; BARROSO,  
2009, p. 138)

## RESUMO

O número de aplicações da Internet das Coisas tem crescido significativamente, e alguns dos desdobramentos desse crescimento oferecem vínculos com a produção industrial e agrícola, nos colocando no contexto da quarta revolução industrial, onde "mundos de produção e conectividade de rede são integrados por meio destas tecnologias para se transformar em uma realidade" (GEISSBAUER et al., 2020). Aliando Internet das Coisas (*IoT – Internet of Things*) e sistemas cyber-físicos (*Cyber-physical system*), o sensoriamento remoto tem sido largamente utilizado e em diversas áreas de monitoramento, absorção e análise de dados de localizações remotas. Este trabalho surge exatamente neste ponto, desenvolvendo tecnologia nacional em *IoT*, visando a construção de um "Sistema Mecatrônico Automatizado com Geração Própria de Energia para Análise de Qualidade da Água a Distância em Tempo Real". Tal referido sistema é uma solução para vários domínios além de propiciar cuidado com a água, recurso humano mais importante que existe no planeta, visa o aproveitamento de materiais de baixo custo no processo fabril. Objetivo do projeto se cabe em desenvolver um sistema de baixo custo para monitoramento e análise da qualidade da água, em tempo real, em um ambiente *IoT*; o sistema desenvolvido tem uma ampla gama de aplicações no processo de análise de qualidade da água que abordam nas áreas de Aquicultura e Hidrologia, monitoramento do meio ambiente e recursos hídricos, na obtenção de dados para Medicina, Gestão Ambiental, entre outras. No objetivo de validar o real uso em campo, em regimes de operação severos, a sonda deve ser testada em campo durante a fase conclusiva.

**Palavras-chave:** Qualidade da água, robótica, *IoT*, quarta revolução industrial.

## ABSTRACT

*The number of applications aimed at the Internet of Things has increased significantly, and this approach is directly linked to the Fourth Industrial Revolution or at least we are on the verge of it, in which the "worlds of production and network connectivity are integrated through these technologies to become a reality"(GEISSBAUER, 2020). Combining Internet of Things (IoT) and cyber-physical systems, remote sensing has also been widely used and in different areas of monitoring, collecting and analyzing data from remote locations. The present work comes exactly at this point, developing national technology in IoT, aiming at the construction of an "Automated Mechatronicsystem with Own Generation of Energy for Real-Time Distance Water Quality Analysis". This system is a solution for various spheres besides providing care with water, the most important human benefit that exists on the planet, aims at the use of low-cost materials in the manufacturing process. This project aims to develop a low cost system for monitoring water quality in real time in an IoT environment. The developed system has a wide range of applications in the process of water quality analysis. In the areas of Aquaculture and Hydrology, monitoring of the environment and water resources, in obtaining data for Medicine, Environmental Management, among others. In order to validate the actual use in the field, in severe operating regimes, the probe should be field tested during this conclusive phase.*

**Keywords:** *Water quality, robotics, IoT, Fourth Industrial Revolution.*

## LISTA DE FIGURAS

|                     |                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1a) -</b> | Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé (pontilhado em vermelho) dado local de captação da Raízen Energia – GASA .....                                                              | 20 |
| <b>Figura 1b) -</b> | Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé (pontilhado em vermelho) dado local de captação da Raízen Bioenergia – GASA (tubulação de captação no traçado métrico branco) .....         | 21 |
| <b>Figura 1c) -</b> | Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé (pontilhado em vermelho) no qual encontramos a captação da Raízen Bioenergia – GASA (tubulação de captação no traçado métrico branco) ..... | 22 |
| <b>Figura 2 -</b>   | Processamento discreto (digital) de sinais de tempo contínuo.....                                                                                                                                     | 28 |
| <b>Figura 3 -</b>   | Modelo de amostragens de uma onda senoidal genérica.....                                                                                                                                              | 29 |
| <b>Figura 4 -</b>   | Exemplo de conversão analógica para digital.....                                                                                                                                                      | 30 |
| <b>Figura 5 -</b>   | Organograma simplificado de funcionamento de IoT.....                                                                                                                                                 | 33 |
| <b>Figura 6 -</b>   | Micro controlador arduino <i>Mega Proto Shield</i> .....                                                                                                                                              | 40 |
| <b>Figura 7 -</b>   | Micro controlador arduino Mega 2560 Rev3.....                                                                                                                                                         | 41 |
| <b>Figura 8 -</b>   | Microcontrolador arduino Uno Rev3.....                                                                                                                                                                | 41 |
| <b>Figura 9 -</b>   | Regulador de tensão LM2596 Voltímetro BTE13-001A.....                                                                                                                                                 | 42 |
| <b>Figura 10 -</b>  | <i>Shield</i> regulador de tensão <i>Step-Up</i> XL6009E1.....                                                                                                                                        | 43 |



|                    |                                                                                                                                                                     |    |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 11 -</b> | Painel solar Oksn modelo LL-2W.....                                                                                                                                 | 44 |
| <b>Figura 12 -</b> | Caixa de passagem hermética STECK modelo SEX171.....                                                                                                                | 46 |
| <b>Figura 13 -</b> | Caixa de passagem hermética STECK modelo SSX111.....                                                                                                                | 47 |
| <b>Figura 14 -</b> | Termômetro infravermelho FLUKE-59MAX.....                                                                                                                           | 49 |
| <b>Figura 15 -</b> | Conjunto de medição de pH e turbidez.....                                                                                                                           | 50 |
| <b>Figura 16 -</b> | Toledo FP20-TRIS.....                                                                                                                                               | 51 |
| <b>Figura 17 -</b> | Turbidímetro Digimed DM-Tu.....                                                                                                                                     | 52 |
| <b>Figura 18 -</b> | Diagrama elétrico do sistema de leitura e envio de dados.....                                                                                                       | 56 |
| <b>Figura 19 -</b> | Diagrama ilustrativo do sistema de leitura e envio de dados...                                                                                                      | 57 |
| <b>Figura 20 -</b> | Sonda MAQUA com partes apontadas.....                                                                                                                               | 59 |
| <b>Figura 21 -</b> | Concepção da sonda MAQUA com foco no perfil w.....                                                                                                                  | 60 |
| <b>Figura 22 -</b> | Concepção da sonda MAQUA com foco nas partes usinadas e parafusos DIN 934 e roscas DIN 13.....                                                                      | 61 |
| <b>Figura 23 -</b> | Concepção da sonda MAQUA com foco na estrutura que protege e suporta o sistema de alimentação em posição.....                                                       | 62 |
| <b>Figura 24 -</b> | Concepção da sonda MAQUA com foco na estrutura que protege e suporta o sistema de alimentação em posição transversal.....                                           | 63 |
| <b>Figura 25 -</b> | Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé dado local de captação da Raízen Bioenergia – GASA (tubulação de captação no traçado métrico branco)..... | 65 |
| <b>Figura 26 -</b> | Vista aérea do posicionamento tubulação de captação no traçado métrico branco.....                                                                                  | 66 |
| <b>Figura 27 -</b> | Posição de análise da sonda MAQUA dentro do tanque pulmão (vista aérea) .....                                                                                       | 67 |
| <b>Figura 28 -</b> | Tanque pulmão do Bioparque Raízen Energia Unidade – GASA.....                                                                                                       | 68 |

|                    |                                                                                                                                 |     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 29 -</b> | Posição de análise da sonda MAQUA dentro do tanque pulmão (vista local) .....                                                   | 69  |
| <b>Figura 30 -</b> | Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Unidade – GASA.....                                                     | 70  |
| <b>Figura 31 -</b> | Especificações: termômetro infravermelho FLUKE-59 MAX...                                                                        | 72  |
| <b>Figura 32 -</b> | Gráfico de comparação de leitura entre as medições pelo termômetro FLUKE 59- MAX e o sensor DS18B20.....                        | 73  |
| <b>Figura 33 -</b> | Gráfico com enfoque na área de diferença.....                                                                                   | 73  |
| <b>Figura 34 -</b> | Gráfico de dispersão de valores de temperatura.....                                                                             | 74  |
| <b>Figura 35 -</b> | Gráfico leitura do sensor ST100 para cada amostra.....                                                                          | 76  |
| <b>Figura 36 -</b> | Curva da função determinada para relação entre tensão de Saída no sinal do sensor ST100 e turbidez da água.....                 | 77  |
| <b>Figura 37 -</b> | Curva da função determinada para relação entre tensão de Saída no sinal do sensor e turbidez da água com barra ilustrativa..... | 78  |
| <b>Figura 38 -</b> | Posição da sonda MAQUA e captação de águas.....                                                                                 | 79  |
| <b>Figura 39 -</b> | Posição onde as análises de campo foram realizadas.....                                                                         | 80  |
| <b>Figura 40 -</b> | Representação das medições de turbidez realizadas em campo.....                                                                 | 81  |
| <b>Figura 41 -</b> | Acúmulo de biomassa nas regiões dos receptores dos sensores.....                                                                | 82  |
| <b>Figura 42 -</b> | Acúmulo de biomassa nas regiões dos receptores dos sensores.....                                                                | 83  |
| <b>Figura 43 -</b> | Representação das medições de temperatura realizadas em campo.....                                                              | 84  |
| <b>Figura 44 -</b> | Representação das medições de pH realizadas em campo....                                                                        | 85  |
| <b>Figura 45 -</b> | Diagrama elétrico do sistema de leitura e envio de dados.....                                                                   | 94  |
| <b>Figura 46 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.....          | 125 |

|                    |                                                                                                                        |     |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 47 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 126 |
| <b>Figura 48 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 127 |
| <b>Figura 49 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 128 |
| <b>Figura 50 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 129 |
| <b>Figura 51 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 130 |
| <b>Figura 52 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 130 |
| <b>Figura 53 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 131 |
| <b>Figura 54 -</b> | Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA..... | 131 |

## LISTA DE TABELAS

|                 |                                                                                |    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> | Doenças causadas por micro-organismos.....                                     | 26 |
| <b>Tabela 2</b> | Valores coletados no teste laboratorial de temperatura.....                    | 72 |
| <b>Tabela 3</b> | Experimento de determinação da curva de atuação do ensor de Turbidez.....      | 75 |
| <b>Tabela 4</b> | Valores aferidos em campo pela sonda MAQUA e Turbidímetro Digimed DM-Tu.....   | 80 |
| <b>Tabela 5</b> | Valores aferidos em campo pela sonda MAQUA e Termômetro infravermelho.....     | 84 |
| <b>Tabela 6</b> | Valores aferidos em campo pela sonda MAQUA e instrumento de medição de pH..... | 85 |

## SUMÁRIO

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO                                                                     | 17 |
| 1.2. OBJETIVO                                                                     | 23 |
| 1.3. RESULTADOS ESPERADOS                                                         | 24 |
| 1.4. ORGANIZAÇÃO DE TEXTO                                                         | 24 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA                                                          | 26 |
| 2.1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS                                                       | 26 |
| 2.1.1. Testes Laboratoriais                                                       | 26 |
| 2.1.2. Termo pH                                                                   | 27 |
| 2.1.3. Termo Turbidez                                                             | 27 |
| 2.1.4. Resistência Elétrica (segunda Lei de Ohm)                                  | 27 |
| 2.1.5. Análise de Sinais                                                          | 28 |
| 2.1.6. Amostragem de sinais                                                       | 28 |
| 2.1.7. Placa Microcontroladora e plataforma de prototipação Arduino               | 30 |
| 2.3. SOLUÇÃO PROPOSTA DA PROBLEMÁTICA                                             | 35 |
| 2.4. CAMPO DE UTILIZAÇÃO                                                          | 36 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS                                                            | 37 |
| 3.1. MATERIAIS                                                                    | 38 |
| 3.1.1. Componentes Elétricos da Sonda MAQUA                                       | 38 |
| 3.1.1.1. Sensores e Módulos da Sonda MAQUA                                        | 38 |
| 3.1.1.1.1. Módulo transmissor TEL0078 WIFI V3 PCB                                 | 38 |
| 3.1.1.1.2. Sensor de Temperatura DS18B20                                          | 38 |
| 3.1.1.1.3. Sensor de PH PH-4502C                                                  | 39 |
| 3.1.1.1.4. Sensor de Turbidez LGZD Sensor V1.1                                    | 39 |
| 3.1.1.1.5. Ultrassônico de Distância HC-SR04                                      | 39 |
| 3.1.1.2. Saídas de Interface Humana da Sonda MAQUA                                | 40 |
| 3.1.1.3. Placas de Protipação da Sonda MAQUA                                      | 40 |
| 3.1.1.3.1. Placa de prototipação ARDUINO MEGA PROTO SHIELD REV3                   | 40 |
| 3.1.1.4. Placas Microcontroladoras da Sonda MAQUA                                 | 40 |
| 3.1.1.4.1. Placa Microcontroladora ARDUINO MEGA 2560 REV3                         | 40 |
| 3.1.1.4.2. Placa Microcontroladora ARDUINO UNO REV3                               | 41 |
| 3.1.1.5. Placas Reguladoras de Tensão da Sonda MAQUA                              | 42 |
| 3.1.1.5.1. Placa Reguladora de Tensão LM2596 Voltímetro BTE13-001A tipo Step-Down | 42 |
| 3.1.1.5.2. Placa Reguladora de Tensão Step-Up XL6009E1                            | 44 |
| 3.1.1.6. Fios e Jumpers da Sonda MAQUA                                            | 44 |
| 3.1.1.7. Sistemas de Alimentação Energética da Sonda MAQUA                        | 44 |

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.2. Componentes de Vedação da Sonda MAQUA                                                                                | 46  |
| 3.1.2.1. Caixas Herméticas da Sonda MAQUA                                                                                   | 46  |
| 3.1.2.1.1. Caixa de passagem hermética STECK modelo SEX171                                                                  | 46  |
| 3.1.2.1.2. Caixa de passagem hermética STECK modelo SSX111                                                                  | 47  |
| 3.1.2.2. Anéis de Vedação da Sonda MAQUA                                                                                    | 48  |
| 3.1.2.3. Prensa Cabos da Sonda MAQUA                                                                                        | 49  |
| 3.1.3. Componentes Estruturais da Sonda MAQUA                                                                               | 49  |
| 3.1.4. Instrumentos de medição e componentes laboratoriais – Laboratório de redes e Computação (LCR)   Unesp                | 50  |
| 3.1.4.1. Medidor de Temperatura Infravermelho FLUKE-59MAX                                                                   | 50  |
| 3.1.5. Instrumentos de medição e componentes laboratoriais – Laboratório de Qualidade Integrada Industrial   Raízen Energia | 51  |
| 3.1.5.1. Medidor de Temperatura Infravermelho FLUKE-59MAX                                                                   | 51  |
| 3.1.5.2. Medidor de pH Mettler Toledo FP20-TRIS                                                                             | 52  |
| 3.1.5.3. Turbidímetro Digimed DM-Tu                                                                                         | 52  |
| 3.2. MÉTODOS                                                                                                                | 54  |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES                                                                                                  | 73  |
| 4.1. TESTES EM SIMULAÇÕES LABORATORIAIS FORÇADAS                                                                            | 73  |
| 4.1.1. Temperatura - Condições Laboratoriais Forçadas                                                                       | 73  |
| 4.1.2. Turbidez - Condições Laboratoriais Forçadas                                                                          | 77  |
| 4.1.3. pH - Condições Laboratoriais Forçadas                                                                                | 81  |
| 4.2. AFERIÇÕES REAIS DE CAMPO                                                                                               | 83  |
| 4.2.1. Turbidez - Aferições reais em campo                                                                                  | 84  |
| 4.2.2. Temperatura - Aferições reais em campo                                                                               | 88  |
| 4.2.3. pH - Aferições Reais em Campo                                                                                        | 89  |
| 5. CONCLUSÃO                                                                                                                | 90  |
| 6. REFERÊNCIAS                                                                                                              | 92  |
| APÊNDICE A – Diagrama Elétrico do Sistema de Leitura e Envio de Dados                                                       | 98  |
| APÊNDICE B – Código de Programação da Sonda MAQUA                                                                           | 99  |
| APÊNDICE C – Análise de Águas Raízen Energia Unidade GASA                                                                   | 129 |
| ANEXO A – Especificações técnicas Ligas Metálicas                                                                           | 138 |

## 1. INTRODUÇÃO

*IoT* (Internet das Coisas, do termo em inglês: *Internet of Things*) se refere a interconexão digital de objetos passivos e inanimados, por meio da rede mundial de internet. A tal terminologia, dada por Kevin Ashton (2009), é utilizado para referir-se a um mundo no qual tudo, a casa, os eletrodomésticos, o carro, o mobiliário urbano, estão conectados à internet. Embora Ashton tenha comentado que o termo tem sido amplamente utilizado em pesquisas desde 1999, o termo tornou-se popular em 2009. O desenvolvimento da Internet das Coisas teve um grande impacto no cotidiano das pessoas. Com o desenvolvimento dessa tecnologia, é possível tornar a casa “inteligente”, com objetos e eletrônicos funcionais e autossuficientes. Ou seja, além de smartphones e computadores, outros dispositivos podem reconhecer padrões, processar dados e realizar tarefas com um clique (ou não), como as geladeiras inteligentes que fornecem notificações sobre produtos vencidos e já pagos. o preço citações que indicam onde é o melhor lugar para sua próxima compra (GODOI, 2019).

Nos primórdios das redes, a Internet conectava apenas computadores usados pelos militares e algumas universidades, enquanto hoje o acesso à Internet se expandiu. Essa mudança com a Internet e muitos dispositivos conectados traz muitas outras funções para as mídias que revolucionam o modo de vida até agora, facilitam e organizam as atividades diárias (HELPDIGITAL, 2017).

Atualmente, um grande número de dispositivos e soluções ou aplicativos domésticos estão conectados e integrados, mas a tecnologia está se aproximando de produtos que qualquer pessoa pode instalar e usar em minutos, com pouca infraestrutura necessária para aproveitar os benefícios de uma casa inteligente. Tudo o que você precisa é de uma casa pronta para *IoT* com uma ótima conexão com a Internet para melhorar a qualidade de vida e a segurança das pessoas. (DESTERRO ELETRICIDADE, 2020).

Pode-se dizer que a quarta revolução industrial está ocorrendo no mundo. Os mundos de produção e conectividade de rede são integrados por meio desta mesma *IoT* e CPS (Sistemas Físicos Cibernéticos, do termo em inglês: *Cyber Physical Systems*) que deixaram somente do meio doméstico para tornar a Indústria 4.0 uma realidade (GERMANY TRADE & INVESTMENTS, 2022).

Durante a primeira Revolução Industrial, instalações de produção mecânica foram desenvolvidas com a ajuda das potências de água e vapor. Durante a Segunda Revolução Industrial, a produção em massa foi realizada com a ajuda da energia elétrica. Durante a terceira revolução Industrial, tecnologias eletrônicas e de

informação foram introduzidas para promover a automação da produção. Ou seja, apesar da maior complexidade da tecnologia, valendo-se da comparação entre as outras revoluções, não há como fugir de meios que melhorem tanto o bem-estar da humanidade quanto a eficiência dos seus meios produtivos.

Internet das Coisas (*IoT*) é o conceito central da quarta revolução industrial (percursora da Indústria 4.0) e fundamental para nortear este trabalho, e agora, nesse novo contexto situado intitula-se de forma mais vasta como uma infraestrutura de rede global dinâmica, com recursos de auto configuração, com base em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis, onde 'Coisas' físicas e virtuais possuem identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, usam interfaces inteligentes que são perfeitamente integrados à rede de informações, colocando em um mesmo horizonte a acessibilidade o meio industrial, agrícola, urbano (KRANENBURG, 2018).

A *IoT* surgiu como uma estrutura tecnológica promissora usada para integrar e estender os processos de fabricação e automação, assim como muitos outros, em níveis Intra e Inter organizacional. O surgimento da *IoT* foi alimentado pelo recente desenvolvimento nas *ICTs*. Estes desenvolvimentos tecnológicos fornecem uma variedade de soluções para as crescentes necessidades de informação nas indústrias. Essa viabilidade foi demonstrada pelo rápido crescimento de empresas em todo o mundo explorando os benefícios da digitalização em cadeias horizontais e verticais, adotando a Indústria .0 como um passo para liderar os negócios digitais nos complexos ecossistemas industriais do futuro (KRANENBURG, 2018).

De acordo com a mundialmente famosa PwC, ou '*Pricewaterhouse Coopers*', em '*19th Annual Global CEO Survey*', as empresas planejam investir 907 de dólares anualmente em aplicações de *IoT* na indústria. Esses investimentos visam tecnologias digitais (como sensores ou dispositivos de conectividade), softwares e aplicações (sistemas de execução de manufatura, por exemplo), treinamento de funcionários e mudanças organizacionais. As empresas brasileiras investem pouco nos dias de hoje em *IoT* – apenas 1 em cada 10 investe mais que 8% de suas receitas – mas a expectativa é que esse número deve dobrar nos próximos cinco anos. Simultaneamente, 63% esperam o retorno do seu investimento em até dois anos (ALVES, 2016).

O presente trabalho visa desenvolver a tecnologia nacional em *IoT* vislumbrando os impactos e projeções já mencionadas, mas em amparo aos setores que ainda não estão tão inseridos neste meio digitalizado. Neste caso em particular o investimento de conhecimento recai sobre as áreas de Aquicultura e Hidrologia



com consequentes avanços na obtenção de dados para Medicina, Gestão Ambiental, entre outras.

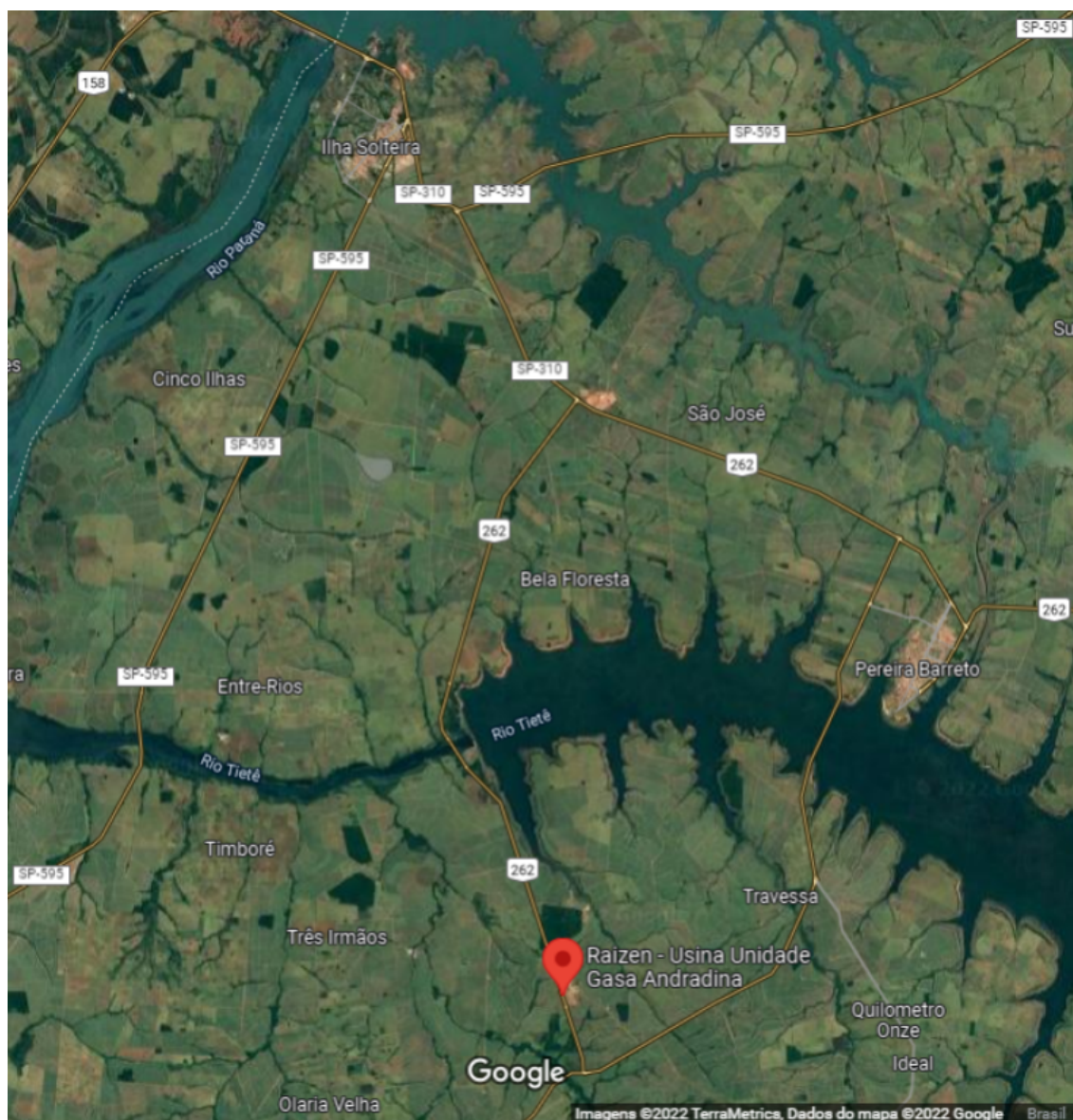
No período de 08/2019 a 07/2021, mediante fomento PROPe | PIBITI e apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, a sonda de coleta e análise de qualidade de água (MAQUA) foi desenvolvida sob orientação da Profa. Christiane Marie Schweitzer do Departamento de Matemática da FEIS/UNESP. No fim do processo construtivo, foram levantadas melhorias na aquisição dos dados, análise e testes adicionais em ambientes que ainda não estavam disponíveis.

Consoante, aborda-se a construção em seu último estágio e atualizações e testes experimentais, do desenvolvimento de melhorias na aquisição dos dados, análise e testes adicionais em campo agroindustrial da sonda MAQUA (Sistema Mecatrônico Automatizado com Geração Própria de Energia para Análise de Qualidade da Água a Distância em Tempo Real). Como consequência ter-se-á um protótipo mais otimizado com uso da tecnologia Arduino como uma ferramenta para desenvolvimento da ciência de monitoramento. Seria uma solução para várias esferas além de propiciar cuidado com a água, um bem tão precioso ao nosso planeta, visando o aproveitamento e minimizando desprendimento de recursos para uma ação, seja ela de pesquisa ou fabril.

É importante salientar a importância da sonda MAQUA tendo em vista a sua capacidade de monitoramento contínuo e sem intervenção humana, uma tendência global regida pela Indústria 4.0 e ampliação do emprego do IoT nas mais diversas áreas.

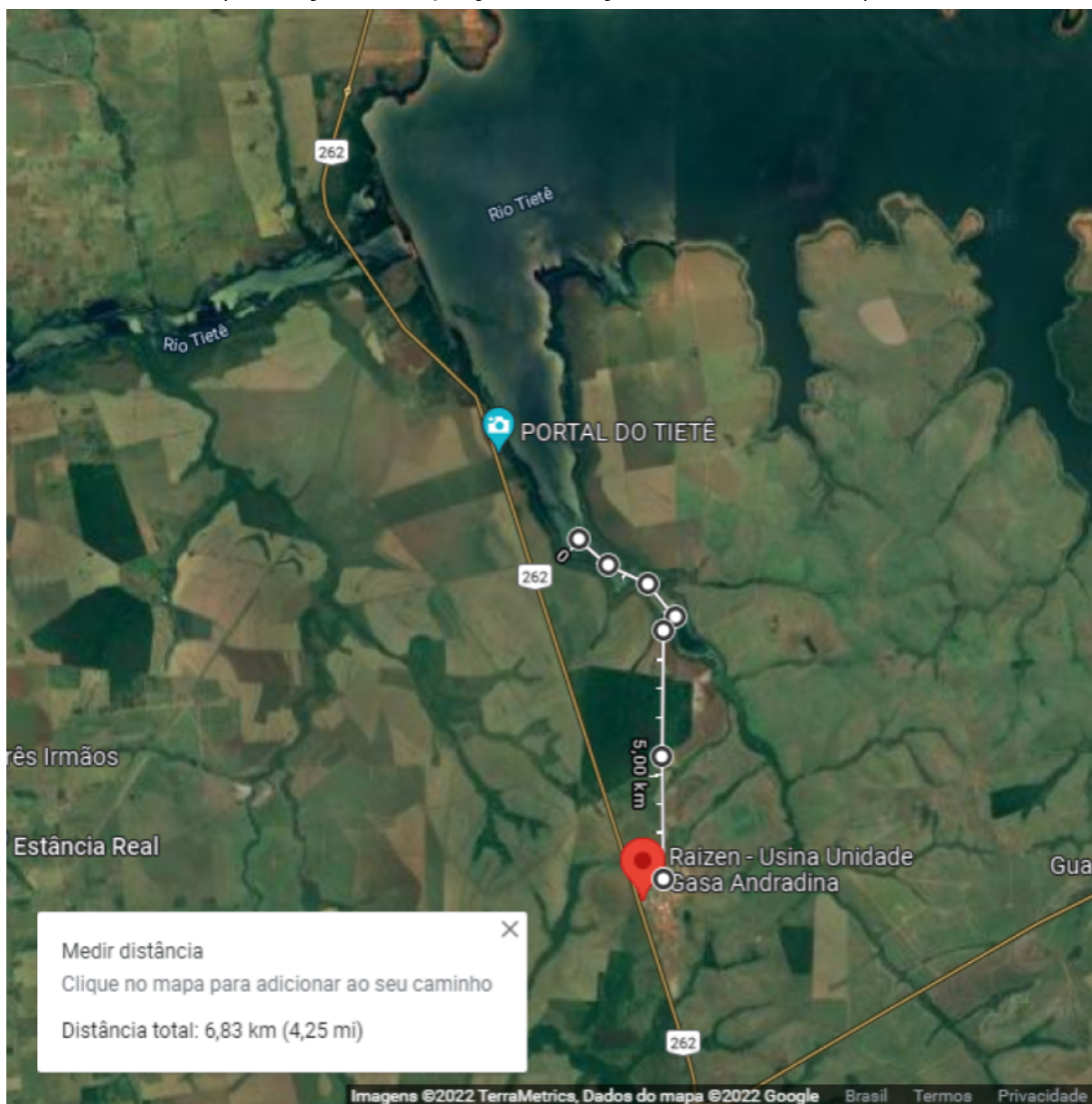
Assim sendo, através do alinhamento de interesses entre o LCR (DMAT | UNESP - FEIS) - Laboratório de Computação e Redes - buscando um ambiente de campo agroindustrial para experimentação e a Raízen Energia – Bioparque Andradina – GASA, foi possível a instalação da Sonda MAQUA no tanque pulmão do bioparque abastecimento pelo braço do Rio Tietê chamado Córrego Macaé, enfatizado na Figura 1 a), Figura 1 b) e Figura 1 c) pelos pontos vermelhos. Isso foi alcançado devido a Raízen, em uma diretriz base da companhia, ter sua agenda ESG (sigla em inglês que significa *Environmental, Social and Governance*, corresponde às práticas ambientais, sociais e de governança de uma organização) buscar o avanço de gestão hídrica pelo programa ReduZa.

Figura 1 a) - Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé (pontilhado em vermelho) dado local de captação da Raízen Energia – GASA.



Fonte: Google, 2022.

Figura 1 b) - Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé (pontilhado em vermelho) dado local de captação da Raízen Bioenergia – GASA (tubulação de captação no traçado métrico branco).



Fonte: Google, 2022.



Figura 1 c) - Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé (pontilhado em vermelho) no qual encontramos a captação da Raízen Bioenergia – GASA (tubulação de captação no traçado métrico branco).



Fonte: Google, 2022.

O programa ReduZa foi instituído na Raízen a partir safra 15'16. A iniciativa busca gerir o consumo de água da companhia ao incentivar a busca contínua pelas melhores práticas e a redução do impacto ambiental nos recursos ligados à gestão hídrica (ORLANDO, 2022).

Referência mundial em bioenergia e combustíveis, a Raízen acaba de anunciar os resultados conquistados com seu programa de adoção de boas práticas em gestão hídrica. A companhia dispõe, desde 2015 (conforme citado anteriormente), do ReduZa, que incentiva as melhores práticas para reuso de águas

nas operações industriais e o aproveitamento da própria água proveniente da cana-de-açúcar, reduzindo, assim, o consumo e a captação de fontes externas. Através desta iniciativa, recentemente a empresa obteve uma redução no volume total de água captada de 11 bilhões de litros em comparação à safra anterior (20'21), o que representa um delta de 15% a menor, muito impactado pela quebra da cana e redução na quantidade processada (ORLANDO, 2022).

O programa, que tem como meta diminuir a pegada hídrica nos processos, vem atingindo resultados significativos com boas práticas de aproveitamento dentro das unidades industriais. Até o hoje, a empresa conquistou uma redução de 1,8 bilhão de litros captados na então safra, se comparado com a base equivalente de moagem do período anterior. O volume é suficiente para abastecer uma cidade de mais de 44 mil habitantes – em linha com os norteamientos da ONU de 110 litros/dia por habitante. Ao todo, a redução foi de 2,4% em metros cúbicos por tonelada de cana moída (m<sup>3</sup>/TC), neste caso sem a influência da quebra de cana, sendo totalmente ligada ao ganho em eficiência hídrica (ORLANDO, 2022).

Frente de um ecossistema integrado de negócios, que está atraído desde o cultivo e processamento da cana-de-açúcar até a distribuição e venda de combustíveis, a Raízen busca que seus parques de bioenergia em operação tenham máximo aproveitamento da água da cana-de-açúcar e das águas quentes do processo, reduzindo as demandas de captação de água de fontes (subterrâneas e superficiais). Com o programa, a companhia tem por objetivo capturar o máximo de valor do reuso de águas, aliando gestão hídrica à conservação de energia e aumento de eficiência. A Sonda MAQUA contribui diretamente para a gestão hídrica, uma vez que propõe a análise aquosa em tempo real pautada em valores químicos e físicos. Uma possibilidade de avaliar a qualidade e distorções na admissão desse recurso (ORLANDO, 2022).

O programa reforça ainda a agenda de sustentabilidade da Raízen e contribui diretamente para o desenvolvimento eficiente dos negócios. Em 2020, a empresa assumiu compromissos públicos para até 2030, alinhados a 16 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) da agenda global da Organização das Nações Unidas (ONU), dentre eles, reduzir a captação de água em 10%. Nos últimos dez anos a companhia já reduziu em 50% o consumo total de água em suas operações (ORLANDO, 2022).

## 1.2. OBJETIVO

O trabalho consiste na construção, ajustes, atualização e testes da Sonda MAQUA (Sistema Mecatrônico Automatizado com Geração Própria de Energia para

Análise de Qualidade da Água a Distância em Tempo Real), primeiramente em laboratório, posteriormente, em um campo de trabalho agroindustrial.

### 1.3 RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados do estudo podem vir de forma positiva ou negativa, somente com o andamento e aprofundamento do tema poderemos concluir. Consoante, poderemos saber se os métodos aqui utilizados são eficazes para garantir a análise de sua qualidade.

Um ponto a ser enaltecido são os esforços para que essa plataforma de análise, Sonda MAQUA, seja tema de trabalhos futuros, precursor de vários outros usando o dispositivo que ao final deste (uma vez aprovado e finalizado a contribuição) será doado integralmente à UNESP – FEIS – Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira sob guarda do LCR (DMAT | UNESP - FEIS) - Laboratório de Computação e Redes. Com a sonda em funcionamento, próximos estudantes poderão crescer conceitualmente, ampliar seus conceitos práticos sobre engenharia, e as modelagens matemáticas envolvidos, além do tratamento posterior dos dados recolhidos.

Contudo, por ser um ramo de estudo específico (tratamento e veredito sobre os conceitos físicos e químicos) é mandatório ter biólogos, físicos e/ou químicos envolvidos em tal processo. Os resultados obtidos deveram ser encaminhados à estudos de verificação e autenticidade por especialistas da área nos futuros trabalhos.

### 1.4. ORGANIZAÇÃO DE TEXTO

O texto está disposto em seis capítulos. Além desta introdução, apresentada no capítulo 1, tem-se no capítulo 2, a revisão de literatura, apresentando uma exposição geral do assunto atualmente, apresentando o Estado da técnica, a Solução Proposta da Problemática e por último o campo de utilização com base nas interfaces com a comunidade. Faz-se uma breve introdução teórica de algumas tecnologias importantes para IoT que estão disponíveis atualmente no mercado no tocante aos objetivos de análise e comunicação.

No capítulo 3.1. são apresentados os componentes eletrônicos para composição da Sonda MAQUA, os instrumentos de medição e componentes laboratoriais do LCR – UNESP.

Descreve-se no capítulo 3.2. os procedimentos e metodologias nos quais se embasam os experimentos realizados em laboratório, em campo e que gerarão como consequência direta os resultados.

No capítulo 4 apresentam-se os resultados quantitativos e qualitativos. Nos absteremos dos tratamentos dos dados recolhido, ou seja, não serão atrelados os números (grandezas) à fenômenos naturais, a menos que estes sejam explicações para as próprias obtenções de dados.

As conclusões encontram-se no capítulo 5, seguida das referências bibliográficas que proporcionaram os subsídios necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, os apêndices e os anexos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O objetivo da revisão de literatura é abrir o tema e apresentar as ideias mais importantes utilizadas. Inicia-se com uma abordagem de conceitos teóricos que sustentam teoricamente toda a estrutura e justificam o desenvolvimento do trabalho ao longo do continuum acadêmico.

### 2.1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

#### 2.1.1. Testes Laboratoriais

De forma genérica os testes laboratoriais são utilizados para medir a qualidade através de um índice e aplicação específica para buscar resultados, sejam eles esperados ou não. Para as diferentes formas de análise esses testes costumam ser caros e difíceis para analisar os componentes presentes nas amostras líquidas.

Tendo como base o Manual Prático de Análise de Água, FUNASA, o exame de qualidade para potabilidade, visa analisar amostras de água potável para consumo humano e animal, no qual não pode conter substâncias tóxicas ou micro-organismos patogênicos tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Tais testes são chamados de exames microbiológico. A Tabela 1 apresenta algumas doenças que podem ser transmitidas pela ingestão de água contaminada.

Tabela 1 - Doenças causadas por micro-organismos.

| <b>Doenças</b>                    | <b>Agentes Patogênicos</b> |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Origem Bacteriana                 | Salmonella typhi           |
| Febre tifoide e paratifoide       | Salmonella paratyphi A e B |
| Cólera                            | Shigella sp                |
| Gastroenterites aguda e Diarreia  | Vibrio cholerae            |
| Disenteria bacilar                | Escherichia                |
| <b>Origem viral</b>               | Vírus da hepatite A e E    |
| Hepatite A e E                    | Vírus da poliomielite      |
| Poliomielite                      | Vírus Norwalk              |
| Gastroenterites agudas e Crônicas | Rotavirus                  |
|                                   | Enterovirus                |
|                                   | Adenovirus                 |

Fonte: FUNASA, 2013.

Entretanto, o trabalho aqui tratado se abstém dessa ligação com os principais tipos de agentes patogênicos.



Também existem os testes e exames chamados de físico-químicos que são responsáveis por medir características como pH, turbidez e temperatura (parâmetros focais deste trabalho).

### **2.1.2. Termo pH**

Ainda tomando como embasamento fundamental o Manual Prático de análise de água, redigido pela FUNASA define-se o pH no âmbito que visa o então trabalho.

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra (FUNASA, 2013. Pg. 54).

### **2.1.3. Termo Turbidez**

Turbidez pode, como terminologia, ser facilmente traduzido por resíduos físicos ou químicos, ou seja, presença de toxinas ou substâncias que prejudiquem ou altere a qualidade e características da água. Alguns desses resíduos podem ser sujeiras, barro, areia e fezes de animais de sangue quente ou frio. Alguns resíduos químicos podem ser a presença elevada de cloro, amônia, CO<sub>2</sub>, cloretos, alumínio e fluoretos.

Ainda tomando como base o Manual Prático de análise de água, redigido pela FUNASA define-se a turbidez no âmbito que visa o então trabalho.

A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (Funasa, 2013. Pg. 62).

### **2.1.4. Resistência Elétrica (segunda Lei de Ohm)**

A resistência elétrica nada mais é do que a capacidade que um corpo tem em se opor a passagem de corrente elétrica, com isso gerando queda de tensão, quanto à diferença de potencial entre seus terminais. A resistência é dada pela equação (1):

$$R = \rho \cdot l / A \quad (1)$$

Em que:

R: Resistência Elétrica;

$\rho$ : Resistividade do material;  
 $l$ : Comprimento;  
 $A$ : área.

Para fazer as medições na amostra, utiliza-se o conhecimento de circuitos elétricos. Criando uma interface e configurado para medir a resistência da mesma, com isso armazenamos os dados, então analisamos a comparação de gráficos gerados com os valores obtidos.

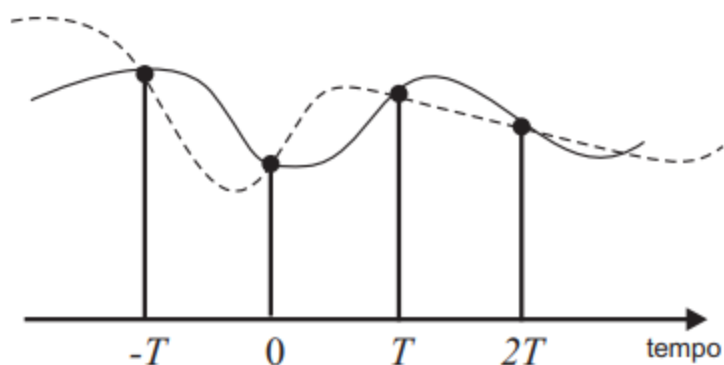
### 2.1.5. Análise de Sinais

O Processamento de Sinais consiste na análise e/ou modificação de sinais utilizando teoria fundamental, aplicações e algoritmos, de forma a extrair informações dos mesmos e/ou torná-los mais apropriados para alguma aplicação específica. O processamento de sinais pode ser feito de forma analógica ou digital (TOKIO, 2016).

Os sensores eletrônicos constituintes da Sonda MAQUA, na verdade a maioria dos sensores e instrumentos presentes no mercado, utilizam um gerador de sinal com dada tensão e amplitude conhecida (valores nominais de funcionamento dos dispositivos), aplicado nas amostras e analisado o sinal na saída, tentando verificar alguma distorção ou ações que levem a comparar com os testes físico-químicos que apresentem substâncias químicas no meio.

Em outras palavras, o gerador de frequência dos microcontroladores como é o caso do Arduino tem o dispositivo que cria uma onda senoidal com amplitude, frequência e fase constante. Depois de enviar essa onda para a ponta de prova e analisar a onda de resposta, têm-se um conjunto de distorções, ruídos e atenuações, como mostrar o exemplo dado pela Figura 2.

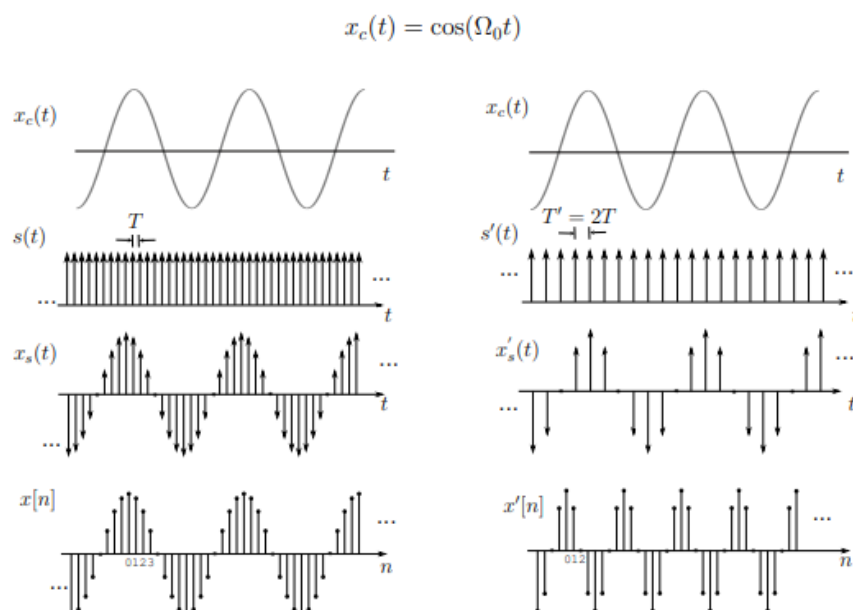
Figura 2 - Processamento discreto (digital) de sinais de tempo contínuo.



### 2.1.6. Amostragem de sinais

A amostragem é o processo de colher uma parte do total de uma grandeza qualquer que seja e a partir dessa amostra tratar ou estudar um todo enteriormente envolvido. A amostragem discreta (instantânea) de um sinal analógico ou forma de onda é o processo de representar o sinal como um conjunto discreto de números. Esses números ou amostras são iguais ao valor do sinal em momentos bem definidos (tempo de amostragem). As amostras devem ser obtidas para que o sinal possa ser reconstruído com precisão. Para amostrar digitalmente um sinal analógico, preciso saber o período do sinal para criar um período de amostra para que eu possa ler os dados. O intervalo de tempo inter-amostral chama-se intervalo de amostragem,  $T_s$ . Sendo o seu inverso, a frequência de amostragem,  $f_s = 1/T_s$  amostras por segundo (TOKIO, 2016).

Figura 3 - Modelo de amostragens de uma onda senoidal genérica

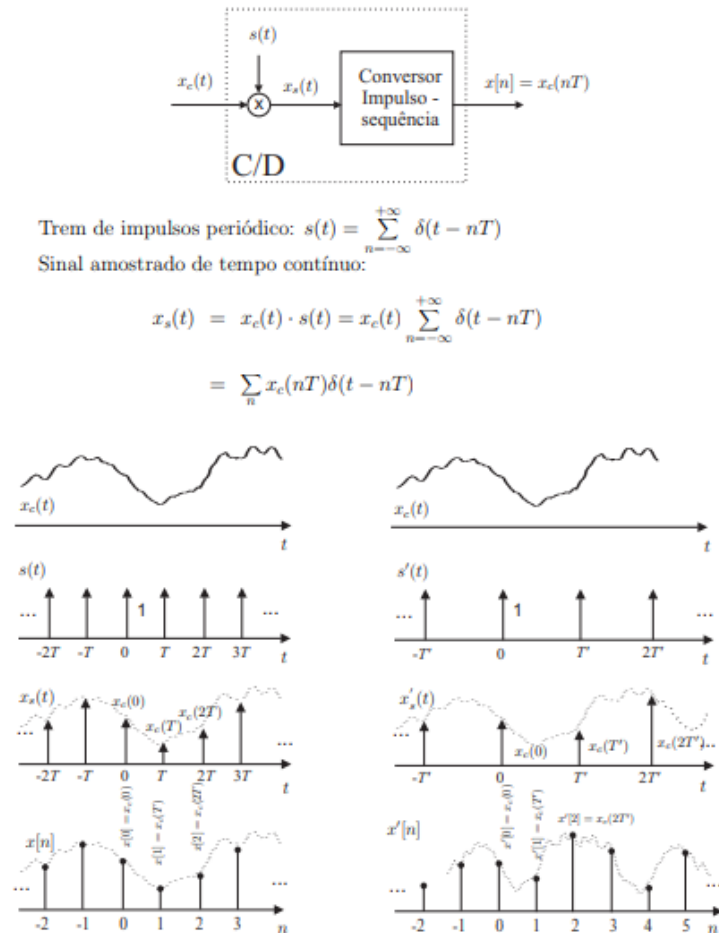


- O sinal de tempo contínuo é o mesmo para os dois casos;
- $T' = 2T$ , portanto no lado esquerdo a frequência de amostragem é maior;
- A frequência do sinal de tempo discreto  $x[n]$  é menor que a frequência de  $x'[n]$

Fonte: Tokio, 2016.

A definida conversão de um sinal de onda contínua de dá por meio do processo amostragem periódica por impulsos sendo esse realizado fisicamente por um dispositivo conversor Contínuo - Discreto. Vide a Figura 4.

Figura 4 – Exemplo de conversão analógica para digital.



Fonte: Tokio, 2016.

Seja  $x_c(t)$  um sinal de banda limitada, com  $X_c(j\Omega) = 0$  para  $|\Omega| > \Omega_N$ . Então  $x_c(t)$  é unicamente determinado por suas amostras  $x[n] = x_c(nT)$ ,  $-\infty < n < +\infty$ , se e somente se:  $\Omega_s - \Omega_N > \Omega_N$ , ou seja,  $\Omega_s = 2\pi/T > 2\Omega_N$  (TOKIO, 2016).

A fim de seja possível reconstituir o sinal original é necessário que a frequência de amostragem seja, no mínimo, equivalente ao dobro da frequência máxima contida no sinal analógico, isto consoante ao teorema da amostragem também chamado de frequência de Nyquist (TOKIO, 2016).

### 2.1.7. Placa Microcontroladora e plataforma de prototipação Arduino

Pode-se definir a placa microcontroladora e plataforma de prototipação Arduino através da passagem disposta em sequência pela citação.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter - e transformá-lo em

uma saída - ativando um motor, acendendo um LED, publicando algo online. Você pode informar o seu quadro, o que fazer, enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador no quadro. Para isso, use a linguagem de programação Arduino (com base na fiação) e o *software* Arduino (IDE), com base no processamento. Ao longo dos anos, Arduino tem sido o cérebro de milhares de projetos, desde objetos comuns até instrumentos científicos complexos. Uma comunidade mundial de fabricantes - estudantes, hobistas, artistas, programadores e profissionais - se reuniu em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somaram uma incrível quantidade de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda para novatos e especialistas. Arduino nasceu no *Ivrea Interaction Design Institute* como uma ferramenta fácil para prototipagem rápida, destinada a estudantes sem experiência em eletrônica e programação. Assim que atingiu uma comunidade mais ampla, o painel Arduino começou a mudar para se adaptar às novas necessidades e desafios, diferenciando sua oferta de placas simples de 8 bits para produtos para aplicativos IoT, wearable, impressão em 3D e ambientes incorporados. Todas as placas Arduino são completamente *open-source*, capacitando os usuários para construí-las de forma independente e, eventualmente, adaptá-las às suas necessidades particulares. O *software*, também, é de código aberto, e está crescendo através das contribuições de usuários em todo o mundo.

O Arduino Uno SMD R3 é uma placa de microcontrolador baseado no ATmega328 (datasheet). Ele tem 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação uma conexão ICSP e um botão de *reset*. Ele contém todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador, simplesmente conecte a um computador pela porta USB ou alimente com uma fonte ou com uma bateria e tudo pronto para começar (ARDUINO, 2018).

## 2.2. ESTADO DA TÉCNICA

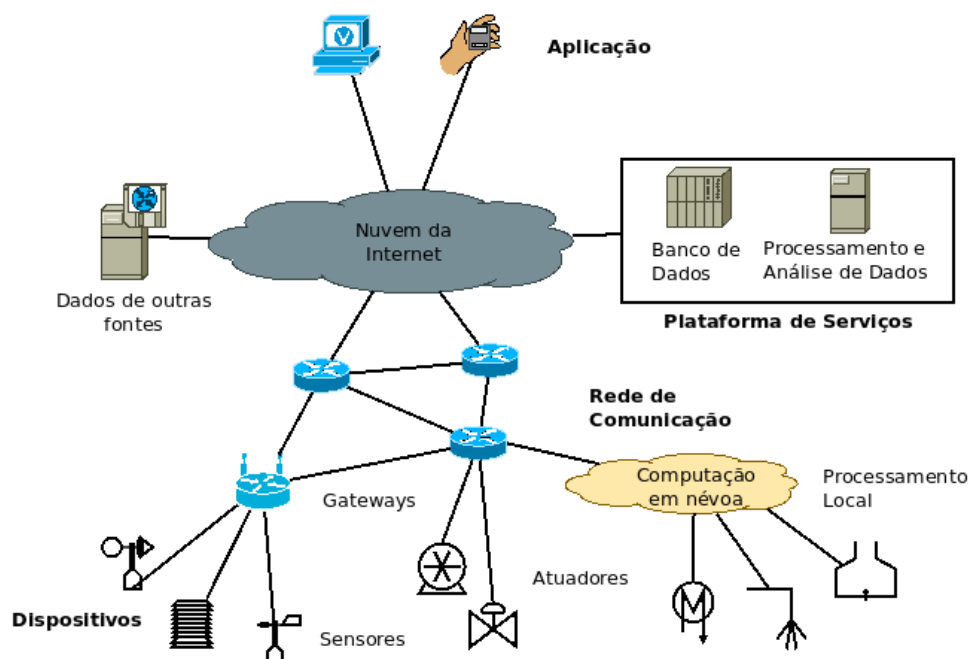
Os aparelhos constituídos de sensores eletrônicos para análise da qualidade de água requerem que um manipulador especializado se desloque a região toda vez que uma medição deva ser realizada, seja esta a beira de uma formação hidrográfica ou um reservatório artificial. Posterior, enquanto o aparelho estiver com seus bancos de baterias em nível de carga operacional, as aferições são realizadas e os dados devem ser anotados ainda pelo manipulador do aparelho. Por fim, seguindo o procedimento genérico, tem-se uma conversão manual para linguagem digital com o propósito da manipulação computadorizada demandada pelos estudos acadêmicos e gestões complexas de aquiculturas.

Observa-se nos aparelhos mais modernos uma tendência a adoção tecnologia de envio de dados do tipo M2M (machine to machine, ou máquina a máquina em português) no tocante do envio de dados do sensor a um servidor Web e simplificando o processo de anotar e posterior envio. Nestes aparelhos de medição

existe requerimento de que o usuário porte o sensor (motivos de carregar as baterias, posicionar e ativar o sensor), e valendo-se disso o acionamento dos comandos também é no próprio aparelho. Logo, a decisão dos comandos inclusive o envio de dados para grandes distâncias é feito de maneira manual e presencial, então não remotamente.

A combinação de comunicações (M2M) e o uso de sensores de baixo custo, conexões à Internet e processadores se mostra um campo promissor e crescente. Este vínculo 'machine to machine' atrelado à arquitetura de composição de sensores e acionadores em redes '*Network*' formam filosofia do IoT. Entre muitos benefícios em potencial, as tecnologias de M2M e IoT permitem o monitoramento remoto de pessoas, ativos ou um local onde o monitoramento manual não é economicamente viável, ou os custos podem ser significativamente reduzidos usando o monitoramento automatizado, em oposição às técnicas manuais. Hoje, exemplos proeminentes incluem máquinas de venda automática, automóveis, sistemas de alarme e sensores remotos. Atualmente, os mercados de rápido crescimento para aplicações M2M incluem dispositivos de rastreamento para contêineres ou paletes, aplicativos de saúde, como monitoramento remoto dos níveis de glicose ou batimentos cardíacos de uma pessoa, monitoramento de equipamentos industriais implantados em campo e sistemas de segurança (AMMAR, 2019).

Figura 5 – Organograma simplificado de funcionamento de IoT.



Fonte: AMMAR, 2019.

Por mais que já se tenha sensores avançados de leitura de qualidade de água com conectividade para envio dos dados de qualidade de água, essas evoluções não firmam uma independência da presença do manipulador no local de análise. Os aparelhos então por mais atuais que sejam não fazem uso de toda capacidade da conversação M2M. O que observa-se é uma unilateralidade no fluxo de informações na direção instrumento a servidor. A partir de algumas evoluções os sistemas de monitoramento de qualidade de poderiam gozar dos benefícios do IoT.

Tomando outra perspectiva, os sensores atuais também possuem um segundo prejuízo na funcionalidade de implementação IoT no campo, se dá no sistema de alimentação nos quais esses aparelhos se baseiam. Existe uma indispensabilidade de ligação a uma fonte externa de energia, seja esta, no momento de utilização (a fim de suprir a demanda do aparelho por energia elétrica para realizar suas funções) ou então previamente a utilização (para que quando suas baterias estejam carregadas e possam ser levados a campo). Isto é um gargalo

para realização das atividades de forma contínuas automatizadas e remotas (real utilização da funcionalidade de controle por rede - IoT) .

Terminantemente, o envio de dados desses sensores a distância já é uma realidade, mas a uso e gestão a distância em campo por prolongados períodos não, ou seja, não possuem uma autonomia na alimentação e consequente autossustentação de suas funções por um período amplo que possibilite realizar medidas frequentes ou esporádicas sem a intervenção humana no local.



### 2.3. SOLUÇÃO PROPOSTA DA PROBLEMÁTICA

No intuito de solucionar tais inconvenientes, desenvolveu-se a presente invenção, através da qual os sensores eletrônicos para monitoramento de qualidade de água têm sua independência da ligação de uma fonte externa de energia ao aparelho para recarregar suas baterias ou o aparelho como um todo.

Com a autossustentação energética gerida pelo sistema de alimentação aliado a implementação IoT no envio/recebimento de dados então remotamente, marca-se uma evolução brusca na eficiência dos sensores já que com o invento não há necessidade de um manipulador, presencialmente, para qualquer intervenção ou recarga do aparelho.

O dito aparelho conta com um conjunto de sensores eletrônicos que captam os sinais analógicos do ambiente, um processador de dados e microcontroladores para realizar tanto as tarefas como gerir o sistema de alimentação e autossustentação no qual estão inseridos.

O sistema de alimentação pela geração própria de energia é abastecido por células solares que convertem a luz solar em carga elétrica usada para carregar o banco de baterias e ainda todo hardware. Consoante, hora tem-se o uso da energia solar e hora do banco de baterias como fonte principal valendo-se da sazonalidade dia e noite na produção de energia luminosa. O fato alternar entre esses dois fornecedores de carga garante ao produto um funcionamento ininterrupto.

Em suma, a plataforma usa do recurso mais disponível em campos abertos como rios, oceanos, lagoas e reservatórios artificiais que é a energia luminosa solar para ser independente da intervenção humana na manutenção de sua carga, isso unido a todas as tecnologias de conexão remota M2M que propiciaram a adoção do IoT temos uma simplificação de todo o processo de obtenção dos dados físico-químicos aquosos para gestão e processamento futuro.

## 2.4. CAMPO DE UTILIZAÇÃO

A presente plataforma ou sonda não tripulada conta com um conjunto de sensores eletrônicos embarcados a fim de monitorar parâmetros físico-químicos de um volume ou região aquosa, sendo capaz de enviar remotamente esses dados coletados sem necessidade de uma fonte de energia elétrica externa para alimentar o aparelho.

O fato da sonda poder realizar suas atividades de medição por um longo prazo ininterrupto de dias, semanas ou ainda meses, como detalhado anteriormente, possibilita a contínua coleta e envio de informações em um período amostral antes nunca realizado. Ao contrário dos instrumentos atuais que possuem o gargalo de tempo em carga operacional e gestão enquanto o manipulador no local que fornece dados pontuais, o então novo sistema trará a compreensão de fenômenos mais complexos atrelados a sazonalidades e processos não imediatos.

Suas aplicações em análise de reservatórios artificiais a formações hidrográficas naturais são inúmeras, incluindo:

- a) Medicina, por exemplo, verificando o comportamento de doenças atrelado aos ditos parâmetros na água dos reservatórios em tempo real;
- b) Gestão Ambiental, por exemplo verificando as alterações provocadas por despejos de resíduos em cursos hídricos em tempo real;
- c) Aquicultura, por exemplo monitorando e interferindo em tempo real na gestão dos níveis de pH e oxigenação na região criação de peixes, mariscos etc., e tb. para cultivo de produtos naturais. Pode-se atrelar esses dados a estudos que busquem a melhor eficiência e produtividade.
- d) Hidrologia, por exemplo fornecendo dados para pesquisas acadêmicas diretamente ligadas a área em tempo real e por longos períodos de medição;
- e) Indústria, monitoramento dos recursos hídricos admitidos e despejados.

O foco do estudo, durante a execução da construção do protótipo e ainda dos testes, no ponto colocado anteriormente e) Indústria, monitoramento dos recursos hídricos admitidos e despejados.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

De forma pontual, todo o planejamento de materiais constituinte adotada no desenvolvimento desta pesquisa visa atingir os objetivos:

- a) Elaborar um projeto de monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água de modo autossustentável energeticamente;
- b) O projeto por sua vez deve vislumbrar:
  - a. Uma autossustentação energética que propicie dispensar a intervenção humana, presencialmente, no aspecto de alimentação;
  - b. Transmissão de dados remotamente do local de análise;
  - c. Conjunto de sensores, controladores e circuitos que sejam capazes de admitir grandezas físicas e químicas da água;
  - d. Programação dos sistemas de forma “conversar” todos os dispositivos do projeto;
  - e. Elaboração de uma estrutura que sustente todo o conjunto de sensores e torne factível o emprego em campo;
  - f. Construir, de modo a provar os conceitos teóricos aos quais se embasa, um protótipo do projeto em questão;
- c) O protótipo por sua vez deve vislumbrar:
  - a. Escolha de um conjunto de controladores, sensores e módulos de transmissão de dados;
  - b. Escolha de materiais estruturais que atendam aos requisitos de projeto;
  - c. Trabalhar sobre a proteção dos componentes elétricos à água e umidade.

### 3.1. MATERIAIS

#### 3.1.1. Componentes Elétricos da Sonda MAQUA

Os componentes elétricos, perante escolha e comparação para adoção no projeto terão detalhamento na parte deste trabalho dado como 3.2. Metodologia. Os sensores, módulos, conectores, placas de prototipação, placas microcontroladores, fios, bancos de baterias listados são aqueles garantiram o cumprimento das demandas do sistema de forma conjunta, portanto não sendo exclusivos que atendam às necessidades. As partes são mais viáveis dentro do contexto de viabilidade de custo e do âmbito de correspondência a qualidade ou precisão mínima requerida.

##### 3.1.1.1. Sensores e Módulos da Sonda MAQUA

###### 3.1.1.1.1. Módulo transmissor TEL0078 WIFI V3 PCB

*Shield* transmissor TEL0078 WIFI V3 PCB (suporta o modo dual AP + STA, e conecta-se à rede WiFi do roteador). O módulo usa o gerenciamento de energia dinâmico para obter baixo consumo de energia (standby: <80uA; modo normal: média: 8mA; pico: 200mA).

- a) Alimentação: 5V DC;
- b) Range de frequência: 2.4 - 2.497GHz;
- c) Força do sinal de saída: 16dBm;
- d) Taxa de transmissão: 54Mbps – 1Mbps;
- e) Distância de transmissão: <150M;
- f) Suporta IEEE 802.11b/g/n;
- g) Suporta AP, Client, Gateway and UART to WLAN mode and so on;
- h) Suporta DHCP, acesso automático para protocolo de rede; Suporte a alocação de IP para salvar as informações do dispositivo no modo.

###### 3.1.1.1.2. Sensor de Temperatura DS18B20

Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água (bastante preciso,  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  exatidão, e proporciona leituras de temperatura de até 12-bits, configurável, através de uma conexão de dados de apenas 1 fio com o microcontrolador)

- a) Alimentação: 3~5V DC;
- b) Faixa de medição:  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ ;
- c) Precisão:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- d) Ponta de aço inoxidável.

### 3.1.1.1.3. *Sensor de PH PH-4502C*

Sensor de PH PH-4502C (conjunto formado por um Eletrodo PH e um módulo eletrônico que faz a intermediação com o Arduino, por exemplo, podendo o eletrodo ficar submerso no recipiente com água, ficando somente com o cabo externo exposto).

- a) Tensão de aquecimento:  $5 \pm 0.2V$  (AC/DC);
- b) Corrente de trabalho: 5-10mA;
- c) Faixa de temperatura: 0-60°C;
- d) Tempo de resposta: 5s;
- e) Tempo de sedimentação: 60s;
- f) Componente Potência: 0,5W;
- g) Saída: Analógica;
- h) Faixa de medição: 0,00 ~ 14,00pH;
- i) Zero pontos: 7  $\pm$  0.5ph;
- j) Erro alcalino: 0.2pH.

### 3.1.1.1.4. *Sensor de Turbidez LGZD Sensor V1.1*

Sensor de Turbidez LGZD Sensor V1.1 (emite em sua extremidade uma luz infravermelha, imperceptível a visão humana, capaz de detectar partículas que estejam em suspensão na água, fazendo a medição da transmitância de luz e da taxa de dispersão, a qual muda de acordo com a quantidade de TSS (Sólidos Suspensos Totais), vindo a aumentar a turbidez do líquido sempre que os níveis aumentam)

- a) Tensão de trabalho: 5V DC;
- b) Corrente: 30 mA(max);
- c) Tempo de resposta: <500ms;
- d) Saída: Analógica (0-4.5V) ou digital (alto 5V / baixo 0V);
- e) Temperatura de operação: -30°C a 80°C.

### 3.1.1.1.5. *Ultrassônico de Distância HC-SR04*

Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04 (composto por um emissor e um receptor, com capacidade de medir distâncias de ~2cm até ~4m, com uma precisão de aproximadamente 3mm).

- a) Alimentação: 5V DC;
- b) Corrente de Operação: 2mA;
- c) Ângulo do sensor não superior a 15 graus;
- d) Alcance: 2cm ~ 4m;
- e) Alta precisão: ~3mm;
- f) Sinal de entrada trigger: 10us impulso TTL;
- g) Sinal Echo: saída TTL PWL sinal.

### 3.1.1.2. **Saídas de Interface Humana da Sonda MAQUA**

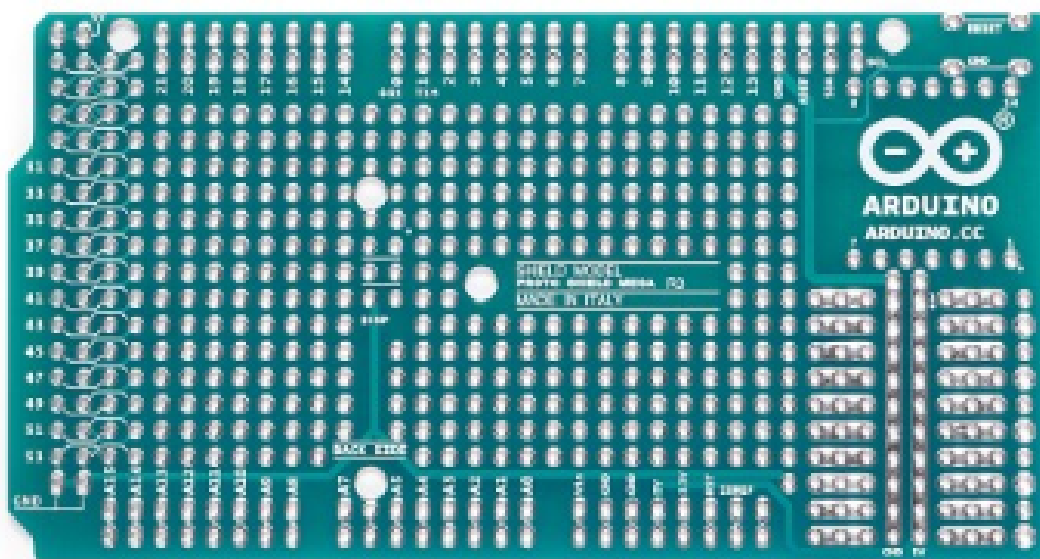
4 RGB led; Buzzer 3.3V (saída de alerta sonoro) e LCD display (genérico, com disposição de resolução 16\*2).

### 3.1.1.3. **Placas de Protipação da Sonda MAQUA**

#### 3.1.1.3.1. *Placa de prototipação ARDUINO MEGA PROTO SHIELD REV3*

Placa de prototipação ARDUINO MEGA PROTO SHIELD REV3 (placa com furação preparada para receber a construção e *design* de um circuito soldado adjunto ao Arduino Mega 2560 Rev3 ou ainda sobre o Arduino Uno Rev3 com pequenas adaptações explicadas melhor em E - Metodologia).

Figura 6 – Micro controlador Arduino Mega Proto shield.



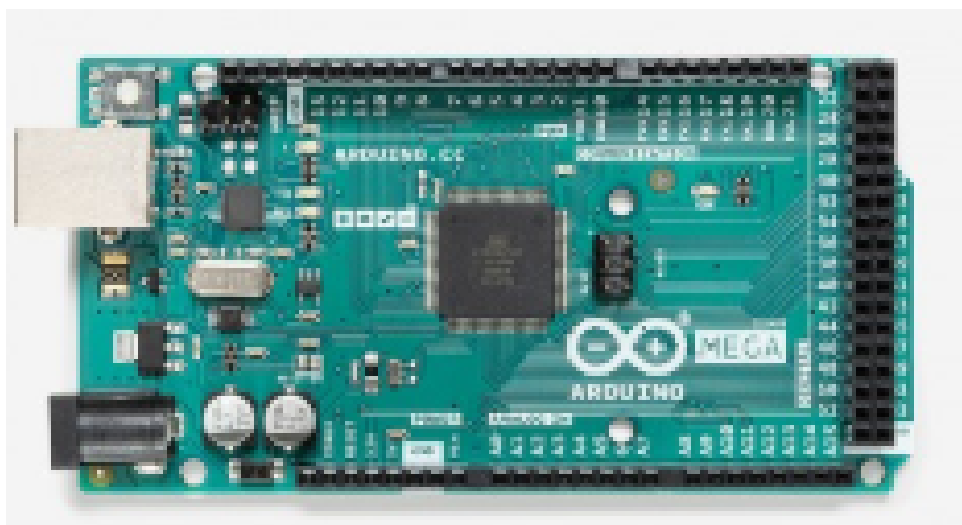
Fonte: Datasheet ARDUINO MEGA PROTO SHIELD REV3, 2020.

### 3.1.1.4. **Placas Microcontroladoras da Sonda MAQUA**

#### 3.1.1.4.1. *Placa Microcontroladora ARDUINO MEGA 2560 REV3*

Microcontrolador ARDUINO MEGA 2560 REV3 (placa com 8 bits com 54 pinos digitais, 16 pinos analógicos, 4 portas seriais baseado no ATmega2560).

Figura 7 – Micro controlador Arduino Mega 2560 Rev3.

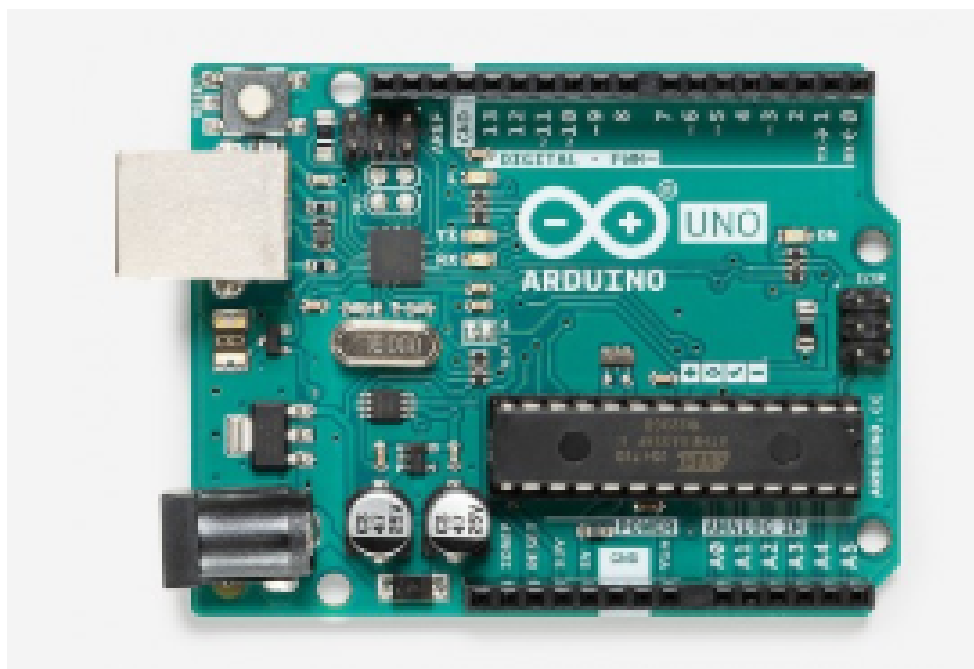


Fonte: Datasheet Microcontrolador ARDUINO MEGA 2560 REV3, 2020.

#### 3.1.1.4.2. Placa Microcontroladora ARDUINO UNO REV3

Microcontrolador ARDUINO UNO REV3 (placa com 8 bits com 14 pinos digitais sendo que 6 podem ser usados como saídas PWM, 6 pinos analógicos, baseado no ATmega328P)

Figura 8 - Microcontrolador Arduino Uno Rev3.



Fonte: Datasheet Microcontrolador ARDUINO UNO REV3, 2020.

### 3.1.1.5. Placas Reguladoras de Tensão da Sonda MAQUA

#### 3.1.1.5.1. Placa Reguladora de Tensão LM2596 Voltímetro BTE13-001A tipo Step-Down

Placa Reguladora de Tensão LM2596 Voltímetro BTE13-001A tipo Step-Down ajustável DC 4.5~40 para 1.25-37V com LED Display Voltímetro, porta USB e bornes de fácil conexão.

Figura 9 - Regulador de Tensão LM2596 Voltímetro BTE13-001A



Fonte: SARAVATI, 2020.

Nota-se na imagem em laranja os *bornes* de ligação em *in* para entrada de tensão, e *out* para saída de tensão. O componente em azul consta no regulador de faixa de amplificação. Na parte super

- a) Ampla faixa de tensão de entrada: 4.5-40V;
- b) Saída de tensão ajustável: 1.25-37V;
- c) Corrente de saída: 2A, 3A MAX (Recomendável uso de um Dissipador de Calor, para potência maior que 2A/10W);
- d) Eficiência de conversão: Até 92% (Quanto maior a saída, maior a eficiência);
- e) Frequência de chaveamento: 150KHz;
- f) Retificador: Retificação Não Síncrona;
- g) Propriedades do Módulo: Módulo Step-Down Não-Isolado (Buck);
- h) Proteção contra curto circuito: Limitador de Corrente;
- i) Temperatura de operação: -40 to +85 (Potência de saída de 10W ou menor);
- j) Temperatura em plena carga: 40.



#### 3.1.1.5.2. Placa Reguladora de Tensão Step-Up XL6009E1

Placa Reguladora de Tensão Step-Up XL6009E1 suporta correntes de até 4A e a eficiência pode chegar até 94%. Ultra-alta frequência de comutação até 400KHz (400000 vezes por segundo).

Figura 10 - Shield Regulador de Tensão Step-Up XL6009E1.



Fonte: Especificação Shield Regulador de Tensão, 2020.

- a) Faixa de tensão de entrada: 3V-32V;
- b) Faixa de tensão de saída: 5V-35V.

#### 3.1.1.6. Fios e Jumpers da Sonda MAQUA

Cabo de rede Furukawa (modelo 120.0001.00001) categoria 5e, 4 pares, 24 AWG, na cor amarelo. Dedicado a sistemas de cabeamento estruturado para tráfego de voz, dados e imagens, segundo requisitos da norma ANSI/TIA/EIA-568A, incluindo o adendo 5 (Categoria 5e), para cabeamento horizontal ou secundário

entre os painéis de distribuição (Patch Panels) e os conectores nas áreas de trabalho.

### **3.1.1.7.      *Sistemas de Alimentação Energética da Sonda MAQUA***

#### **3.1.1.7.1.      *Painel Solar Oksn modelo LL-2W***

Painel Solar Oksn modelo LL-2W (o painel solar é constituído além das células solares por uma moldura de polímero e duas superfícies de suporte em acrílico).

Figura 11 - Painel solar Oksn modelo LL-2W



Fonte: Especificação Painel solar Oksn, 2020.

- a) Pico de geração de força: 2W;
- b) Corrente máxima: 0,33A;
- c) Voltagem máxima: 6V;

d) Dimensões: 15x14x1,5cm.

#### **3.1.1.7.2.     *Banco de Baterias***

O banco de baterias foi elaborado artesanalmente pelo colaborador, muito bem salientado em 4. Métodos, como também em 5. Resultados e Discussões, de forma a atingir a autonomia de suprimento energético necessário dentro da sazonalidade diária.

### **3.1.2.           Componentes de Vedação da Sonda MAQUA**

Os componentes de vedação, perante escolha e comparação para adoção no projeto terão detalhamento na parte deste trabalho dado como Métodos. As caixas seladas, anéis de vedação, prensa cabos são aqueles garantiram o cumprimento das demandas do sistema de forma conjunta, portanto não sendo exclusivos que atendam às necessidades. As partes são mais viáveis dentro do contexto de viabilidade de custo e do âmbito de correspondência a qualidade ou precisão mínima requerida.

#### **3.1.2.1.       *Caixas Herméticas da Sonda MAQUA***

##### **3.1.2.1.1.     *Caixa de passagem hermética STECK modelo SEX171***

Caixa de passagem hermética STECK modelo SEX171 construída consoante Norma NBR IEC60670-1.

Figura 12 - Caixa de passagem hermética STECK modelo SEX171



Fonte: Especificação Caixa de Passagem SEX171, 2020.

- a) Duplo isolamento;
- b) Parafuso 1/4" de volta sem elementos metálicos;
- c) Resistência a choques mecânicos e impermeabilidade;
- d) Matérias Primas: Material Termo-Plástico auto-extinguível;
- e) Grau de Proteção: IP 55;
- f) Proteção Mecânica: IK08.

#### 3.1.2.1.2. Caixa de passagem hermética STECK modelo SSX111

Caixa de passagem hermética STECK modelo SSX111 construída consoante Norma NBR IEC60670-1

Figura 13 - Caixa de passagem hermética STECK modelo SSX111.



Fonte: Especificação de Caixa de passagem SSX111, 2020.

- a) Parafuso 1/4" de volta sem elementos metálicos;
- b) Resistência a choques mecânicos e impermeabilidade;
- c) Matérias Primas: Material Termo-Plástico auto-extinguível;
- d) Grau de Proteção: IP 55;
- e) Proteção Mecânica: IK08.

### **3.1.2.2. Anéis de Vedação da Sonda MAQUA**

Anel de vedação silicone General Seal (resolvem os problemas de vedação devido a sua resistência química, juntamente com as propriedades elásticas e de baixo atrito).

- a) Matérias Primas: silicone com uma jaqueta FEP sem emendas
- b) Resistência térmica: suporta temperaturas entre -70 e 160 °C.
- c) Diâmetro: padrão ISO 3601 2,50cm. (Especificação de anéis de vedação, 2020).

### **3.1.2.3.      Prensa Cabos da Sonda MAQUA**

Prensa cabos S799CPTI e S801CPTI com roscas, respectivamente, PG- 7 e PG - 11. São construídos pela norma DIN 46320.

- a) Grau de Proteção: IP 67;
- b) Cores: Preto e Cinza;
- c) Resistência ao Impacto: Alta resistência mecânica;
- d) Matérias Primas: Material Termo-Plástico auto-extinguível (Poliamida 6.6).  
(Especificação de Prensa cabos, 2020).

### **3.1.3.      Componentes Estruturais da Sonda MAQUA**

Os componentes estruturais, perante escolha e comparação para adoção no projeto terão detalhamento na parte deste trabalho dado como E - Metodologia. Os perfis metálicos, parafusos, porcas, arruelas, travessas, apoios e tripé são aqueles garantiram o cumprimento das demandas do sistema de forma conjunta, portanto não sendo exclusivos que atendam às necessidades. As partes são mais viáveis dentro do contexto de viabilidade de custo e do âmbito de correspondência a qualidade ou precisão mínima requerida.

### **3.1.4. Instrumentos de medição e componentes laboratoriais – Laboratório de redes e Computação (LCR) | Unesp**

#### **3.1.4.1. Medidor de Temperatura Infravermelho FLUKE-59MAX**

O medidor de temperatura por infravermelho apresenta a vantagem de não apresentar contato direto com a amostra, assim não interferindo na mesma em suas propriedades químicas (alteração de propriedades por contaminação no contato de uma ponta de prova) e ainda conserva as propriedades físicas (não promove alteração da temperatura da própria amostra uma vez que não entra em contato com a mesma).

Apresenta-se algumas especificações trazidas pelo fabricante do instrumento:

- a) A exatidão da tecnologia a laser permite medições repetidas e com maior precisão;
- b) Tela LCD grande fácil de ler e visualizar com luz de fundo;
- c) O projeto pequeno e leve cabe facilmente na sua caixa de ferramenta;
- d) Relação distância-ponto 8:1;
- e) Classificação IP40 para garantir mais proteção;
- f) Exibe a temperatura mínima, máxima e média, ou a diferença entre duas medições (FLUKE, 2018).

Figura 14 – Termômetro infravermelho FLUKE-59MAX.



Fonte: Fluke, 2018.

### 3.1.5. Instrumentos de medição e componentes laboratoriais – Laboratório de Qualidade Integrada Industrial | Raízen Energia

Conforme é melhor salientado e descrito no capítulo metodológico 5. Métodos os instrumentos de medição do Laboratório de Qualidade Integrada Industrial | Raízen Energia Unidade GASA – Andradina servirão de referencial teórico para comparação dos dados recolhidos com aqueles analisados em meio laboratorial (os então tidos como ideais). Assim é de suma importância listá-los e descreve-los. Dessa forma, são apresentadas imagens e especificações dos mesmos.

Figura 15 - Conjunto de medição de pH, e turbidez



Fonte: Elaboração própria do autor.

#### 3.1.5.1. Medidor de Temperatura Infravermelho FLUKE-59MAX

O medidor de temperatura infravermelho apresenta a vantagem de não apresentar contato direto com a amostra, assim não interferindo na mesma em suas propriedades químicas (alteração de propriedades por contaminação no contato de uma ponta de prova) e ainda conserva as propriedades físicas (não promove alteração da temperatura da própria amostra uma vez que não entra em contato com a mesma) (FLUKE, 2018).

Já citado como um integrante do Laboratório de redes e Computação (LCR) | Unesp, também está presente no Laboratório de Qualidade Integrada Industrial | Raízen Energia - Unidade GASA – Andradina.

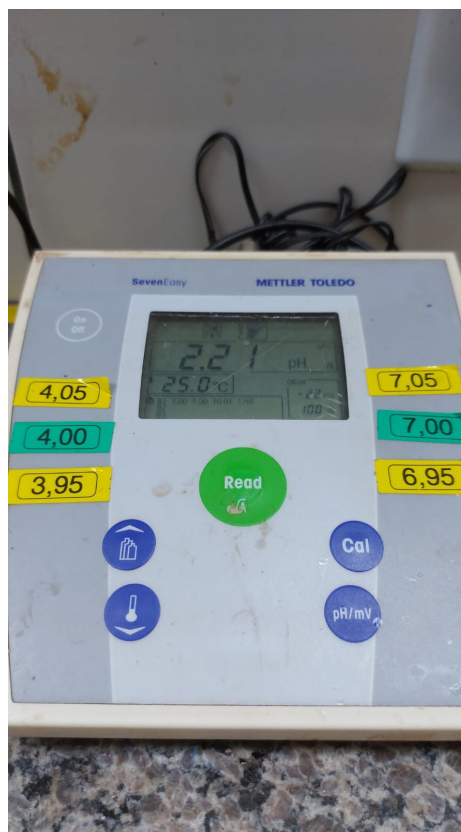
As especificações trazidas pelo fabricante do instrumento são as mesmas já que se trata do mesmo dispositivo.



### 3.1.5.2. Medidor de pH Mettler Toledo FP20-TRIS

Apresenta um grande display bem-estruturado, com botões em disposição intuitiva e um menu simplificado, garante a execução de medições com apenas alguns cliques.

Figura 16 - Toledo FP20-TRIS



Fonte: Elaboração própria do autor.

### 3.1.5.3. Turbidímetro Digimed DM-Tu

Os turbidímetros *Digimed* utilizam o conceito de nefelometria e *back scattering* para avaliar o espalhamento de luz e consequentemente a turbidez de uma solução. Para quantificar a turbidez, podem ser utilizados diversos padrões de comparação, sendo o mais usual a escala em NTU (*Nephelometric Turbidity Unit* - Unidade Nefelométrica de turbidez), padronizada a partir de suspensões padrão de formazina. Assim, tem-se uma escala padrão de comparação entre os diferentes materiais, de modo a avaliar turbidez com precisão. Os turbidímetros Digimed estão em conformidade com as normas de medição de turbidez exigidas pela norma ISO 7027 e pela EPA 180.1 (DIGIMED, 2016).

Figura 17 - Turbidímetro Digimed DM-Tu.



Fonte: Elaboração própria do autor.

### 3.2. MÉTODOS

Buscando o desenvolvimento completo do protótipo e experimentos, foi realizado um plano ordenado de etapas que propiciassem uma organização e eficiência de recursos, culminando em um protótipo eficiente em todos os aspectos vislumbrados no capítulo D - Objetivos. Para isso seguiu-se a ordem dos métodos resumidos na Quadro 1. Os procedimentos da pesquisa foram realizados.

Quadro 1 - Resumo de planejamento das atividades em sequência de etapas (continua)

| Etapas | Estágio     | Etapas               | Descrição dos procedimentos                                                                                                                                                       |
|--------|-------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Pré-projeto | Objetivos            | Estabeleceu-se objetivos principais a serem atendidos pelo projeto tendo em vista orçamento e complexidade                                                                        |
| 2      | Pré-projeto | Materiais elétricos  | Escolha dos dispositivos que pudessem atender as demandas (número de portas, processamento de dados, linguagem de programação, precisão) de admissão de informação ou transmissão |
| 3      | Pré-projeto | Materiais elétricos  | Escolha de cabos que sustentem a alimentação e ainda a troca de informações entre as partes eletrônicas                                                                           |
| 4      | Pré-projeto | Materiais elétricos  | Configuração de um esquema de baterias que possibilite o sistema funcionar mediante a sazonalidade de fornecimento de energia pelas placas solares                                |
| 5      | Pré-projeto | Materiais elétricos  | Escolha de placas solares em disposição e número suficiente para recarregar o banco de baterias totalmente durante o período de luz solar                                         |
| 6      | Pré-projeto | Materiais de vedação | Escolha de caixas de vedação para proteção das placas de circuitos adjunto dos prensa cabos para passagem de fios                                                                 |
| 7      | Projeto     | Código               | Foi escrito um código que propiciasse a “conversa” dos sensores e do sistema de alimentação com os microcontroladores                                                             |
| 8      | Projeto     | Formato              | Com todos os materiais elétricos e de vedação (intrínsecos para a operação do dispositivo) foi elaborado uma arquitetura que os abrigasse                                         |

Fonte: Elaboração própria do autor

Quadro 1 - resumo de planejamento das atividades em sequência de etapas  
(continuação)

| Etapas | Estágio  | Etapa                             | Descrição do procedimento                                                                                                                      |
|--------|----------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9      | Projeto  | Estrutura                         | Dada disposição das partes e layout do aparelho foi projetada uma estrutura que suportasse os esforços e abrigasse a arquitetura               |
| 10     | Projeto  | Materiais estruturais             | Foram escolhidos materiais conforme distribuição de esforços e propósito (suas escolhas foram em fase de projeto pela dependência ao layout)   |
| 11     | Execução | Montagem                          | Com todos os materiais necessários para o funcionamento foi dado início a montagem das moldando e usinando as partes estruturais               |
| 12     | Execução | Junções                           | As partes tanto estruturais quanto as caixas foram travadas juntas por parafusos                                                               |
| 13     | Execução | Soldas e construção dos circuitos | Nas placas de prototipação e protoboards foram aplicadas as soldas conforme o projeto dos circuitos de alimentação e transmissão de informação |
| 14     | Execução | Adição dos Materiais elétricos    | Foram acrescentados os componentes elétricos nas caixas herméticas, os sensores em seus suportes construídos                                   |
| 15     | Execução | Fiação                            | Foram posicionados os prensa cabos nas caixas herméticas consoantes as correspondências de inputs e outputs em cada uma.                       |
| 16     | Execução | Embarque do código                | Códigos referentes ao sistema de alimentação foram embarcados                                                                                  |
| 17     | Execução | Embarque do código                | Códigos referentes ao sistema de admissão de dados(sensores) foram embarcados                                                                  |

Fonte: elaboração própria do autor

Quadro 1 - Resumo de planejamento das atividades em sequência de etapas  
(continuação)

| Etapas | Estágio                 | Etapa         | Descrição do procedimento                                                                                                                                                                                          |
|--------|-------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18     | Ajustes                 | Alimentação   | Nos circuitos reguladores de tensão os capacitores e resistores variáveis foram ajustados de modo a carregar o banco de baterias e/ou alimentar os circuitos na tensão;                                            |
| 19     | Ajustes                 | Estrutura     | Foram realizados reforços mediante acréscimo das forças (acrécimo das partes elétricas) solicitantes de peso ou torção (ainda tomando conceitos de momento fletor, CG etc.)                                        |
| 20     | Teste em laboratório    | Sensores      | Os sensores foram colocados em condições forçadas em simulações de ambiente laboratorial a fim de testá-lo comparando com parâmetros tidos ideais (instrumentos de precisão e consistência de medição confirmados) |
| 21     | Teste em laboratório    | Sistema geral | Teste da execução da rotina colocada no código da placa microcontroladora e retorno dos valores.                                                                                                                   |
| 22     | Teste em laboratório    | Sistema geral | Teste da execução da comunicação ou armazenamento de dados.                                                                                                                                                        |
| 23     | Teste em laboratório    | Sistema geral | Teste de autonomia energética acompanhada do acionamento automático do sistema de suprimento do banco de baterias visto sazonalidade de disponibilidade energética                                                 |
| 24     | Experimentação em campo | Sensores      | Os sensores foram colocados em condições real de campo em uma empresa agroindustrial a fim de testá-lo comparando com parâmetros tidos ideais (instrumentos de precisão e consistência de medição confirmados)     |

Fonte: Elaboração própria do autor

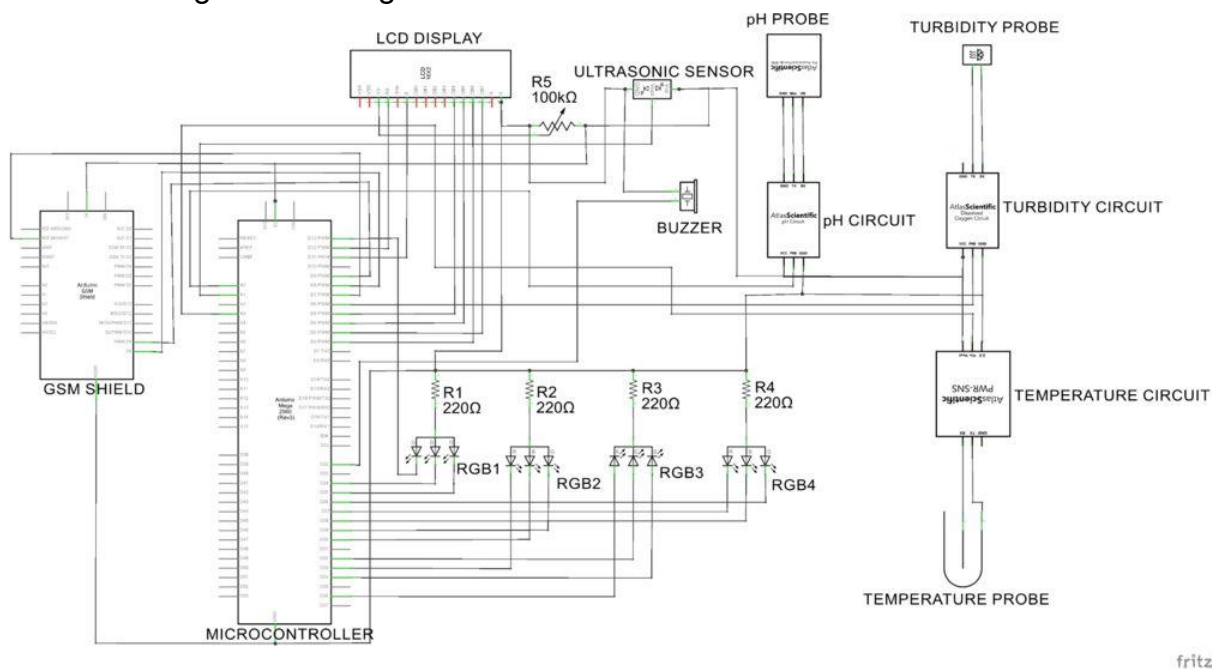
Quadro 1 - Resumo de planejamento das atividades em sequência de etapas (final)

| Etapas | Estágio                 | Etapa         | Descrição do procedimento                                                                        |
|--------|-------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25     | Experimentação em campo | Sistema geral | Teste da execução da rotina colocada no código da placa microcontroladora e retorno dos valores. |
| 26     | Experimentação em campo | Sistema geral | Teste da execução da comunicação ou armazenamento de dados.                                      |
| 27     | Experimentação em campo | Sistema geral | Compilação de valores e discussão de resultados obtidos.                                         |

Fonte: Elaboração própria do autor

Para a execução com primazia foi necessário seguir à risca o diagrama elétrico colocado na figura 9, ainda relido de forma ilustrativa pela Figura 10.

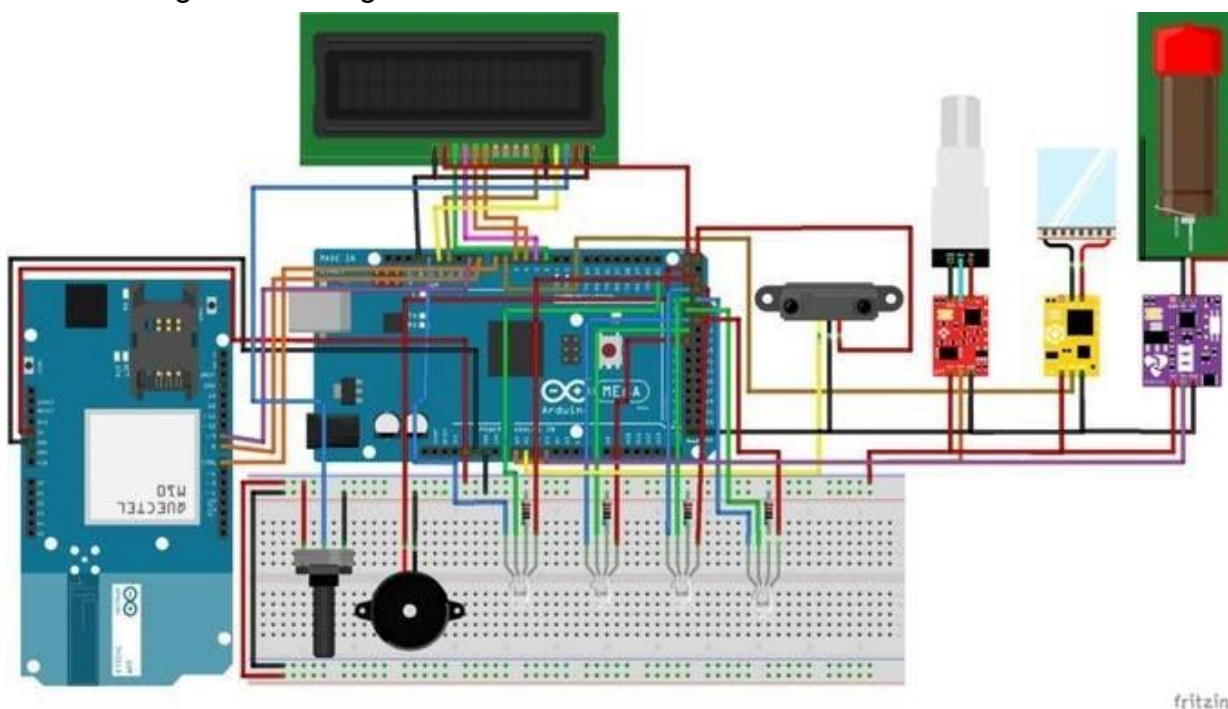
Figura 18 - Diagrama elétrico do sistema de leitura e envio de dados.



fritzing

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 19 - Diagrama ilustrativo do sistema de leitura e envio de dados.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Assim, as etapas realizadas na prototipação foram:

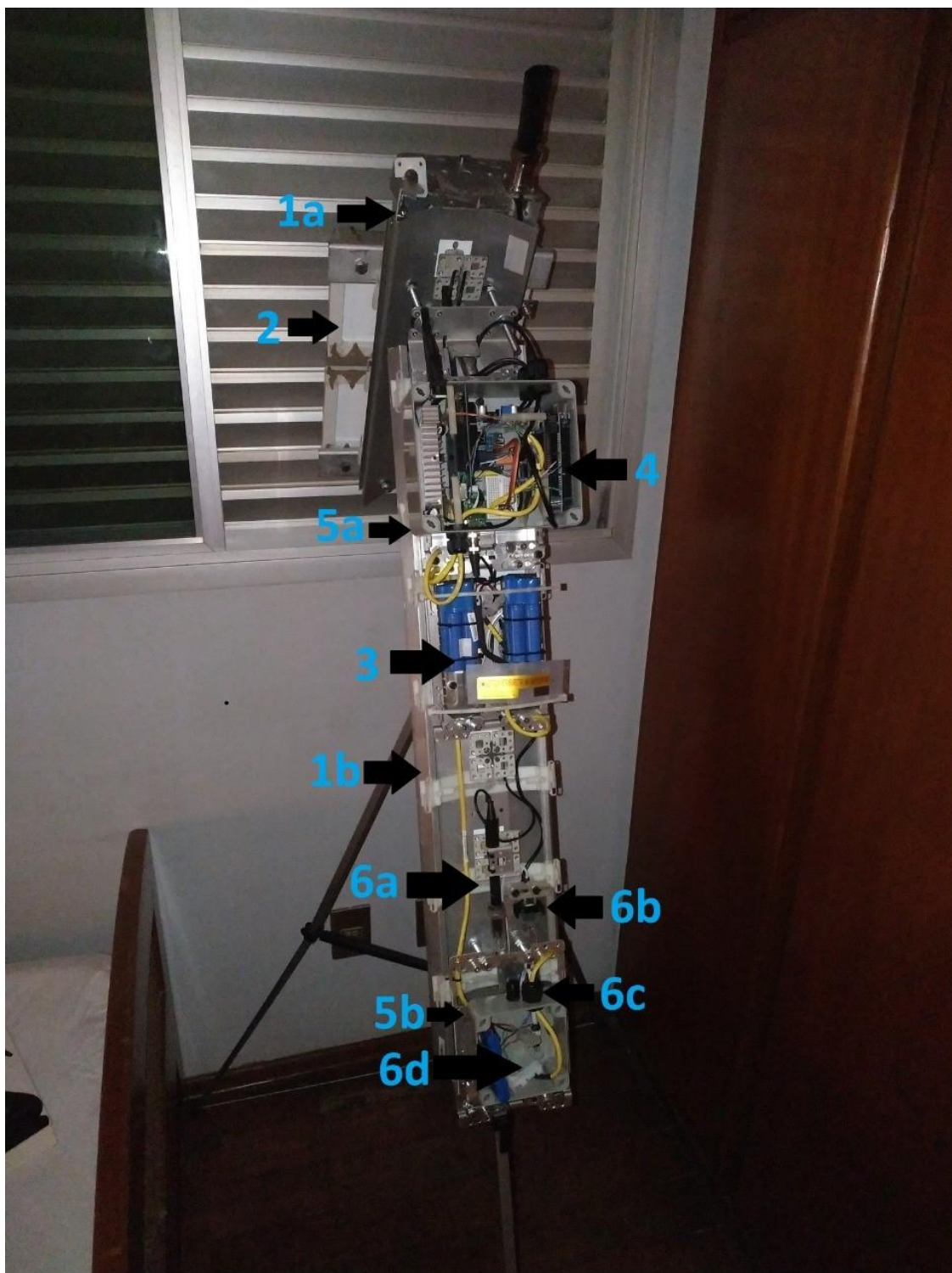
- Escolha dos dispositivos que pudessem atender as demandas (número de portas, processamento de dados, linguagem de programação, precisão) de admissão de informação ou transmissão;
- Escolha de cabos que sustentem a alimentação e ainda a troca de informações entre as partes eletrônicas;
- Configuração de um esquema de baterias que possibilite o sistema funcionar mediante a sazonalidade de fornecimento de energia pelas placas solares;
- Escolha de placas solares em disposição e número suficiente para recarregar o banco de baterias totalmente durante o período de luz solar;
- Escolha de caixas de vedação para proteção das placas de circuitos adjunto dos prensa cabos para passagem de fios;
- Foi escrito um código que propiciasse a “conversa” dos sensores e do sistema de alimentação com os microcontroladores;
- Com todos os materiais elétricos e de vedação (intrínsecos para a operação do dispositivo) foi elaborada uma arquitetura que os abrigasse;
- As partes tanto estruturais quanto as caixas herméticas foram travadas juntas por parafusos;
- Nas placas de prototipação e protoboards foram aplicadas as soldas após montagem conforme o projeto dos circuitos de alimentação e transmissão de informação;
- Foram acrescentados os componentes elétricos nas caixas herméticas, os sensores em seus suportes construídos;

- k) Foram posicionados os prensa cabos nas caixas herméticas consoantes as correspondências de *inputs* e *outputs* em cada uma. Posteriormente passados os fios;
- l) Códigos referentes ao sistema de alimentação foram embarcados;
- m) Códigos referentes ao sistema de admissão de dados(sensores) foram embarcados;
- n) Nos circuitos reguladores de tensão os capacitores e resistores variáveis foram ajustados de modo a carregar o banco de baterias e/ou alimentar os circuitos na tensão correta;
- o) Foram realizados reforços mediante acréscimo das forças (acrécimo das partes elétricas) solicitantes de peso ou torção (ainda tomando conceitos de momento fletor, CG etc.).

O presente projeto e consequente a prototipação consistiu em uma sonda para leitura de parâmetros físico-químicos da água dotada de um sistema de autossustentação energética e troca de dados remotamente. Para operar de acordo o aparelho compõe uma arquitetura que une em uma só estrutura (ponto 1a e 1b indicado na Figura 10), a usina de energia utilizada (ponto 2 indicado na Figura 10), um armazenador de energia (ponto 3 indicado na Figura 10), processadores e microcontroladores (ponto 4 indicado na Figura 10), caixa(as) hermética (as) (pontos 5a 5b indicados na Figura 10) e os sensores (pontos 6a, 6b, 6c e 6d indicados na Figura 10) propriamente ditos, os quais dão sentido ao aparelho e enquadram na função em campo de sonda.



Figura 20 – Sonda MAQUA com partes apontadas.



Fonte: Elaboração própria do autor.

A estrutura (ponto 1 indicado na Figura 10) é constituída por um material resistente que além de unir todas as partes fornecendo uma base de fixação para os componentes é responsável por manter a sonda no posicionamento estabelecido. A

então carcaça é dimensionada a ponto de suportar os esforços de peso, vento, durabilidade a debilitação solar, debilitação química da água pela submersividade, capacidade de engaste dos componentes e da sonda como um todo no suporte do local a ser analisado.

O material consoante as exigências e adotado foi o Alumínio naval de Liga 5052-H34 (naval) que compõe as chapas de 0.1mm (dobradas em Perfil W para maior rigidez) indicado na Figura 10 por 1a; para regiões da estrutura onde temos locais de esforço e tendência a fletir maior foram acrescentados reforços estruturais em usinados Alumínio de Liga 6351- T6 (naval) e ligações das partes em aço Inox Austenítico Liga AISI 304 indicados na Figura por 1b.

Figura 21 - Concepção da Sonda MAQUA com foco no perfil w.



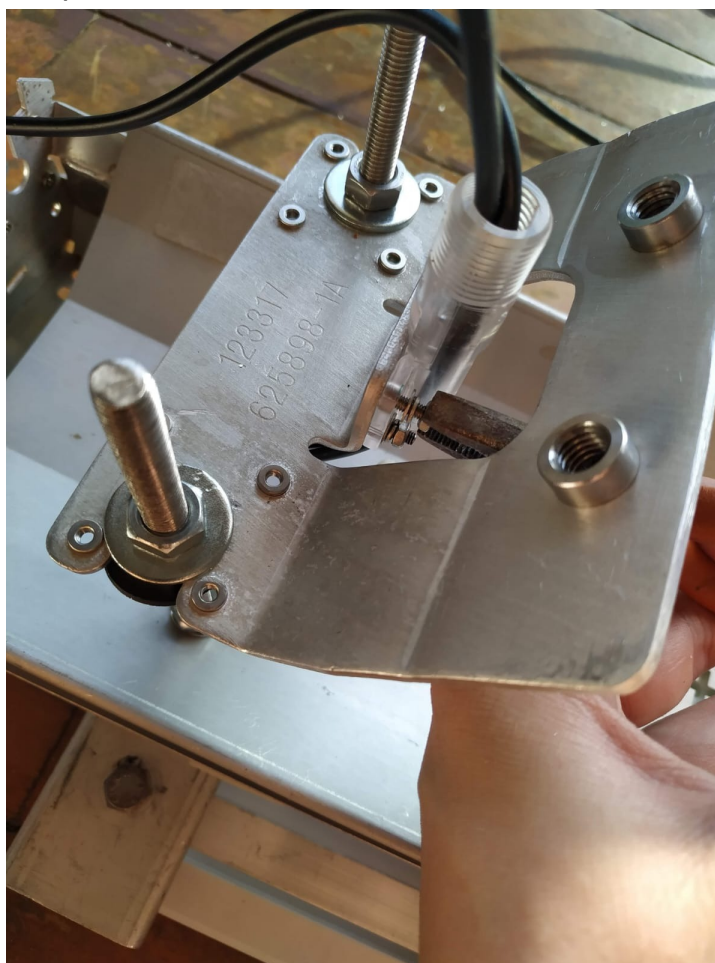
Fonte: Elaboração própria do autor.

Os perfis e conjuntos estruturais não foram em todo elaborados em Inox pois apesar de suas características de durabilidade tanto a corrosão como de resistência mecânica foi avaliada o aspecto da viabilidade econômica mediante ao limite de recurso para desenvolvimento do projeto e adoção posterior em escala industrial. A

metodologia aplicada para escolha e posicionamento de materiais foi explicada melhor neste trabalho em Metodologia.

Ainda na estrutura, entretanto detalhando as junções entre partes usinadas e perfis foram adotados parafusos sextavados da classe 5,8mm (DIN 933) , porcas M8 (DIN 934 de roscas DIN 13), porcas autotravantes (Nylon Insert Hex Lock Nut) sextavadas Ma 8mm (DIN 985 de roscas DIN 13) e barras roscadas de tamanho M8 (DIN 975 rosca DIN 13). Os materiais constituintes dos parafusos, porcas e barras roscadas variam entre Aço Inox Austenítico Liga AISI 304, aço zincado e aço carbono. O critério usado para adoção dos diferentes materiais, em cada ponto específico, foi novamente a exposição ao meio, resistência de esforços mecânicos e a salinidade tendo em vista a viabilidade econômica.

Figura 22 - Concepção da Sonda MAQUA com foco nas partes usinadas e parafusos DIN 934 e roscas DIN 13.



Fonte: Elaboração própria do autor.

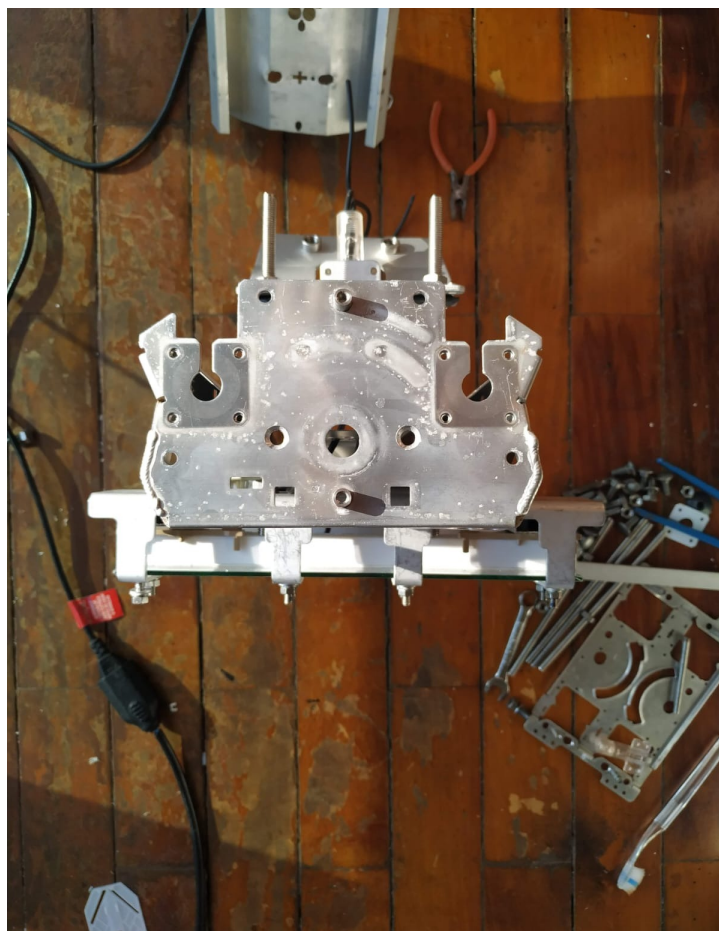
Foi adotado o microcontrolador Arduino MEGA2560 da ATMEL Corporation. Este componente tem capacidade de realizar o processamento dos dados obtidos



pelos sensores para leituras de parâmetros físico-químicos da água compatíveis a plataforma Arduino. Os dados do Arduino MEGA2560 foram trazidos anteriormente pela passagem no capítulo 3 – Materiais.

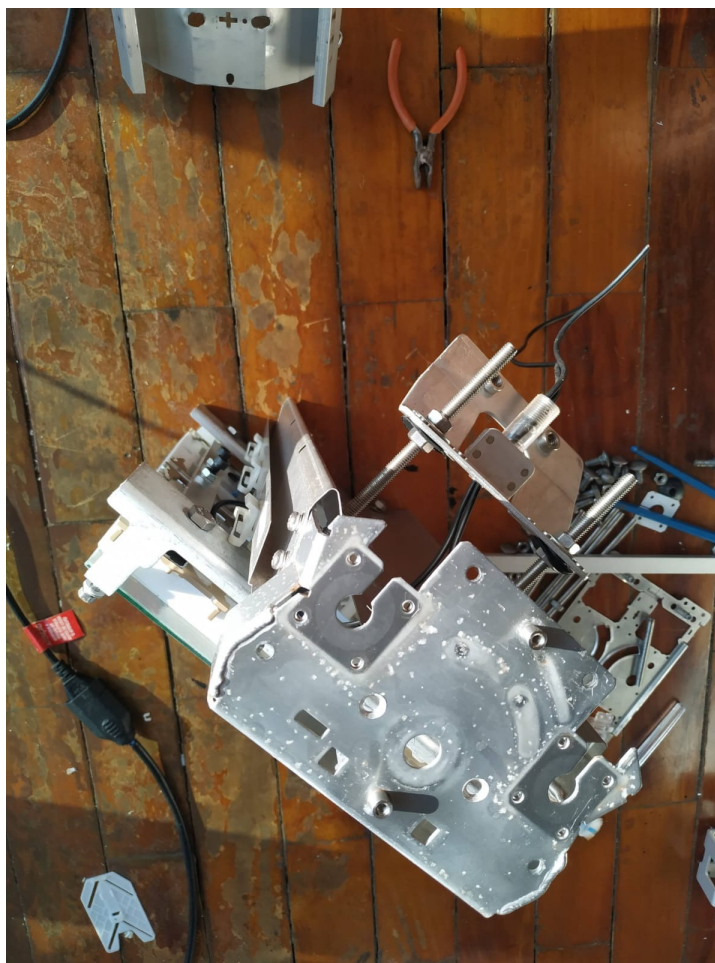
O sistema de alimentação deve ser construído juntamente com a estrutura, de modo a atingir a inclinação e posição para melhor captação de radiação luminosa solar.

Figura 23 - Concepção da Sonda MAQUA com foco na estrutura que protege e suporta o sistema de alimentação em posição.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 24 - Concepção da Sonda MAQUA com foco na estrutura que protege e suporta o sistema de alimentação em posição transversal.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Com todos as metas de prototipação alcançadas, ou seja, a Sonda MAQUA propriamente construída, são realizados os testes em condições laboratoriais forçadas para testar cada um dos sensores: pH, Temperatura e Turbidez.

Esses testes de comparação deverão não somente indicar o funcionamento ou não dos dispositivos como também a funcionalidade de expor de a forma gráfica dos desvios entre aparelhos de medição profissionais, com respaldo em normas técnicas e diretrizes de precisão.

Os então desvios podem e devem ser corrigidos através da regulação de potenciômetros, ou resistores de potência variável, presentes nas placas de leitura de sinal, os *shields*, visando a correção das distorções. Quando, apesar da manipulação primárias dos potenciômetros dos *shields*, passa-se a reição das bibliotecas de parametrização dos valores de tensão ou resistividade (fruto da

alteração de diferenças de potencial nas polaridades dos sensores). Em outras palavras, quando os ajustes na placa não forem suficientes (leituras incorretas) passa-se a mudança da expressão que dá o modelamento matemático entre a tensão recebida e o valor da grandeza colocada como resultado ao usuário pelo Arduino.

Assim sendo, através do alinhamento de interesses entre o LCR (DMAT | UNESP - FEIS) - Laboratório de Computação e Redes - buscando um ambiente de campo agroindustrial para experimentação e a Raízen Energia – Bioparque Andradina – GASA, foi possível a instalação da Sonda MAQUA no Tanque Pulmão do bioparque abastecimento pelo braço do Rio Tietê chamado Córrego Macaé, enfatizado na Figura 24.

Na metodologia de escolha do local podemos verificar uma convergência de bons fatores como a integração com o ponto do Rio Tietê até a proximidade com a Indústria, que por sua vez conta com o seu laboratório de Qualidade Integrada faz com que as amostras sejam colhidas com pouco tempo de deterioração. É muito difícil que se tenha a convergência de um local para realização das amostras com aparelhagem de precisão e ainda a Sonda de estudo no local de campo real. A possibilidade é gerada pela tubulação que liga a captação enfatizada na figura 25 com o Tanque Pulmão do bioparque.

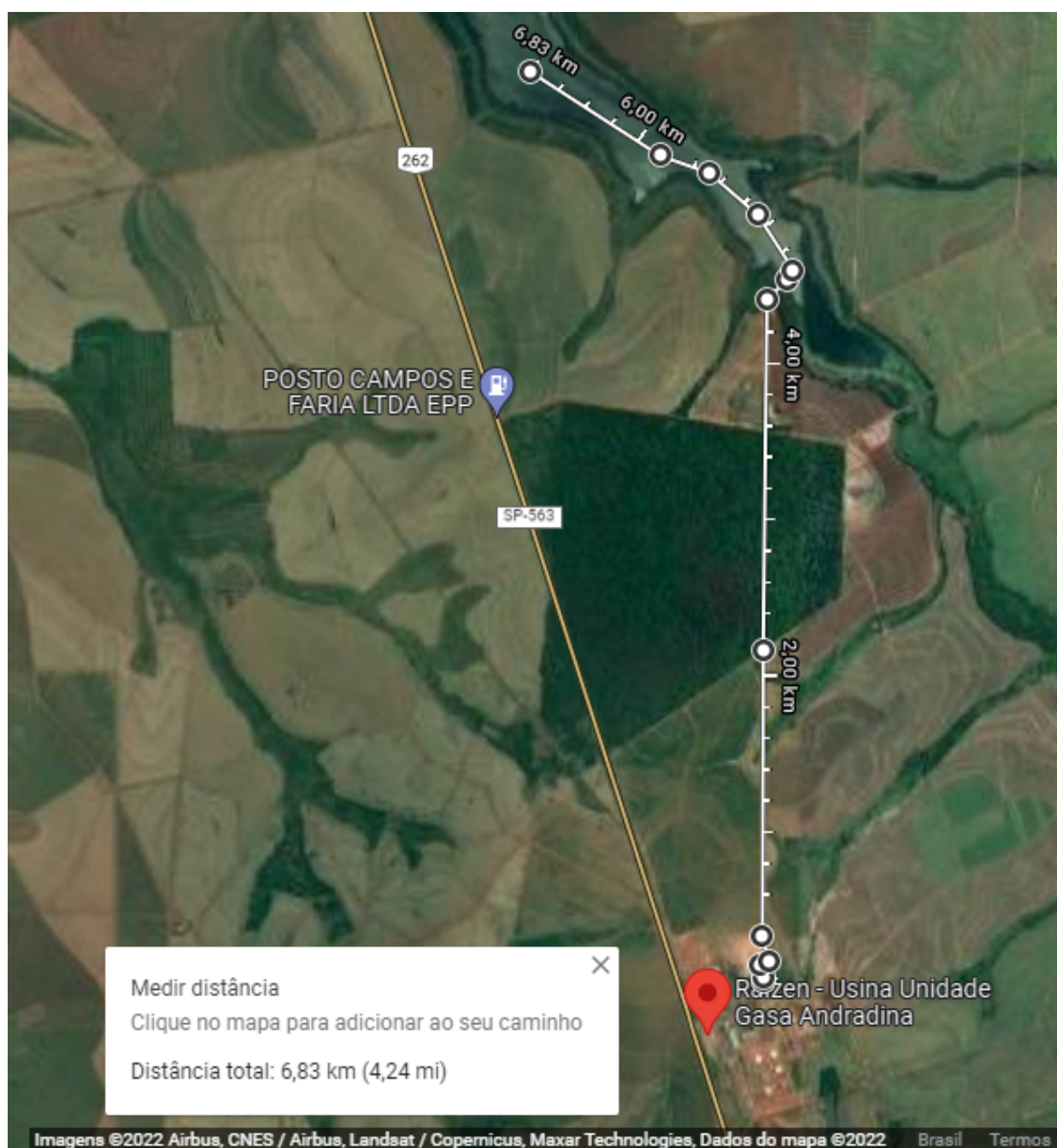
Figura 25- Vista aérea do posicionamento geográfico do Córrego Macaé dado local de captação da Raízen Bioenergia – GASA (tubulação de captação no traçado métrico branco).



Fonte: Google (2022).



Figura 26 - Vista aérea do posicionamento tubulação de captação no traçado métrico branco.



Fonte: Google (2022).



Objetivando recolher as grandezas físicas e químicas com maior precisão, antes da interferência do processo sobre a água bruta, a sonda MAQUA foi posicionada na porção mais próxima a saída da tubulação mencionada anteriormente e enfatizada na Figura 25. Vide o marco 0 na Figura 26, Figura 27 e Figura 28, essa é a posição de análise da Sonda MAQUA dentro do Tanque Pulmão.

Figura 27 - posição de análise da Sonda MAQUA dentro do Tanque Pulmão (vista aérea).



Fonte: Google (2022).

Figura 28 – Tanque Pulmão do Bioparque Raízen Energia Unidade – GASA.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 29 - Posição de análise da Sonda MAQUA dentro do tanque pulmão (vista local).



Fonte: Elaboração própria do autor.

A fim de verificar os resultados alcançados, se representam relevância de precisão para uso real da sonda em campo foi feita a contraposição desses valores analisados/recolhidos pela mesma e com as análises de amostras tratadas pelo laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Unidade – GASA.

Figura 30 - Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Unidade – GASA.



Fonte: Elaboração própria do autor.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sonda foi desenvolvida e implementada, sendo que esse já constou como um enorme desafio. Os materiais escolhidos e toda sua construção objetivou o uso em campo e uso prático para obtenção dos resultados sejam eles positivos ou negativos.

Em um primeiro momento testes funcionais e de desempenho foram realizados em ambiente laboratorial, limitados as condições do ambiente controlado e simulações de condições artificiais. Foram realizados testes de alimentação e autonomia energética também em ambiente laboratorial. Foi possível submeter com grande sucesso, baixos desvios e esses corrigidos através da regulação de potenciômetros, ou resistores de potência variável, presentes nas placas de leitura de sinal, os *shields*, visando a correção das distorções. Quando, apesar da manipulação primárias dos potenciômetros dos *shields*, passou-se a revisão das bibliotecas de parametrização dos valores de tensão ou resistividade (fruto da alteração de diferenças de potencial nas polaridades dos sensores). Em outras palavras, quando os ajustes na placa não forem suficientes (leituras incorretas) mudada da expressão que dá o modelamento matemático entre a tensão recebida e o valor da grandeza colocada como resultado ao usuário pelo Arduino. O código final com todas as correções e adaptações está presente no Apêndice B.

Os testes e experimento foram realizados recolhendo dados via conexão a cabo).

### 4.1. TESTES EM SIMULAÇÕES LABORATORIAIS FORÇADAS

Através desses testes realizados em meio laboratorial, nesse primeiro momento é possível realizar os ajustes para calibração da Sonda MAQUA.

#### 4.1.1. Temperatura - Condições Laboratoriais Forçadas

Para seu estudo e testes funcionais foi adotado o uso do Termômetro FLUKE-59MAX como parâmetro, uma vez que este realiza a medição a distância por Infravermelho e possui, mesmo trabalhando sem contato, uma precisão considerável (vide a Tabela). A medição sem contato no meio no qual o Sensor DS18B20 está inserido proporciona maior veracidade aos valores amostrados já que não há inserção de ponta de prova interferindo na temperatura do líquido analisado pelo sensor e então necessidade de aguardar trocas de calor até o equilíbrio térmico do sistema.

Figura 31 - Especificações: Termômetro infravermelho FLUKE-59 MAX

| Especificações                                                                  |                                   |                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Faixa de temperatura                                                            | -30 °C a 350 °C (-22 °F a 662 °F) |                                                         |
| Precisão (Geometria da calibração com temperatura ambiente de 23 °C $\pm$ 2 °C) | $\geq 0$ °C:                      | $\pm 2,0$ °C ou $\pm 2,0$ % da leitura, o que for maior |
|                                                                                 | $\geq -10$ °C a $< 0$ °C:         | $\pm 2,0$ °C                                            |
|                                                                                 | $< -10$ °C:                       | $\pm 3,0$ °C                                            |
|                                                                                 |                                   |                                                         |
|                                                                                 | $\geq 32$ °F:                     | $\pm 4,0$ °F ou $\pm 2,0$ % da leitura, o que for maior |
|                                                                                 | $\geq 14$ °F a $< 32$ °F:         | $\pm 4,0$ °F                                            |
|                                                                                 | $< 14$ °F:                        | $\pm 6,0$ °F                                            |

Fonte: Fluke, 2018.

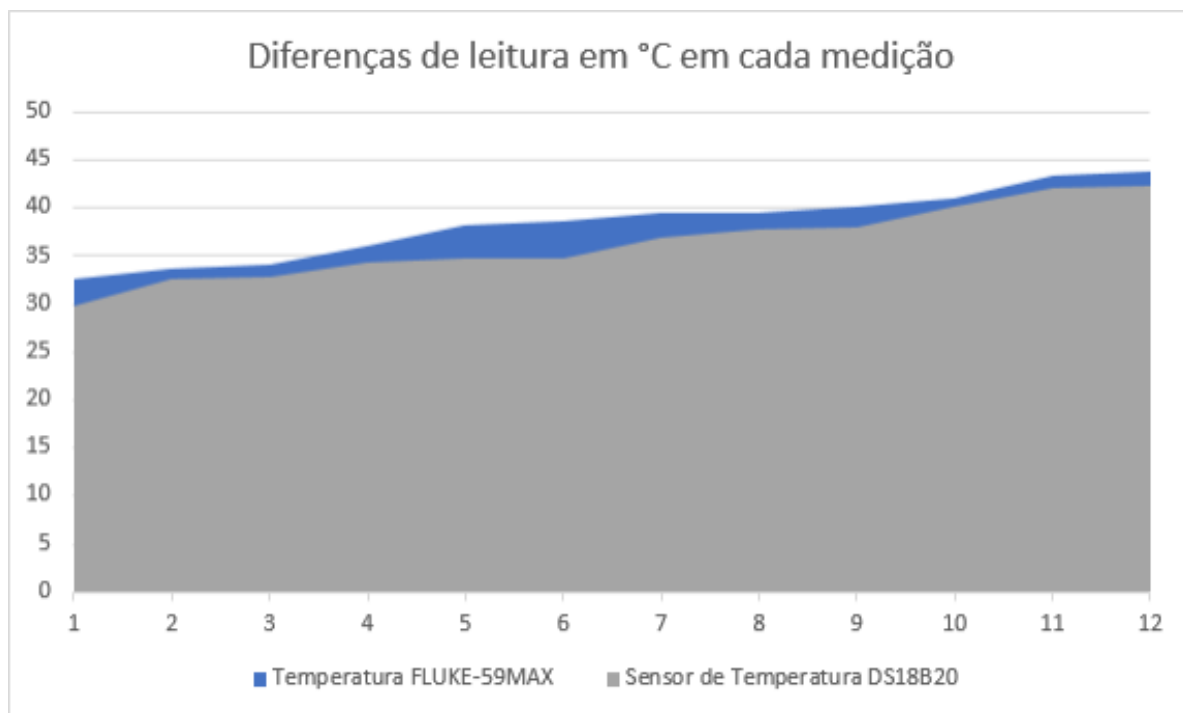
Tabela 2 - Valores coletados no teste laboratorial de temperatura.

| Temperatura FLUKE-59MAX (°C) | Sensor de Temperatura DS18B20 (°C) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 32,7                         | 29,8125                            |
| 33,7                         | 32,5625                            |
| 34,2                         | 32,8125                            |
| 36,1                         | 34,3125                            |
| 38,3                         | 34,75                              |
| 38,6                         | 34,8125                            |
| 39,6                         | 36,9125                            |
| 39,6                         | 37,8125                            |
| 40,1                         | 38,125                             |
| 41,1                         | 40,25                              |
| 43,4                         | 42,18                              |
| 43,9                         | 42,37                              |

Fonte: Elaboração própria do autor.

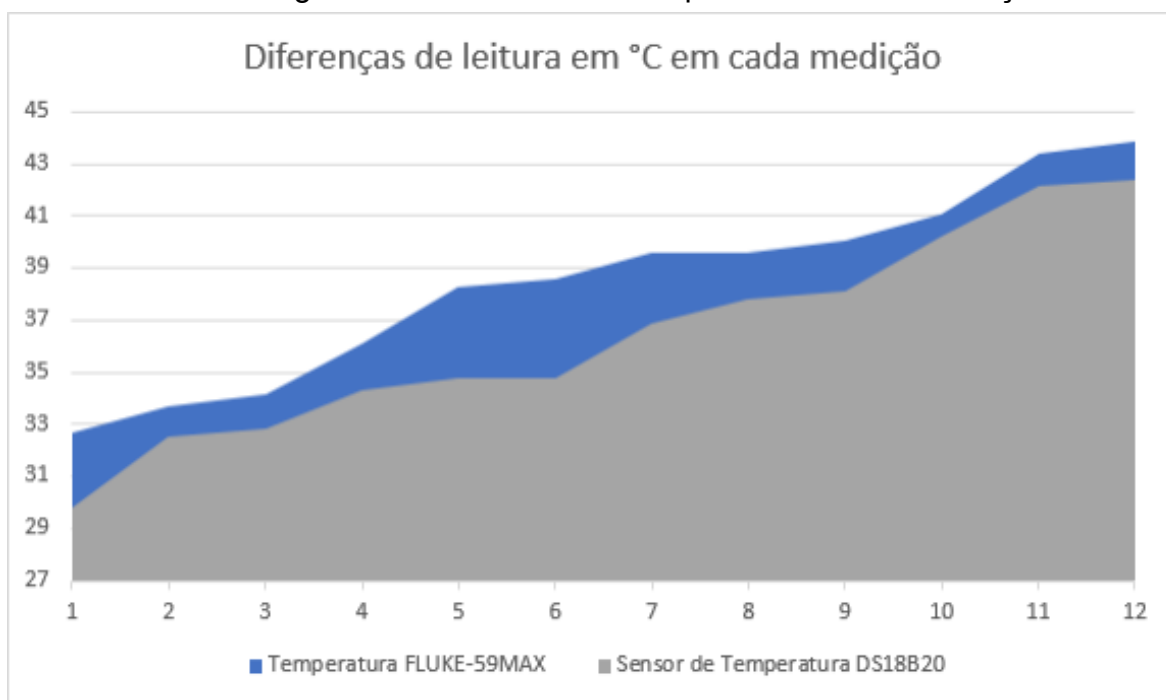


Figura 32 - Gráfico de comparação de leitura entre as medições pelo Termômetro FLUKE 59- MAX e o Sensor DS18B20.



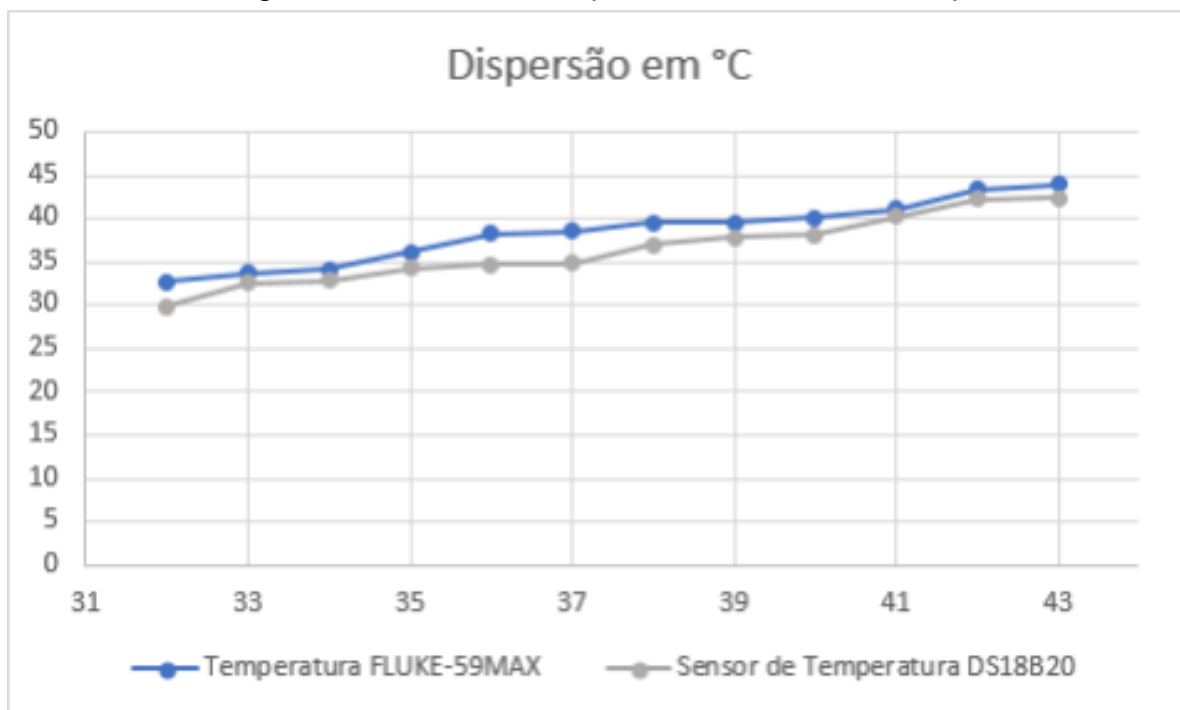
Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 33 - Gráfico com enfoque na Área de diferença.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 34 - Gráfico de dispersão de valores de temperatura.



Fonte: Elaboração própria do autor.

#### 4.1.2. Turbidez - Condições Laboratoriais Forçadas

Sensor de Turbidez detecta a qualidade da água através da medição dos níveis de turbidez/opacidade e utiliza-se de um sistema de análise para detecção de partículas suspensas na água. O aumento na turbidez por sua vez, é causado por partículas sólidas como materiais orgânicos e argila e que consequentemente interferem na propagação da luz, associada ao sensor através do efeito de Tyndall, que descreve a dispersão da luz projetada em um líquido, ou seja, quanto maior o número de partículas, mais a luz será espalhada. A unidade matemática utilizada para a medição da Turbidez é o NTU, que vem do inglês, *Nephelometric Turbidity Unit* e que significa Unidade Nefelométrica de Turbidez. Relação entre NTU e leitura em volts é estabelecida através da equação enuncial:

$$f(x) [\text{NTU}] = -1120,4x^2 + 5742,3x - 4352,9 [\text{V}]$$

Sua dedução partiu de forma experimental estudando as amostras de águas mais e menos túrbidas e assim usadas de parâmetros para as primeiras correspondências entre V e NTU. Observe que os valores de tensão na Tabela a seguir são precisos, entretanto os valores de Turbidez são mensurados



aproximadamente pelo tipo de amostra e por isso a grande distância entre cada qualidade de água em NTU.

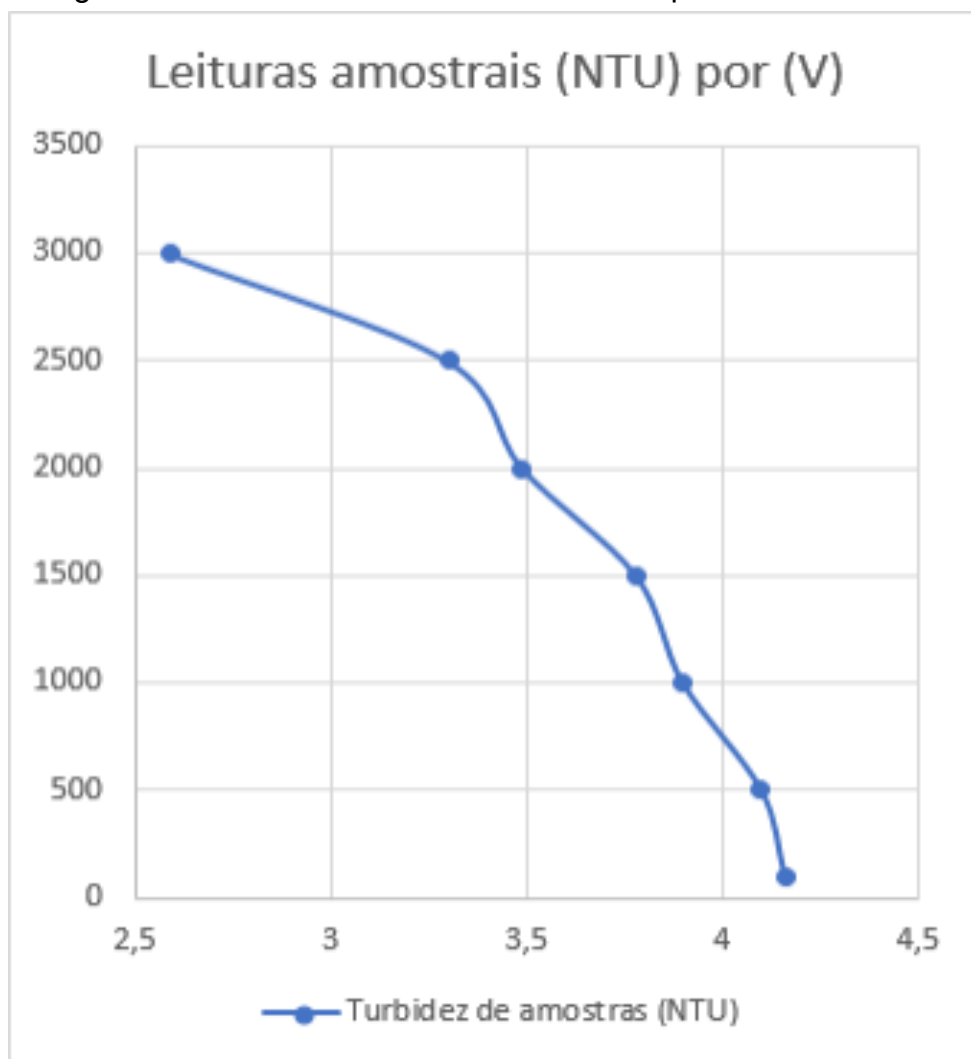
Tabela 3 - Experimento de determinação da curva de atuação dos Sensores de turbidez.

| Tipo de amostra                       | Tensão no Sensor de Turbidez ST100 (v) | Turbidez de amostras (NTU) |
|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| água muito turva - opaca              | 2,59                                   | 3000                       |
| água parcialmente turva - opaca       | 3,3                                    | 2500                       |
| água muito turva - translúcida        | 3,49                                   | 2000                       |
| água parcialmente turva - translúcida | 3,78                                   | 1500                       |
| água levemente turva - translúcida    | 3,9                                    | 1000                       |
| água levemente turva - transparente   | 4,1                                    | 500                        |
| água pouco turva - transparente       | 4,16                                   | 100                        |

Fonte: Elaboração própria do autor.

Com a tabela 3 em mãos foi plotado o gráfico do comportamento em da saída volts correspondentes a turbidez de cada amostra.

Figura 35 - Gráfico leitura do sensor ST100 para cada amostra.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Visto que o comportamento se assemelha a uma curvatura parabólica partiu-se para determinação de uma equação do segundo grau que atendesse a silhueta. Vide uma equação do segundo grau genérica:

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad (2)$$

Para forma-la por completo é necessário obter as constantes a, b e c. O raciocínio parte da correspondência de valores de Turbidez ( $f(x)$ ) a valores de tensão de saída no Sensor ST100 ( $x$ ). Foi realizada através de adoção de um sistema de 3 equações, ignorando as unidades, avaliando apenas a correspondência numérica:

$$F(x) = 3000 \text{ para } x = 2,59;$$

$$F(x) = 2000 \text{ para } x = 3,49;$$

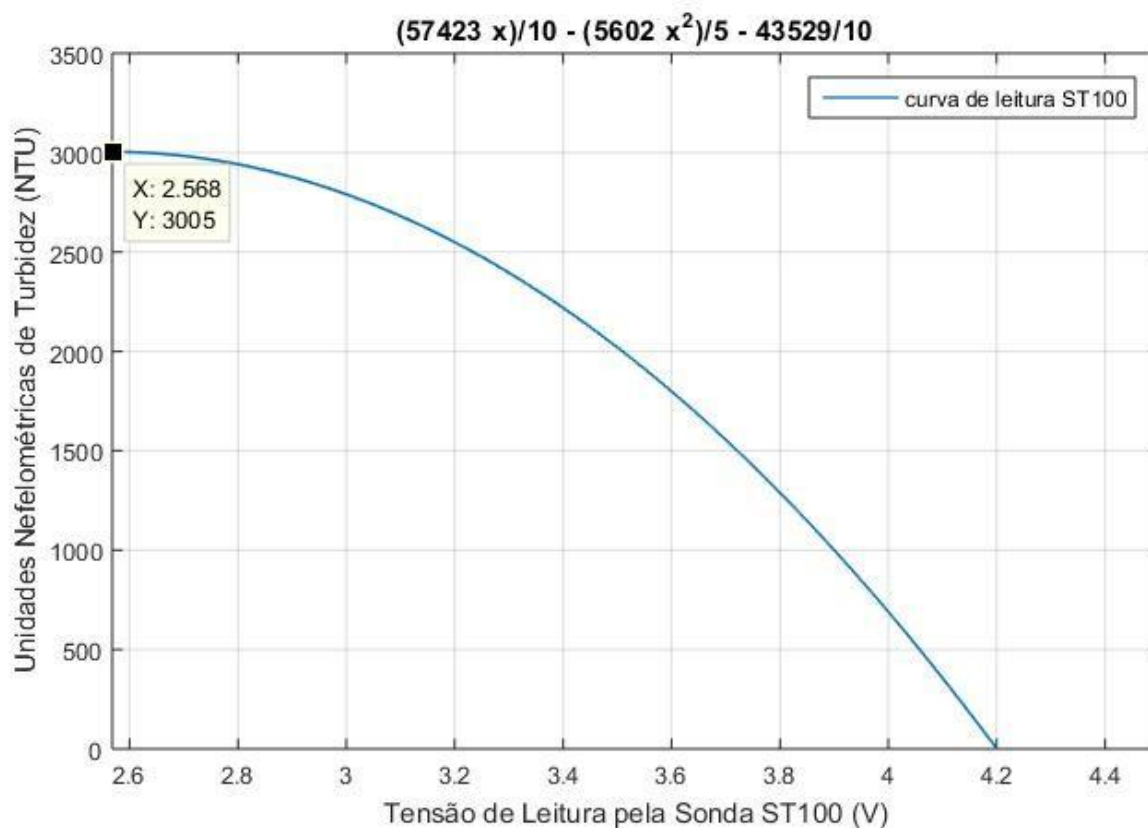
$$F(x) = 100 \text{ para } x = 4,16$$

Assim pode-se determinar os valores de a, b e c:

$$F(x) = \frac{(57423 \{x\})}{10} - \frac{(5602 \{x\}^2)}{5} - \frac{43529}{10} \quad (3)$$

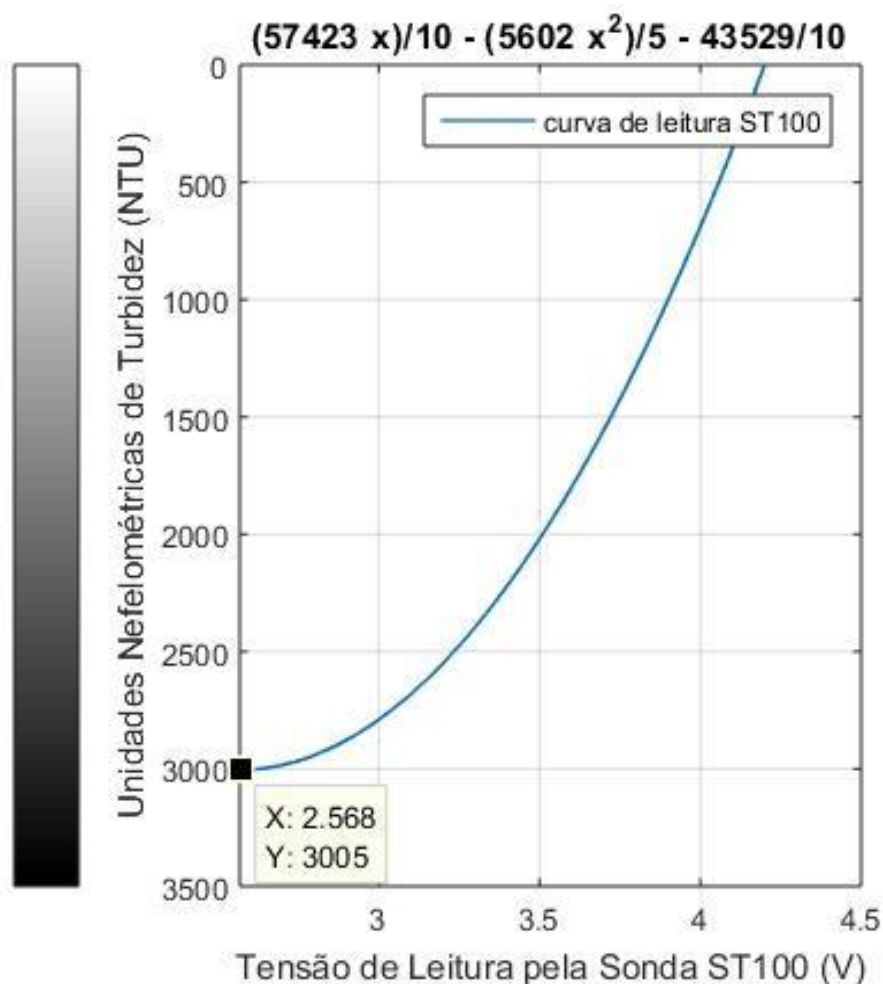
A partir da função matemática que rege o comportamento foi possível traçar uma curva atua no seu funcionamento como mostra o gráfico da Figura 16.

Figura 36 - Curva da função determinada para relação entre tensão de Saída no sinal do sensor ST100 e turbidez da água.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 37 - Curva da função determinada para relação entre tensão de Saída no sinal do sensor e turbidez da água com barra ilustrativa.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Internamente, o Sensor de Turbidez possui um exclusivo trimpot para ajuste de leitura, normalmente este dispositivo é desenvolvido para atender a tensão máxima de 4,2V, porém é possível utilizá-lo para ajustar esta tensão de saída. O limite inferior fixado foi de 2,6V, correspondendo a 3000 NTU. Para compreender melhor colocou-se uma barra disposta ao lado do gráfico da Figura 36 de forma a identificar o quão turva seria a água analisada, sendo escuro o mais turvo e gradativamente mais clara até translúcida.

#### 4.1.3. pH - Condições Laboratoriais Forçadas

Dadas as limitações da aparelhagem disponível no LCR, não foi possível realizar um teste de calibração com amparo em medidor de pH científico.

Foram realizados testes de comunicação do dispositivo de medição com a placa controladora sendo o resultado positivo: houve comunicação e exposição de valor em escala de pH. Assim sendo, pode-se passar para testes qualitativos com a resposta do sensor para uma solução de vinagre que gerou uma resposta pelo visor de 3,3 na escala de 0 a 14.

Lembremos que:

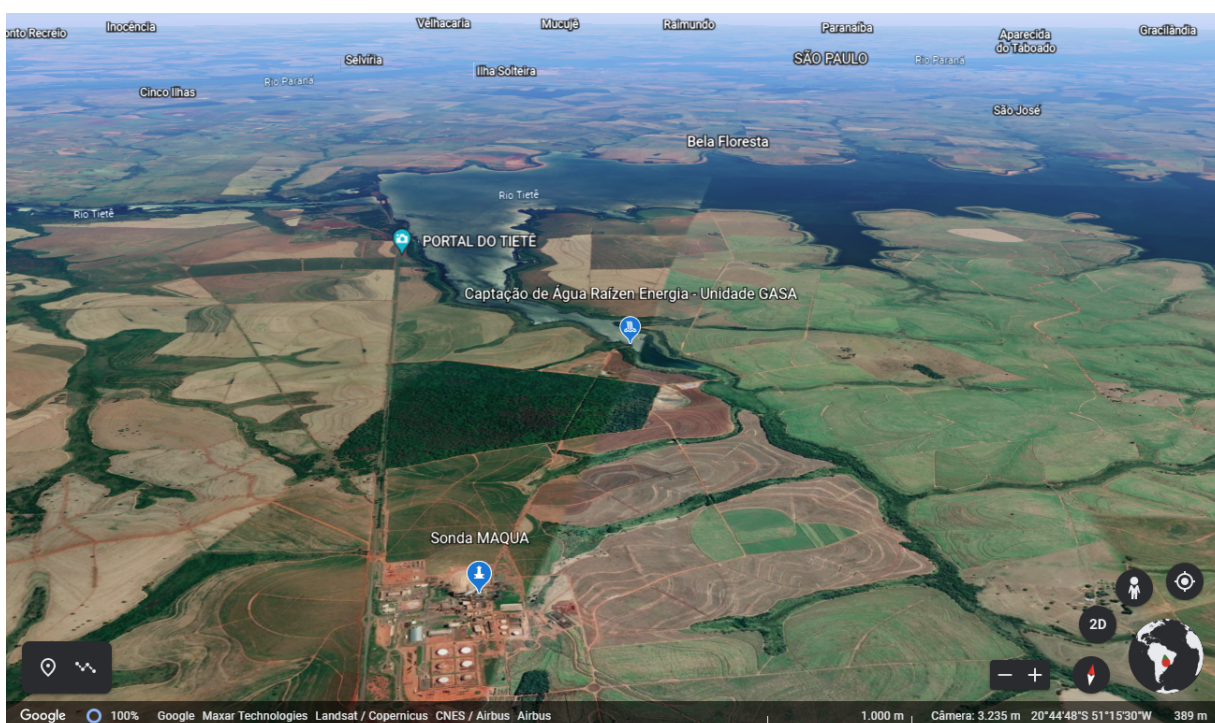
O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra. (FUNASA, 2013. Pg. 54).

Com base nesses valores a resposta gerada foi de sucesso, havendo concordância já que o pH esperado na análise era abaixo de 7.

#### 4.2. AFERIÇÕES REAIS DE CAMPO

Pontua-se novamente, mas de forma simplificada a posição da Sonda MAQUA, enquanto cabida de realizar as análises do Córrego Macaé. Vide a figura 37 e ainda a Figura 38 que traz o dispositivo imerso na água bruta do Tanque Pulmão do Bioparque.

Figura 38 - Posição da Sonda MAQUA e captação de águas



Fonte: Google (2022).



Figura 39 - Posição onde as análises de campo foram realizadas.



Fonte: Elaboração própria do autor.

#### 4.2.1. Turbidez - Aferições reais em campo

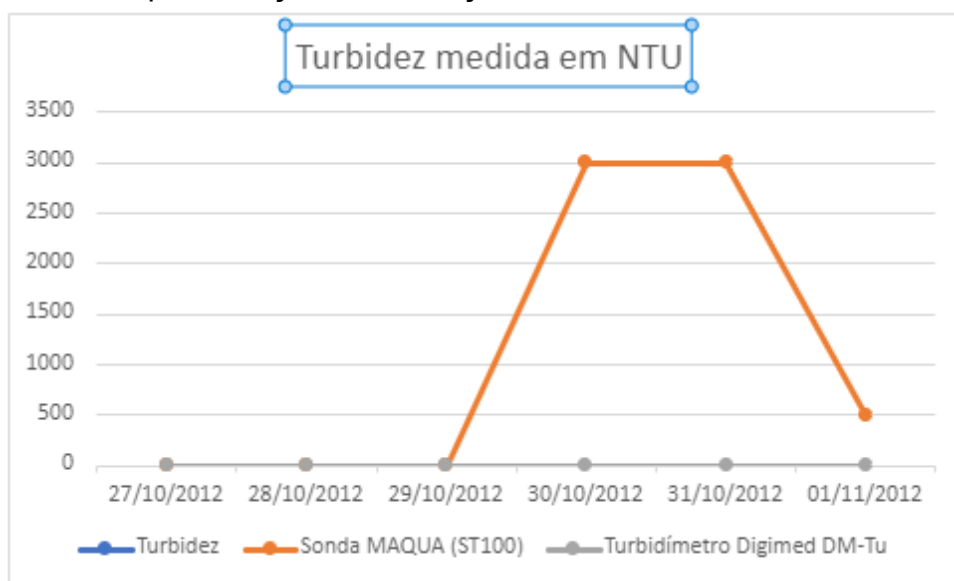
Tabela 4 – Valores aferidos em campo pela sonda MAQUA e Turbidímetro Digimed DM-Tu.

|                               | 27/10/<br>2022 | 28/10/<br>2022 | 29/10/7<br>2022 | 30/10/<br>2022 | 31/10/<br>2022 | 01/11/<br>2022 | E <sub>max</sub><br>% |
|-------------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Turbidez                      |                |                |                 |                |                |                | 14999                 |
| Sonda MAQUA (ST100)           | 1              | 1              | 1               | 3000           | 3000           | 500            | 9                     |
| Turbidímetro Digimed<br>DM-Tu | 0,02           | 0,02           | 0,02            | 0,02           | 0,02           | 0,02           |                       |

Fonte: elaboração própria do autor

Utilizando o gerador de gráficos do Excel podemos trazer a seguinte representação que retrata os dias de análise para o Turbidímetro Digimed DM-Tu e Sonda MAQUA (ST100) 27/10/2022, 28/10/2022, 29/10/2022, 30/10/2022 e 01/11/2022.

Figura 40 - Representação das medições de Turbidez realizadas em campo.



Fonte: Elaboração própria do autor.

O acúmulo de bagaço característico do Tanque Pulmão do Bioparque Raizen - Unidade GASA. Tal amontoamento de biomassa sobre os sensores interferiu principalmente o sensor de turbidez que apresentou um erro máximo de  $E_{max} = 14999\%$ , consequência da simples obstrução do canal de medição por biomassa. Isso o fez acusar total turbidez. Outro ponto de melhora futuro seria uma grade com função de peneiramento de sólidos na água.

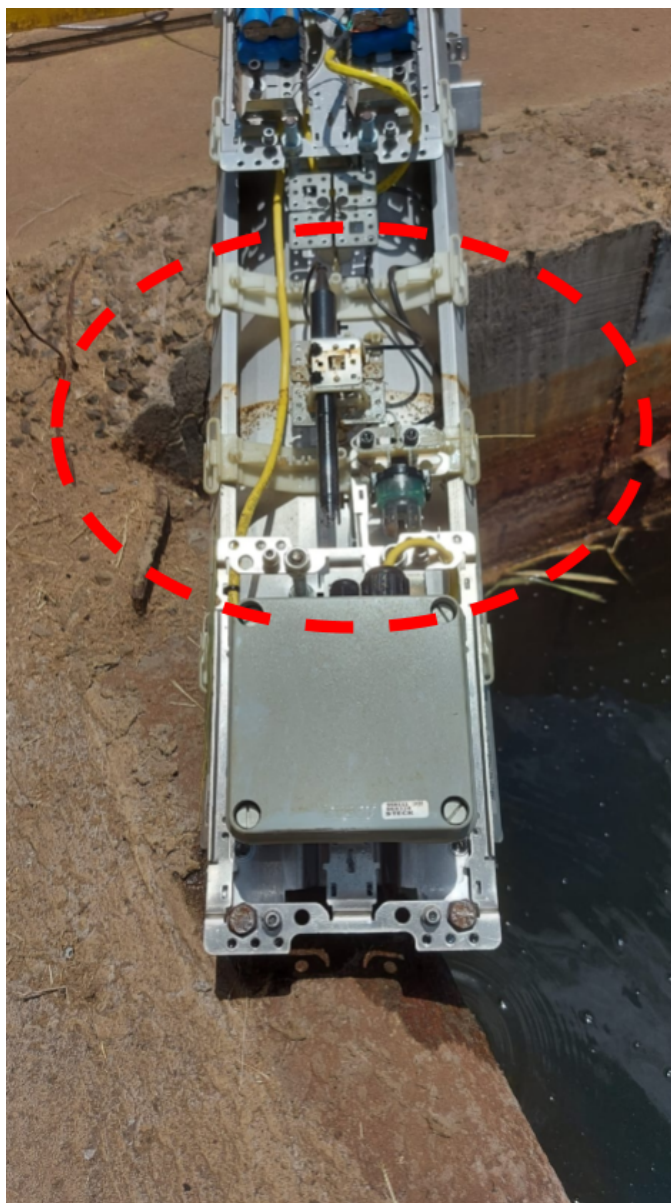
Figura 41 - Acúmulo de biomassa nas regiões dos receptores dos sensores.



Fonte: Elaboração própria do autor.



Figura 42 - Acúmulo de biomassa nas regiões dos receptores dos sensores.



Fonte: Elaboração própria do autor.

#### 4.2.2. Temperatura - Aferições reais em campo

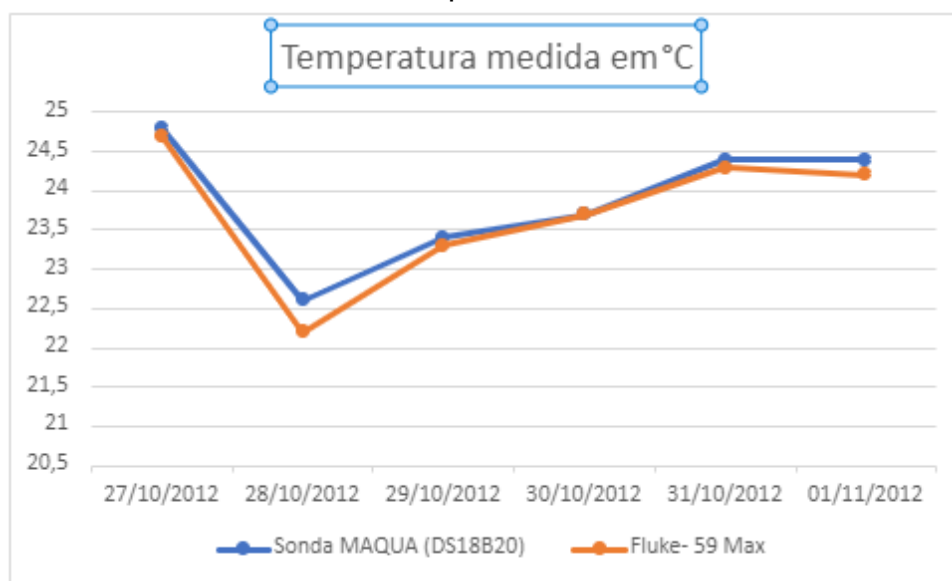
Tabela 5 – Valores aferidos em campo pela sonda MAQUA e Termômetro infravermelho.

| Temperatura           | 27/10/2022 | 28/10/2022 | 29/10/2022 | 30/10/2022 | 31/10/2022 | 01/11/2022 | E <sub>max</sub> % |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Sonda MAQUA (DS18B20) | 24,8       | 22,6       | 23,4       | 23,7       | 24,4       | 24,4       | 1,801              |
| Fluke- 59 Max         | 24,7       | 22,2       | 23,3       | 23,7       | 24,3       | 24,2       |                    |

Fonte: Elaboração própria do autor.

Utilizando o gerador de gráficos do Excel podemos trazer a seguinte representação que retrata os dias de análise para o Fluke- 59 Max e Sonda MAQUA (DS18B20) 27/10/2022, 28/10/2022, 29/10/2022, 30/10/2022 e 01/11/2022.

Figura 43 - Representação das medições de temperatura realizadas em campo.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Durante a avaliação da temperatura, consoante o acompanhamento com o termômetro Fluke 59 Max, pode-se notar que a Sonda MAQUA através do DS18B20 atingiu valores consideravelmente precisos, com um erro máximo somente de  $E_{max} = 1,801\%$ . Tem-se um desvio que acompanha as medições marcando um superavit do então dispositivo. Uma fundamentação física a ser considerada é que a carcaça da sonda feita em metal, apresenta alta condutividade térmica consequentemente podendo levar ao ligeiro aquecimento do fluido em seu entorno. Uma solução simples é a alteração da região do sensor com uma furação para permeio de um volume maior de água. Assim, em um fluxo maior, a água próxima a carcaça não passa tanto tempo em contato para aquecer.

### 4.2.3. pH - Aferições Reais em Campo

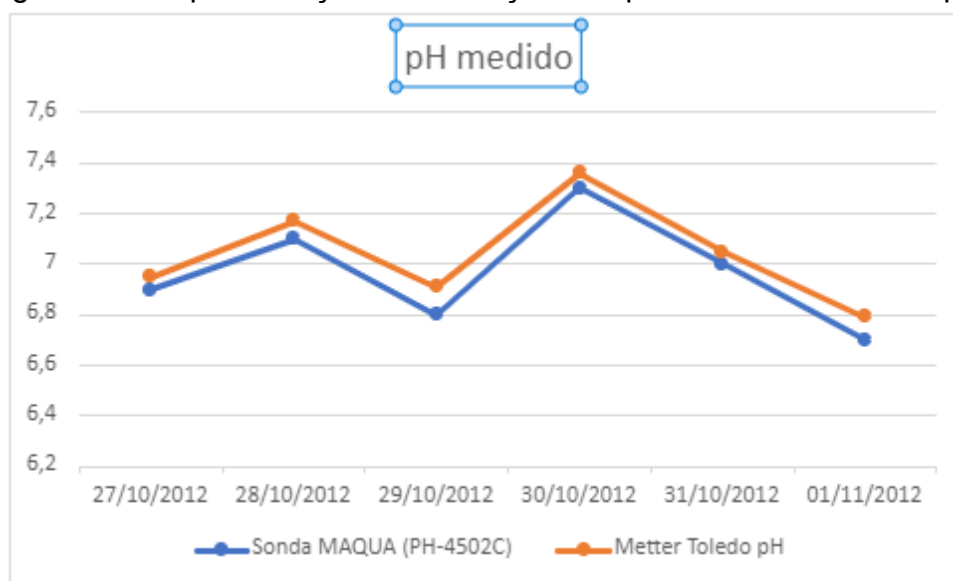
Tabela 6 – Valores aferidos em campo pela sonda MAQUA e instrumento de medição de pH.

| pH                     | 27/10/2022 | 28/10/2022 | 29/10/2022 | 30/10/2022 | 31/10/2022 | 01/11/2022 | E <sub>max</sub> % |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| Sonda MAQUA (PH-4502C) | 6,9        | 7,1        | 6,8        | 7,3        | 7          | 6,7        | 0,709              |
| Mettler Toledo pH      | 6,95       | 7,17       | 6,91       | 7,36       | 7,05       | 6,79       |                    |

Fonte: Elaboração própria do autor.

Utilizando o gerador de gráficos do Excel podemos trazer a seguinte representação que retrata os dias de análise para o Turbidímetro Digimed DM-Tu e Sonda MAQUA (ST100) 27/10/2022, 28/10/2022, 29/10/2022, 30/10/2022 e 01/11/2022.

Figura 44 - Representação das medições de pH realizadas em campo.



Fonte: Elaboração própria do autor.

Os valores obtidos para o pH foram os mais assertivos dentre os levantados pelo estudo no tanque com um erro de apenas  $E_{max} = 0,709\%$ . Isso nos trás que, mediante as condições de trabalho, a Sonda MAQUA desempenhou um papel consideravelmente bom no quesito.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados foram promissores avaliando-se a resiliência de carga energética mesmo sobre o regime de sazonalidade inconstante, em outras palavras, durante todo o período de análise a sonda conseguiu se manter ativa com a autossuficiência energética hora provida pelo meio solar e hora pelo banco de baterias. Isso faz dela uma plataforma confiável para estudos que demandem uma independência de manutenção humana e possibilite longos prazos de análises até de outras modalidades.

Os valores obtidos para o pH foram os mais assertivos dentre os levantados pelo estudo no tanque com um erro de apenas  $E_{max} = 0,709\%$ . Entretanto, durante a avaliação da temperatura, consoante o acompanhamento com o termômetro Fluke 59 Max, pode-se notar que a Sonda MAQUA através do DS18B20 atingiu valores consideravelmente precisos, com um erro máximo somente de  $E_{max} = 1,801\%$ . Temos um desvio que acompanha as medições marcando um superavit do então dispositivo. Uma fundamentação física a ser considerada é que a carcaça da sonda feita em metal, apresenta alta condutividade térmica consequentemente podendo levar ao ligeiro aquecimento do fluido em seu entorno. Uma solução simples é a alteração da região do sensor com uma furação para permeio de um volume maior de água. Assim, em um fluxo maior, a água próxima a carcaça não passa tanto tempo em contato para aquecer.

Um outro problema enfrentado foi o acúmulo de bagaço característico do Tanque Pulmão do Bioparque Raizen - Unidade GASA. Tal amontoamento de biomassa sobre os sensores interferiu principalmente o sensor de turbidez que apresentou um erro máximo de  $E_{max} = 14999\%$ , consequência da simples obstrução do canal de medição por biomassa. Isso o fez acusar total turbidez. Outro ponto de melhora futuro seria uma grade com função de peneiramento de sólidos na água.

A sonda representou uma forma vasta de expor o conhecimento prático e colocá-lo em contraposição com o acadêmico teórico, podendo se desfrutar o retomar de conceitos de toda graduação e promover ativamente a interação com a comunidade.

O trabalho cumpriu o propósito de construir uma plataforma de análise com uma estrutura robusta o suficiente para aguentar as atividades em campo com autossustentação de seus sistemas, podendo assim, levar ao meio agroindustrial, e a comunidade em geral, as análises e experimentos acadêmicos em sua proximidade. Um ponto a ser enaltecido são os esforços para que essa plataforma de análise, Sonda MAQUA, seja suporte para trabalhos futuros, precursor de vários outros usando o dispositivo que ao final deste (uma vez aprovado e finalizado a contribuição) será doado integralmente à UNESP – FEIS – Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira sob guarda do LCR (DMAT | UNESP - FEIS) - Laboratório de Computação e Redes. Com a sonda em funcionamento, valendo-se

de suas oportunidades de aprimoramento, os próximos estudantes poderão crescer conceitualmente, ampliar seus conceitos práticos sobre engenharia, e os modelamentos matemáticos envolvidos, além do tratamento posterior dos dados recolhidos.

Embora há muito o que fazer, este trabalho tem se apresentado promissor, com grande interesse de pesquisadores das áreas de aplicação, para futuros testes e potencial implantação nos ambientes. A partir destes testes adicionais, será possível analisar estatisticamente os resultados, para identificar proativamente elementos degradantes da qualidade da água observada, e correlação com microbiologia, visto que essas variáveis podem impactar a ocorrência de microrganismos patogênicos e multirresistente a antibióticos. Esta análise e correlação será realizada pela equipe do Laboratório de Microbiologia e Imunologia FOA/UNESP.

Além disso, como trabalhos futuros ainda há a necessidade do envio de dados para um banco de dados remoto e potencial de tomadas de decisões pró-ativas através de dispositivos móveis, configurando a Internet das Coisas em sua integralidade, uma vez que o recolhimento de dados foi realizado por meio de conexão física por cabeamento a Sonda MAQUA.

## 6. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Gerônimo Barbosa; SILVA, Wesley Matheus Araújo; SILVA, Tiago Eduardo. **Sistema De Irrigação Automático Usando Tecnologias De InternetDasCoisas.In:CongressoBrasileirodeEducaçãoemEngenharia,47,2019, Fortaleza. Anais: Abenge, 2019. Disponível em:<<http://www.abenge.org.br/cobenge/2019/anais.php>>. Acesso em: 20 jul. 2022.**

ALVES; BRITO; CAMPOS. **O Futuro da Internet: Estado da arte e tendências de evolução**. 1. ed. Lisboa: Centro Atlântico Lda, 1999.

ALVES, F. Vendramini, E. **Indústria 4.0: Digitalização como vantagem competitiva no Brasil**. Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2016.

AMMAR, Rayes & Samer Salam. **Internet of Things From Hype to Reality: The Road to Digitization**, Springer, 2019.

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 15 out. 2022.

ASHTON, Kevin. **That 'Internetof Things' Thing: In the Real World Things Matter More than Idea. 2009. RFID Journal**. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ATERA INFORMÁTICA LTDA (São Paulo - SP). **Cabo UTP Furukawa CAT.5e 4 pares amarelo p/ metro**. In: Cabo UTP Furukawa CAT.5e 4 pares amarelo p/ metro: Nosso Código: CABOCAT5YEL Fabricante: Furukawa Cód Fabricante: 120.0001.00001. São Paulo: Atera Informática Ltda, 2018. Disponível em: <<https://www.atera.com.br/produto/cabocat5yel/Cabo+UTP+Furukawa+CAT.5e+4+pares+amarelo+p-metro>>. Acesso em: 9 jul. 2022.

BAU DA ELETRONICA: Componentes Eletrônicos. In: **Módulo Regulador de Tensão Step Up XL6009E1**. SP, 19 maio 2020. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/modulo-regulador-de-tensao-step-up-xl6009e1.html>>. Acesso em: 12 out. 2021.

BAU DA ELETRONICA: Componentes Eletrônicos. In: **Sensor de Turbidez Para Monitoramento de Água**. SP, 1 jan. 2020. Disponível em:

<<https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-turbidez-para-monitoramento-de-agua.html>>. Acesso em: 13 out. 2021.

CANALCOMSTOR. **9 Aplicações Revolucionárias da Internet das Coisas**. 2016. Disponível em: <<https://blogbrasil.comstor.com/9-aplicacoes-revolucionarias-da-internet-das-coisas>>. Acesso em: 18 out. 2022.

COOPER; SCHINDLER. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016.

CASTELLS, Manuel. **A Galáxia Internet: reflexões sobre a internet, negócios e a sociedade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda, 2003.

DESTERRO ELETRICIDADE. **Casa inteligente: a IoT no futuro da automação residencial**. Disponível em: <<https://www.desterroeletricidade.com.br/blog/sistema-de-seguranca/casa-inteligente-a-iot-no-futuro-da-automacao-residencial/>> 2020. Acesso em 22 mar. 2022.

DIGIMED: Manual de instruções do Turbidímetro. In: **DM-TU EBC**. SP, 23 jun. 2016. Disponível em: <[https://www.digimed.ind.br/assets/downloads/produtos/ManuaisDigimed/man\\_0000000214\\_br.pdf](https://www.digimed.ind.br/assets/downloads/produtos/ManuaisDigimed/man_0000000214_br.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2021.

DIGITORES. **Internet of Things: o que é, as vantagens e desvantagens de estar tudo conectado**. 2018. Disponível em: <<https://digitores.com/internet-of-things/>>. Acesso em: 26 out. 2022.

EARTH, Google. 2022. Projeto Pessoal: **Local de captação Raízen Energia - Unidade GASA Andradina**. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-20.77111359,-51.25957705,394.18523251a,3594.5326704d,35y,-15.06426821h,71.74154771t,0r>>. Acesso em: 22 set. 2022.

ELETROGATE. In: **Especificação Sensor de PH PH-4502C**. MG, 4 mar. 2019. Disponível em: <[https://www.eletrogate.com/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura?utm\\_source=Site&utm\\_medium=GoogleMerchant&utm\\_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjwlvT8BRDeARIsAACRFiXwpqBvTXQWjqAd3GaeiX3FNZyZk1JhBfLUvSIGCm7kuCf hRxxvAfq8aAp8\\_EALw\\_wcB](https://www.eletrogate.com/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjwlvT8BRDeARIsAACRFiXwpqBvTXQWjqAd3GaeiX3FNZyZk1JhBfLUvSIGCm7kuCf hRxxvAfq8aAp8_EALw_wcB)>. Acesso em: 3 mar. 2020.

ELETROGATE. In: **Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água**. MG, 9 jan. 2019. Disponível em: <[https://www.eletrogate.com/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua?utm\\_s](https://www.eletrogate.com/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua?utm_s)

source=Site&utm\_medium=GoogleMerchant&utm\_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAjw8-78BRA0EiwAFUw8LMcaxjb93Cu1FNNvNpfGRI91xG1mCyTAzUTYs2sb tWR54KMIAkefVRoCWGEQAvD\_BwE>. Acesso em: 3 mar. 2020.

FILIFELOP. In: **Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down**. 2021. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/regulador-de-tensao-lm2596-conversor-dc-dc-step-down/>>. Acesso em 01 set 2021.

FLUKE: **Fluke 59 Max. Termômetro Infravermelho de precisão**. 3 mar, 2018. Disponível em: <<https://www.fluke.com/pt-br/produto/medicao-de-temperatura/termometros-ir/fluke-59-max>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

FREITAS; PRADANOV. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

FUNASA: FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. (Org.). **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 130 p.

GEISSBAUER, Dr. Reinhard. **Indústria 4.0: Digitização como vantagem competitiva no Brasil**. Pwc Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

GENERAL Seal: Vedações. In: **ANEL DE VEDAÇÃO SILICONE**. [S. l.], 10 dez. 2022. Disponível em: <<https://www.generalseal.com.br/anel-vedacao-silicone>>. Acesso em: 5 mar. 2022.

GERMANY TRADE & INVEST. **The economic development agency of the Federal Republic of Germany. Invest in Germany**, [S. l.], p. 1-9, 9 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.gtai.de/gtai-em>>. Acesso em: 19 nov. 2022.

GODOI, M. G. de; ARAÚJO, L. S. A INTERNET DAS COISAS: evolução, impactos e benefícios. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 20–29, 2019. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/538>>. Acesso em: 15 out. 2022.

GUERRA, Isabel C. **Pesquisa Qualitativa e Análise de Conteúdo: Sentido e Formas de Uso**. 1. ed. São João do Estoril: Princípia Editora, 2006.



HESSE, Hermann; BARROSO, Ivo. **O Lobo Da Estepe**. In: HESSE, Hermann. **O Lobo Da Estepe**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bestbolso, 2009. v. 1.

HELPDIGITAL. **Revolução Digital: A Internet das Coisas**. 2017. Disponível em: <<http://helpdigitalti.com.br/blog/revolucao-digital-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 26 set. 2020.

ILI DA XU, Eric L. Xu & Ling Li. **Industry 4.0: state of the art and future trends** [S. l.], International Journal of Production Research, 56: 8, 2941-2962, DOI: 10.1080 / 00207543.2018.1444806, 9 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2018.1444806?journalCode=tprs20>>. Acesso em: 5 jun. 2021.

INFOWESTER. **O que é Internet das Coisas (Internet of Things)?**. 2017. Disponível em: <<https://www.infowester.com/iot.php>>. Acesso em: 27 set. 2022.

INSTITUTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL. **Internet das Coisas é chave para o futuro do Brasil**. 2018. Disponível em: <[https://www.institutodatrasmacao.com.br/as-transformacoes/noticias/internet-das-coisas-e-chave-para-o-futuro-do-brasil?gclid=EAlaIQobChMlt4OH0Izc3QIVeWRCh2spg9BEAAYBCAAEgJQdfD\\_BwE](https://www.institutodatrasmacao.com.br/as-transformacoes/noticias/internet-das-coisas-e-chave-para-o-futuro-do-brasil?gclid=EAlaIQobChMlt4OH0Izc3QIVeWRCh2spg9BEAAYBCAAEgJQdfD_BwE)>. Acesso em: 27 set. 2021.

KRANENBURG, R.V. **The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of RFID**, Institute of Network Cultures, 2018.

MAGRINI, E. **A Internet das Coisas**. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

MUNDOCONNECTADO. **O que é Internet das Coisas e como ela está presente no nosso cotidiano?**. 2018. Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/4955/o-que-e-internet-das-coisas-e-como-ela-esta-presente-no-nosso-cotidiano>>. Acesso em: 18 out. 2021.

MEGA 2560 REV3, Arduino. **Datasheet Microcontrolador ARDUINO MEGA 2560 REV3**. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>>. Acesso em 3 jun. 2020.

OKSN Utilidades. In: **Carregador Pannel Placa Solar Portátil 6v 2w**. RJ: OKSN Brasil, 1 jan. 2019. Disponível em: <<https://oksnbrasil.com/utilidades/painel-solar-1.html>>. Acesso em: 15 out. 2022.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas: com ESP8266, ARDUINO e RASPBERRY PI**. 1. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2017.

ORLANDO, José. Programa ReduZa: **Raízen garante uso eficiente da água em suas operações**. In: **Programa ReduZa**. São Paulo, 1 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/sala-de-imprensa/por-meio-do-programa-reduza-raizen-garante-uso-eficiente-da-agua-em-suas-operacoes>>. Acesso em: 22 set. 2022.

P.P., Ray. **A survey on Internet of Things architectures**. Science Direct, Journal of King Saud University, p. 291-319, 9 set. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>>. Acesso em: 4 set. 2021.

PROJECT Hub. In: **Water Quality Monitoring and Notification System**. [S. l.], 10 nov. 2018. Disponível em: <<https://create.arduino.cc/projecthub/eani/water-quality-monitoring-and-notification-system-f85d23>>. Acesso em: 2 ago. 2022.

RAMPAZZO, L. **Metodologia Científica: Para alunos dos cursos de graduação e pós graduação**. 3. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

REV3, Arduino. **Datasheet ARDUINO MEGA PROTO SHIELD REV3, Placa de prototipação**. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-proto-shield-rev3-pcb>>. Acesso em 3 jun. 2020.

SANTOS, R. S.; BARBOSA, J. J. **Template para produção de trabalhos acadêmicos na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Unesp**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Biblioteca, 2021. 40 p.

SARAVATI. In: **Especificação Regulador de Tensão LM2596 Voltímetro BTE13-001A**. SP, 18 jun. 2020. Disponível em: <<https://www.saravati.com.br/srvt000138>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

SEMANTIX. **10 Casos de uso reais da Internet das Coisas**. 2018. Disponível em: <<http://www.semantix.com.br/blog/10-casos-de-uso-reais-da-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 18 out. 2021.

STECK. In: **Caixas de Passagem Hermética: Modelo SEX171**. [S. l.], 10 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.steck.com.br/produtos/caixas-de-passagem-e-distribuicao/caixas-light/caixa-light-170-x-145-x-845>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

STECK. In: **Caixas de Passagem Hermética: Modelo SSX111**. [S. l.], 10 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.steck.com.br/produtos/caixas-de-passagem-e-distribuicao/caixas-light/caixa-light-102-x-102-x-55>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SYSTEMITS. **Internet das Coisas: entenda o que é e veja exemplos de suas aplicações.** 2017. Disponível em: <<https://medium.com/system-it-solutions/internet-das-coisas-o-que-e-exemplos-b82855d1a969>>. Acesso em: 26 out. 2020.

TECHTUDO. **Internet completa 44 anos; relembre a história da web.** 2013. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/04/internet-completa-44-anos-relembre-historia-da-web.html>>. Acesso em: 15 out. 2020.

TEL0078 WIFI Shield V3 PCB Antenna: Tutorial. **SKU: TEL0078**, EUA, p. 1-7, 1 fev. 2022. Disponível em: <[https://wiki.dfrobot.com/WIFI\\_Shield\\_V3\\_PCB\\_Antenna\\_SKU\\_TEL0078#target\\_3](https://wiki.dfrobot.com/WIFI_Shield_V3_PCB_Antenna_SKU_TEL0078#target_3)>. Acesso em: 10 ago. 2022.

TOKIO, Ricardo Higuti. Processamento Digital de Sinais. Notas de Aula: **Amostragem e Reconstrução de Sinais.** 1. ed. Departamento de Engenharia Elétrica - FEIS – Unesp, Ilha Solteira. 2020.

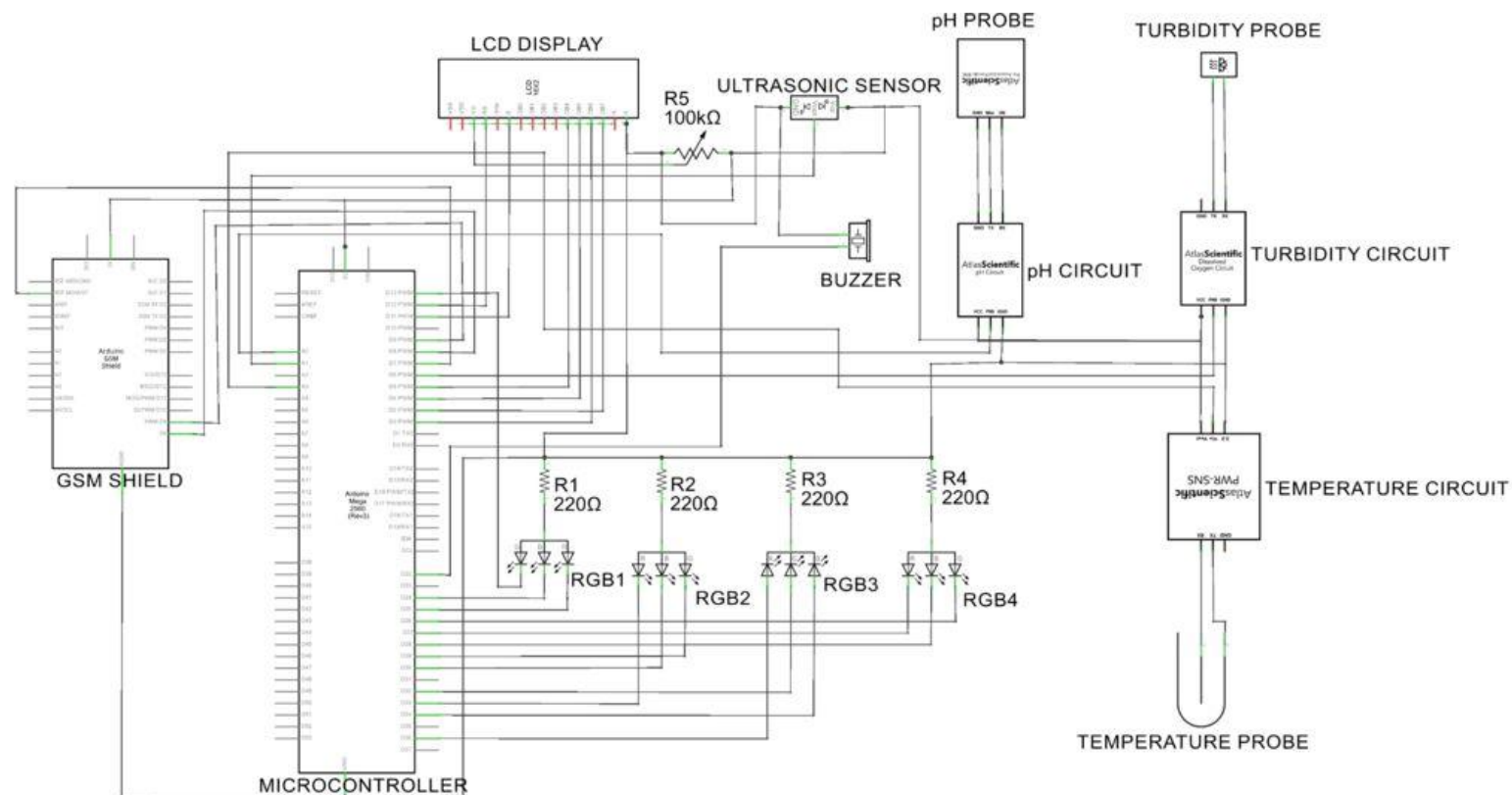
UNO VER3, Arduino. **Datasheet Microcontrolador ARDUINO UNO VER3.** Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em 3 jun. 2020.

USINA INFO: Eletrônica e Robótica. In: **Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04.** RS, 2 jan. 2021. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/sensor-ultrassonico-arduino/sensor-ultrassonico-de-distancia-hc-sr04-2295.html>>. Acesso em: 7 set. 2021.

WATTSON. **O que é a Internet das Coisas (IOT – Internet of Things)?**. 2018. Disponível em: <<https://www.wattson.pt/2018/03/09/o-que-e-a-internet-das-coisas-iot-internet-of-things/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

## APÊNDICE A – Diagrama Elétrico do Sistema de Leitura e Envio de Dados

Figura 45 – Diagrama elétrico do sistema de leitura e envio de dados.



fritzing

Fonte: Elaboração própria do autor.

## APÊNDICE B – Código de Programação da Sonda MAQUA

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <NewPing.h>

#define SensorPin A2          //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.00          //deviation compensate
unsigned long int avgValue;    //Store the average value of the sensor feedback

#define TRIGGER_PIN 23 // Arduino pin tied to trigger pin on ping sensor.
#define ECHO_PIN 22 // Arduino pin tied to echo pin on ping sensor.
#define MAX_DISTANCE 200 // Maximum distance we want to ping for (in
centimeters). Maximum sensor distance is rated at 400-500cm.

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // NewPing setup of
pins and maximum distance.

unsigned int pingSpeed = 50; // How frequently are we going to send out a ping (in
milliseconds). 50ms would be 20 times a second.
unsigned long pingTimer; // Holds the next ping time.

// Data wire is plugged into pin 2 on the Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 6

SoftwareSerial mySerial(7, 8);

// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just
Maxim/Dallas temperature ICs)
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

```

#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

//const int pingPin =22;
int sensorPin = A0;
int blueled = 13;
int redled = 24;
int greenled = 25;
int tempblueled = 32;
int tempredled = 33;
int tempgreenled = 34;
int levblueled = 35;
int levredled = 36;
int levgreenled = 37;
int turbblueled = 38;
int turbredled = 39;
int turbgreenled = 40;
int buzzer = 31;
float pHValue;
float temperatureC;
long duration, cm;

void setup(void)
{
  // start serial port
  Serial.begin(9600);
  pingTimer = millis(); // Start now.
  // Start up the library
  sensors.begin(); // IC Default 9 bit. If you have troubles consider upping it 12. Ups
the delay giving the IC more time to process the temperature measurement
  lcd.begin(16, 2); //initilise lcd with num of coloums 16 ,by row 2.
  lcd.clear(); //clears lcd just incase there is anytin been displayed

```

```

pinMode(blueled, OUTPUT);
pinMode(redled, OUTPUT);
pinMode(greenled, OUTPUT);
pinMode(tempblueled, OUTPUT);
pinMode(tempredled, OUTPUT);
pinMode(tempgreenled, OUTPUT);
pinMode(levblueled, OUTPUT);
pinMode(levredled, OUTPUT);
pinMode(levgreenled, OUTPUT);
pinMode(turbblueled, OUTPUT);
pinMode(turbredled, OUTPUT);
pinMode(turbgreenled, OUTPUT);
pinMode(buzzer, OUTPUT);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
//initialization();
}

void loop() {
    sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature
    Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));
    int reading = analogRead(sensorPin);

    // converting that reading to voltage,
    float voltage = reading * 5.0;
    voltage /= 1024.0;

    // now print out the temperature
    float temperatureC = (voltage - 0.5) * 100 ;
    PH();
    digitalWrite(blueled, LOW);
    digitalWrite(redled, LOW);
    digitalWrite(greenled, LOW);
    temperature ();

```

```

digitalWrite(tempblueled, LOW);
digitalWrite(tempredled, LOW);
digitalWrite(tempgreenled, LOW);
Water_level();
    digitalWrite(levblueled, LOW);
digitalWrite(levredled, LOW);
digitalWrite(levgreenled, LOW);
turbidity();
    digitalWrite(turbblueled, LOW);
digitalWrite(turbredled, LOW);
digitalWrite(turbgreenled, LOW);
send_sms();
delay(4000);
send_sms1();
    digitalWrite(greenled, LOW);
digitalWrite(tempgreenled, LOW);
digitalWrite(levgreenled, LOW);
digitalWrite(turbgreenled, LOW);
delay(8000);
}

```

```

////////////////////////////////////

```

## FUNCTIONS

```

////////////////////////////////////

```

```

void PH(){
    Serial.println(" ");
    lcd.clear( );
    digitalWrite(blueled, LOW);
    digitalWrite(greenled, LOW);
    digitalWrite(redled, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
}

```



```

lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
lcd.print("TAKING READINGS");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("FROM PH SENSOR");
Serial.println("Taking Readings from PH Sensor");
PHblink();
int buf[10];          //buffer for read analog
for(int i=0;i<10;i++)  //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
{
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
}
for(int i=0;i<9;i++)   //sort the analog from small to large
{
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
        if(buf[i]>buf[j])
        {
            int temp=buf[i];
            buf[i]=buf[j];
            buf[j]=temp;
        }
    }
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)   //take the average value of 6 center sample
    avgValue+=buf[i];
float phValue=(float)avgValue*3.8/1030/6; //convert the analog into millivolt
phValue=3.3*phValue+Offset;              //convert the millivolt into pH value
Serial.print("pH:");
Serial.print(phValue,2);
Serial.println(" ");

```

```
if(phValue >= 7.30){  
    lcd.clear();  
    digitalWrite(blueled, LOW);  
    digitalWrite(greenled, LOW);  
    digitalWrite(redled, HIGH);  
    digitalWrite(buzzer, HIGH);  
    lcd.setCursor(1,0);//set cursor (column by row) indexing from 0  
    lcd.print("PH VALUE:");  
    lcd.setCursor(10,0);  
    lcd.print(phValue);  
    lcd.setCursor(0,1);  
    Serial.print("PH VALUE: ");  
    Serial.println(phValue);  
    lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0  
    lcd.print("ALKALINITY HIGH");  
    Serial.println("Water Alkalinity high");  
    delay(3000);  
}
```

```
if(phValue >= 6.90 && phValue <= 7.19){  
    digitalWrite(blueled, HIGH);  
    digitalWrite(greenled, LOW);  
    digitalWrite(redled, LOW);  
    digitalWrite(buzzer, LOW);  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(1,0);//set cursor (column by row) indexing from 0  
    lcd.print("PH VALUE:");  
    lcd.setCursor(10,0);  
    lcd.print(phValue);  
    lcd.setCursor(0,1);  
    Serial.print("PH VALUE: ");  
    Serial.println(phValue);  
    lcd.setCursor(1,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
```

```

    lcd.print("WATER IS SAFE");
    Serial.println("Water Is  neutral (safe)");
}

```

```

if(phValue < 6.89){
    lcd.clear();
    digitalWrite(blueled, LOW);
    digitalWrite(greenled, LOW);
    digitalWrite(redled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    lcd.setCursor(1,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("PH VALUE:");
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print(phValue);
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("PH VALUE: ");
    Serial.println(phValue);
    lcd.setCursor(2,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("ACIDITY HIGH");
    Serial.println("Water Acidity High");
    delay(3000);
}

```

```

    delay(8000);
}

```

```

void temperature (){
    Serial.println(" ");
    lcd.clear( );
    lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("TAKING READINGS");
    lcd.setCursor(0,1);

```

```

lcd.print("FROM TEMP SENSOR");
Serial.println("Taking Readings from Temperature Sensor");
TEMPblink();
temp_check_surr();
delay(4000);
temp_check_water();
}

```

```

void temp_check_surr(){
  digitalWrite(tempblueled, LOW);
  digitalWrite(tempgreenled, LOW);
  digitalWrite(tempredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  int reading = analogRead(sensorPin);

  // converting that reading to voltage,
  float voltage = reading * 5.0;
  voltage /= 1024.0;

  // now print out the temperature
  float temperatureC = (voltage - 0.5) * 100 ; //converting from 10 mv per degree wit
500 mV offset
  //to degrees ((voltage - 500mV) times 100)
  lcd.clear();
  Serial.print("Surrounding Temperature: ");
  Serial.println(temperatureC);

  if(temperatureC > 50){
    digitalWrite(tempblueled, LOW);
    digitalWrite(tempgreenled, LOW);
    digitalWrite(tempredled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
  }
}

```

```

lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
lcd.print("SUR TEMP:");
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(temperatureC);
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("Surrounding Temperature: ");
Serial.print(temperatureC);
Serial.println(" degree C");
lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
lcd.print("SURR TEMP HIGH");
Serial.println("Surrounding Temperature high");
delay(3000);
}

```

```

if(temperatureC >= 10 && temperatureC <= 50){
  digitalWrite(tempblueled, HIGH);
  digitalWrite(tempgreenled,LOW);
  digitalWrite(tempredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("SUR TEMP:");
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(temperatureC);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("*C");
  lcd.setCursor(0,1);
  Serial.print("Surrounding Temperature: ");
  Serial.print(temperatureC);
  Serial.println(" degree C");
  lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("SURR TEMP NORMAL");
}

```

```

    Serial.println("Surrounding Temperature normal");
}

if(temperatureC < 10){
    digitalWrite(tempblueled, LOW);
    digitalWrite(tempgreenled, LOW);
    digitalWrite(tempredled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("SUR TEMP:");
    lcd.setCursor(9,0);
    lcd.print(temperatureC);
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.print("*C");
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Surrounding Temperature: ");
    Serial.print(temperatureC);
    Serial.println(" degree C");
    lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("SURR TEMP LOW");
    Serial.println("Surrounding Temperature low");
    delay(3000);
}
delay(8000);
}

```

```

void temp_check_water(){
    lcd.clear();
    digitalWrite(tempblueled, LOW);
    digitalWrite(tempgreenled, LOW);
    digitalWrite(tempredled, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
}

```

```
sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature
Serial.print("Water Temperature: ");
Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));
```

```
if(sensors.getTempCByIndex(0) > 40){
  digitalWrite(tempblueled, LOW);
  digitalWrite(tempgreenled, LOW);
  digitalWrite(tempredled, HIGH);
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("WAT TEMP:");
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("*C");
  lcd.setCursor(0,1);
  Serial.print("Water Temperature: ");
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" degree C");
  lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("WATER TEMP HIGH");
  Serial.println("Water Temperature high");
  delay(3000);
}
```

```
if(sensors.getTempCByIndex(0) >= 15 && sensors.getTempCByIndex(0) <= 40){
  digitalWrite(tempblueled, HIGH);
  digitalWrite(tempgreenled, LOW);
  digitalWrite(tempredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("WAT TEMP:");
  lcd.setCursor(9,0);
```

```

    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.print("*C");
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Water Temperature: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" degree C");
    lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("WATER TEMP NORMAL");
    Serial.println("Water Temperature normal");
}

if(sensors.getTempCByIndex(0) < 15){
    digitalWrite(tempblueled, LOW);
    digitalWrite(tempgreenled, LOW);
    digitalWrite(tempredled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("WAT TEMP:");
    lcd.setCursor(9,0);
    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.print("*C");
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Water Temperature: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" degree C");
    lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("WATER TEMP LOW");
    Serial.println("Water Temperature low");
    delay(3000);
}
delay(8000);

```



```
}
```

```
void Water_level() {
    Serial.println(" ");
    digitalWrite(levblueled, LOW);
    digitalWrite(levgreenled, LOW);
    digitalWrite(levredled, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    lcd.clear( );
    lcd.setCursor(2,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("READINGS FROM");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("WATER LEVEL SENS");
    Serial.println("Taking Readings from Water Level Sensor");
    LEVblink();
    level_check();
    delay(8000);
}
```

```
void level_check(){
    digitalWrite(levblueled, LOW);
    digitalWrite(levgreenled, LOW);
    digitalWrite(levredled, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
```

// Notice how there's no delays in this sketch to allow you to do other processing in-line while doing distance pings.

```
if (millis() >= pingTimer) { // pingSpeed milliseconds since last ping, do another ping.
```

```
    pingTimer += pingSpeed; // Set the next ping time.
```

sonar.ping\_timer(echoCheck); // Send out the ping, calls "echoCheck" function every 24uS where you can check the ping status.

```
//delay(1000);
```

```
}
```

```
}
```

void echoCheck() { // Timer2 interrupt calls this function every 24uS where you can check the ping status.

```
// Don't do anything here!
```

```
if (sonar.check_timer()) { // This is how you check to see if the ping was received.
```

```
if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM > 7){
```

```
digitalWrite(levblueled, LOW);
```

```
digitalWrite(levgreenled, LOW);
```

```
digitalWrite(levredled, HIGH);
```

```
digitalWrite(buzzer, HIGH);
```

```
lcd.clear( );
```

```
lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
```

```
lcd.print("WATER LEVEL:");
```

```
lcd.setCursor(12,0);
```

```
lcd.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
```

```
lcd.setCursor(14,0);
```

```
lcd.print("cm");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
Serial.print("Water Level: ");
```

```
Serial.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
```

```
Serial.println("cm");
```

```
lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
```

```
lcd.print("WATER LEVEL LOW");
```

```
Serial.println("Water Level low");
```

```
delay(3000);
```

```
}
```

```

        if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM >= 5 && sonar.ping_result /
US_ROUNDTRIP_CM <= 7){
            digitalWrite(levblueled, HIGH);
            digitalWrite(levgreenled, LOW);
            digitalWrite(levredled, LOW);
            digitalWrite(buzzer, LOW);
            lcd.clear( );
            lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
            lcd.print("WATER LEVEL:");
            lcd.setCursor(12,0);
            lcd.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
            lcd.setCursor(14,0);
            lcd.print("cm");
            lcd.setCursor(0,1);
            Serial.print("Water Level: ");
            Serial.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
            Serial.println("cm");
            lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
            lcd.print("WATER LEVEL NORMAL");
            Serial.println("Water Level normal");
        }

```

```

if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM < 5){
    digitalWrite(levblueled, LOW);
    digitalWrite(levgreenled, LOW);
    digitalWrite(levredled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    lcd.clear( );
    lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("WATER LEVEL:");
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
    lcd.setCursor(14,0);

```

```

    lcd.print("cm");
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Water Level: ");
    Serial.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
    Serial.println("cm");
    lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("WATER LEVEL HIGH");
    Serial.println("Water Level high");
    delay(2000);
  }
}
}

/*long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
  return microseconds / 29 / 2;
}
*/

void turbidity() {
  Serial.println(" ");
  digitalWrite(turbblueled, LOW);
  digitalWrite(turbgreenled, LOW);
  digitalWrite(turbredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  lcd.clear( );
  lcd.setCursor(1,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("READINGS FROM");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("TURBIDITY SENSOR");
  Serial.println("Taking Readings from turbidity Sensor");
  TURBblink();
  int turbidityValue = analogRead(A1);

```

```

float turbidityV = turbidityValue/100;
Serial.print("Turbidity level: ");
Serial.println(turbidityV);

if( turbidityV > 9){
  digitalWrite(turbblueled, LOW);
  digitalWrite(turbgreenled, LOW);
  digitalWrite(turbredled, HIGH);
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  lcd.clear( );
  lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("TURBI LEV:");
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(turbidityV);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("NTU");
  lcd.setCursor(0,1);
  Serial.print("Turbidity Level: ");
  Serial.print(turbidityV);
  Serial.println("NTU");
  lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("WATER VERY CLEAN");
  Serial.println("Water Very Clean ");
  delay(3000);
}

if( turbidityV >= 6 && turbidityValue/100 <= 9 ){
  digitalWrite(turbblueled, HIGH);
  digitalWrite(turbgreenled, LOW);
  digitalWrite(turbredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  lcd.clear( );
  lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0

```

```

lcd.print("TURBI LEV:");
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(turbidityV);
lcd.setCursor(13,0);
lcd.print("NTU");
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("Turbidity Level: ");
Serial.print(turbidityV);
Serial.println("NTU");
lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
lcd.print("WATER NORM CLEAN");
Serial.println("Water Clean ");
}

```

```

if( turbidityV < 6){
  digitalWrite(turbblueled, LOW);
  digitalWrite(turbgreenled, LOW);
  digitalWrite(turbredled, HIGH);
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  lcd.clear( );
  lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("TURBI LEV:");
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(turbidityV);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("NTU");
  lcd.setCursor(0,1);
  Serial.print("Turbidity Level: ");
  Serial.print(turbidityV);
  Serial.println("NTU");
  lcd.setCursor(0,1);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("WATER VERY DIRTY");
  Serial.println("Water Very Dirty ");
}

```

```

    delay(3000);
}
delay (8000);
}

```

```

void initialization(){
    lcd.setCursor(0,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
    lcd.print("INITIALIZING ALL");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS.");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS..");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS...");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS....");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS.....");
    delay(3000);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PARAMETERS.....");
    Serial.println("Initializing All Parameters.....");
    delay(8000);
    Serial.println("Initializing Done.");
    lcd.clear();
}

```

```

lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("INITIALIZATION");
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print("DONE ");
delay(2000);
}

```

```

////////////////////////////////////

```

SMS

FUNCTION

```

////////////////////////////////////

```

```

void send_sms(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("ATTENTION!!! ");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("SENDING SMS ");
  String temp;
  String lev;
  String phm;
  String turb;
  int turbidityValue = analogRead(A1);
  float turbidityV = turbidityValue/100;

  int buf[10];          //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++)  //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)   //sort the analog from small to large
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)

```



```

{
    if(buf[i]>buf[j])
    {
        int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
    }
}
}

avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)          //take the average value of 6 center sample
    avgValue+=buf[i];
float phValue=(float)avgValue*3.8/1030/6; //convert the analog into millivolt
phValue=3.3*phValue+Offset;

if(sensors.getTempCByIndex(0) > 40){
    temp = String("HIGH");
}
if(sensors.getTempCByIndex(0) >= 10 && sensors.getTempCByIndex(0) <= 40){
    temp = String("NORMAL");
}
if(sensors.getTempCByIndex(0) < 10){
    temp = String("LOW");
}

if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM > 8){
    lev = String("LOW");
}

    if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM >= 5 && sonar.ping_result /
US_ROUNDTRIP_CM <= 8){
        lev = String("NORMAL");
    }
    if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM < 5){

```

```

lev = String("HIGH");
}

if(phValue >= 7.30){
  phm = String("ALKALINE");
}
if(phValue >= 6.90 && phValue <= 7.19){
  phm = String("NORMAL");
}
if(phValue < 6.89){
  phm = String("ACIDIC");
}

if(turbidityV >= 6 && turbidityValue/100 <= 9){
  turb = String("CLEAN");
}
if(turbidityV < 6){
  turb = String("DIRTY");
}

mySerial.begin(19200); //Default serial port setting for the GPRS modem is
19200bps 8-N-1
mySerial.print("\r");
digitalWrite(buzzer, LOW);
digitalWrite(blueled, LOW);
digitalWrite(greenled, LOW);
digitalWrite(redled, LOW);
delay(1000); //wait for a second while the modem sends an "OK"
mySerial.print("AT+CMGF=1\r"); //Because we want to send the SMS in text mode
delay(1000);
mySerial.print("AT+CMGS=\"+233540518223\"\r"); //Start accepting the text for the
message
delay(1000);

```

```

mySerial.print(temp);
mySerial.print(" \r");
mySerial.print("WATER TEMPERATURE= \r"); //The text for the message
mySerial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
mySerial.print("*C\r");
mySerial.println("\r");
mySerial.print(lev);
mySerial.print(" \r");
mySerial.print("WATER LEVEL= \r"); //The text for the message
mySerial.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
mySerial.print("cm\r");
mySerial.println("\r");
mySerial.print(pHm);
mySerial.print(" \r");
mySerial.print("WATER PH VALUE= \r"); //The text for the message
mySerial.print(pHvalue);
mySerial.println("\r");
mySerial.print(turb);
mySerial.print(" \r");
mySerial.print("WATER TURBIDITY= \r"); //The text for the message
mySerial.print(turbidityV);
mySerial.print("NBT\r");

digitalWrite(greenled, HIGH);
digitalWrite(tempgreenled, HIGH);
digitalWrite(levgreenled, HIGH);
digitalWrite(turbgreenled, HIGH);
delay(3000);
/*lcd.clear();
lcd.setCursor(5,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
lcd.print("SMS SENT ");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("SUCCESSFULLY ");*/

```

```

mySerial.write(0x1A); //Equivalent to sending Ctrl+Z
}

void send_sms1(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0); //set cursor (column by row) indexing from 0
  lcd.print("ATTENTION!!! ");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("SENDING SMS ");
  String temp;
  String lev;
  String phm;
  String turb;
  int turbidityValue = analogRead(A1);
  float turbidityV = turbidityValue/100;

  int buf[10];          //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++) //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++) //sort the analog from small to large
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
        int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
}

```

```

}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)          //take the average value of 6 center sample
    avgValue+=buff[i];
float phValue=(float)avgValue*3.8/1030/6; //convert the analog into millivolt
phValue=3.3*phValue+Offset;

if(sensors.getTempCByIndex(0) > 40){
    temp = String("HIGH");
}
if(sensors.getTempCByIndex(0) >= 10 && sensors.getTempCByIndex(0) <= 40){
    temp = String("NORMAL");
}
if(sensors.getTempCByIndex(0) < 10){
    temp = String("LOW");
}

if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM > 8){
    lev = String("LOW");
}

    if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM >= 5 && sonar.ping_result /
US_ROUNDTRIP_CM <= 8){
        lev = String("NORMAL");
    }
    if(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM < 5){
        lev = String("HIGH");
    }

if(phValue >= 7.30){
    phm = String("ALKALINE");
}
if(phValue >= 6.90 && phValue <= 7.19){
    phm = String("NORMAL");
}

```

```

}
if(phValue < 6.89){
  phm = String("ACIDIC");
}

```

```

if(turbidityV >= 6 && turbidityValue/100 <= 9){
  turb = String("CLEAN");
}
if(turbidityV < 6){
  turb = String("DIRTY");
}

```

```

  mySerial.begin(19200); //Default serial port setting for the GPRS modem is
19200bps 8-N-1
  mySerial.print("\r");
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  digitalWrite(blueled, LOW);
  digitalWrite(greenled, LOW);
  digitalWrite(redled, LOW);
  delay(1000); //wait for a second while the modem sends an "OK"
  mySerial.print("AT+CMGF=1\r"); //Because we want to send the SMS in text mode
  delay(1000);
  mySerial.print("AT+CMGS=\"+233265188849\r"); //Start accepting the text for the
message
  delay(1000);
  mySerial.print(temp);
  mySerial.print(" \r");
  mySerial.print("WATER TEMPERATURE= \r"); //The text for the message
  mySerial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  mySerial.print("*C\r");
  mySerial.println("\r");
  mySerial.print(lev);
  mySerial.print(" \r");

```

```

mySerial.print("WATER LEVEL= \r"); //The text for the message
mySerial.print(sonar.ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
mySerial.print("cm\r");
mySerial.println("\r");
mySerial.print(pHm);
mySerial.print(" \r");
mySerial.print("WATER PH VALUE= \r"); //The text for the message
mySerial.print(pHValue);
mySerial.println("\r");
mySerial.print(turb);
mySerial.print(" \r");
mySerial.print("WATER TURBIDITY= \r"); //The text for the message
mySerial.print(turbidityV);
mySerial.print("NBT\r");

digitalWrite(greenled, HIGH);
digitalWrite(tempgreenled, HIGH);
digitalWrite(levgreenled, HIGH);
digitalWrite(turbgreenled, HIGH);
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(5,0);//set cursor (column by row) indexing from 0
lcd.print("SMS SENT ");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("SUCCESSFULLY ");
mySerial.write(0x1A); //Equivalent to sending Ctrl+Z
}

void PHblink() {
  digitalWrite(blueled, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(blueled, LOW);
  delay(1000);
}

```

```
digitalWrite(blueled, HIGH);  
delay(1000);  
digitalWrite(blueled, LOW);  
delay(1000);  
digitalWrite(blueled, HIGH);  
delay(1000);  
digitalWrite(blueled, LOW);  
delay(1000);  
digitalWrite(blueled, HIGH);  
delay(1000);  
digitalWrite(blueled, LOW);  
delay(1000);  
}
```

```
void TEMPblink() {  
    digitalWrite(tempblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(tempblueled, LOW);  
    delay(1000);  
}
```



```
void LEVblink() {  
    digitalWrite(levblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(levblueled, LOW);  
    delay(1000);  
}
```

```
void TURBblink() {  
    digitalWrite(turbblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(turbblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(turbblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(turbblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(turbblueled, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(turbblueled, LOW);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(turbblueled, HIGH);
```

```
delay(1000);  
digitalWrite(turbblueled, LOW);  
delay(1000);  
}
```

Fonte: Elaboração própria do autor.

## APÊNDICE C – Análise de Águas Raízen Energia Unidade GASA

Tem-se dispostos a seguir os formulários para a coleta de dados de análise de água da Raízen Energia - Unidade GASA.

Figura 46 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

**raízen**

**Análises de Águas Unidade Gasa**

Data: 29/10/20

| Tanque Desmi |      |        |         |       |        |       |       |         |  | Vapor |         |      |         |        |       |         |
|--------------|------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|---------|--|-------|---------|------|---------|--------|-------|---------|
| Hora         | pH   | Dureza | Cloreto | Cond  | Silica | Ferro | Nível | Técnico |  | Hora  | pH      | Cond | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |
| 01:00        | 9.14 | 0.09   |         | 34.57 | 0.01   | 0.166 | 75%   | 700.0   |  | 01:00 | Vapor 2 | 8.64 | 20.58   | 0.01   | 0.108 |         |
|              |      |        |         |       |        |       |       |         |  |       | Vapor 3 | 8.45 | 24.30   | 0.01   | 0.096 |         |

| Alimentação das Caldeiras |                   |      |        |         |        |        |       |       |         |         |         |
|---------------------------|-------------------|------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Hora                      |                   | pH   | Dureza | Cloreto | Silica | Naftol | Cond  | Ferro | Ac. Asc | OD. ppb | Técnico |
| 01:00                     | Alimentação 1     | 8.20 | 0.11   |         | 0.02   | Neg    | 49.19 | 0.11  |         |         |         |
|                           | Alimentação 2 e 3 | 8.63 | 0.09   |         | 0.02   | Neg    | 70.90 | 0.107 | 300     | 3       | 700.0   |
|                           | Alimentação 1     |      |        |         |        |        |       |       |         |         |         |
|                           | Alimentação 2 e 3 |      |        |         |        |        |       |       |         |         |         |

| Caldeiras |            |      |        |              |            |         |        |            |         |        |     |       |        |             |         |         |
|-----------|------------|------|--------|--------------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|-----|-------|--------|-------------|---------|---------|
| Hora      |            | pH   | Dureza | Alc. Hidrox. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fésc. Org. | Sulfito | Cond   | STD | Ferro | Naftol | Desc. Fundo | Cont. % | Técnico |
| 01:00     | Caldeira 1 | 9.40 | 1.16   | 0.16         | 0.67       |         | 0.45   | 134        | 0.89    | 182.52 |     | 0.341 | Neg    |             |         |         |
|           | Caldeira 2 | 9.87 | 2.03   | 0.18         | 0.52       |         | 2.75   | 742        |         | 120.16 |     | 0.319 | Neg    |             |         |         |
|           | Caldeira 3 | 9.44 | 1.66   | 0.15         | 0.40       |         | 1.38   | 3.51       |         | 126.83 |     | 0.254 | Neg    |             |         |         |

| ETA  |              |      |          |        |         |        |        |       |       |         |
|------|--------------|------|----------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Hora |              | pH   | Turbidez | Cond   | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
|      | Água Bruta   | 6.95 | 0.02     | 181.15 |         |        |        |       |       |         |
|      | Água Tratada | 7.16 | 0.02     | 193.57 |         |        |        |       | 0.3   |         |

| Torres |                   |      |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|--------|-------------------|------|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Hora   |                   | pH   | Turbidez | Cond  | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Naftol | Técnico |
| 01:00  | Torre Destilaria  | 8.48 | 18.50    | 928.6 |         |        |        |       | 0.1   | 2.25   | Neg    | 700.0   |
|        | Torre Fermentação | 8.35 | 15.89    | 754.1 |         |        |        |       | 0.1   | 2.03   | Neg    |         |
|        | Torre Peneira     | 8.94 | 0.02     | 484.0 |         |        |        |       | 0.1   | 1.74   | Neg    |         |
|        | Torre Condensação | 8.80 | 14.50    | 769.3 |         |        |        |       | 0.1   | 1.94   | Neg    |         |
|        | Torre Cafo        |      |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |

| Condensados |               |      |        |        | Condensado V1 qua vai para as caldeiras |       |      |       |        |         |
|-------------|---------------|------|--------|--------|-----------------------------------------|-------|------|-------|--------|---------|
| Hora        |               | pH   | Cond   | Naftol | Técnico                                 | Hora  | pH   | Cond  | Naftol | Técnico |
| 01:00       | Condensado G3 | 9.27 | 28.27  | Neg    | 700.0                                   | 01:00 | 7.16 | 77.91 | Neg    | 700.0   |
|             | Condensada    | 8.04 | 19.411 | Neg    |                                         | 08:00 | 8.17 | 33.05 | Neg    | 700.0   |

| Acompanhamento Desmi |         |            |               |           |              |       |          |           |         |
|----------------------|---------|------------|---------------|-----------|--------------|-------|----------|-----------|---------|
| Hora                 |         | pH Catión. | Cond. Catión. | pH Anión. | Cond. Anión. | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
|                      | Desmi 1 |            |               |           |              |       |          |           |         |
|                      | Desmi 2 |            |               |           |              |       |          |           |         |

t. Desmi - 8.93 40.32  
 t. che. fundo - 6.93 175.02  
 C<sub>1</sub> - 9.68 222.8  
 C<sub>2</sub> - 10.30 202.5  
 C<sub>3</sub> - 9.41 153.37

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 47 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

**raízen** **Análises de Águas Unidade Gasa** **Data:** 27/10/22

| Tanque Desmi |      |        |         |       |        |       |       |         |      | Vapor   |      |         |        |       |         |  |
|--------------|------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|---------|------|---------|------|---------|--------|-------|---------|--|
| Hora         | pH   | Dureza | Cloreto | Cond  | Silica | Ferro | Nível | Técnico | Hora | pH      | Cond | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |  |
| 16:00        | 9.18 |        |         | 42.58 |        |       |       |         |      | Vapor 2 |      |         |        |       |         |  |
|              |      |        |         |       |        |       |       |         |      | Vapor 3 |      |         |        |       |         |  |

| Alimentação das Caldeiras |                   |      |        |         |        |        |       |       |          |         |         |
|---------------------------|-------------------|------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|----------|---------|---------|
| Hora                      |                   | pH   | Dureza | Cloreto | Silica | Naftol | Cond  | Ferro | Ac. Asc. | OD, ppb | Técnico |
|                           | Alimentação 1     |      |        |         |        |        |       |       |          |         |         |
|                           | Alimentação 2 e 3 |      |        |         |        |        |       |       |          |         |         |
| 16:00                     | Alimentação 1     | 8.12 |        |         |        | NEG    | 44.13 |       |          |         |         |
| 16:00                     | Alimentação 2 e 3 | 8.99 |        |         |        | NEG    | 27.39 |       |          |         |         |

| Caldeiras |            |       |        |              |            |         |        |           |         |       |     |       |        |             |         |         |
|-----------|------------|-------|--------|--------------|------------|---------|--------|-----------|---------|-------|-----|-------|--------|-------------|---------|---------|
| Hora      |            | pH    | Dureza | Alc. Hidróx. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fós. Org. | Sulfito | Cond  | STD | Ferro | Naftol | Desc. Fundo | Cont. % | Técnico |
| 16:00     | Caldeira 1 | 9.31  |        |              |            |         |        |           |         | 269.4 |     |       | NEG    |             |         |         |
| 16:00     | Caldeira 2 | 10.23 |        |              |            |         |        |           |         | 284.1 |     |       | NEG    |             |         |         |
| 16:00     | Caldeira 3 | 10.01 |        |              |            |         |        |           |         | 164.8 |     |       | NEG    |             |         |         |

| ETA   |              |      |          |      |         |        |        |       |       |         |
|-------|--------------|------|----------|------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Hora  |              | pH   | Turbidez | Cond | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
|       | Água Bruta   |      |          |      |         |        |        |       |       |         |
| 16:00 | Água Tratada | 7.10 | 903      | 2113 |         |        |        |       | 9.1   |         |

| Torres |                   |    |          |      |         |        |        |       |       |        |        |         |
|--------|-------------------|----|----------|------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Hora   |                   | pH | Turbidez | Cond | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Naftol | Técnico |
|        | Torre Destilária  |    |          |      |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        | Torre Fermentação |    |          |      |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        | Torre Peneira     |    |          |      |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        | Torre Condensação |    |          |      |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        | Torre Cafo        |    |          |      |         |        |        |       |       |        |        |         |

| Condensados |               |    |      |        |         |
|-------------|---------------|----|------|--------|---------|
| Hora        |               | pH | Cond | Naftol | Técnico |
|             | Condensado G3 |    |      |        |         |
|             | Condensada    |    |      |        |         |

| Condensado V1 que vai para as caldeiras |      |       |        |         |
|-----------------------------------------|------|-------|--------|---------|
| Hora                                    | pH   | Cond  | Naftol | Técnico |
| 16:00                                   | 8.30 | 53.01 | NEG    |         |

| Acompanhamento Desmi |         |            |               |           |              |       |          |           |         |
|----------------------|---------|------------|---------------|-----------|--------------|-------|----------|-----------|---------|
| Hora                 |         | pH Catión. | Cond. Catión. | pH Anión. | Cond. Anión. | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
| 16:00                | Desmi 1 | 2.60       | 295.3         | 8.99      | 15.506       | 3.89  | 41.408   |           |         |
| 18:00                | Desmi 2 | 2.50       | 309.8         | 8.65      | 11.200       | 5.13  | 26.66    |           |         |

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 48 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

raízen

**Análises de Águas Unidade Gasa** Data: 28/10/22

| Tanque Desmi |      |        |         |       |        |       |       |         |  | Vapor   |      |       |         |        |       |         |
|--------------|------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|---------|--|---------|------|-------|---------|--------|-------|---------|
| Hora         | pH   | Dureza | Cloreto | Cond  | Silica | Ferro | Nível | Técnico |  | Hora    | pH   | Cond  | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |
| 01:00        | 8.96 | 0.22   | 1.66    | 25.78 | 0.02   | 0.150 | 8.3%  | 70.0    |  |         |      |       |         |        |       |         |
|              |      |        |         |       |        |       |       |         |  | Vapor 2 | 8.73 | 17.89 | 0.00    | 0.02   | 0.128 |         |
|              |      |        |         |       |        |       |       |         |  | Vapor 3 | 8.74 | 8.90  | 0.00    | 0.02   | 0.120 |         |

| Alimentação das Caldeiras |      |        |         |        |        |       |       |         |         |         |
|---------------------------|------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Hora                      | pH   | Dureza | Cloreto | Silica | Naftol | Cond  | Ferro | Ac. Asc | OD. ppb | Técnico |
| 01:00                     | 8.51 | 0.06   | 0.25    | 0.02   | NEG    | 27.52 | 0.113 |         |         |         |
|                           | 8.91 | 0.02   | 0.16    | 0.03   | NEG    | 18.05 | 0.107 | 129     | 3       |         |
|                           |      |        |         |        |        |       |       |         |         |         |
|                           |      |        |         |        |        |       |       |         |         |         |

| Caldeiras |      |        |              |            |         |        |           |         |        |     |       |        |             |         |         |
|-----------|------|--------|--------------|------------|---------|--------|-----------|---------|--------|-----|-------|--------|-------------|---------|---------|
| Hora      | pH   | Dureza | Alc. Hidrox. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fós. Org. | Sulfito | Cond   | STD | Ferro | Naftol | Desc. Fundo | Cont. % | Técnico |
| 01:00     | 9.48 | 0.90   | 0.12         | 0.34       | 2.60    | 0.78   | 1.23      | 0.83    | 159.41 |     | 0.31  | NEG    |             |         | 70.0    |
|           | 9.88 | 3.26   | 0.23         | 0.63       | 8.69    | 2.27   | 5.30      |         | 162.7  |     | 0.308 | NEG    |             |         |         |
|           | 9.41 | 4.44   | 0.11         | 0.33       | 8.64    | 1.54   | 1.63      |         | 94.07  |     | 0.372 | NEG    |             |         |         |

| ETA   |      |          |        |         |        |        |       |       |         |
|-------|------|----------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Hora  | pH   | Turbidez | Cond   | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
| 01:00 | 7.25 | 0.02     | 134.64 |         |        |        |       |       |         |
|       | 7.05 | 0.02     | 169.11 |         |        |        |       | 0.1   |         |

| Torres |      |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|--------|------|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Hora   | pH   | Turbidez | Cond  | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Naftol | Técnico |
|        | 8.26 | 14.90    | 80.55 |         |        |        | 1.306 | 0.1   |        | NEG    | 70.0    |
|        | 8.03 | 18.96    | 89.85 |         |        |        | 1.377 | 0.1   |        | NEG    |         |
| 01:00  | 8.41 | 14.54    | 110.0 |         |        |        | 0.714 | 0.1   |        | NEG    |         |
|        | 8.85 | 12.92    | 115.6 |         |        |        | 0.812 | 0.1   |        | NEG    |         |
|        |      |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |

| Condensados |      |        |        |         | Condensado V1 qua vai para as caldeiras |      |       |        |           |
|-------------|------|--------|--------|---------|-----------------------------------------|------|-------|--------|-----------|
| Hora        | pH   | Cond   | Naftol | Técnico | Hora                                    | pH   | Cond  | Naftol | Técnico   |
|             | 8.92 | 140.14 | NEG    | 70.0    | 01:00                                   | 8.44 | 27.72 | NEG    | 70.0      |
|             | 8.40 | 12.75  | NEG    |         | 08:00                                   | 8.51 | 22.36 | NEG    | Industria |

| Acompanhamento Desmi |            |               |           |              |       |          |           |         |
|----------------------|------------|---------------|-----------|--------------|-------|----------|-----------|---------|
| Hora                 | pH Catión. | Cond. Catión. | pH Anión. | Cond. Anión. | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
|                      |            |               |           |              |       |          |           |         |
|                      |            |               |           |              |       |          |           |         |

T. Desmi - 8.80 20.4m  
 + clareamento 7.37 152.81  
 C1 - 9.65 149.71  
 C2 - 10.15 122.67  
 C3 - 9.45 80.25

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 49 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

**raízen** **Análises de Águas Unidade Gasa** **Data:** 28/10/20

| Tanque Desmi |    |        |         |       |        |       |       | Vapor   |      |    |       |         |        |       |         |
|--------------|----|--------|---------|-------|--------|-------|-------|---------|------|----|-------|---------|--------|-------|---------|
| Hora         | pH | Dureza | Cloreto | Cond. | Silica | Ferro | Nível | Técnico | Hora | pH | Cond. | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |
|              |    |        |         |       |        |       |       |         |      |    |       |         |        |       |         |
|              |    |        |         |       |        |       |       |         |      |    |       |         |        |       |         |

| Alimentação das Caldeiras |    |        |         |        |        |       |       |          |         |         |  |
|---------------------------|----|--------|---------|--------|--------|-------|-------|----------|---------|---------|--|
| Hora                      | pH | Dureza | Cloreto | Silica | Naftol | Cond. | Ferro | Ac. Asc. | OD. ppb | Técnico |  |
|                           |    |        |         |        |        |       |       |          |         |         |  |
|                           |    |        |         |        |        |       |       |          |         |         |  |
| 16:00                     |    |        |         |        |        |       |       |          |         |         |  |
| 16:00                     |    |        |         |        |        |       |       |          |         |         |  |
| 16:00                     |    |        |         |        |        |       |       |          |         |         |  |

| Caldeiras |    |        |              |            |         |        |           |         |       |     |       |        |             |         |         |
|-----------|----|--------|--------------|------------|---------|--------|-----------|---------|-------|-----|-------|--------|-------------|---------|---------|
| Hora      | pH | Dureza | Alc. Hidróx. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fós. Org. | Sulfito | Cond. | STD | Ferro | Naftol | Desc. Fundo | Cont. % | Técnico |
| 16:00     |    |        |              |            |         |        |           |         |       |     |       |        |             |         |         |
| 16:00     |    |        |              |            |         |        |           |         |       |     |       |        |             |         |         |
| 16:00     |    |        |              |            |         |        |           |         |       |     |       |        |             |         |         |

| ETA   |    |          |       |         |        |        |       |       |         |
|-------|----|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Hora  | pH | Turbidez | Cond. | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
|       |    |          |       |         |        |        |       |       |         |
| 16:00 |    |          |       |         |        |        |       |       |         |

| Torres |    |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|--------|----|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Hora   | pH | Turbidez | Cond. | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Naftol | Técnico |
|        |    |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        |    |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        |    |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|        |    |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |

| Condensados |    |       |        |         |
|-------------|----|-------|--------|---------|
| Hora        | pH | Cond. | Naftol | Técnico |
|             |    |       |        |         |
|             |    |       |        |         |
|             |    |       |        |         |

| Condensado V1 que vai para as caldeiras |    |       |        |         |
|-----------------------------------------|----|-------|--------|---------|
| Hora                                    | pH | Cond. | Naftol | Técnico |
| 16:00                                   |    |       |        |         |
|                                         |    |       |        |         |
|                                         |    |       |        |         |

| Acompanhamento Desmi |            |               |           |              |       |          |           |         |
|----------------------|------------|---------------|-----------|--------------|-------|----------|-----------|---------|
| Hora                 | pH Catiôn. | Cond. Catiôn. | pH Anión. | Cond. Anión. | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
| 16:00                |            |               |           |              |       |          |           |         |
|                      |            |               |           |              |       |          |           |         |
|                      |            |               |           |              |       |          |           |         |

Fonte: Elaboração própria do autor.



Figura 50 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

raízen

**Análises de Águas Unidade Gasa**

Data: 29/10/22

| Tanque Desmi |      |        |         |       |        |       |       |         |  | Vapor |         |       |         |        |       |         |       |
|--------------|------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|---------|--|-------|---------|-------|---------|--------|-------|---------|-------|
| Hora         | pH   | Dureza | Cloreto | Cond. | Silica | Ferro | Nível | Técnico |  | Hora  | pH      | Cond. | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |       |
| 01:00        | 9.01 | 0.05   | 152     | 23.00 | 0.03   | 0.187 | 7.7%  | 50.0    |  | 01:00 | Vapor 2 | 8.61  | 15.82   | 0.10   | 0.03  | 0.141   | JULIO |
|              |      |        |         |       |        |       |       |         |  |       | Vapor 3 | 8.61  | 12.97   | 0.00   | 0.03  | 0.107   |       |

| Alimentação das Caldeiras |                   |        |         |        |        |       |        |          |         |         |  |
|---------------------------|-------------------|--------|---------|--------|--------|-------|--------|----------|---------|---------|--|
| Hora                      | pH                | Dureza | Cloreto | Silica | Naftol | Cond. | Ferro  | Ac. Asc. | OD. ppb | Técnico |  |
| 01:00                     | Alimentação 1     | 8.15   | 0.09    | 0.35   | 0.03   | Neg   | 22.30  | 0.148    |         |         |  |
|                           | Alimentação 2 e 3 | 8.52   | 0.08    | 0.20   | 0.02   | Neg   | 12.985 | 0.104    | 240     | 3       |  |
|                           | Alimentação 1     |        |         |        |        |       |        |          |         |         |  |
|                           | Alimentação 2 e 3 |        |         |        |        |       |        |          |         |         |  |

| Caldeiras |            |        |              |            |         |        |            |         |       |        |       |        |             |         |         |
|-----------|------------|--------|--------------|------------|---------|--------|------------|---------|-------|--------|-------|--------|-------------|---------|---------|
| Hora      | pH         | Dureza | Alc. Hidróx. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fósf. Org. | Sulfito | Cond. | STD    | Ferro | Naftol | Desc. Fundo | Cont. % | Técnico |
| 01:00     | Caldeira 1 | 9.40   | 0.54         | 0.06       | 0.33    | 1.82   | 0.58       | 0.57    | 0.84  | 108.82 | 0.135 | Neg    |             |         | JULIO   |
|           | Caldeira 2 | 9.70   | 2.46         | 0.19       | 0.41    | 10.60  | 1.63       | 0.34    |       | 146.99 | 0.170 | Neg    |             |         |         |
|           | Caldeira 3 | 9.58   | 1.52         | 0.12       | 0.27    | 6.28   | 0.85       | 1.32    |       | 90.72  | 0.171 | Neg    |             |         |         |

| ETA   |              |          |       |         |        |        |       |       |         |
|-------|--------------|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Hora  | pH           | Turbidez | Cond. | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
| 01:00 | Água Bruta   | 0.91     | 0.02  | 199.31  |        |        |       |       | JULIO   |
|       | Água Tratada | 6.23     | 0.02  | 200.9   |        |        |       | 28    |         |

| Torres |                   |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |
|--------|-------------------|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Hora   | pH                | Turbidez | Cond. | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Naftol | Técnico |
| 01:00  | Torre Destilaria  | 8.22     | 30.3  | 363.1   |        |        |       | 0.1   |        | Neg    |         |
|        | Torre Fermentação | 7.81     | 10.29 | 926.8   |        |        |       | 0.1   |        | Neg    |         |
|        | Torre Peneira     | 8.61     | 19.02 | 1673.6  |        |        |       | 0.1   |        | Neg    |         |
|        | Torre Condensação | 8.82     | 17.73 | 1225.0  |        |        |       | 0.1   |        | Neg    |         |
|        | Torre Cafo        |          |       |         |        |        |       |       |        |        |         |

| Condensados |               |       |        |         | Condensado V1 que vai para as caldeiras |       |       |        |         |          |
|-------------|---------------|-------|--------|---------|-----------------------------------------|-------|-------|--------|---------|----------|
| Hora        | pH            | Cond. | Naftol | Técnico | Hora                                    | pH    | Cond. | Naftol | Técnico |          |
| 01:00       | Condensado G3 | 8.55  | 11.999 | Neg     | JULIO                                   | 01:00 | 7.58  | 28.62  | Neg     | JULIO    |
|             | Condensada    | 8.30  | 14.026 | Neg     |                                         | 08:00 | 8.41  | 28.39  | Neg     | Andressa |

| Acompanhamento Desmi |           |              |           |              |       |          |           |         |
|----------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-------|----------|-----------|---------|
| Hora                 | pH Catião | Cond. Catião | pH Anión. | Cond. Anión. | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
|                      | Desmi 1   |              |           |              |       |          |           |         |
|                      | Desmi 2   |              |           |              |       |          |           |         |

+ Desmi - 8.70 239.5  
 + cloro - 6.84 159.99  
 C<sub>I</sub> - 8.70 102.85  
 C<sub>II</sub> - 9.97 118.99  
 C<sub>III</sub> - 9.74 90.11

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 51 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

raízen

Análises de Águas Unidade Gasa

Data: 28/01/20

Tela Desmi

| Hora | pH | Dureza | Cloreto | Cond | Silica | Ferro | Nível | Técnico | Hora    | pH | Cond | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |
|------|----|--------|---------|------|--------|-------|-------|---------|---------|----|------|---------|--------|-------|---------|
|      |    |        |         |      |        |       |       |         | Vapor 2 |    |      |         |        |       |         |
|      |    |        |         |      |        |       |       |         | Vapor 3 |    |      |         |        |       |         |

Alimentação das Caldeiras

| Hora              | pH    | Dureza | Cloreto | Silica | Nátol | Cond  | Ferro | Al. Aco | OD. ppb | Técnico |
|-------------------|-------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Alimentação 1     |       |        |         |        |       |       |       |         |         |         |
| Alimentação 2 e 3 |       |        |         |        |       |       |       |         |         |         |
| Alimentação 1     | 16:00 | 8,73   |         |        | NEG   | 42,16 |       |         |         |         |
| Alimentação 2 e 3 | 16:00 | 8,88   |         |        | NEG   | 19,30 |       |         |         |         |

Caldeiras

| Hora       | pH    | Dureza | Alc. Hidrox. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fosf. Org. | Sulfato | Cond   | STD | Ferro | Nátol | Osc. Fundo | Cont. % | Técnico |
|------------|-------|--------|--------------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|-----|-------|-------|------------|---------|---------|
| Caldeira 1 | 16:00 | 9,33   |              |            |         |        |            |         | 126,32 |     |       | NEG   |            |         |         |
| Caldeira 2 | 16:00 | 9,91   |              |            |         |        |            |         | 156,46 |     |       | NEG   |            |         |         |
| Caldeira 3 | 16:00 | 9,66   |              |            |         |        |            |         | 109,02 |     |       | NEG   |            |         |         |

ETA

| Hora         | pH    | Turbidez | Cond | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
|--------------|-------|----------|------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Água Bruta   |       |          |      |         |        |        |       |       |         |
| Água Tratada | 16:00 | 7,17     | 992  | 158,03  |        |        |       |       |         |

Torres

| Hora              | pH | Turbidez | Cond | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Nátol | Técnico |
|-------------------|----|----------|------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|
| Torre Destilante  |    |          |      |         |        |        |       |       |        |       |         |
| Torre Fermentação |    |          |      |         |        |        |       |       |        |       |         |
| Torre Peneira     |    |          |      |         |        |        |       |       |        |       |         |
| Torre Condensação |    |          |      |         |        |        |       |       |        |       |         |
| Torre Caldo       |    |          |      |         |        |        |       |       |        |       |         |

Condensados

| Hora          | pH | Cond | Nátol | Técnico |
|---------------|----|------|-------|---------|
| Condensado G3 |    |      |       |         |
| Condensada    |    |      |       |         |

Condensado V1 que vai para as caldeiras

| Hora  | pH   | Cond  | Nátol | Técnico |
|-------|------|-------|-------|---------|
| 16:00 | 8,42 | 44,75 | NEG   |         |

Acompanhamento Desmi

| Hora    | pH    | Cond. Catión | Cond. Catión | pH Anión | Cond. Anión | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
|---------|-------|--------------|--------------|----------|-------------|-------|----------|-----------|---------|
| Desmi 1 | 16:00 | 4,60         | 82,81        | 9,94     | 9,10        | 9,66  | 6,92     |           |         |
| Desmi 2 |       |              |              |          |             |       |          |           |         |

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 52 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

raízen

Análises de Águas Unidade Gasa

Data: 01/11/20

Tela Desmi

| Hora | pH | Dureza | Cloreto | Cond | Silica | Ferro | Nível | Técnico | Hora    | pH | Cond | Cloreto | Silica | Ferro | Técnico |
|------|----|--------|---------|------|--------|-------|-------|---------|---------|----|------|---------|--------|-------|---------|
|      |    |        |         |      |        |       |       |         | Vapor 2 |    |      |         |        |       |         |
|      |    |        |         |      |        |       |       |         | Vapor 3 |    |      |         |        |       |         |

Alimentação das Caldeiras

| Hora              | pH    | Dureza | Cloreto | Silica | Nátol | Cond | Ferro | Al. Aco | OD. ppb | Técnico |
|-------------------|-------|--------|---------|--------|-------|------|-------|---------|---------|---------|
| Alimentação 1     | 01:00 | 8,51   | 6,17    | 2,31   | 81,19 | 2,03 | 79,2  | 76,05   | 0,00    |         |
| Alimentação 2 e 3 | 01:00 | 8,54   | 7,12    | 2,01   | 6,25  | NEG  | 24,38 |         | 293     | 198     |
| Alimentação 1     | 01:00 | 8,54   | 7,12    | 2,13   | 6,25  | NEG  | 21,15 |         |         |         |
| Alimentação 2 e 3 | 01:00 |        |         |        |       |      |       |         |         |         |

Caldeiras

| Hora       | pH    | Dureza | Alc. Hidrox. | Alc. Total | Cloreto | Silica | Fosf. Org. | Sulfato | Cond   | STD   | Ferro | Nátol | Osc. Fundo | Cont. % | Técnico |
|------------|-------|--------|--------------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|-------|-------|-------|------------|---------|---------|
| Caldeira 1 | 01:00 | 8,55   | 3,35         | 2,04       | 0,23    | 1,98   | 6,25       | 0,17    | 0,68   | 12,97 |       | NEG   |            | 50,2    |         |
| Caldeira 2 | 01:00 | 9,15   | 2,40         | 2,11       | 0,26    | 1,94   | 0,32       | 0,42    | 101,76 |       |       | NEG   |            | 2,66    |         |
| Caldeira 3 | 01:00 | 9,23   | 2,54         | 6,13       | 0,27    | 1,35   | 0,13       | 0,25    | 110,14 |       |       | NEG   |            | 4,03    |         |

ETA

| Hora         | pH    | Turbidez | Cond  | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Técnico |
|--------------|-------|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Água Bruta   | 01:00 | 6,39     | 10,06 | 174,64  |        |        |       |       |         |
| Água Tratada | 01:00 | 6,87     | 0,62  | 200,8   |        |        |       | 0,1   | 7,03    |

Torres

| Hora              | pH    | Turbidez | Cond  | Cloreto | Silica | Dureza | Ferro | Cloro | Fóforo | Nátol | Técnico |
|-------------------|-------|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|
| Torre Destilante  | 01:00 | 8,46     | 16,88 | 109,15  |        |        |       | 0,1   | NEG    | 6,2   |         |
| Torre Fermentação | 01:00 | 8,23     | 18,93 | 110,1   |        |        |       | 0,1   | NEG    | 10,0  |         |
| Torre Peneira     | 01:00 | 8,32     | 24,5  | 114,23  |        |        |       | 0,1   | NEG    | 10,0  |         |
| Torre Condensação | 01:00 | 8,89     | 19,39 | 103,6   |        |        |       | 0,1   | NEG    | 10,0  |         |
| Torre Caldo       | 01:00 |          |       |         |        |        |       |       |        |       |         |

Condensados

| Hora          | pH    | Cond | Nátol | Técnico |
|---------------|-------|------|-------|---------|
| Condensado G3 | 01:00 | 8,32 | 17,49 | NEG     |
| Condensada    | 01:00 | 8,32 | 19,46 | NEG     |

Condensado V1 que vai para as caldeiras

| Hora  | pH   | Cond  | Nátol | Técnico |
|-------|------|-------|-------|---------|
| 01:00 | 7,94 | 32,57 | NEG   |         |
| 08:00 | 7,83 |       | NEG   |         |

Acompanhamento Desmi

| Hora    | pH | Cond. Catión | Cond. Catión | pH Anión | Cond. Anión | pH LM | Cond. LM | Silica LM | Técnico |
|---------|----|--------------|--------------|----------|-------------|-------|----------|-----------|---------|
| Desmi 1 |    |              |              |          |             |       |          |           |         |
| Desmi 2 |    |              |              |          |             |       |          |           |         |

Fonte: Elaboração própria do autor.



Figura 53 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

raízen

**Análises de Águas Unidade Gasa**

Data: 31/10/22

| Tempo (min)                             |      |          |              |            |              |        |           |           |         | Vapor   |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
|-----------------------------------------|------|----------|--------------|------------|--------------|--------|-----------|-----------|---------|---------|-------|--------|-------------|---------|-------|--|--|--|--|
| Hora                                    | pH   | Dureza   | Cloro        | Cond.      | Silica       | Ferro  | Níquel    | Técio     | Hora    | pH      | Cond. | Cloro  | Silica      | Ferro   | Técio |  |  |  |  |
| 21:00                                   | 9.34 | 1022     | 2.81         | 29.55      | 0.23         | 2.134  | 6.92      | 7.010     | 0.01    | Vapor 2 | 8.50  | 3.790  | 0.02        | 0.00    | 0.00  |  |  |  |  |
| Alimentação das Colunas                 |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Dureza   | Cloro        | Silica     | Nátrio       | Cond.  | Ferro     | Al. Ac.   | OD      | pH      | Técio |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Alimentação 1                           | 8.74 | 0.04     | 2.96         | 0.04       | 1.60         | 30.30  | 0.093     |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Alimentação 2 e 3                       | 8.64 | 0.21     | 2.67         | 0.01       | 1.60         | 9.35   | 0.05      | 62        | 3       |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Caldeiras                               |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Dureza   | Alc. Hidrox. | Alc. Total | Cloro        | Silica | Fós. Org. | Sulfato   | Cond.   | STD     | Ferro | Nátrio | Desc. Fundo | Cont. % | Técio |  |  |  |  |
| Caldeira 1                              | 9.52 | 0.14     | 0.9          | 0.87       | 0.93         | 0.14   | 0.66      | 1.84      | 0.197   | 1.82    |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Caldeira 2                              | 9.42 | 0.36     | 0.12         | 0.35       | 1.33         | 0.35   | 2.13      | 2.33      | 0.226   | 1.83    |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Caldeira 3                              | 9.35 | 1.11     | 0.10         | 0.38       | 1.15         | 0.33   | 2.13      | 2.33      | 0.223   | 1.83    |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| ETA                                     |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Turbidez | Cond.        | Cloro      | Silica       | Dureza | Ferro     | Cloro     | Técio   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Água Bruta                              | 9.05 | 1.06     | 1.374        |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Água Tratada                            | 9.14 | 0.02     | 1.03.45      |            |              |        |           | 0.1       |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torres                                  |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Turbidez | Cond.        | Cloro      | Silica       | Dureza | Ferro     | Cloro     | Fósforo | Nátrio  | Técio |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Destilante                        | 8.58 | 15.31    | 1.085        |            |              |        |           | 0.1       | 1.68    | 5.710   |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Fermentação                       | 8.53 | 15.15    | 1.02.6       |            |              |        |           | 0.1       | 1.68    |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Penúltima                         | 9.01 | 19.62    | 1.00.64      |            |              |        |           | 0.1       | 1.68    |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Condensação                       | 8.64 | 19.66    | 1.33.0.0     |            |              |        |           | 0.1       | 1.68    |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Calor                             | 8.94 | 0.02     | 1.00.40      |            |              |        |           | 0.1       | 1.68    |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensados                             |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Cond.    | Nátrio       | Técio      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensado G3                           | 9.05 | 22.34    | 1.84         | 1.110      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensado                              | 8.54 | 39.74    | 1.84         |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensado V1 que vai para as caldeiras |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Cond.    | Nátrio       | Técio      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| 16:00                                   | 8.05 | 3.17     | 1.62         | 1.110      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| 08:00                                   | 8.06 | 4.58     | 1.62         | 1.110      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Acompanhamento Desmilitar               |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH   | Cond.    | Cloro        | pH Anión.  | Cond. Anión. | pH LM  | Cond. LM  | Silica LM | Técio   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Desmilitar 1                            |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Desmilitar 2                            |      |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |

+ Desmilitar - 8.64 36.97  
 + desmilitar - 6.73 69.97  
 C<sub>1</sub> - 9.40 110.13  
 C<sub>2</sub> - 10.15 130.48  
 C<sub>3</sub> - 10.13 117.88

Fonte: Elaboração própria do autor.

Figura 54 - Formulário de coleta de dados pelo Laboratório de Qualidade Integrada Industrial da Raízen Energia - Unidade GASA.

raízen

**Análises de Águas Unidade Gasa**

Data: 31/10/22

| Tempo (min)                             |       |          |              |            |              |        |           |           |         | Vapor   |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
|-----------------------------------------|-------|----------|--------------|------------|--------------|--------|-----------|-----------|---------|---------|-------|--------|-------------|---------|-------|--|--|--|--|
| Hora                                    | pH    | Dureza   | Cloro        | Cond.      | Silica       | Ferro  | Níquel    | Técio     | Hora    | pH      | Cond. | Cloro  | Silica      | Ferro   | Técio |  |  |  |  |
| 16:00                                   | 9.31  |          |              | 33.16      | 0.03         |        |           |           |         | Vapor 2 |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Alimentação das Colunas                 |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Dureza   | Cloro        | Silica     | Nátrio       | Cond.  | Ferro     | Al. Ac.   | OD      | pH      | Técio |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Alimentação 1                           | 8.71  |          |              |            |              | 24.13  |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Alimentação 2 e 3                       | 8.78  |          |              |            |              | 24.87  |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Caldeiras                               |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Dureza   | Alc. Hidrox. | Alc. Total | Cloro        | Silica | Fós. Org. | Sulfato   | Cond.   | STD     | Ferro | Nátrio | Desc. Fundo | Cont. % | Técio |  |  |  |  |
| Caldeira 1                              | 9.53  |          |              |            |              |        |           |           | 41.85   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Caldeira 2                              | 10.14 |          |              |            |              |        |           |           | 12.44   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Caldeira 3                              | 9.34  |          |              |            |              |        |           |           | 14.62   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| ETA                                     |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Turbidez | Cond.        | Cloro      | Silica       | Dureza | Ferro     | Cloro     | Técio   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Água Bruta                              |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Água Tratada                            | 6.80  | 0.02     | 1.00.38      |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torres                                  |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Turbidez | Cond.        | Cloro      | Silica       | Dureza | Ferro     | Cloro     | Fósforo | Nátrio  | Técio |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Destilante                        |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Fermentação                       |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Penúltima                         |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Condensação                       |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Torre Calor                             |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensados                             |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Cond.    | Nátrio       | Técio      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensado G3                           |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensado                              |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Condensado V1 que vai para as caldeiras |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Cond.    | Nátrio       | Técio      |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| 16:00                                   | 7.84  | 3.67     | 1.62         |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Acompanhamento Desmilitar               |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Hora                                    | pH    | Cond.    | Cloro        | pH Anión.  | Cond. Anión. | pH LM  | Cond. LM  | Silica LM | Técio   |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Desmilitar 1                            | 6.51  | 17.64    | 10.92        | 3.43       | 10.92        | 38.74  | 0.06      |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |
| Desmilitar 2                            |       |          |              |            |              |        |           |           |         |         |       |        |             |         |       |  |  |  |  |

Fonte: Elaboração própria do autor.

## ANEXO A – Especificações técnicas Ligas Metálicas

Tabela 4 - Ligas de aços tabela b.12.2 pag 487

| Marcas      |             | Composição química diretriz |      |      |             |                 | Aplicações específicas                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|-------------|-----------------------------|------|------|-------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eletrometal | Equivalente | %C                          | %Cr  | %Ni  | %Mo         | Outros          |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| E303        | AISI 303    | 0,15<br>máx                 | 18,0 | 9,0  | 0,60<br>máx | S = 0,15<br>máx | Peças torneadas para indústrias alimentícias e leiteira. Peças produzidas em tornos automáticos: parafusos, pinos, porcas etc. Peças para indústrias automobilísticas e aeronáutica.                                                                                                    |
| E304        | AISI 304    | 0,08<br>máx                 | 19,0 | 10,0 | —           | —               | Válvulas e peças de tubulações; equipamentos hospitalares, trocadores de calor, equipamentos para indústrias químicas, petroquímicas, farmacêuticas, alimentícias e de celulose. Armaduras metálicas, peças para construção mecânica, parafusos, rebites, tirantes, fio para molas etc. |
| E304L       | AISI 304L   | 0,03<br>máx                 | 19,0 | 10,0 | —           | —               | Mesmas aplicações do aço E304, para partes soldadas que não podem ser solubilizadas posteriormente. É também aplicado nas indústrias aeronáutica e elétrica.                                                                                                                            |
| E316        | AISI 316    | 0,08<br>máx                 | 17,0 | 12,0 | 2,50        | —               | Mesmas aplicações do aço E304, além de peças para construção naval. Possui melhor resistência à corrosão e oxidação que o aço E304, além de propriedades mecânicas superiores. É amplamente empregado na indústria de papel.                                                            |
| E316L       | AISI 316L   | 0,03<br>máx                 | 17,0 | 12,0 | 2,50        | —               | Mesmas aplicações do aço E316, para partes soldadas.                                                                                                                                                                                                                                    |

Fonte: OLIVEIRA,1999.

Tabela 5 - Ligas de Extrusão Características Específicas

| Em função da aplicação, mostramos as características específicas para cada liga |                        |                       |                      |             |            |          |                        |          |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------|
| Liga                                                                            | Resistência à Corrosão | Anodização Decorativa | Anodização Protetora | Solda (MIG) | Solda CTIG | Usinagem | Deformabilidade à Frio | Brasagem | Outras                           |
| 1050                                                                            | A                      | A                     | A                    | A           | A          | E        | A                      | A        | -                                |
| 1350                                                                            | A                      | A                     | A                    | A           | A          | E        | A                      | A        | -                                |
| 2011                                                                            | C                      | E                     | B                    | N           | N          | A        | C                      | N        | Solda por resistência            |
| 2014                                                                            | C                      | E                     | B                    | C           | N          | B        | D                      | N        | Solda por resistência            |
| 2017                                                                            | C                      | E                     | B                    | N           | N          | B        | C                      | N        | Solda por resistência            |
| 2024                                                                            | C                      | E                     | B                    | N           | N          | B        | C                      | N        | Solda por resistência            |
| 3003                                                                            | A                      | D                     | B                    | A           | A          | D        | A                      | A        | -                                |
| 5052                                                                            | A                      | A                     | A                    | A           | A          | C        | A                      | B        | -                                |
| 5356                                                                            | A                      | A                     | A                    | A           | A          | C        | C                      | N        | -                                |
| 6060 6063 e X6463                                                               | A                      | A                     | A                    | A           | A          | D        | B                      | A        | -                                |
| 6061                                                                            | A                      | D                     | A                    | A           | A          | C        | C                      | B        | -                                |
| 6101                                                                            | A                      | A                     | A                    | A           | A          | D        | B                      | A        | -                                |
| 6261                                                                            | A                      | C                     | A                    | A           | A          | C        | C                      | B        | -                                |
| 6262                                                                            | B                      | C                     | A                    | A           | A          | A        | C                      | A        | -                                |
| 6351                                                                            | A                      | D                     | A                    | A           | A          | C        | C                      | C        | -                                |
| 7075                                                                            | C                      | E                     | B                    | N           | N          | B        | D                      | N        | Solda por resistência            |
| 7104                                                                            | B                      | N                     | A                    | A           | A          | C        | B                      | N        | Excelente para esmalte porcelana |

Fonte: OLIVEIRA,1999.

Quadro 2 - Ligas de Extrusão Características e Aplicações

| CARACTERÍSTICA / APLICAÇÕES |                                                                                                                                        |                                                                                                                                               |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Liga                        | Características                                                                                                                        | Aplicações Típicas                                                                                                                            |
| 1050                        | Baixa resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade, fácil de soldar, apropriada para anodização decorativa. | Indústria química, farmacêutica e alimentícia; utensílios domésticos. Refrigeração (trocadores de calor em geral).                            |
| 1350                        | Alta condutividade elétrica, boa conformabilidade.                                                                                     | Liga especial para condutores elétricos.                                                                                                      |
| 2011                        | Excelente usinabilidade, alta resistência mecânica, média resistência à corrosão.                                                      | Peças usinadas em torno automático. Excelente alternativa para o latão de corte livre.                                                        |
| 2014                        | Elevada resistência mecânica e alta ductilidade, média resistência à corrosão. Boa usinabilidade.                                      | Indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos.                                                                                   |
| 2017                        | Boa usinabilidade, alta resistência mecânica e elevada ductilidade. Média resistência à corrosão, boa conformabilidade.                | Peças usinadas. Indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos.                                                                   |
| 2024                        | Elevada resistência mecânica e alta ductilidade, média resistência à corrosão, média conformabilidade. Boa usinabilidade.              | Peças usinadas e forjadas. Indústria aeronáutica, transporte, máquinas e equipamentos.                                                        |
| 3003                        | Média resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade, boa soldabilidade.                                      | Tubos para trocadores de calor (radiadores automotivos). Antenas.                                                                             |
| 4043 e 4047                 | Ligas de silício utilizadas em varetas de solda.                                                                                       | Soldagem dos grupos de liga 1000, 3000 e 6000.                                                                                                |
| 5052                        | Boa resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade.                                                           | Vergalhões para rebites, transporte e equipamentos.                                                                                           |
| 5356                        | Resistência mecânica superior ao 5052, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade.                                              | Rebites. Solda, especialmente 5052 e 5083 entre si e com ligas dos grupos 1000, 3000 e 6000.                                                  |
| 6060 e 6063                 | Média resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade. Apropriada para anodização decorativa fosca.            | Perfis para construção civil, caixilharia em geral, tubos de irrigação, móveis e iluminação.                                                  |
| 6061                        | Boa resistência mecânica, boa resistência à corrosão, boa conformabilidade. Média usinabilidade.                                       | Estruturas, construção naval, veículos e rebites. Indústria moveleira.                                                                        |
| 6101                        | Alta condutividade elétrica, média resistência mecânica, boa resistência à corrosão.                                                   | Liga especial para fins elétricos e barramentos (estruturas).                                                                                 |
| 6261                        | Boa resistência mecânica, boa resistência à corrosão, boa conformabilidade. Média usinabilidade.                                       | Carrocerias de veículos, estruturas e equipamentos.                                                                                           |
| 6262                        | Ótima usinabilidade, alta resistência mecânica, alta resistência à corrosão, apropriada para anodização decorativa.                    | Peças usinadas em torno automático. Excelente alternativa para o latão de corte livre.                                                        |
| 6351                        | Boa resistência mecânica, alta resistência à corrosão, boa conformabilidade, média usinabilidade.                                      | Engenharia estrutural, construção de navios, veículos e equipamentos. Peças usinadas em tornos não automáticos. Forjamento a frio.            |
| X6463                       | Média resistência mecânica, boa resistência à corrosão, boa conformabilidade, apropriada para anodização decorativa de alto brilho.    | Painéis e frisos para eletrodomésticos, automóveis e armários.                                                                                |
| 7075                        | Os mais altos valores de resistência mecânica, média resistência à corrosão, boa forjabilidade e usinabilidade.                        | Peças sujeitas aos mais altos esforços mecânicos em indústria aeronáutica, militar, máquinas e equipamentos. Moldes para injeção de plástico. |
| 7104                        | Alta resistência mecânica, boa resistência à corrosão, boa conformabilidade, apropriada para anodização decorativa.                    | Estruturas soldadas.                                                                                                                          |

Fonte: OLIVEIRA, 1999.

Quadro 3 - Ligas de Extrusão Propriedades Mecânicas

| Liga   | Tempera        | Limite de Resistência à Tração (MPa) |       | Limite Convencional de Escoamento (MPa) |       | Limite de Resistência ao Cisalhamento (MPa) | % de Alongamento em 50 mm | Dureza Brinell 2,5/62,5 |
|--------|----------------|--------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------|---------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
|        | 0              | 95                                   | (80)  | -                                       | (30)  | (62)                                        | 25                        | -                       |
| 1050   | H14            | 85                                   | (100) | 70                                      | (80)  | (72)                                        | -                         | -                       |
|        | H18            | 110                                  | (130) | 90                                      | (100) | (76)                                        | -                         | -                       |
| 1350   | 0              | -                                    | (95)  | -                                       | (30)  | (55)                                        | -                         | -                       |
| 2011   | T3             | 310                                  | (363) | 260                                     | (328) | (206)                                       | 10                        | (113)                   |
|        | T6             | -                                    | (340) | -                                       | (230) | -                                           | 10                        | (90)                    |
| 2014   | T4             | 345                                  | (430) | 240                                     | (290) | -                                           | 12                        | (105)                   |
|        | T6             | 415                                  | (500) | 365                                     | (440) | (310)                                       | -                         | (135)                   |
| 2017   | T4             | 380                                  | (448) | 220                                     | (290) | (310)                                       | 12                        | (104)                   |
| 2024   | 0              | 240                                  | -     | 130                                     | -     | -                                           | 10                        | -                       |
|        | T4             | 395                                  | (510) | 260                                     | (380) | (282)                                       | -                         | (126)                   |
|        | 0              | 130                                  | (120) | -                                       | -     | (76)                                        | 25                        | -                       |
|        | H12            | 115                                  | (140) | -                                       | -     | -                                           | -                         | -                       |
| 3003   | H14            | 140                                  | (151) | -                                       | -     | (97)                                        | -                         | -                       |
|        | H16            | 165                                  | -     | -                                       | -     | (103)                                       | -                         | -                       |
|        | H18            | 185                                  | -     | -                                       | -     | (110)                                       | -                         | -                       |
|        | 0              | 220                                  | (209) | -                                       | -     | (123)                                       | 25                        | -                       |
|        | H32            | 215                                  | (227) | 160                                     | (183) | -                                           | -                         | -                       |
| 5052   | H34            | 233                                  | (260) | 180                                     | (235) | (144)                                       | -                         | -                       |
|        | H36            | 255                                  | -     | 200                                     | 250   | (165)                                       | -                         | -                       |
|        | H38            | 270                                  | -     | -                                       | -     | (165)                                       | -                         | -                       |
|        | 0              | 130                                  | (125) | -                                       | -     | (76)                                        | 18                        | -                       |
| 6060   | T4A            | 110                                  | (145) | 60                                      | (79)  | (98)                                        | -                         | -                       |
| 6063   | T5             | 150                                  | (219) | 110                                     | (189) | (118)                                       | 8                         | 66                      |
| •X6463 | T6C            | 180                                  | (226) | 150                                     | (197) | (135)                                       | -                         | -                       |
|        | T <sup>A</sup> | 205                                  | (235) | 170                                     | (213) | -                                           | 8                         | -                       |
|        | 0              | 150                                  | -     | 110                                     | -     | (82)                                        | 16                        | -                       |
|        | T4             | 180                                  | (211) | 110                                     | (129) | (165)                                       | 16                        | -                       |
| 6061   | T6             | 260                                  | (309) | 240                                     | (280) | (206)                                       | 8                         | (102)                   |
|        | T6*            | 290                                  | (351) | 240                                     | (332) | -                                           | 10                        | (105)                   |
|        | T8             | -                                    | (368) | -                                       | (348) | (100)                                       | -                         | -                       |
|        | T89            | 370                                  | -     | 325                                     | -     | -                                           | -                         | -                       |
|        | T4A            | 157                                  | (186) | 83                                      | (108) | -                                           | -                         | -                       |
| 6261   | T4             | 181                                  | (199) | 98                                      | (123) | -                                           | -                         | -                       |
|        | T6C            | 229                                  | (280) | 199                                     | (248) | -                                           | 10                        | (90)                    |
|        | T6             | 260                                  | (309) | 240                                     | (280) | -                                           | 8                         | (102)                   |
| 6351   | T4             | 220                                  | (227) | 130                                     | (121) | (152)                                       | 16                        | (64)                    |
|        | T6             | 290                                  | (315) | 255                                     | (288) | (201)                                       | 8                         | (106)                   |
| 6101   | 0              | -                                    | (137) | -                                       | (82)  | -                                           | -                         | -                       |
|        | T6             | 200                                  | (230) | 172                                     | (213) | -                                           | -                         | -                       |
| 6262   | T6             | 260                                  | -     | -                                       | -     | -                                           | 10                        | -                       |
|        | T9             | 360                                  | (390) | 330                                     | (370) | -                                           | 5                         | (111)                   |
| 7075   | 0              | 275                                  | -     | 165                                     | -     | -                                           | -                         | -                       |
|        | T6             | 560                                  | (630) | 495                                     | (608) | (329)                                       | -                         | (150)                   |
| 7104   | T4A            | 204                                  | (229) | 128                                     | (158) | -                                           | -                         | -                       |

Dados de tensão expressos na unidade MEGAPASCAL (MPa), equivalentes a 1N/mm<sup>2</sup>. A medida da unidade kgf/mm<sup>2</sup> é obtida dividindo-se o valor indicado por 9,807.

Para a conversão de MPa em KSI divide-se por 6,894.

Os valores sem parênteses são os mínimos especificados, com excessão da tempera O (recozido) onde são indicadas as máximas propriedades resistentes.

Os valores entre parênteses são os típicos esperados.

Todas as ligas podem ser fornecidas na tempera F, sem garantia de propriedades mecânicas.

Os valores mínimos e típicos mostrados referem-se aos produtos mais utilizados nas ligas/temperas indicadas.

Diferentes espessuras de parede e/ou diâmetros podem levar as alterações nos mínimos especificados e típicos esperados. Para maiores informações consultar a área comercial da Divisão de Extrudados.

Tempera T6 para material treliado com passo da calibragem.

Fonte: OLIVEIRA,1999.

**Quadro 4 - Especificações técnicas do microcontrolador Arduino Mega 2560 Rev3**

|                             |                                         |
|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Microcontroller             | ATmega2560                              |
| Operating Voltage           | 5V                                      |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V                                   |
| Input Voltage (limit)       | 6-20V                                   |
| Digital I/O Pins            | 54 (of which 15 provide PWM output)     |
| Analog Input Pins           | 16                                      |
| DC Current per I/O Pin      | 20 mA                                   |
| DC Current for 3.3V Pin     | 50 mA                                   |
| Flash Memory                | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| SRAM                        | 8 KB                                    |
| EEPROM                      | 4 KB                                    |
| Clock Speed                 | 16 MHz                                  |
| LED_BUILTIN                 | 13                                      |
| Length                      | 101.52 mm                               |
| Width                       | 53.3 mm                                 |
| Weight                      | 37 g                                    |

Fonte: Arduino, 2020

Quadro 5 - Especificações técnicas do microcontrolador Arduino Uno Rev3

|                             |                                                       |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Microcontroller             | ATmega328P                                            |
| Operating Voltage           | 5V                                                    |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V                                                 |
| Input Voltage (limit)       | 6-20V                                                 |
| Digital I/O Pins            | 14 (of which 6 provide PWM output)                    |
| PWM Digital I/O Pins        | 6                                                     |
| Analog Input Pins           | 6                                                     |
| DC Current per I/O Pin      | 20 mA                                                 |
| DC Current for 3.3V Pin     | 50 mA                                                 |
| Flash Memory                | 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM                        | 2 KB (ATmega328P)                                     |
| EEPROM                      | 1 KB (ATmega328P)                                     |
| Clock Speed                 | 16 MHz                                                |
| LED_BUILTIN                 | 13                                                    |
| Length                      | 68.6 mm                                               |
| Width                       | 53.4 mm                                               |
| Weight                      | 25 g                                                  |

Fonte: Arduino, 2020.