



Ewerton Walter Rigon Furtado

## **SENSOR ELETRÔNICO PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Programa de Graduação  
da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Graduado em Engenharia de  
Computação com ênfase em Sistemas  
Embarcados.

Orientador: Prof. Fábio Rodrigues de  
La Rocha, Dr.

Araranguá  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Furtado, Ewerton Walter Rigon  
SENSOR ELETRÔNICO PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DA  
ÁGUA / Ewerton Walter Rigon Furtado ; orientador,  
Fábio Rodrigues de La Rocha, 2017.  
147 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Araranguá, Graduação em Engenharia de Computação,  
Araranguá, 2017.

Inclui referências.

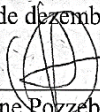
1. Engenharia de Computação. 2. Sensor de  
qualidade de água . 3. Microcontrolador. 4. Analise  
de sinais. 5. Amostragem. I. Rocha, Fábio Rodrigues  
de La. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Engenharia de Computação. III. Título.

Ewerton Walter Rigon Furtado

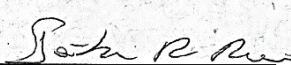
## Sensor Eletrônico para Análise de Qualidade da Água

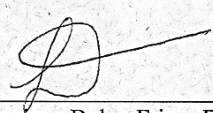
Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro de Computação” e aprovada em sua forma final pelo Programa de bacharelado da UFSC-CTS e reconhecido pelo MEC.


Araranguá, 1 de dezembro de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Eliane Pozzebon, Dr.<sup>a</sup>  
Coordenador do Curso

### Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>o</sup> Fábio Rodrigues de La Rocha, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Luciana Bolan Frigo, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Eliane Pozzebon, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina



Minhas dedicações vão além daquilo que tenho a capacidade de julgar, aos meus pais que acompanharam e dedicaram tempo, dinheiro e investimento ao meu futuro, aos amigos aqui feitos, assim como os grandes mestres e doutores que tralharam em passar conhecimento.



## AGRADECIMENTOS

A Deus de Moisés, Deus de Isaque e Abraão, também chamado de Javé ou Jeová, por me conceder a vida e saúde todos os dias durante minha jornada.

Aos meus pais por lutarem para me dar essa oportunidade.

Obrigado Valter Quatros Furtado e Juliana Rigon Furtado, por todo o suporte material e imaterial de toda a vida e principalmente nesse período. Tenho certeza e posso afirmar que em qualquer outra vida quero ter vocês como meus pais da forma maravilhosa como vocês são.

A minhas irmãs Tayane e Tatiane, que me suportaram nos períodos estressantes e me apoiaram quando outros não fizeram.

A minha grande, querida e melhor amiga, Cibele Rosa, que está comigo nessa jornada de longos anos, ajudou na revisão e correção do texto, sempre me incentivou e orientou.

Ao meu orientador prof. ° Fábio que sempre que precisei esteve presente, auxiliando, ensinando e aguentando minhas dúvidas e dificuldade.

A prof.<sup>a</sup> Eliane por me apresentar ainda no início da graduação cursos e projetos onde pude desenvolver minha capacidade oratória, comunicação, e início à docência com projetos voluntários envolvendo a comunidade e assim ajudando a levar conhecimento a novas pessoas.

A prof.<sup>a</sup> Luciana que apresentou através dos seus conhecimentos vivenciados no mercado profissional o ramo que vou querer seguir carreira e especialização.

Aos meus grandes e queridos amigos e colegas que ficaram para sempre marcados em minha vida.

Ao governo Federal e toda a população brasileira que garantiu minha graduação, estadia e permanência na universidade.

E a todas as pessoas que passaram durante esses 6 anos na minha vida, pois tenho a certeza que não ficaram só de passagem, pois durante esse tempo aqui eu sorri, chorei, amei, briguei e o mais importante aprendi muito.





“O mundo é um belo livro, mas pouco útil para quem não sabe ler.”  
(Goldoni, 1707-1793)



## RESUMO

Com o intuito de criar um sistema embarcado para uma aplicação que controlasse um aquário doméstico de tartaruga, por um aplicativo móvel, foi realizado um estudo tecnocientífico analisando quais sensores poderiam ser utilizados para manter a temperatura, iluminação, alimentação e qualidade da água do animal. Nesse levantamento o mercado se demonstrou pequeno e sem nenhum sensor válido para tal aplicação que fosse barato, eletrônico e não precisasse de reagentes para seu teste. Visando um desenvolvimento de estudos para a criação de um sensor eletrônico que possa se comunicar com um microcontrolador e classificar alguns dados sobre a qualidade da água. Neste estudo é analisado os fatores físico-químicos de amostras de águas e misturas com testes, comparações, gráficos e observações de comportamentos. Também foi realizado e analisado a comparação entre testes de resistência elétrica, resistência óptica e análise de sinais, com estudos de coloração, qualidade físico-químico da água como por exemplo pH. Como principal teste o uso de análise de sinais foi pretendido relacionar o comportamento da relação onda entrada por onda de saída, para cada grupo de amostras testadas. Além dos testes é feito um estudo de dos resultados de forma numérica, gráfica e inteligente com uso de inteligência artificial que consegue qualificar as diferentes amostras como imprópria ou própria para o consumo humano, pelos dados gerados na onda de saída.

**Palavras-chave:** Sensor de qualidade da água, microcontrolador e amostragem.



## ABSTRACT

In order to create an embedded system for an application that controls a turtle home aquarium by a mobile application, a study was carried out analyzing which sensors could be used to maintain the temperature, lighting, feeding and water quality of the animal. In this survey the market showed itself small and without any valid sensor for such an application that was cheap, electronic and did not need reagents for its test. Aiming at developing studies for the creation of an electronic sensor that can communicate with a microcontroller and classify some data on water quality. In this study the physical-chemical factors of water samples and mixtures with tests, comparisons, graphs and observations of behaviors are analyzed. The comparison between electrical resistance tests, optical resistance and signal analysis was also performed and analyzed, with coloration studies, physical-chemical quality of the water, such as pH. As a main test the use of signal analysis was intended to relate the behavior of the input wave ratio per output wave, for each group of samples tested. In addition to the tests, a numerical, graphical and intelligent results study with the use of artificial intelligence that can qualify the different samples as improper or proper for human consumption by the data generated in the output wave is done.

**Keywords:** Computer engineering, water quality sensor, microcontroller, sampling.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Analisador De Cloro .....	32
Figura 2 Sensor de água multifuncional .....	33
Figura 3 Modelo eletrônico com microcontrolador .....	33
Figura 4 Ilustração de comparação de resultados .....	36
Figura 5 Ilustração de modelo de análise de sinais.....	37
Figura 6 Modelo de amostragens.....	38
Figura 7 Modelo LDR, físico, usual, e curva de resistência. ....	39
Figura 8 Amostra T1, no recipiente de armazenamento .....	45
Figura 9 Recipiente para utilizar nos circuitos de testes.....	46
Figura 10 Modelo para calcular a resistência elétrica do fluido .	47
Figura 11 Modelo real .....	47
Figura 12 Resposta do $\mu C$ .....	50
Figura 13 Modelo virtual para análise óptica .....	54
Figura 14 Modelo real .....	54
Figura 15 Retirada da resistência luminosa pela porta serial.....	56
Figura 16 Módulo sensor de água.....	60
Figura 17 Modelo da utilização do funduino.....	61
Figura 18 Modelo real .....	61
Figura 19 Código fonte para o sensor de água. ....	62
Figura 20 Valores na saída serial.....	62
Figura 21 materiais para o teste químico de pH .....	65
Figura 22 Escala experimental de cores para indicativo do repolho ROXO .....	66
Figura 23 Escala de estudo de cores para indicativo do repolho ROXO .....	66
Figura 24 configuração de teste 1 .....	73
Figura 25 Configuração de teste 2.....	73
Figura 26 Modelo utilizado para as medições .....	78
Figura 27 Onda gerada pelo gerador de frequência.....	80
Figura 28 Modelo simples de fonte simétrica.....	81
Figura 29 Criação de fonte simétrica.....	82
Figura 30 Configuração ganho de tensão não-inverso.....	82
Figura 31 Comparação do sinal gerado e sinal amplificado.....	83
Figura 32 Código para amostrar a 500KHz.....	84
Figura 33 Resultado para as medidas de alta frequência .....	87
Figura 34 Modelo visual da Lógica FUZZY .....	97
Figura 35 Faixa de valores para a saída.....	98
Figura 36 Faixa de valores para de entrada: amplitude .....	99
Figura 37 Faixa de entrada para fase .....	99

Figura 38 Exemplo da aplicação .....	100
Figura 39 Exemplo 2 .....	100



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Doenças causadas por micro-organismos .....	31
Tabela 2 Amostras para o estudo.....	43
Tabela 3 Amostras distúrbios para os testes .....	44
Tabela 4 Código Fonte TCC-RES01_01 .....	49
Tabela 5 Código fonte TCC-LDR01_01 .....	55
Tabela 6 Resultados para o Teste 3 - Sensor de nível de água ...	63
Tabela 10 Medidas de pH das amostras .....	66
Tabela 7 Comparação de saídas teste .....	74
Tabela 8 código: Gerador de seno .....	79
Tabela 9 Dados para os testes em alta frequência .....	87
Tabela 11 Dados do teste de resistência elétrica .....	146
Tabela 12 Dados da análise com LDR .....	148



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resultado Teste 1 - Grupo T .....	51
Gráfico 2 Resultado Teste 1 - Grupo N1 .....	51
Gráfico 3 Resultado Teste 1- Grupo N2.....	52
Gráfico 4 Resultados Teste 1 - Grupo N3 .....	52
Gráfico 5 Resultados Teste 1 - Grupo N4 .....	53
Gráfico 6 Resultado Teste 2 - Grupo T .....	56
Gráfico 7 Resultado Teste 2 - Grupo N1 .....	58
Gráfico 8 Resultado Teste 2 - Grupo N2.....	58
Gráfico 9 Resultado Teste 2 - Grupo N3.....	59
Gráfico 10 Resultado Teste 2 - Grupo N4.....	59
Gráfico 11 Comparação para Grupo T .....	68
Gráfico 12 Comparação para grupo N1.....	69
Gráfico 13 Comparação do grupo N2.....	70
Gráfico 14 Comparação Grupo N3.....	70
Gráfico 15 Comparação dos resultados para grupo N4.....	71
Gráfico 16 Variação da amplitude entre as amostras .....	89
Gráfico 17 Relação da fase para as diferentes amostras T .....	90
Gráfico 18 Relação ganho ou atenuação para a amplitude .....	90
Gráfico 19 Relação fase e atraso .....	91
Gráfico 20 Dados das amostras N1 - amplitude .....	92
Gráfico 21 Dados das amostras N1- fase.....	92
Gráfico 22 Dados das amostras N2- amplitude .....	93
Gráfico 23 Dados das amostras N2- fase.....	93
Gráfico 24 Dados amostra N3 - amplitude .....	94
Gráfico 25 Dados amostra N3 - fase .....	94
Gráfico 26 Dados amostras N4 - Amplitude .....	95
Gráfico 27 Dados amostra N4 - fase .....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

pH– Potencial de Hidrogênio

GND – Ground ou Terra para circuitos elétricos.

A/D – Analógico / Digital

Hz – Medida para frequência Hertz

μC – Microcontrolador

LDR - Resistor Dependente de Luz (Light Dependent Resistor)

LED – Diodo Emissor de Luz (Light Emitting Diode)

IDE – Ambiente Integral de Desenvolvimento

IoT – Internet das Coisa (Internet of Things)

SMD – Tecnologia de montagem superficial (Surface Mount Device)

PWM – modulação por largura de pulso (Pulse-Width Modulation)

USB – Porta Universal (Universal Serial Bus)

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

ONU – União das Nações Unidas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
1.1	FUNDAMENTAÇÃO PARA O TEMA.....	28
1.2	METODOLOGIA .....	28
1.3	OBJETIVOS .....	28
1.3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
1.4	RESULTADOS ESPERADOS.....	29
1.5	JUSTIFICATIVA.....	29
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>31</b>
2.1	TESTES LABORATORIAIS .....	31
2.2	SENSORES DISPONÍVEIS NO MERCADO .....	32
2.3	Propriedades para a análise .....	33
2.3.1	pH.....	34
2.3.2	Resíduos físicos e químicos .....	34
2.3.3	Coloração .....	35
2.4	MODELOS ELETRÔNICOS PARA MEDIÇÕES .....	35
2.4.1	Resistência Elétrica (segunda Lei de Ohm) .....	35
2.4.2	Análise de Sinais .....	36
2.4.2.1	AMOSTRAGEM .....	37
2.4.3	Análise Usando Sensores Ópticos.....	38
2.5	ARDUINO® .....	40
2.5.1	Arduino uno .....	41
2.6	INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	41
2.6.1	Logica Fuzzy.....	42
2.6.2	Redes Neurais .....	42
<b>3</b>	<b>AMOSTRAS.....</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>TESTES .....</b>	<b>46</b>
4.1	RESISTÊNCIA ELÉTRICA DOS FLUIDOS .....	46
4.1.1	Modelo .....	46
4.1.2	Aplicação .....	47

4.1.3	Retirando Dados .....	49
4.1.4	Resultados.....	50
4.2	TESTE ÓPTICOS.....	53
4.2.1	Modelo usando LDR.....	53
4.2.2	Aplicação .....	55
4.2.3	Dados da Resistência Óptica.....	56
4.2.4	Resultados.....	56
4.3	SENSOR DE PRESENÇA E NÍVEL DE ÁGUA .....	60
4.3.1	MODELO .....	60
4.3.2	APLICAÇÃO .....	61
4.3.3	DADOS.....	62
4.3.4	RESULTADOS .....	63
4.4	TESTE QUÍMICO .....	65
<b>5</b>	<b>COMPARAÇÕES.....</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DE SINAIS.....</b>	<b>72</b>
6.1	TESTES PRIMÁRIOS .....	72
6.2	MODELO .....	77
6.2.1	GERADOR DE FREQUÊNCIA.....	78
6.2.2	AMPLIFICANDO O SINAL.....	80
6.2.3	AMOSTRAGEM DIGITAL DO SINAL DE SAÍDA .....	84
6.3	APLICANDO E RETIRANDO O SINAL .....	85
6.4	ESTABELECENDO RESULTADOS.....	86
6.5	ESTUDOS DOS RESULTADOS.....	89
<b>7</b>	<b>RECONHECIMENTO E ANALISE INTELIGENTE....</b>	<b>97</b>
<b>8</b>	<b>ESTUDOS E APLICAÇÕES FUTURAS.....</b>	<b>101</b>
8.1	TRANSFORMADA DE FOURIER .....	101
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE A -Código Fonte da Aplicação .....</b>	<b>108</b>
	<b>APÊNDICE B – Dados de Amostragem .....</b>	<b>110</b>

<b>APÊNDICE C – Imagens das ondas de saída das amostras para o teste de 1KHz.....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE D – Imagens dos Testes de Alta Frequência para 10Mhz.....</b>	<b>122</b>
<b>APÊNDICE E – Imagens dos Testes de Alta Frequência para 25Mhz.....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE F – Imagens dos Testes de Alta Frequência para 40Mhz.....</b>	<b>134</b>
<b>APÊNDICE G – Imagens dos Testes Químicos.....</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICE H – Tabela de dados – Teste Resistencia Elétrica do Fluido.....</b>	<b>146</b>
<b>APÊNDICE H – Tabela de dados – Teste 2 – Resistência Óptica.....</b>	<b>148</b>





## 1 INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI estamos presenciando as consequências que o nosso planeta vem sofrendo ao longo dos anos, devido a ação do homem. Mais do que nunca, alguns milhares de estudos, tais como o documento intitulado Declaração Universal dos Direitos da Água criado pela ONU que visa um conjunto de regras tal como “Art. 1º - A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos”, fatos apresentados segundo a trata Brasil (2016), a água é o principal elemento que está presente em nosso cotidiano, nas escolas, nas empresas e principalmente dentro de casa. Devido a necessidade básica do ser humano, é de extrema importância que esse recurso seja de qualidade, até mesmo para realizarmos atividades domésticas básicas, como cozimento de alimentos, banho e afins. Com isso se pode comprovar que um dos maiores bens está presente de forma escassa no planeta, a água. Em verdade, um dos grandes desafios de nosso século é a garantia ao acesso a fontes de água próprias para o consumo humano e uso em processos industriais. (Emerson Cruz, 2014).

Hoje utilizamos água como nosso maior recurso natural, para o consumo, hidratação, higienização, para o cultivo de alimentos e criação de animais. Com isso é de extrema importância seu cuidado e sua qualidade.

Como bebemos água potável, sabe-se que a mesma passou por diversos testes químicos em agências de normalização que fiscalizam e estabelecem critérios, como pH, exames físico-químicos, colorimétricos e bacteriológicos os quais devem ser obedecidos. Normalmente, esses testes e recursos se mostram bastante caros pelo uso de reagentes.

O uso de água potável, (tratado ou mineral) para o consumo humano ou para o cuidado de animais e alimentos, levam a uma vida mais saudável e longa, assim prevenindo o aparecimento de doenças e epidemias. Pode-se concluir que o investimento resulta em menos gastos com sistema de saúde.

A maioria dos países pobres ou em desenvolvimentos, não disponham de recurso financeiros elevados para garantir essa qualidade de vida, e com isso sua população enfrenta diversos problemas. Entre eles de origem patogênicas que são causados por consumo de água não tratada carregando diversas doenças, estudos mostram que um dia de diarreia em uma população mata mais que qualquer guerra já matou. O primeiro relatório, "Herdando um mundo sustentável: Atlas sobre a saúde das

crianças e o meio ambiente", revela que boa parte das doenças mais comuns que matam crianças nessa faixa de idade - infecções respiratórias, malária e diarreia - pode ser prevenida com ações para reduzir os riscos ambientais, como acesso à água potável e ao saneamento básico. Anualmente, são 361 mil mortes causadas pela diarreia devido à falta de acesso à água potável, saneamento e higiene (Daniela Fernandes, 2017). "Investir na eliminação de riscos ambientais à saúde, como melhorar a qualidade da água ou o uso de combustíveis limpos, resultará em benefícios maciços", diz Maria Neira, diretora do departamento de saúde pública da OMS.

## 1.1 FUNDAMENTAÇÃO PARA O TEMA

No mercado atual existem vários tipos de testes que visam classificar a qualidade da água, mas infelizmente eles necessitam de análises químicas os quais utilizam reagentes. Uma vez realizadas as análises, os reagentes precisam ser repostos. Esses testes necessitam tempo para serem realizados o que faz com que por razões práticas sejam realizados por amostragem.

## 1.2 METODOLOGIA

Elaborando pesquisas do tipo quantitativa, experimental, laboratorial, empírica e de campo. Foi realizado diversos testes com várias amostras utilizando testes convencionais e depois comparando com o os resultados obtidos com testes eletrônicos e químicos.

Medir, tabelar, plotar e extrair conhecimento dos resultados para determinar se através apenas do teste eletrônico se pode obter o mesmo resultado apresentados pelos demais testes.

Para uma etapa futura, desenvolver uma rede neural para automaticamente fazer a classificação e reconhecimento de padrões imperceptíveis a estudos humanos.

## 1.3 OBJETIVOS

Neste trabalho o objetivo é criar um sistema de análise eletrônico para a qualidade da água que não dependa de reagentes. Que se comunique com diversos microcontroladores para possibilitar a leitura e análise de sujeira, tais como resíduos para aplicações de aquário, tanques de reservatórios, lagos e lagoas e até mesmo caixas de água residenciais.

### 1.3.1 Objetivos específicos

Visando criar o sensor de forma íntegra que possa estabelecer valores reais comparado com medidas observadas em laboratórios. Desenvolver formas de medir e qualificar os componentes que alteram as propriedades da água por meio de medidas eletrônicas com análise de sinais, resistência e amostras ópticas. E responder de maneira analógica a um conversor A/D podendo ser utilizado em aplicações comerciais e científicas.

## 1.4 RESULTADOS ESPERADOS

O resultado do estudo pode vim de forma positiva ou negativa, somente com o andamento e aprofundamento do tema poderemos concluir os resultados obtidos. E assim saber se os métodos aqui utilizados são eficazes para garantir a sua qualidade, seja ela para o tratamento de aquários, rios ou consumo potável.

Por se tratar de um trabalho de conclusão de curso além do ganho conceitual, teórico e prático obtido no estudo espera-se alcançar a aprovação no curso de engenharia de computação e permitir que esse estudo possa ser conceituado, aprimorado e utilizado futuramente para pequenas e grandes aplicações. E também como tema de trabalhos futuros, assim como um novo sensor disponível no mercado.

Contudo, por ser um ramo de estudo específico é obrigatório ter biólogos e químicos no processo, os resultados obtidos deveram ser encaminhados à estudos de verificação e autenticidade por especialistas da área.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Em setores relacionados, o mesmo problema pode ser observado. Por exemplo na produção de leite de vaca para consumo humano existe inúmeras possibilidades de que o leite possua algum problema e assim esteja impróprio para consumo.

O produtor testa por amostragem apenas, pois o teste químico é demorado e necessita de análises que não podem ser realizadas, entorno disso, existe o problema do leite impróprio para consumo chegar ao consumidor final.

Um sistema ideal, seria aquele onde através de um dispositivo eletrônico de baixo custo o usuário pode realizar rapidamente análises

sobre uma amostra da substância (água/leite) e em segundos o resultado é apresentado, sem a necessidade de levar a amostra para um laboratório e sem a necessidade de reposição de reagentes.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o ministério da saúde para análise de água são necessários os seguintes procedimentos: Exames Bacteriológicos da água, análise físico-química e testes colorimétricos.

### 2.1 TESTES LABORATORIAIS

Os testes laboratoriais são utilizados para medir a qualidade através de um índice e aplicação específica para buscar resultados. Para as diferentes formas de análise esses testes costumam ser caros e difíceis para analisar os componentes presentes nas amostras líquidas.

Segundo 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, onde não pode conter substâncias tóxicas ou micro-organismos patogênicos tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Tais testes são chamados de exames microbiológico. Podemos ver na tabela abaixo 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	Rotavirus
Crônicas	Enterovirus
	Adenovirus

Fonte: OPAS, 1999

Também existem os testes e exames chamados de físico-químicos que são responsáveis por medir características como pH, alcalinidade, demanda de oxigênio entre outras. Outras classes de exames são exames colorimétricos, responsáveis por aspectos como coloração, concentração

## 2.2 SENSORES DISPONÍVEIS NO MERCADO

Os modelos de sensores que há disponível no mercado normalmente utilizam componentes químicos e são sensores relativamente caros, como podemos ver alguns abaixo:

- CLH-1740: sensor utilizado para medir o nível de cloro em amostras de água, também utilizado para medir o pH e temperatura. Contém 100 tabletes de reagentes e necessita manutenção. Seu custo no mercado brasileiro está em torno de R\$1600,00.

Figura 1 Analisador De Cloro



Fonte: OMEGA Engineering inc.

- PHH-126: Medidor para Análise de Água Multifuncional 6 em 1 Para Medições de pH, Temperatura, Condutividade, STD e/ou ORP, modelo eletrônico que funciona por até 3 anos e com um custo de R\$ 1260,00.

Figura 2 Sensor de água multifuncional



Fonte: OMEGA Engineering inc.

-CDS107: é um medidor multifuncional que funciona com um microprocessador. Pode ser usado como medidor portátil ou de bancada para medir pH, ORP, condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade e temperatura. Esse modelo funciona com componentes eletrônicos e alguns químicos, seu preço no mercado é R\$ 2650,00.

Figura 3 Modelo eletrônico com microcontrolador



Fonte: OMEGA Engineering inc

## 2.3 PROPRIEDADES PARA A ANÁLISE

As propriedades para ser analisada e comparada nesses estudos, são as mais comuns analisadas por sensores que existem no mercado e as mais comuns feitas nos laboratórios.

### **2.3.1 pH**

De acordo com Manual prático de análise de água (Funasa, 2013. Pg. 54)

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.

### **2.3.2 Resíduos físicos e químicos**

Para o teste de turbidez, resíduos físicos, ou químicos queremos obter a 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.

De acordo com Manual prático de análise de água (Funasa, 2013. Pg. 58)

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.



### 2.3.3 Coloração

De acordo com Manual prático de análise de água (Funasa, 2013. Pg. 62)

A cor da água é proveniente da matéria orgânica como, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e também por metais como ferro e manganês e resíduos industriais fortemente coloridos. A cor, em sistemas públicos de abastecimento de água, é esteticamente indesejável. A sua medida é de fundamental importância, visto que, água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras.

## 2.4 MODELOS ELETRÔNICOS PARA MEDIÇÕES

Analisando os pontos estudados, deve-se ter o cuidado ao analisar a qualidade da água, porém como este estudo visa usar e criar um sensor simples de forma eletrônica para analisar um grupo de amostras, vamos usar cálculos e comparações de resultados obtidos por métodos eletrônicos com amostras reais fazendo levantamento e comparação com análises química.

Focando nos testes de pH, turbidez e coloração visamos usar três técnicas eletrônicas para analisar esses pontos. Para os diferentes tipos de amostras coletadas esperamos obter algum resultado similar ao real para poder aplicar ao sistema.

### 2.4.1 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.

Podemos calcular a resistência pela seguinte fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

Onde temos:

R: Resistência Elétrica

$\rho$  : Resistividade do material

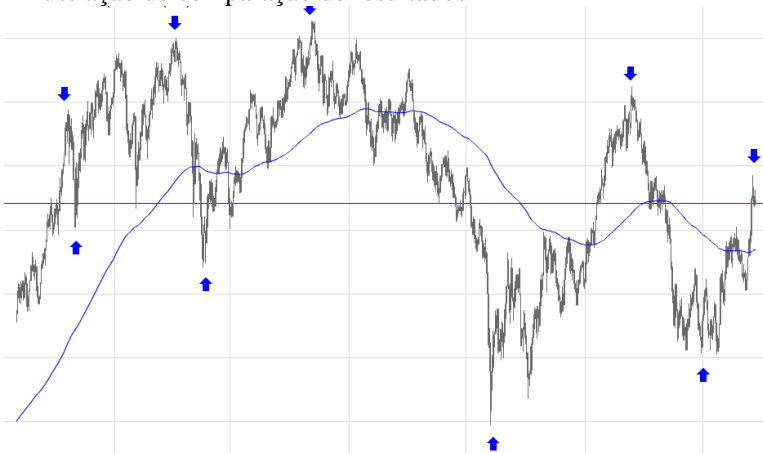
L: Comprimento

A: área

Para fazer as medições na amostra, utilizaremos 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.

Como podemos ver na ilustração abaixo um modelo de comparação de resultados:

Figura 4 Ilustração de comparação de resultados



Fonte: busca do investidor, 2012.

#### 2.4.2 Análise de Sinais

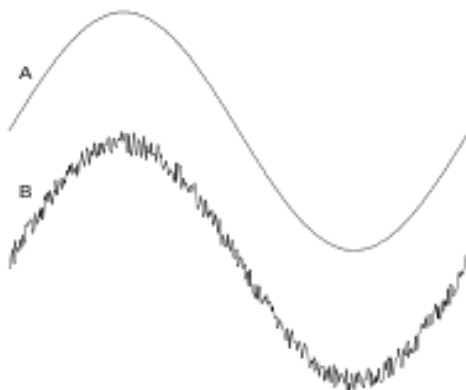
“O Processamento de Sinais consiste na análise e/ou modificação de sinais utilizando teoria fundamental, aplicações e algoritmos, de forma a extrair informações dos mesmos e/ou torná-los mais apropriados para alguma aplicação específica. O processamento de sinais pode ser feito de forma analógica ou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

O objetivo desse tipo de medição é utilizar um gerador de sinal, aplicando nas amostras e analisando o sinal na saída, tentando analisar alguma distorção ou ações que levem a comparar com os testes físico-químicos que apresentem substâncias químicas na água.

O funcionamento visa criar uma onda senoidal com amplitude, frequência e fase constante. E analisar a onda de resposta, que deve vir

carregada de distorções, ruído e atenuação, como podemos ver um exemplo na imagem a seguir:

Figura 5 Ilustração de modelo de análise de sinais



Fonte: CC-BY-AS, 2007.

#### 2.4.2.1 AMOSTRAGEM

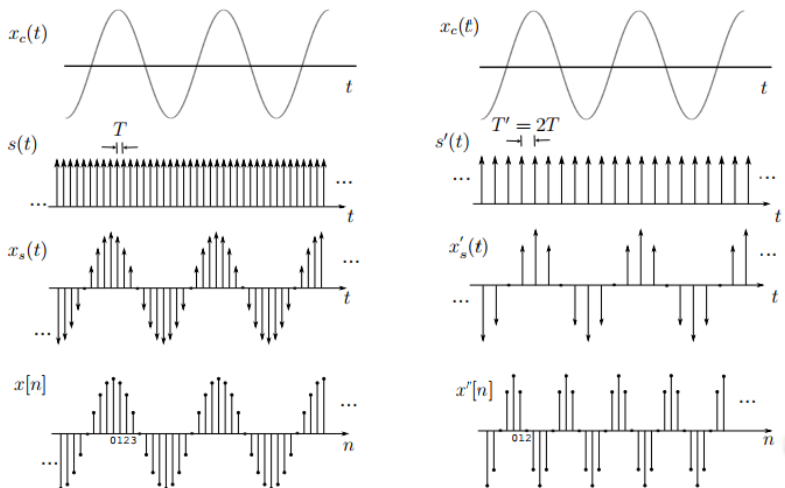
A amostragem é o processo de selecionar um grupo de indivíduos de uma população, a fim de estudar e caracterizar a população total (Ochoa Carlos, 2015). A amostragem (instantânea) de um sinal ou forma de onda analógica é o processo pelo qual o sinal passa a ser representado por um conjunto discreto de números. Estes números, ou amostras, são iguais ao valor do sinal em instantes bem determinados (os instantes de amostragem). As amostras devem ser obtidas de maneira a que seja possível reconstituir o sinal com exatidão (Sam, desconhecido).

Para poder amostrar um sinal analógico em digital é preciso conhecer o período do sinal para assim gerar um período de amostragem que posso ler os dados. Ao intervalo de tempo entre amostras chama-se intervalo de amostragem,  $T_s$ . O seu inverso é a frequência de amostragem,  $f_s = 1/T_s$  amostras por segundo (Sam, desconhecido).

Figura 6 Modelo de amostragens

**Amostragem de sinal senoidal**

$$x_c(t) = \cos(\Omega_0 t)$$



Fonte: Departamento de Engenharia Elétrica - FEIS – Unesp

Para que seja possível reconstituir o sinal original é necessário que a frequência de amostragem seja, no mínimo, igual ao dobro da frequência máxima contida no sinal analógico é o que diz o teorema da amostragem também chamado de frequência de Nyquist.

### 2.4.3 Análise Usando Sensores Ópticos

Com o intuito de comparar e analisar a coloração ou a presença de sujeira na água, propõe-se utilizar um feixe de luz e captar essa luz que atravessa a amostra para comparar resultados obtidos. Essa técnica permite analisar de forma óptica, como nossos olhos fazem ao observar a transparência dos líquidos, porém fazemos de forma analógica e o modelo eletrônico visa fazê-lo de forma digital.

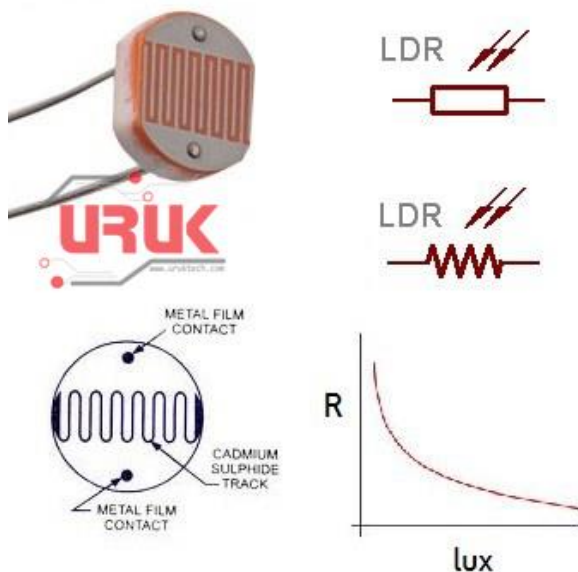
A ideia é utilizar um resistor fotossensível(LDR) dentro da amostra e emitir um feixe de luz e assim analisar a resistência final conforme atravessa a amostra.

Segundo Alves, Cotts, Po jen e Britto (CONTADOR DE PASSAGEM, pg.3)

O LDR (Light Dependent Resistor) possui a interessante característica de ser um componente eletrônico cuja resistência elétrica diminui quando sobre ele incide energia luminosa. Isto possibilita a utilização deste componente para desenvolver um sensor que é ativado (ou desativado) quando sobre ele incidir energia luminosa.

A resistência do LDR varia de forma inversamente proporcional à quantidade de luz incidente sobre ele, isto é, enquanto o feixe de luz estiver incidindo, o LDR oferece uma resistência muito baixa. Quando este feixe é cortado, sua resistência aumenta.

Figura 7 Modelo LDR, físico, usual, e curva de resistência.



Fonte: UrukTech, 2017.

## 2.5 ARDUINO®

Segundo a tradução do site ARDUINO®(What is Arduino?):

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.

### 2.5.1 Arduino uno

Segundo o site Multilógica-shop(produtos arduino uno):

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.

Escolhido esse modelo pelo fácil acesso a informações e fórum, além de ser uma opção barata e muito eficiente para trabalhar com conversores AD, de resolução de 10 Bits. Faixa perfeita para a aplicação estudada.

## 2.6 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

A definição de inteligência artificial está relacionada à capacidade das máquinas de pensarem como seres humanos - de terem o poder de aprender, raciocinar, perceber, deliberar e decidir de forma racional e inteligente. E não é um conceito novo. Em 1956, John McCarthy, um professor universitário, criou o termo para descrever um mundo em que as máquinas poderiam “resolver os tipos de problemas que hoje são reservados para humanos.” (Salesforce Einstein,2015) Com a evolução computacional a inteligência artificial ganhou mais força, tendo em vista que o seu desenvolvimento possibilitou um grande avanço na análise computacional, podendo a máquina chegar a fazer análise e síntese da voz humana. (SANTOS, Marcos Aurélio da Silva, 2017)

O intuito de estudar e aplicar inteligência artificial ao estudo visa, criar uma rede neural artificial ou um conjunto fuzzy que receba os dados e análise de forma computacional e inteligente, padrões e formas que caracterize melhor o tipo de amostra, as possíveis características e crie comparação entres o teste de análise de sinais com os outros gerado ou até mesmo os dados reais produzidos em laboratórios.

### **2.6.1 Logica Fuzzy**

A teoria dos conjuntos Fuzzy foi introduzida por Zadeh (1965) e utilizada na lógica, na modelagem e no controle Fuzzy. Segundo Gomide e Gudwin (1994), na Lógica Fuzzy os conceitos são expressos comumente por termos linguísticos em vez de valores quantitativos. Para atribuir significado numérico aos termos linguísticos, utilizam-se conjuntos Fuzzy definidos sobre um universo de valores quantitativos. O conhecimento do processo é expresso por meio de regras do tipo condição-ação, do tipo “se-então”, associadas às variáveis de entrada e saída do modelo. A Lógica Fuzzy é apropriada aos sistemas ambientais, uma vez que tem a capacidade de refletir o pensamento humano, lidar com informações não lineares que possuem um grau de subjetividade e trabalhar com informações quantitativas e qualitativas (GHARIBI et al., 2012).

A modelagem e o controle Fuzzy são técnicas utilizadas quando é difícil identificar a equação que descreve exatamente um sistema. Especialmente em casos de sistemas complexos que envolvam múltiplas variáveis, como sistemas não lineares, ou que variem ao longo do tempo, e quando se tem o conhecimento do sistema por especialistas como operadores ou projetistas. Sua aplicação resulta em resultados mais acurados, além de apresentar desempenho estável e robusto (GOMIDE & GUDWIN, 1994).

Sabendo que seu funcionamento visa analisar entradas, processamento e saída de dados referente as informações iniciais, se pode aplicar a teoria e pratica dos conjuntos e logicas Fuzzy como forma de alcançar uma resposta automática ao teste de analise de sinais.

### **2.6.2 Redes Neurais**

Redes neurais artificiais são utilizadas para analisar dados complexos e para reconhecimento de padrões [Barros Filho et al., 2004; Santos, 2000; Yamazaki, 2001; Zanchettin, 2004]. Visando criar uma Rede neural que receba os dados e vá se adaptando e treinando automaticamente para dar um resultado preciso para o teste de tal modo facilitando a análise.



### 3 AMOSTRAS

As amostras utilizadas para medidas, são de 4 locais e finalidades diferentes sendo elas apresentadas na Tabela 2, separadas em grupos com quantidades de amostras diferentes e com um tempo de coleta específico, visando alcançar um melhor resultado dos padrões no mesmo grupo estudado:

Tabela 2 Amostras para o estudo

<b>Amostras</b>	<b>Local</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Número de amostras</b>	<b>Tempo de Amostra</b>
<b>N1</b>	Água da torneira ou caixa Residencial.	Analisar a qualidade para o consumo.	4	Semanal
<b>N2</b>	Água tratada no filtro elétrico.	Analisar a qualidade para o consumo.	4	Semanal
<b>N3</b>	Água do Rio Araranguá	Analisar a qualidade para o ecossistema.	4	Mensal
<b>N4</b>	Água do Aquário de tartaruga	Analisar a qualidade para a sobrevivência e alerta de limpeza.	6	Semanal após primeira limpeza

Fonte: Próprio autor.

Ao começar os testes, foi percebido poucas diferenças entre os resultados de uma mesma classe de amostras, com isso foram criadas amostras de testes que nada mais são amostras distúrbios com presença de minerais e misturas de componentes químicos, para assim criar uma escala de dados distorcidos, possibilitando possíveis comparações.

As amostras e suas composições estão explícitas na tabela 3 contendo a quantidade de líquido total distribuído em soluto e solvente.

Estas amostras foram coletadas e misturadas na data de 11/09/2017, na cidade de Araranguá, Santa Catarina com pressão atmosférica no nível do mar, e temperatura local da estação equivalente a data.

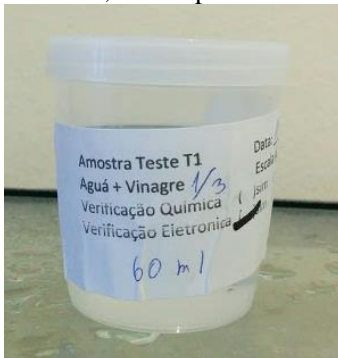
Tabela 3 Amostras distúrbios para os testes

<b>Amostras</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Soluto</b>	<b>Solvente</b>	<b>ml</b>
<b>T1</b>	Água + Vinagre	2/3	1/3	60
<b>T2</b>	Água Mineral	1	1	60
<b>T3</b>	Água + Bicarbonato de Sódio + Sal	6/7	1/7	70
<b>T4</b>	Água Filtrada e Fervida	1	1	60
<b>T5</b>	Água + Areia	3/4	¼	80
<b>T6</b>	Água + Cloro	5/6	1/6	60
<b>T7</b>	Água + Sabão	11/12	1/12	60
<b>T8</b>	Água de Vaso Sanitário	1	1	60

Fonte: Próprio autor

As amostras das tabelas 2 e 3 foram coletadas e armazenadas em recipientes usado em laboratórios químicos de fluídos, tais como urina, secreções e excreções. E assim etiquetadas para um melhor controle. Como podemos ver um exemplo da amostra equivalente a **T1**, na figura 7:

Figura 8 Amostra T1, no recipiente de armazenamento



Fonte: Próprio autor.

## 4 TESTES

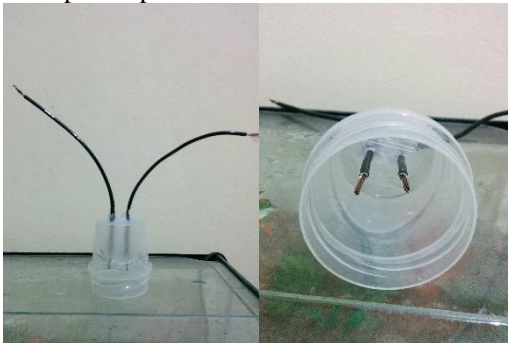
Uma série de testes foi necessária com equipamentos externo para a validação de resultados, como por exemplo para o caso de análise de sinal inserido na amostra, deveríamos obter a mesma ou uma forma muito parecida a partir das respostas de saída para os inúmeros testes de uma mesma amostra.

Neste tópico são apresentadas algumas ferramentas, utilizadas e técnicas eletrônicas para efetuar testes intermediários, se referenciando a análise de sinais no líquido, que é o foco do estudo.

Para a realização dos testes eletrônicos além de contar com transistores, multímetros, osciloscópio e gerador de funções utilizamos um microcontrolador( $\mu C$ ), para este usamos uma interface chamada ARDUINO que conta com um ATmega328 da ATMEL®.

Também foi projetado um recipiente plástico para colocar o líquido de forma que ele conduza corrente para as análises, neste recipiente foram conectados cabos elétricos de 3 mm, separados a uma distância de 1 cm entre eles, e selados com silicone de aplicações aquáticas, como podemos ver na figura 8 tal recipiente.

Figura 9 Recipiente para utilizar nos circuitos de testes.



Fonte: Próprio Autor

### 4.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA DOS FLUIDOS

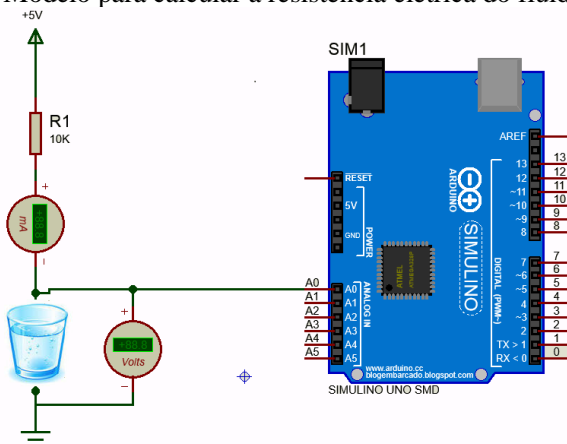
#### 4.1.1 Modelo

O modelo conta com a utilização de resistores e arduino, sua principal função está em encontrar a resistência elétrica que o líquido

causa no circuito, utilizando a queda de tensão lida a partir das portas analógicas do arduino.

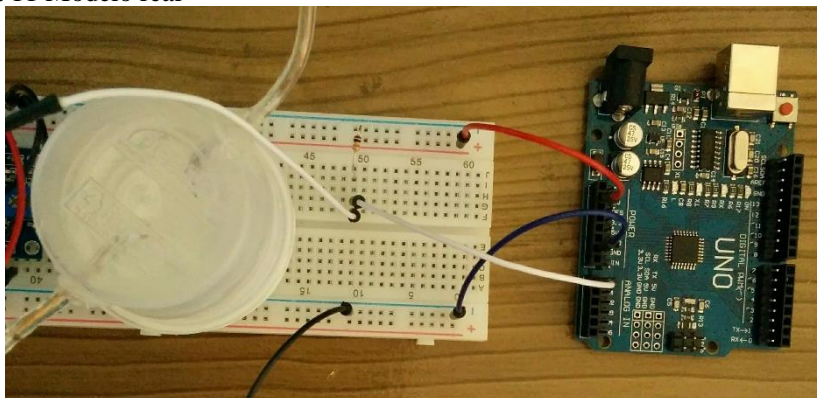
Abaixo podemos ver a foto do modelo eletrônico, criado no simulador eletrônico e a imagem referente a aplicação criada no mundo real:

Figura 10 Modelo para calcular a resistência elétrica do fluido



Fonte: Próprio Autor

Figura 11 Modelo real



Fonte: Próprio autor

## 4.1.2 Aplicação

O circuito elétrico criado é simples, consistem em utilizar uma tensão de  $+5V_{dc}$  como alimentação, gerada pelo próprio arduino, um resistor em série com o recipiente onde é colocado o líquido analisado. Neste experimento o principal fator está por conta do software e o processamento do microcontrolador.

O código foi desenvolvido na IDE do arduino, conta com comando simples e operações matemáticas para obter a resposta referente a queda de tensão no líquido, com isso encontramos a corrente(I) que passa pelo circuito e através da fórmula matemática encontramos a resistência.

As seguintes fórmulas são:

$$V_0 = Valor\ Lido * \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (1)$$

Onde:

$V_0$  [V] = Valor da queda de tensão;

Valor Lido = Resposta na porta analógica do  $\mu C$ , 0 a 1023;

$V_{ref}$  [V] = Tensão de referência;

$N$  [bits] = Bits de resolução do conversor AD.

Com a substituição dos valores constantes temos:

$$V_0 = Valor\ Lido * 0.004882 \quad (2)$$

Para a corrente e a resistência do líquido temos:

$$I = \frac{(V_{ref} - V_0)}{R_1} \quad (3)$$

$$R_{Liq} = \frac{V_0}{I} \quad (4)$$

Onde:

$I$  [A] = Corrente elétrica;

$V_0$  [V] = Valor da queda de tensão;

$V_{ref}$  [V] = Tensão de referência;

$R_1$  [ $\Omega$ ] = Resistor de entrada do circuito.

$R_{Liq}$  [ $\Omega$ ] = Resistor do líquido estudado.

Analisando o código criado para a aplicação:

Tabela 4 Código Fonte TCC-RES01\_01

```
// Programa para calcular a Resistencia Eletrica do FLuido
// Ewerton Walter Rigon Furtado Revisão 22/10/2017
// Código:TCC-RES01_01

int AO = 0;
int leitura = 0;
float Vo, I, res_água;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicia a comunicação serial
}

void loop() {

  //ler o valor da queda de tensão
  leitura = analogRead(A0); //O valor lido será entre 0 e
  1023

  Vo = (leitura * (0.004882)); // Calcula o valor da tensão
  referente a resolução = Vref/2^b 10 bits de resolução
  I = ((5 - Vo) / 10); // Cálculo da Corrente que passa no
  circuito
  res_água = Vo / I; // Cálculo da Resistência do Fluido

  //imprime o valores
  Serial.print("Valor lido:");
  Serial.println(leitura);
  Serial.print("valor da tensão:");
  Serial.print(Vo); Serial.println("V");
  Serial.print("valor da corrente:");
  Serial.print(I); Serial.println("mA");
  Serial.print("valor da resistencia do Liquido:");
  Serial.print(res_água); Serial.println("K");
  Serial.println("_____");
  delay(1000); // Pausa de 1 Segundo
}
```

Fonte: Próprio Autor

### 4.1.3 Retirando Dados

A retirada de dados foi feita, pela porta serial do microcontrolador com o ambiente de programação do próprio arduino com uma frequência de 9600Hz de comunicação.

A janela com os dados de resposta é da seguinte forma:

Figura 12 Resposta do  $\mu\text{C}$

```

Valor lido:514
valor da tensDo:2.51
valor da corrente:0.25mA
valor da resistencia do Liquido:10.08K
-----
Valor lido:514
valor da tensDo:2.51
valor da corrente:0.25mA
valor da resistencia do Liquido:10.08K
-----
Valor lido:512
valor da tensDo:2.50
valor da corrente:0.25mA
valor da resistencia do Liquido:10.00K

```

Fonte: Próprio Autor

Como podemos ver na imagem acima, a terceira resposta tem uma variação no valor, porém como observado, por deixar o processo rodando por alguns minutos a resposta com variação acontece a mais ou menos 40 respostas fixas, e sua alteração é tão pequena que vamos desconsiderá-la. Essa alteração se dá pelas variações dos componentes elétricos no mundo real, tais como a variação dos resistores ou a temperatura ambiente que afeta o circuito.

Fazendo uma análise do erro através de cálculos de média e desvio padrão temos, que o desvio para a  $V_0 = \pm 2\text{mV}$ , A corrente não sofre alteração significativa, e a resistência tem um desvio de  $\pm 1,2\text{m}\Omega$ .

#### 4.1.4 Resultados

Realizando as operações e captando os dados das amostras, foi estruturada uma tabela de dados para encontrar a média dos valores de tensão, resistência e desvio. Todas as amostras foram testadas por um tempo de 1 minuto gerando assim 60 dados, por isso os dados estão em função da média e desvio padrão. A tabela 5 com o levantamento desses valores pode ser encontrada no apêndice H. Os resultados abaixo são do



valor da resistência de cada um dos grupos apresentado em gráficos de barra para analisar a diferença entre as amostras de um mesmo grupo.

Gráfico 1 Resultado Teste 1 - Grupo T

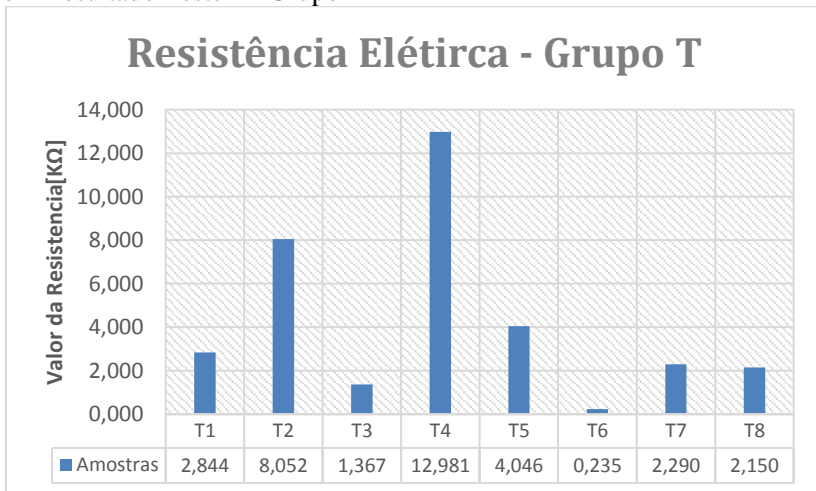


Gráfico 2 Resultado Teste 1 - Grupo N1

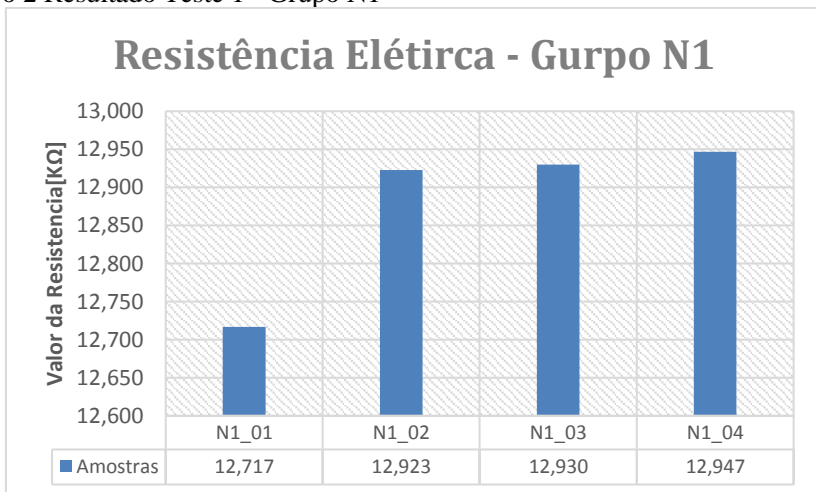
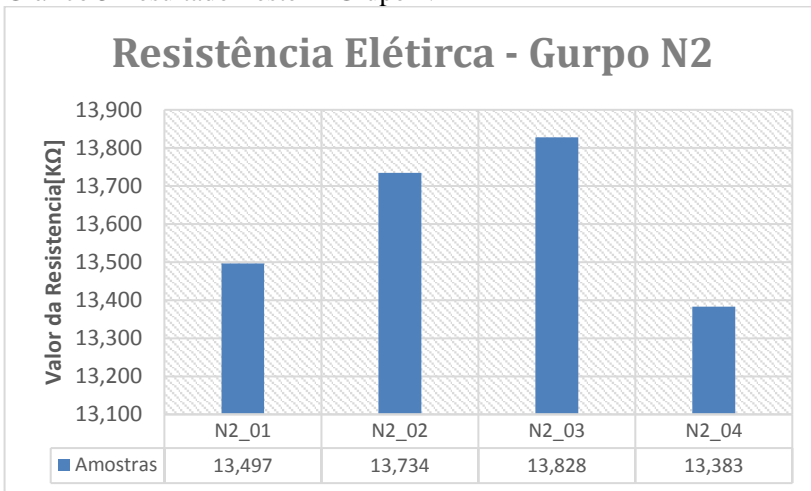


Gráfico 3 Resultado Teste 1- Grupo N2



Logo observando esses dados gerados pelos Gráficos 1 e 2, assim como pelo apêndice H. Pela classificação das diferentes classes de amostras, se pode observar uma relação nas amostras de água tratada, e água filtrada, referente as amostras do Grupo N1 e Grupo N2. Percebe-se que quanto maior a resistência do líquido, mais pura ou mais potável ela está em relação ao gráfico das amostras do Grupo T.

Gráfico 4 Resultados Teste 1 - Grupo N3

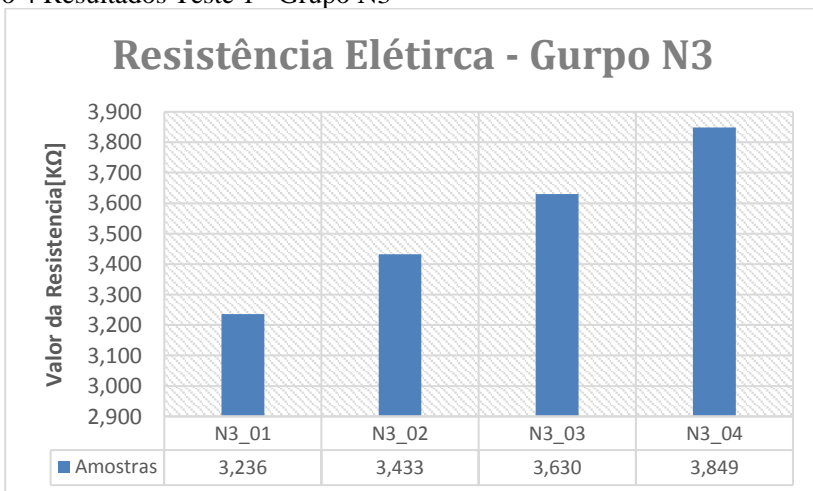
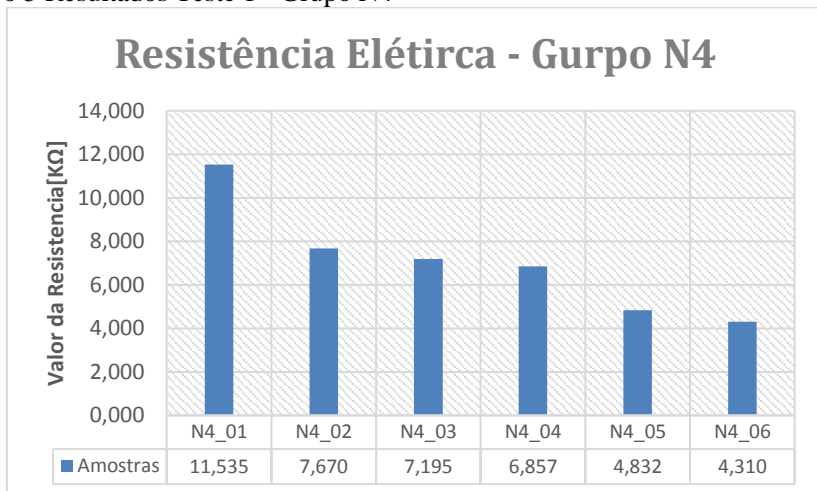


Gráfico 5 Resultados Teste 1 - Grupo N4



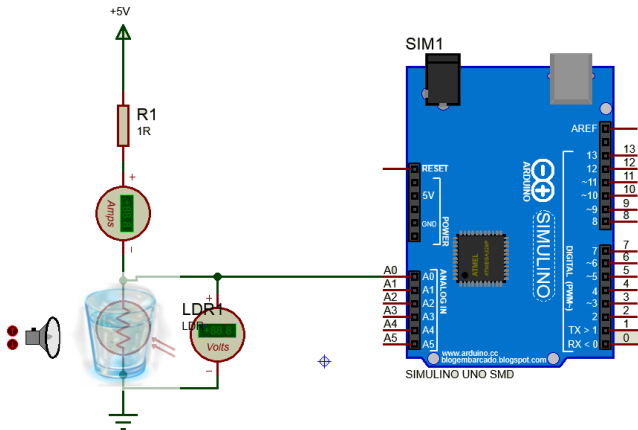
Já a Amostra N4 referente a água do aquário, observado que as amostras começaram a ser coletadas no dia em que o mesmo foi limpo, e gradativamente outras amostras no decorrer do tempo semanal, com isso percebemos que as suas resistências diminuem conforme a água se torna mais suja.

## 4.2 TESTE ÓPTICOS

### 4.2.1 Modelo usando LDR

O modelo óptico, segue o mesmo princípio do modelo anterior, só que desta vez ao invés de analisar a resistência elétrica do líquido, vamos analisar a resistência óptica, o quanto a luz resiste em atravessar o líquido, isso pode ser dado por partículas em suspensão, ou compostos no líquido que causem a distorção da luz.

Figura 13 Modelo virtual para análise óptica



Fonte: Próprio Autor

Usando uma fonte de luz externa e um modelo comercial genérico para o LDR, vamos medir a queda de tensão no resistor que esta submerso nas amostras líquidas.

O modelo real para a aplicação ficou da seguinte forma:

Figura 14 Modelo real



Fonte: Próprio autor.

## 4.2.2 Aplicação

Utilizando as mesmas fórmulas, do teste anterior, e o mesmo código com alteração no nome das variáveis, temos uma fonte de iluminação externa, sendo uma luz de 6W com um conjunto de trinta e seis LED na cor branca, gerando um fluxo luminoso de 100Lm a uma distância de 15cm do recipiente com a amostra testada, a fonte de luz é gerada por um modelo comercial de luz de emergência, e assim aplicada por 1 minuto, gerando 60 dados de informação, porque o intervalo de leitura é de 1 segundo.

Tabela 5 Código fonte TCC-LDR01\_01

```
// Programa para calcular a Resistencia Eletrica do FLuido
// Ewerton Walter Rigon Furtado Revisão 23/10/2017
// Código:TCC-LDR01_01

int AO = 0;
int leitura = 0;
float Vo, I, LDR;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicia a comunicação serial
}

void loop() {

  //ler o valor da queda de tensão
  leitura = analogRead(A0); //O valor lido será entre 0 e
  1023

  Vo = (leitura * (0.004882)); // Calcula o valor da tensão
  referente a resolução = Vref/2^b 10 bits de resolução
  I = ((5 - Vo) / 1); // Cálculo da Corrente que passa no
  circuito
  LDR = Vo / I; // Cálculo da Resistência luminosa

  //imprime o valores
  Serial.print("tensão:");
  Serial.print(Vo); Serial.println("V");
  Serial.print("LDR:");
  Serial.print(LDR); Serial.println("K");
  delay(1000); // Pausa de 1 Segundo
}
```

Fonte: Próprio Autor

### 4.2.3 Dados da Resistência Óptica

Os dados também foram retirados da porta serial e assim salvos em um arquivo “.txt” para ser importado no Excel para levantar dados estatísticos sobre os resultados:

O funcionamento do resistor óptico é simples, quanto maior o fluxo luminoso incidente sobre sua superfície menor o valor da sua resistência, com isso o fluxo que ultrapassa o líquido pode ser distorcido, refletido ou refratado, dependendo das substâncias ou resíduos presentes nas amostras dos líquidos.

Figura 15 Retirada da resistência luminosa pela porta serial

```
tensDo:4.44V
LDR:7.89K
tensDo:4.44V
LDR:7.97K
tensDo:4.44V
LDR:7.97K
tensDo:4.42V
LDR:7.67K
```

Fonte: Próprio Autor

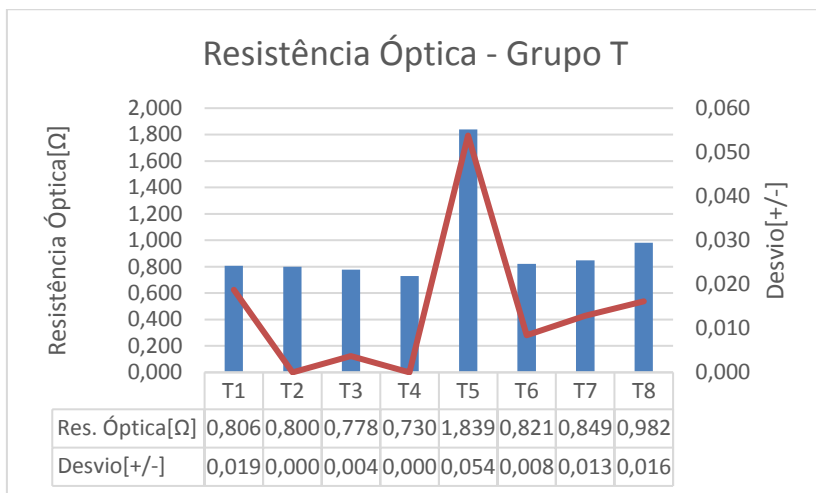
O teste sem presença de água, a luz ambiente gerou os dados mostrado acima.

### 4.2.4 Resultados

Durante o processamento de 1 minuto foram obtidos 1 amostra de dados por segundo, gerando aproximadamente 60 respostas para cada amostra que foi calculado seu valor de média e desvio padrão que pode ser observado na tabela 7 do **APÊNDICE I**.

Analisando separadamente os resultados dos grupos, para o teste 2, resistência elétrica temos os seguintes gráficos de barra sobreposto a um gráfico de linha que representam simultaneamente à media e o desvio da resistência.

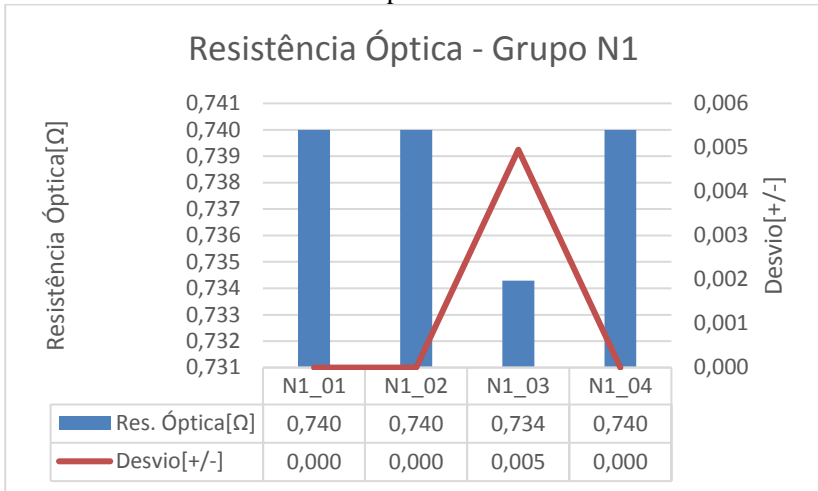
Gráfico 6 Resultado Teste 2 - Grupo T



Analisando os dados do gráfico 6, pode-se constatar que os valores são muito próximos, mesmo com a grande diversidade das amostras. Na amostra T5 temos o maior valor, o qual já se era esperado, por observação de ser uma amostra contendo água com areia dificultando a passagem de fluxo luminoso.

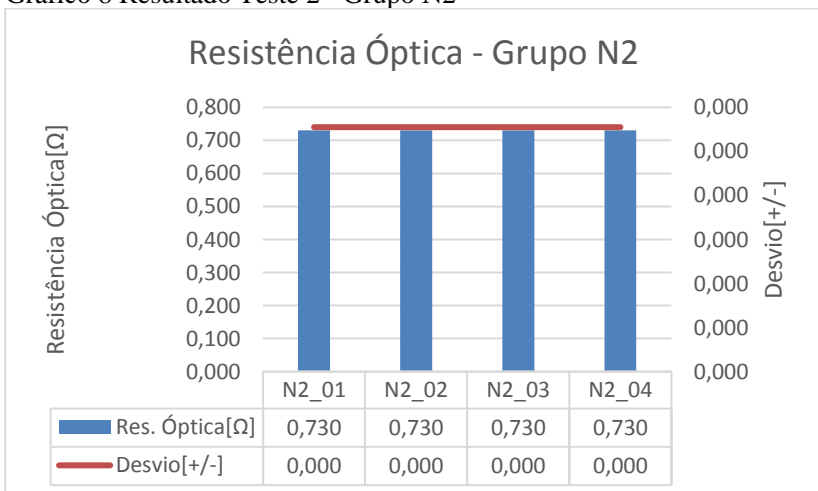
O interessante neste teste foi que na comparação dos dados das amostras T1 e T2, que além de serem homogêneas e com mesmo valor de resistência, sabemos que uma é pura para consumo enquanto a outra não, mas a olho nu não conseguimos observar essa informação. Contudo a resistência óptica falha nesse ponto, com o alto processamento da informação gerada pelo  $\mu C$ , e com o cálculo do desvio padrão percebemos que nos inúmeros resultados seu valor tem variação. Concluindo que a amostra T2 totalmente pura não tem nenhum desvio, logo o desvio nesse caso nos apresenta que por mesmo que ela seja homogênea, é uma mistura e há alguma substância incolor interferindo no fluxo de luz.

Gráfico 7 Resultado Teste 2 - Grupo N1



Neste grupo os resultados seguem um padrão, já esperando lembrando que é o grupo de amostras coletado a partir da água tratada pelo sistema de fornecimento municipal, obedecendo os padrões de coloração e qualidade. Contudo a amostra N1\_03 tem erro, não se sabe identificar se o problema veio da distribuidora ou algum outro agente, não responsabilizando o meio digital que se obteve esse dado pois ele foi efetuado 3 vezes e assim gerando o mesmo resultado.

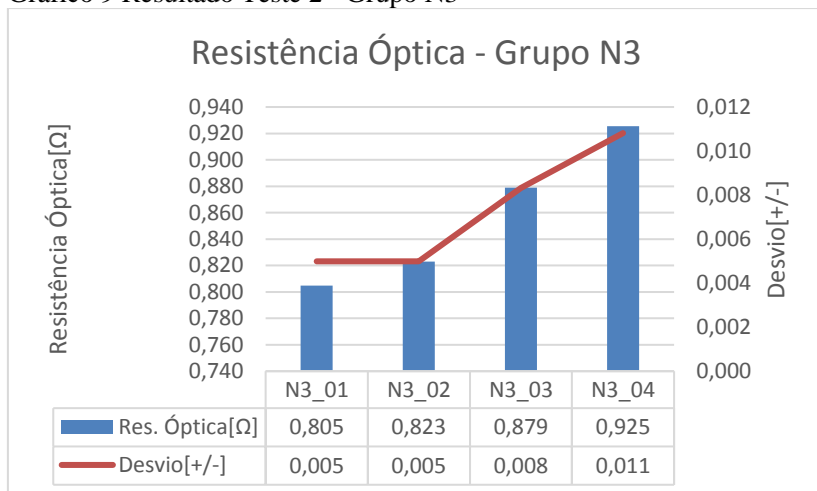
Gráfico 8 Resultado Teste 2 - Grupo N2





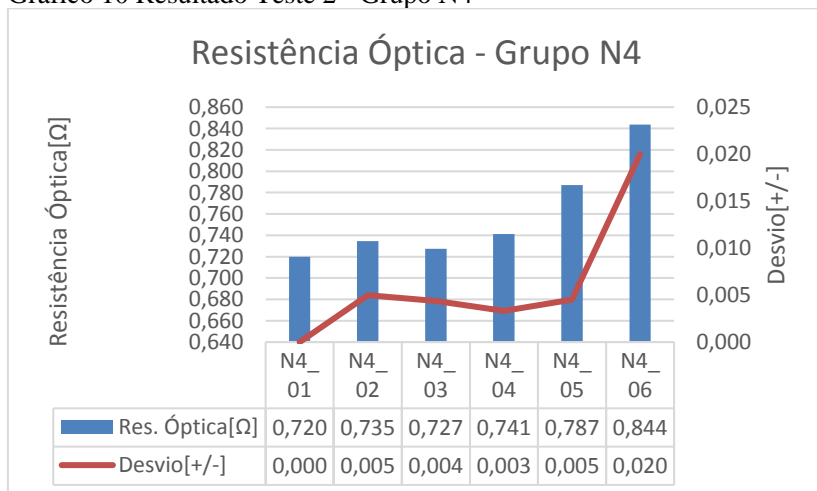
Neste grupo os resultados não têm variação, demonstrando a pureza das amostras e confirmando ser uma solução homogênea pura.

Gráfico 9 Resultado Teste 2 - Grupo N3



Neste Grupo não obtemos um padrão normal perto dos resultados anterior para supor alguma relação.

Gráfico 10 Resultado Teste 2 - Grupo N4



Observando o comportamento desse gráfico temos a confirmação do esperado para o teste com o fotoresistor, que conforme se passava a semana e a coleta da amostra mais suja ela estava, e assim gerando um valor de resistência maior a cada semana medida.

#### 4.3 SENSOR DE PRESENÇA E NÍVEL DE ÁGUA

Utilizando um módulo chamado comercialmente de FUNDUINO, ou sensor de água, chuva e nível de líquido. Com o intuito de ser mais uma ferramenta prática para obter algum dado correspondente a pesquisa de análise de qualidade de água.

Seu funcionamento é simples ele marca entre suas barras paralelas se há condutividade do líquido e assim gera um valor analógico, esse valor tem variação de 0 a 1023 para cada milímetro de seu corpo que está submerso sendo assim, 0 representa sem nenhuma quantidade de líquido, ou 1023 todo submerso.

Porém para esse experimento o nível do líquido em questão não demonstra nenhum resultado válido mas sim sua condutividade, usando o sensor nas diferentes amostras, supondo que o mesmo esteja todo submerso nela, estudaremos a sua resposta.

Figura 16 Módulo sensor de água

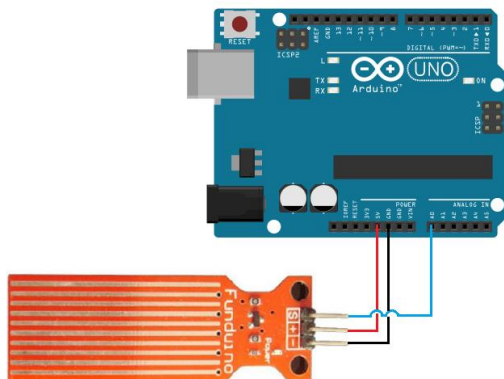


Fonte: hotmcu.com

##### 4.3.1 Modelo

Seu modelo de aplicação é simples visando usar o módulo e o arduino:

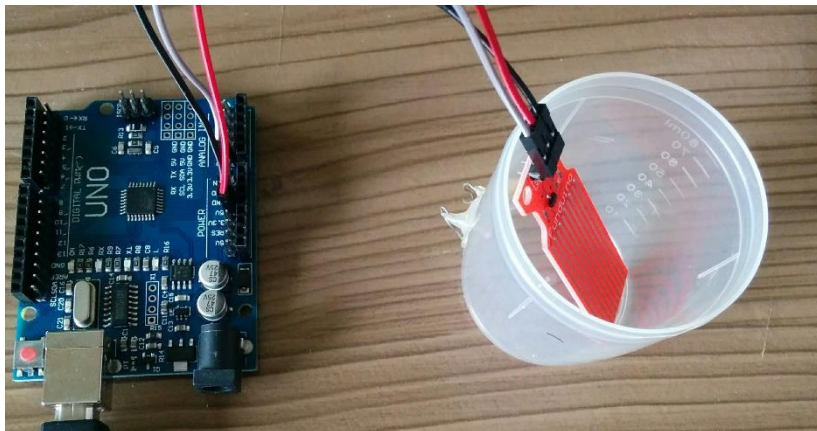
Figura 17 Modelo da utilização do funduino



Fonte: Learning about Electronics

Já para o modelo real usado para o teste:

Figura 18 Modelo real



Fonte: Próprio autor

### 4.3.2 Aplicação

A aplicação deste teste é simples, utilizando um software que faça a leitura dos dados analógicos gerada pela placa, convertamos esses dados para tensão total no líquido que é dada pela fórmula (2) nas equações das aplicações passadas, usando somente os pinos de +5V<sub>dc</sub>, GND e A0(analógico 0).

Figura 19 Código fonte para o sensor de água.

```
// Programa para calcular a tensão do fluido utilizando o
módulo funduino
// Ewerton Walter Rigon Furtado  Revisão 22/10/2017
// Código:TCC-WATER01_01

int AO = 0;
int leitura;
float tensao;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //clock da comunicação serial
  pinMode(AO, INPUT); // definindo pino A0 como saída
}

void loop() {

leitura = analogRead(AO);

tensao = leitura * 0.004822 ; // conversão de valor analogico
para tensão

Serial.print("tensao:");
  Serial.print(tensao); Serial.println(" V");
  delay(500); // 1/2 segundo

}
```

Fonte: Próprio autor.

### 4.3.3 Dados

Os dados foram impressos pela saída serial, e salvo em um arquivo “.txt”, para ser importado para o Excel. Como ilustra a figura 19 que representa a saída quando não está submerso em nenhum líquido.

Figura 20 Valores na saída serial

```
valor da tensao:0.00 V
valor da tensao:0.00 V
valor da tensao:0.00 V
valor da tensao:0.00 V
valor da tensao:0.00 V
valor da tensao:0.00 V
```

Fonte: Próprio autor

#### 4.3.4 Resultados

Os dados gerados por esses testes podem ser observados na tabela 6, sabendo que o teste foi feito no recipiente próprio, com as diferentes amostras a um volume total de 60mL, levando em consideração a massa adicional de alguns solventes do grupo T:

Tabela 6 Resultados para o Teste 3 - Sensor de nível de água

<b>Amostras</b>	<b>Tensão[V]</b>
<b>T1</b>	3,810
<b>T2</b>	3,590
<b>T3</b>	3,780
<b>T4</b>	3,600
<b>T5</b>	3,239
<b>T6</b>	4,200
<b>T7</b>	3,400
<b>T8</b>	3,300
<b>N1_01</b>	3,421
<b>N1_02</b>	3,378
<b>N1_03</b>	3,335
<b>N1_04</b>	3,291
<b>N2_01</b>	3,248
<b>N2_02</b>	3,205
<b>N2_03</b>	3,162
<b>N2_04</b>	3,119
<b>N3_01</b>	3,076
<b>N3_02</b>	3,033
<b>N3_03</b>	2,990
<b>N3_04</b>	2,947
<b>N4_01</b>	2,903
<b>N4_02</b>	2,860
<b>N4_03</b>	2,817
<b>N4_04</b>	2,774

<b>N4_05</b>	2,731
<b>N4_06</b>	2,688

Fonte: Próprio autor

Observando os valores do gráfico nota-se que para o grupo T cada amostra apresentou valores diferentes, e nos outros grupos mostrou resultados decrescentes com pouca variação.

Esperando observar um comportamento anormal para cada um do grupo somente com a observação dessa tabela não podemos concluir nada, em relação a qualidade da água, mas concluindo que para diferentes tipos causa valores de tensão diferente, desejando assim saber qual o intuito deste resultado, pretende-se os guardar para futuras comparações.

#### 4.4 TESTE QUÍMICO

Visando comparar os resultados obtidos com algum fator químico sobre a água foi realizado um teste de pH, usando um estudo científico sobre indicadores naturais de pH, neste caso extraído pelo líquido do repolho roxo com escala de cores.

O procedimento para a criação da substância indicativa é simples, triturar folhas de repolho roxo com água no liquidificador, depois levar a solução ao fogo para ferver, deixar esfriar e aplicar a solução no líquido.

Na imagem abaixo podemos ver os materiais utilizados para esse teste, sendo a solução roxa o indicativo extraído do repolho roxo, um recipiente para testar as amostras e uma seringa de farmácia para inserir medidas fixas do indicativo nas amostras.

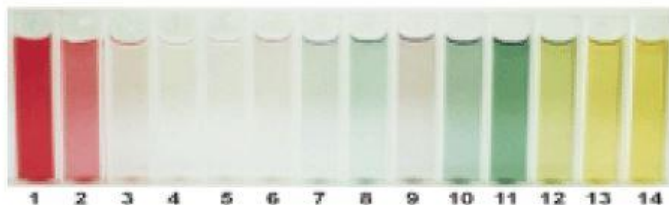
Figura 21 materiais para o teste químico de pH



Fonte: próprio autor.

Inserindo com a seringa 5ml da amostra no recipiente mais 1 ml da solução indicativa com isso iremos montar uma tabela com os valores aproximados do pH obtido em cada teste, o valor numérico é a observação da coloração comparada com a tabela do estudo feito sobre os criadores do estudo que estamos levando em consideração.

Figura 22 Escala experimental de cores para indicativo do repolho roxo



Fonte: NATURAL PH INDICATORS – SciELO

Figura 23 Escala de estudo de cores para indicativo do repolho roxo



Fonte: Química Experimental

Como resultado do teste temos as imagens com as diferentes colorações obtidas no **APÊNDICE G**, e geramos uma tabela com os valores aproximado do pH das amostras:

Tabela 7 Medidas de pH das amostras

<b>Amostras</b>	<b>pH</b>	<b>Cor</b>	<b>Classificação</b>
<b>T1</b>	2,5	Rosa avermelhado	Ácida
<b>T2</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>T3</b>	9,5	verde azulado	Básica
<b>T4</b>	8,0	azul	Básica
<b>T5</b>	7,5	roxo azulado	Neutra
<b>T6</b>	14,0	amarelo	Básica
<b>T7</b>	7,0	roxo	Neutra



<b>T8</b>	11,0	verde escuro	Básica
<b>N1_01</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N1_02</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N1_03</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N1_04</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N2_01</b>	7,0	roxo	Neutra
<b>N2_02</b>	7,0	roxo	Neutra
<b>N2_03</b>	7,0	roxo	Neutra
<b>N2_04</b>	7,0	roxo	Neutra
<b>N3_01</b>	7,0	roxo	Neutra
<b>N3_02</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N3_03</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N3_04</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N4_01</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N4_02</b>	6,5	lilás	Neutra
<b>N4_03</b>	6,0	lilás claro	Neutra
<b>N4_04</b>	6,0	lilás claro	Neutra
<b>N4_05</b>	6,0	lilás claro	Neutra
<b>N4_06</b>	6,0	lilás claro	Neutra

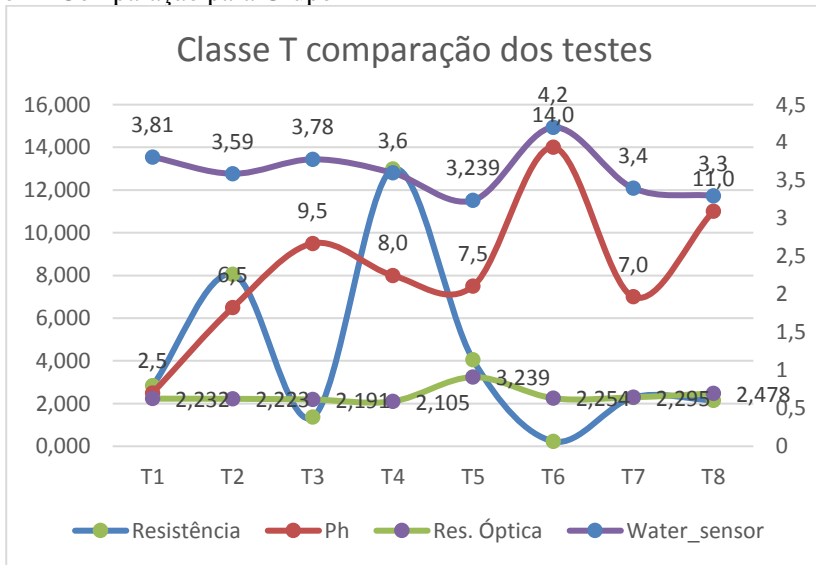
Fonte: Próprio autor.

Segundo estudos, hoje no Brasil, quem determina todos os Padrões de Potabilidade em todo o território nacional é a [Portaria 2914](#), do Ministério da Saúde. Essa Portaria recomenda que o valor do pH da água destinada ao consumo humano e fornecida pela rede pública de abastecimento esteja na faixa entre 6.0 a 9.5 (MEDEIROS R., 2015), considerado neutro a alcalino, observando os dados da tabela podemos perceber que o teste com o repolho roxo se tornou válido por normalizar que a classe de amostras N1 e N2 são próprias para consumo humano e obedecerem a faixa estabelecida.

## 5 COMPARAÇÕES

Utilizando gráficos para fazer a comparação dos resultados, vamos analisar os testes eletrônicos e químico em um gráfico, para as diferentes classes de amostras estudadas e comentar seus resultados:

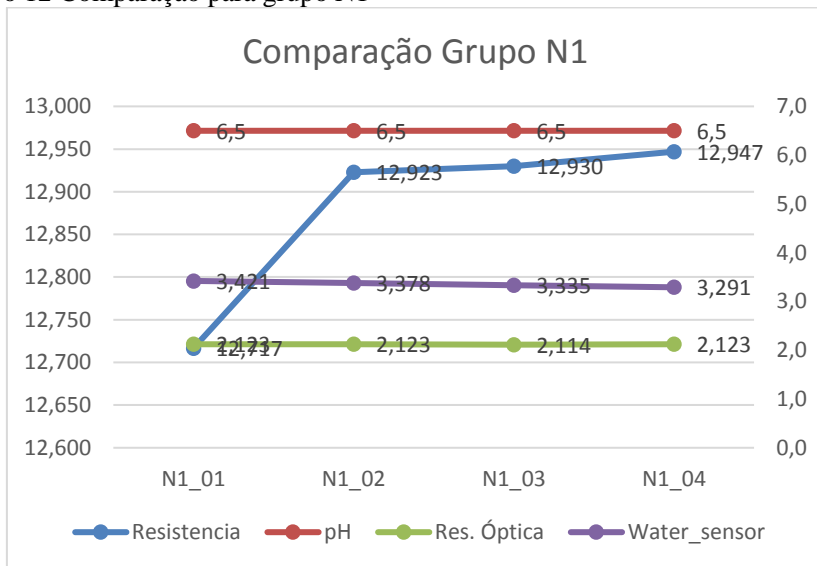
Gráfico 11 Comparação para Grupo T



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Comparando os testes de resistência, resistência óptica, sensor de água e pH, podemos perceber alguns fatores importantes que se mostram válidos, comparando a forma de onda dos resultados obtidos a partir do teste de pH com os do sensor de água, percebemos a mesma movimentação em escala menor, podendo assim dizer que existe uma relação entre eles. Já para a curva em azul referente a resistência elétrica percebemos que seu comportamento é inversamente proporcional para as amostras T3 e T6, na análise de pH, logo ambas são básicas e tem suas resistências baixas. Para as amostras T2 e T4 percebemos valores de resistências considerados picos. E para a curva referente a Res. Óptica podemos notar que permanecem constante por ser misturas homogêneas, porem em exceção temos a amostra T5- água e areia onde a resistência é maior apresentando que o liquido não é homogêneo.

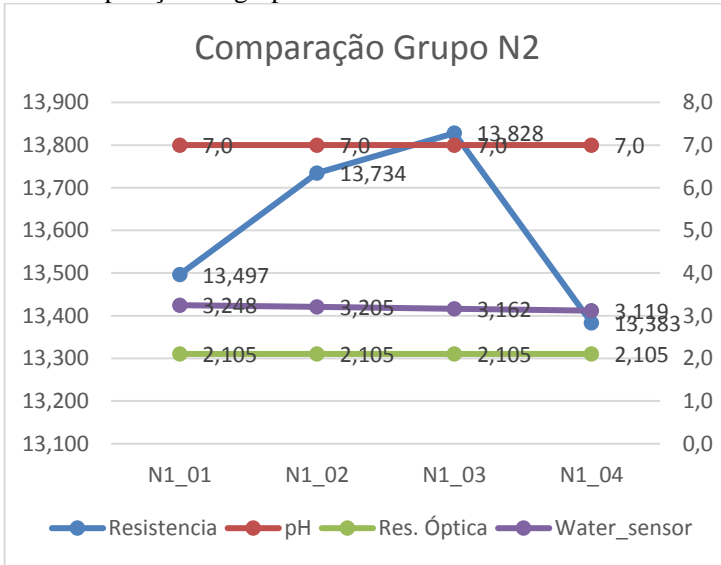
Gráfico 12 Comparação para grupo N1



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Para o grupo de amostras N1- água residencial, podemos notar que quase todos os valores permanecem constante, seu pH está na faixa adequada ao consumo, e com isso observamos sua resistência elétrica, que apresenta valores alto, a resistência óptica permanece constante por ser totalmente incolor, e os resultado obtidos no sensor de água também se mantem constante, porque como vimos anteriormente sua variação está ligado ao pH.

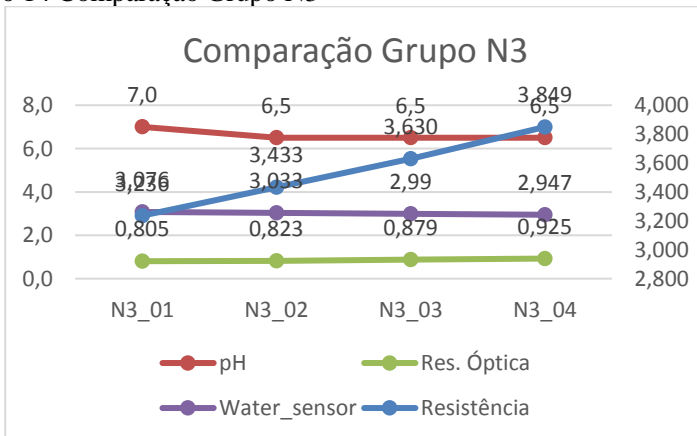
Gráfico 13 Comparação do grupo N2



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Observando as respostas do grupo N2- água do filtro elétrico, temos variação no valor de resistência que permanecem com valores na faixa de 13,5KΩ, já os resultados do pH, sensor de água e resistência óptica permaneceram constante.

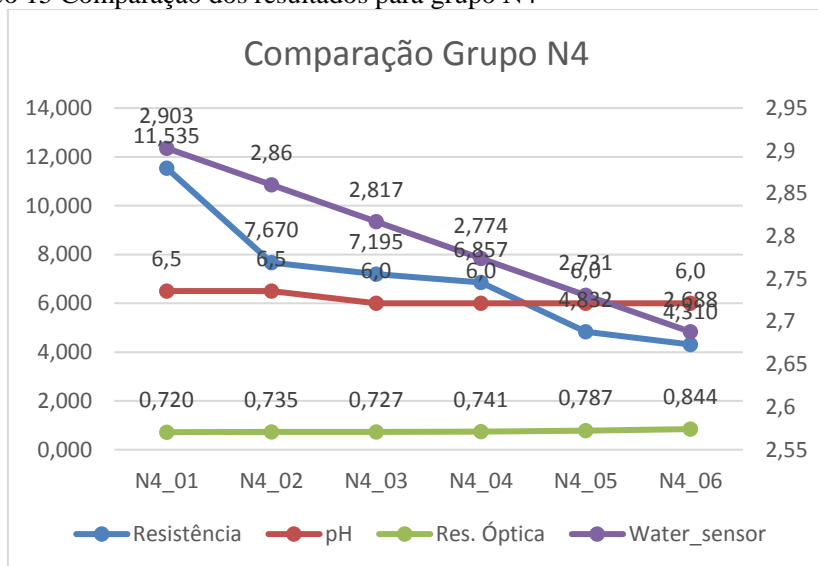
Gráfico 14 Comparação Grupo N3



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Analisando o grupo N3- Água do rio Araranguá, podemos notar que seu valor de resistência é muito baixo, seu pH é padrão assim como os dados para o sensor de água, a maior diferença deste grupo, para os outros estudado foi o teste óptico, que apresentou valores de resistência alto, mesmo a solução sendo homogênea, isso se deve a presença de algum material ou substância no líquido.

Gráfico 15 Comparação dos resultados para grupo N4



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Analisando o grupo N4- água do aquário de tartaruga, podemos perceber dados bastante explícitos, analisando que há a presença de um animal de sangue frio vivendo no meio onde é estudado. Conforme dado pelo gráfico a cada semana sua resistência foi diminuindo conforme a água ia se tornando mais suja com os restos de alimentos ou fezes do animal, assim o pH e os valores de tensão gerado pelo sensor de água também foram atenuando, os únicos valores que permaneceram aumentando foi a resistência óptica, que ficou responsável por detectar a sujeira na água e assim aumentou seu valor.

## 6 ANÁLISE DE SINAIS

Esse teste, exige mais componentes, análise e compreensão dos dados, por ser o teste principal para este estudo visamos aplicar um sinal dentro da amostra estudada e amostrar o sinal na sua saída e assim analisar ponto a ponto as distorções sofridas pela reação causada por presença de algum material ou substância na amostra.

Pretende-se encontrar um padrão nas respostas analisando a amplitude ou fase, para poder afirmar que tal amostra é água pura, ou composta com alguma substância.

### 6.1 TESTES PRIMÁRIOS

Visando aplicar um sinal do tipo senoidal, onde temos amplitude, frequência e fase, em forma de onda periódica e repetitiva, isto é, aquela que se repete após intervalos de tempo (Santos Josemar, 1994). O sinal aplicado tem a seguinte fórmula:

$$S = V * \sin(\omega t + \phi) \quad (5)$$

Onde:

S : Sinal[V];

V: tensão[V];

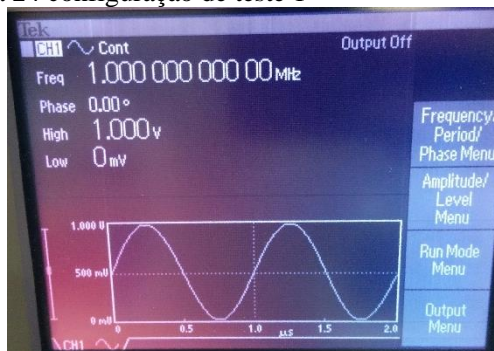
$\omega t$  : Frequência[Hz];

$\phi$ : Fase[graus°].

Antes de efetuar os testes com o módulo gerador de sinal, e o microprocessador, se pretende comprovar a validade dos testes utilizando um gerador de onda profissional encontrado no laboratório de circuitos elétrico da universidade, modelo Tektronix – AFG3021B, e um osciloscópio, modelo Tektronix – TDS2024C, assim aplicando de 4 a 5 vezes a mesma onda e observando se a saída permanecia exatamente igual, não alterando o resultado.

Durante os primeiros testes efetuados foi utilizada a configuração abaixo:

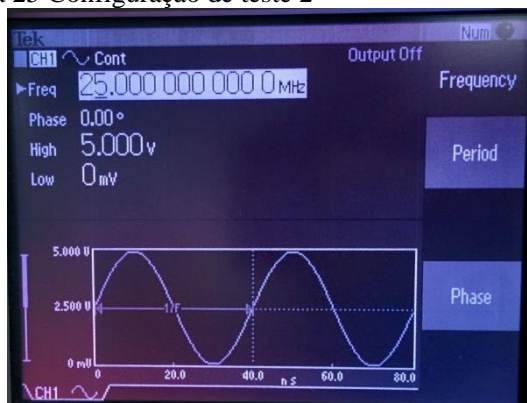
Figura 24 configuração de teste 1



Fonte: Próprio autor

Durante esta primeira etapa não foi obtida muita diferença visual na variação das amostras que foi aplicada a onda, então foi efetuada uma configuração alternativa com amplitude e frequência diferente para a realização do teste, já o segundo teste nas amostras de classes “ $T_n$ ” foi:

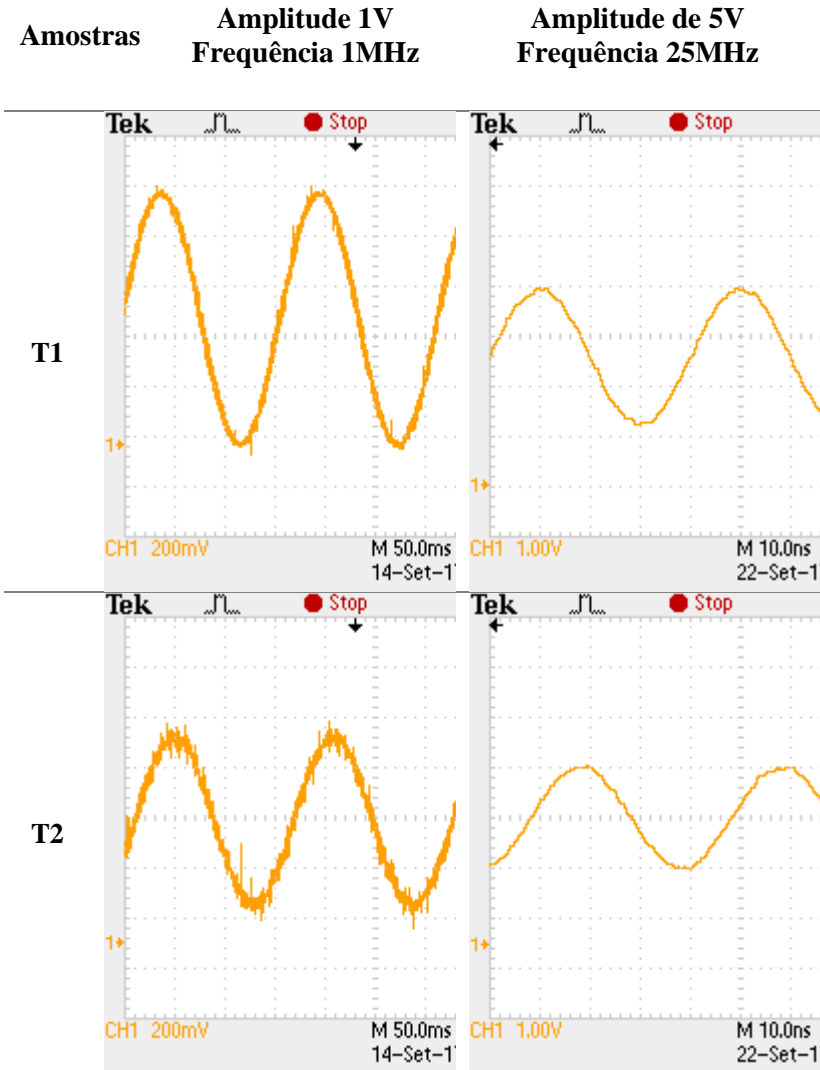
Figura 25 Configuração de teste 2



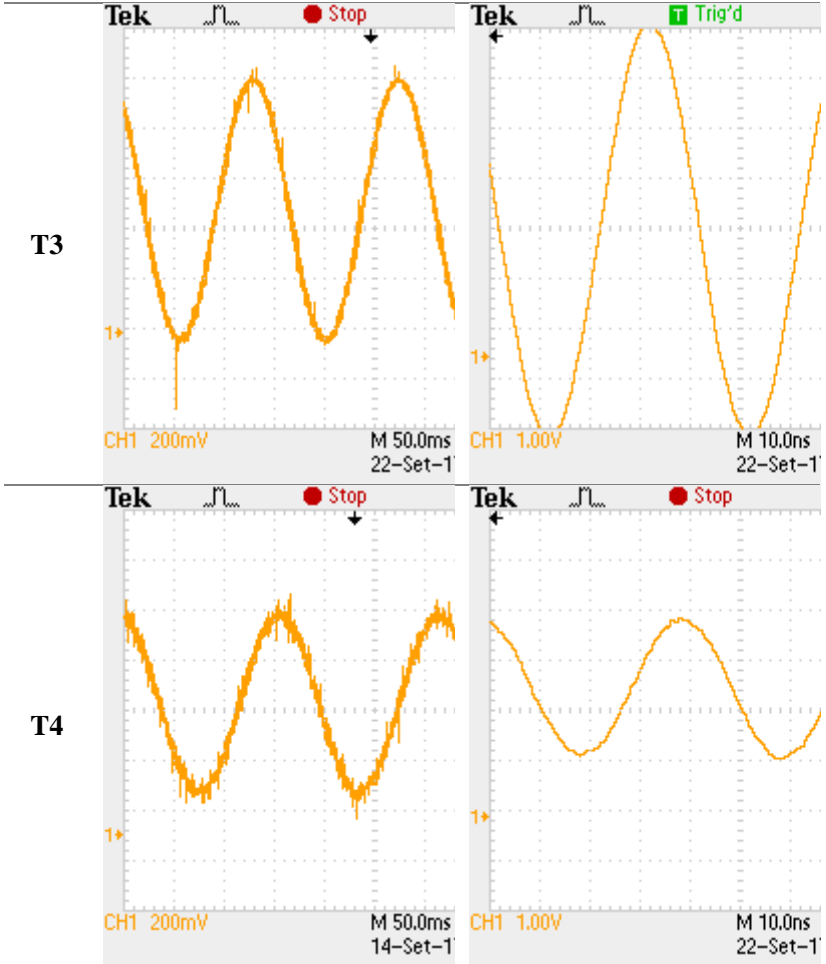
Fonte: Próprio autor

Suas respostas no osciloscópio podem ser observadas nas comparações de teste das imagens abaixo:

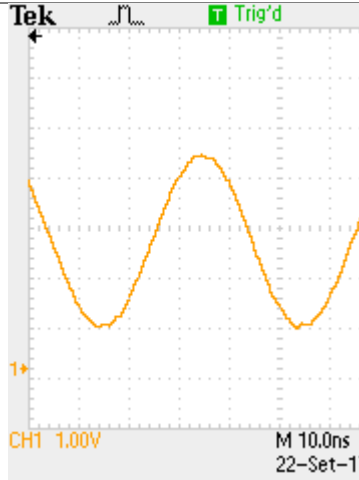
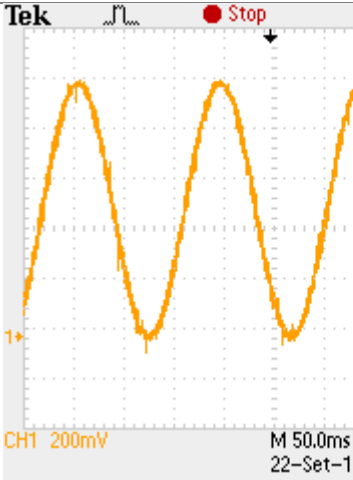
Tabela 8 Comparação de saídas teste



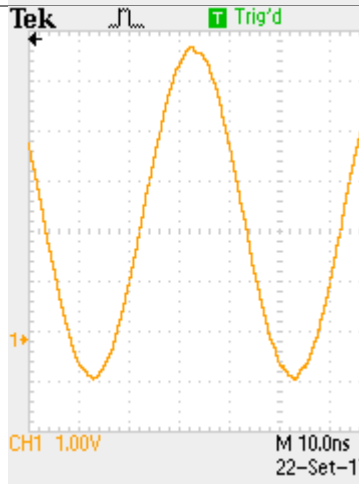
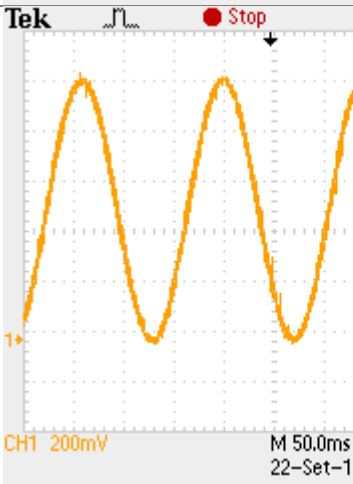


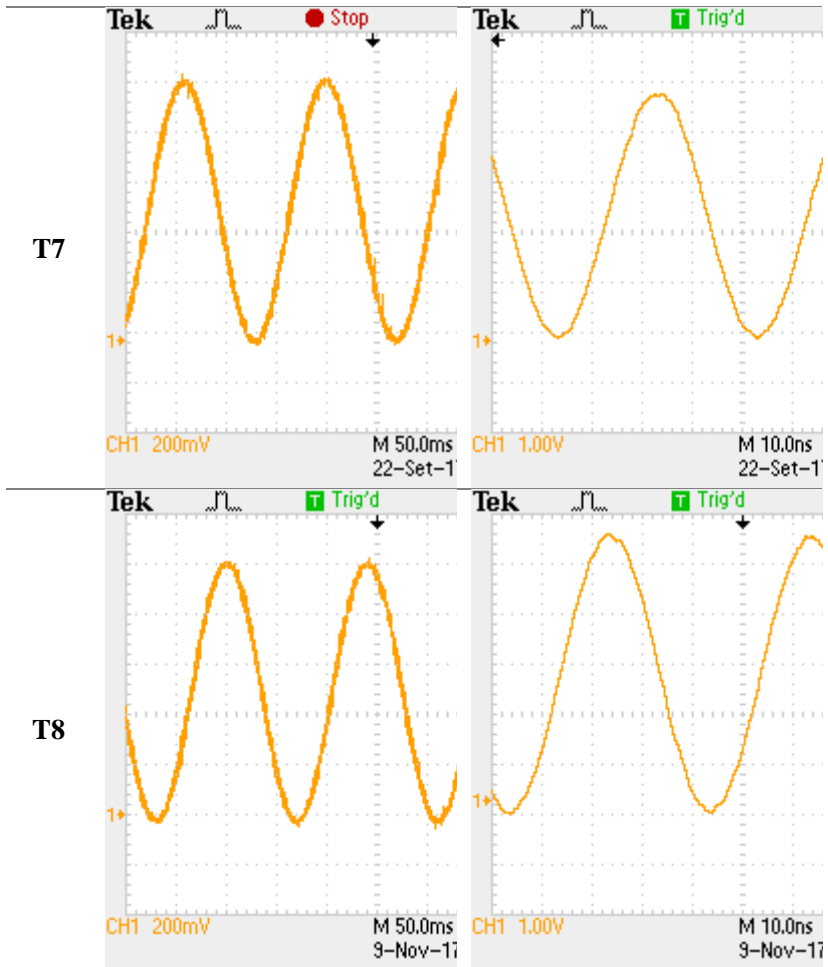


T5



T6



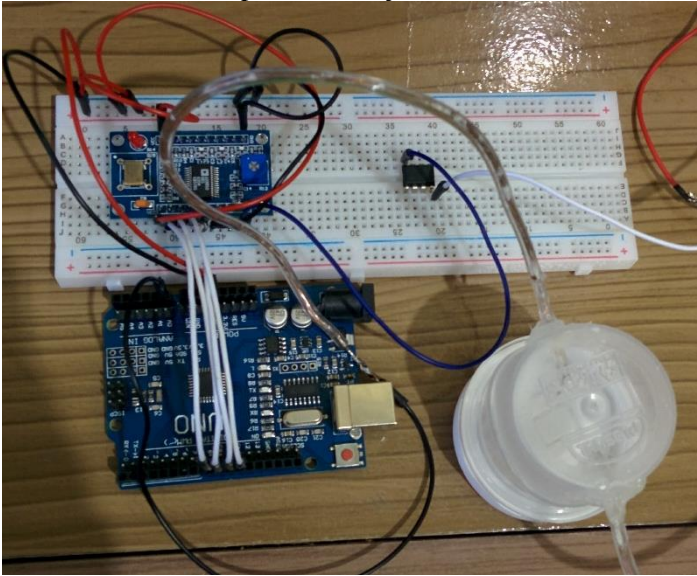


Fonte: imagens obtidas do Osciloscópio

## 6.2 MODELO

Utilizando a protoboard, arduino, módulo gerador de sinal, amplificador e o recipiente, temos o conjunto final para a aplicação, como vemos foto do modelo real:

Figura 26 Modelo utilizado para as medições



Fonte: Próprio Autor.

Seu modelo é simples, pois como o objetivo é criar um sensor que seja de baixo custo, e de fácil acesso a aplicações, usando somente esses equipamentos conseguimos, espaço e agilidade.

Apresentando as etapas do processo, primeiro inserimos a amostra que queremos no recipiente, então controlamos o gerador de frequência com as alimentações do arduino e controle digital. Gerando uma onda que é passada no amplificador antes de atravessar a amostra, que retorna como saída uma onda que é recebida por amostragem de sinal na porta analógica do arduino.

### 6.2.1 GERADOR DE FREQUÊNCIA

Utilizando um módulo chamado HC-SR08, composto por um DDS AD9850, controlamos uma onda senoidal de 1V de amplitude e frequência regulável de 1 KHz até 40 MHz, sua comunicação com o microcontrolador funciona de modo serial, onde passamos a configuração desejada para ajustar sua onda.

Seguindo a configuração do datasheet do modelo e exemplos de uso, criado e devidamente liberado por Andrew Smalbone, o código fonte para a criação da onda senoidal ficou da seguinte forma:

Tabela 9 código: Gerador de seno

```

// Programa para Gerar onda Senoidal no Módulo HC_SR08
// Ewerton Walter Rigon Furtado Revisão 20/10/2017
// Código:TCC-SIN01_01

/*
 * A simple single freq AD9850 Arduino test script
 * Original AD9851 DDS sketch by Andrew Smallbone at
 www.rocketnumbernine.com
 * Modified for testing the inexpensive AD9850 ebay DDS
 modules
 * Pictures and pinouts at nr8o.dhlpilotcentral.com
 * 9850 datasheet at http://www.analog.com/static/imported-
 files/data\_sheets/AD9850.pdf
 * Use freely
 */

#define W_CLK 8 // Pin 8 - conectado ao pino que
carrega a palavra de clock (CLK)
#define FQ_UD 9 // Pin 9 - conectado ao pino que
atualiza a frequência(FQ)
#define DATA 10 // Pin 10 - conecta ao pino que
carrega o dado serial( DATA)
#define RESET 11 // Pin 11 - cconectado ao pino de
reset (RST).

#define pulseHigh(pin) {digitalWrite(pin, HIGH);
digitalWrite(pin, LOW); }

// transfere um byte, um bit de cada vez, LSB primeiro para
o 9850 via linha de dados em série
void tfr_byte(byte data)
{
  for (int i=0; i<8; i++, data>>=1) {
    digitalWrite(DATA, data & 0x01);
    pulseHigh(W_CLK); //after each bit sent, CLK is pulsed
high
  }
}

// Calcula Frequencia pelo datasheet pagina 8 = <sys clock>
* <frequency tuning word>/2^32
void sendFrequency(double frequency) {
  int32_t freq = frequency * 4294967295/125000000; // note
125 MHz clock on 9850
  for (int b=0; b<4; b++, freq>>=8) {
    tfr_byte(freq & 0xFF);
  }
  tfr_byte(0x000); // byte de controle final
  pulseHigh(FQ_UD); // Pronto, frequencia atualizada.
}

```

```

void setup() {
  // Configurando pinhos de entrada e saída.
  pinMode(FQ_UD, OUTPUT);
  pinMode(W_CLK, OUTPUT);
  pinMode(DATA, OUTPUT);
  pinMode(RESET, OUTPUT);

  pulseHigh(RESET);
  pulseHigh(W_CLK);
  pulseHigh(FQ_UD); // Esse pulso atualiza a saída serial
segundo - Datasheet page 12 figure 10
}

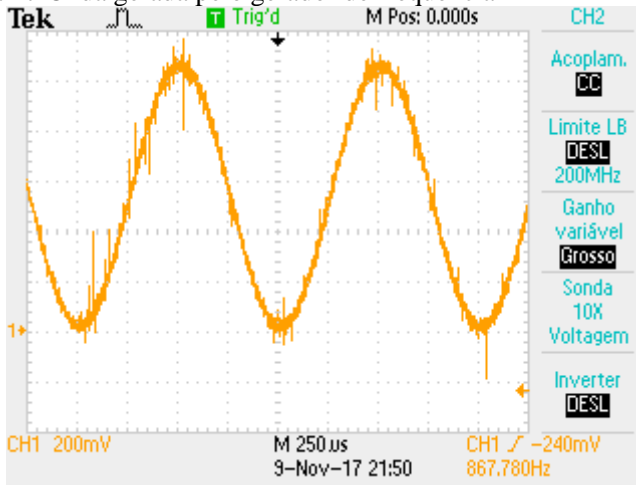
void loop() {
  sendFrequency(1.e3); // valor da frequência 1KHz
  while(1);
}

```

Fonte: NR80 – modificado pelo autor.

Como resultado do código temos a seguinte onda gerada e observada no osciloscópio:

Figura 27 Onda gerada pelo gerador de frequência



Fonte Próprio autor.

## 6.2.2 AMPLIFICANDO O SINAL

Visualizando os testes primários podemos perceber que para a tensão de 1V a observação da onda de saída se torna quase que

imperceptível em relação a onda de 5V, por isso utilizaremos um amplificador operacional para obter um ganho no sinal do gerador de função para assim observar melhor o comportamento do sinal de saída na amostra.

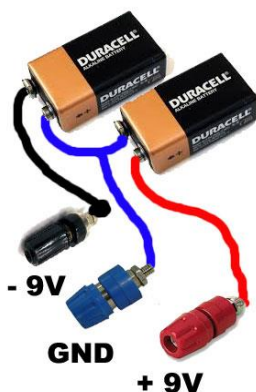
Para amplificar a onda foi utilizado o chip comerciais LM741CN, seu chip é composto por um amplificador operacional. Mas sua utilização requer o uso de fontes simétrica para a sua utilização.

Para sua utilização então estamos restritos a dois fatores, alimentação externa, pois o arduino só trabalha com alimentação de 5V ou 3,3V em nível DC e tensões positiva, e uma configuração para o amplificador de forma que obtivéssemos ganho de tensão de aproximadamente 5V.

Para solucionar o problema da alimentação utilizamos dois métodos, um pensando na aplicação futura, e outro na segurança da informação e resultado de estudo. A primeira consiste em utilizar duas baterias de 9V encontrada em qualquer mercado e criar uma ligação em série onde obtemos uma fonte simétrica de  $\pm 9V$  e GND. A ideia de usar bateria seria pensando na aplicação de fácil acesso, e custo para utilizar como um sensor portátil. Porém sabemos que esses modelos de baterias químicas são restritos a utilização pois seus níveis de tensão vão atenuando com o passar do tempo, então para diversos testes a tensão de 9V poderia cair a níveis em que o sinal do amplificador se tornasse próximo ao nível de uso e saturasse sua saída.

Seu modelo de aplicação é:

Figura 28 Modelo simples de fonte simétrica



Fonte: Nova Eletrônica

Já para o estudo concreto, evitando erros por tempo de uso utilizamos uma fonte comercial de laboratório experimental conectando-as em série como vemos na imagem feita no laboratório:

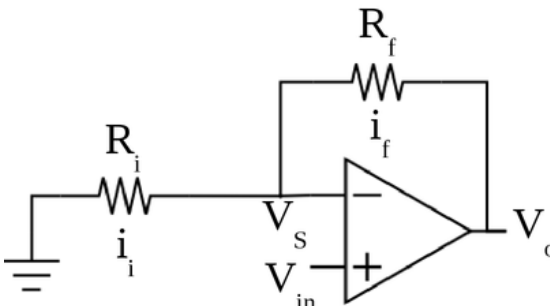
Figura 29 Criação de fonte simétrica



Fonte: Próprio Autor.

A outra configuração necessária para o uso do amplificador é conseguir obter ganho de tensão, tal configuração pode ser obtida através da combinação de resistores entre seus terminais de entrada e saída como vemos na imagem abaixo:

Figura 30 Configuração ganho de tensão não-inverso.



Fonte: c20 – hackáguas



Sua fórmula de ganho de tensão é:

$$V_o = V_{in} * \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right)$$

Onde:

$V_o$  = Tensão de saída;

$V_{in}$  = Tensão de entrada;

$R_f$  = Resistencia de realimentação;

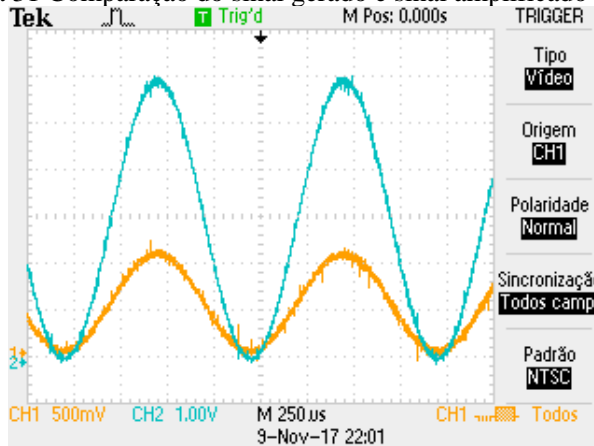
$R_i$  = Resistencia de Entrada.

Fazendo constante alguns valores temos  $V_{in} = 1V$  referente a amplitude do gerador de sinal, e usando valores de  $R_f = 4k7\Omega$  e  $R_i = 1k\Omega$ , com isso geramos um ganho:

$$V_o = 1 * \left(1 + \frac{4,7}{1}\right) = 5,7V$$

Inserindo no amplificador o sinal gerado pelo gerador observamos a saída do amplificador e sobrepondo uma onda na outra podemos observar a amplificação do sinal em 6V, bem aproximado ao valor calculado com isso temos a onda perfeita e finalizada para aplicar na amostra líquida. Na imagem abaixo podemos ver em laranja a onda referente ao gerador de frequência, e a onda em azul referente a onda amplificada pelo amplificador, ambas têm a mesma frequência e fase:

Figura 31 Comparação do sinal gerado e sinal amplificado



Fonte: Próprio autor.

### 6.2.3 AMOSTRAGEM DIGITAL DO SINAL DE SAÍDA

Utilizando uma porta analógica do arduino para amostrar o sinal de saída da amostra líquida, devemos conhecer o funcionamento do conversor A/D presente no arduino. O Clock de processamento do A/D presente no microcontrolador do arduino, o ATmega328, é de 200Khz, e como seu tempo de conversão é de 13 clock por segundo logo podemos calcular a frequência de amostragem para o clock de 200Khz, com isso temos  $200\text{KHz}/13$  que equivale a aproximadamente 15KHz de amostragem com 10 bits de resolução.

Lembrando que o sinal gerado tem um período de 1KHz, temos que respeitar a lei do teorema da frequência de Nyquit, visando amostrar a uma taxa que seja equivalente ao dobro do sinal, ou seja, maior ou igual a 2KHz, porém quanto maior a taxa de amostragem maior a capacidade de analisar os dados ponto a ponto da onda de saída, visando a ideia de obter mais ponto de amostragem. vamos utilizar dos comandos de hardware e software que o microprocessador nos disponibiliza para amostrar os dados a uma taxa de 500KHz, e assim gerar 30 mil pontos de amostras por segundo.

Para poder efetuar essa amostragem foi preciso criar um código que controle um prescaler de amostragem, isso é possível controlando os dados dos registradores do microprocessador. No código abaixo podemos ver a configuração para esse tipo de amostragem:

Figura 32 Código para amostrar a 500KHz

```
// Variável para armazenar os resultados
unsigned long tempo_inicio;
unsigned long tempo_fim;
unsigned long valor;

// constante para configuração do prescaler
const unsigned char PS_16 = (1 << ADPS2);
const unsigned char PS_32 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS0);
const unsigned char PS_64 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1);
const unsigned char PS_128 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1 << ADPS0);

void setup() { // Variável para armazenar os resultados
  unsigned long tempo_inicio;
  unsigned long tempo_fim;
```

```

unsigned long valor;

// constante para configuração do prescaler
const unsigned char PS_16 = (1 << ADPS2);
const unsigned char PS_32 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS0);
const unsigned char PS_64 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1);
const unsigned char PS_128 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1
<< ADPS0);

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // configura o prescaler do ADC
  ADCSRA &= ~PS_128; //limpa configuração da biblioteca do
  arduino

  // valores possíveis de prescaler só deixar a linha com
  prescaler desejado
  // PS_16, PS_32, PS_64 or PS_128
  //ADCSRA |= PS_128; // 64 prescaler
  // ADCSRA |= PS_64; // 64 prescaler
  ADCSRA |= PS_32; // 32 prescaler
  // ADCSRA |= PS_16; // 16 prescaler
}

void loop() {
  // leitura
  tempo_inicio = micros(); //marca tempo de inicio de
  leitura
  valor = analogRead(0); //le valor convertido
  tempo_fim = micros(); //le tempo no fim da conversão

  //exibe valor lido e tempo de conversão
  Serial.print("Valor = ");
  Serial.print(valor);
  Serial.print(" -- Tempo leitura = ");
  Serial.print(tempo_fim - tempo_inicio);
  Serial.println(" us");
  delay(500);
}

```

Fonte: Embarcados.com

## 6.3 APLICANDO E RETIRANDO O SINAL

Para a aplicação total foi criado um código fonte que une todas as aplicações citadas até aqui, a aplicação do sinal é controlada pelo módulo gerador, o sinal que passa pelo amplificador segue para a amostra líquida e sua saída é inserida a uma porta analógica com frequência de amostragem de 500KHz.

O código fonte do experimento pode ser observado no **APÊNDICE A**.

Os resultados obtidos das amostras foram importados para tabelas do Excel e gerado gráficos que podem ser vistos no **APÊNDICE B**.

Todas as amostras tiveram os dados amostrados de forma numérica e visual, a forma visual foi feita usando o osciloscópio e impressa a onda de saída, suas imagens estão no **APÊNDICE C**.

#### 6.4 ESTABELECENDO RESULTADOS

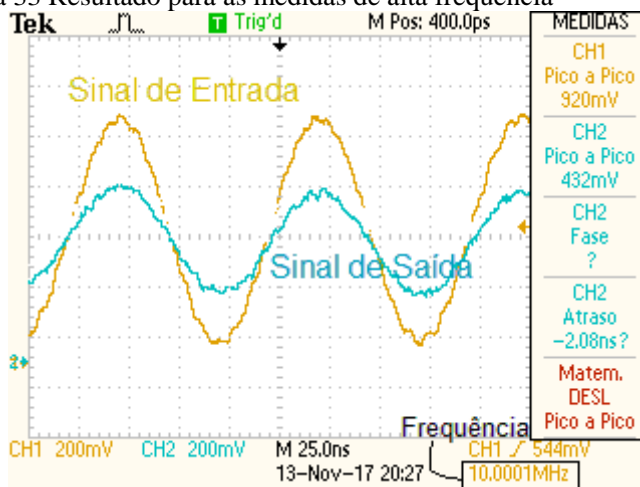
Seguindo todos os passos e configurações até aqui, e observando os resultados do **APÊNDICE B e C**, podemos notar que todas as amostras tiveram como saída o mesmo resultado, ou seja a própria onda de entrada. Observando esse problema em comparação com os resultados gerados pelos testes iniciais, percebemos que a alteração na onda de saída não depende só do aumento na amplitude do sinal para conseguir uma resposta diferente na saída, mas depende de um sinal de alta frequência.

Com isso novos testes para observar o comportamento do sinal de saída que passa pela amostra foram feitos, como os resultados primários foram obtidos em sinais de 1MHz e de 25MHz, os novos testes foram efetuados em 3 faixas de frequências diferentes 10, 25 e 40MHz. Contudo outro problema está associado a utilização de sinais de alta frequência, segundo a configuração do datasheet do amplificador ele se torna inutilizado para tais aplicação, então os testes serão feitos a uma amplitude de 1V. E seus resultados somente serão obtidos através do osciloscópio, pois o conversor A/D do microcontrolador não suporta amostragem a uma taxa maior que 1MHz.

Os resultados para os testes de 10, 25 e 40MHz podem ser observados nos **APÊNDICES D, E e F** respectivamente.

Analisando as respostas obtidas através das imagens dos apêndices, a imagem gerada pelo osciloscópio com duas ondas sobrepostas, referente a onda de entrada na coloração amarela, e a onda de saída na colocação azul, ao lado direito temos os dados e medições feitas pelo próprio osciloscópio e no canto inferior a frequência das ondas, como vemos na imagem:

Figura 33 Resultado para as medidas de alta frequência



Fonte: próprio autor.

Através das medições automáticas do osciloscópio foi criada uma tabela com esses dados para possíveis estudos e comparações de dados. Na tabela 10 estão os valores da amplitude de pico a pico e a diferença de fase para as diferentes faixas de tensão.

Tabela 10 Dados para os testes em alta frequência

Amostra	10Mhz		25Mhz		40Mhz	
	Amplitude	Fase	Amplitude	Fase	Amplitude	Fase
<b>T1</b>	0,672	-22	0,52	-15,1	0,368	-23,9
<b>T2</b>	0,448	-5,35	0,496	-8,78	0,424	-7,32
<b>T3</b>	0,968	0	1,38	-8,61	0,72	-88,4
<b>T4</b>	1	-1,43	1,02	-28,5	0,488	-72
<b>T5</b>	0,68	-27,5	0,576	-19,8	0,392	-35,5
<b>T6</b>	0,96	-4,35	1,21	-18,9	0,608	-79
<b>T7</b>	0,712	-27,1	0,8	-17	0,408	-50,7
<b>T8</b>	1	0	1,2	-24	1	-63,7
<b>N1_01</b>	0,424	-7,31	0,552	3	0,424	-9,37
<b>N1_02</b>	0,52	0	0,64	5,45	0,592	1,08
<b>N1_03</b>	0,432	0	0,536	4,62	0,52	5,29

<b>N1_04</b>	0,448	-1,79	0,56	7,95	0,456	5,62
<b>N2_01</b>	0,448	-7,62	0,552	2,7	0,456	3,43
<b>N2_02</b>	0,432	-7,62	0,592	-1,11	0,456	1,73
<b>N2_03</b>	0,44	-9,18	0,552	1,45	0,408	7,6
<b>N2_04</b>	0,408	0	0,56	4,5	0,432	-1,16
<b>N3_01</b>	0,664	-19	0,616	-19,2	0,432	-25
<b>N3_02</b>	0,8	-16,9	0,704	-24,9	0,392	-35,2
<b>N3_03</b>	0,784	-14,3	0,792	-1,5	0,696	-37,6
<b>N3_04</b>	0,816	-17,2	0,728	-25,5	0,432	-36,4
<b>N4_01</b>	0,456	-1,81	0,568	-18,1	0,432	1,74
<b>N4_02</b>	0,464	-7,2	0,584	-4,53	0,544	1,79
<b>N4_03</b>	0,504	-6,43	0,608	-10	0,44	-8,72
<b>N4_04</b>	0,584	-14,2	0,528	-0,09	0,424	-0,57
<b>N4_05</b>	0,472	-15,4	0,488	-1,08	0,472	-4,73
<b>N4_06</b>	0,584	-18,3	0,568	-3,58	0,408	-8,17

Fonte: próprio autor.

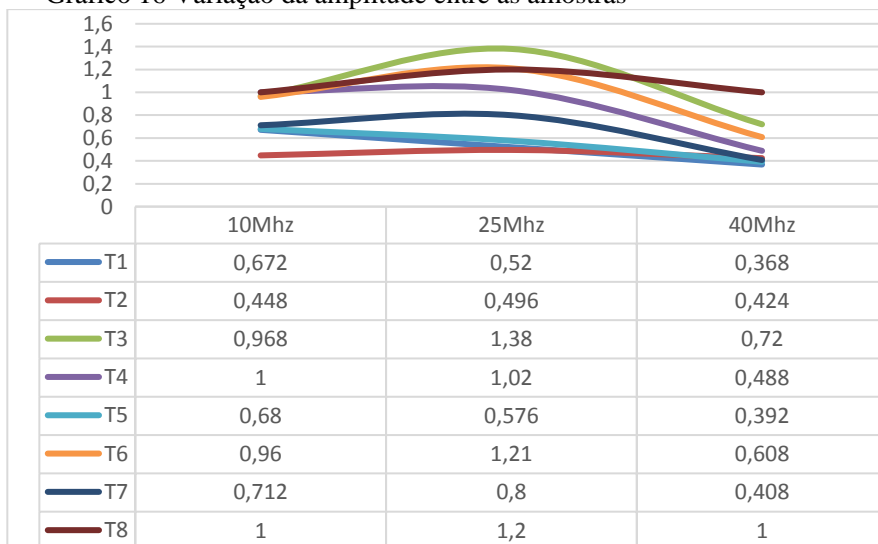
## 6.5 ESTUDOS DOS RESULTADOS

Avaliando os dados gerados pelas análises em altas frequências dadas pelas funções de medidas do osciloscópio da tabela 11, foram gerados gráficos para comparar a alteração da amplitude e fase em relação às amostras e frequências diferentes.

Analisando as imagens dos **APÊNDICES D, E e F**, podemos dizer que as amostras consideradas próprias para consumo humano, tem seu sinal atenuado em cerca de 50% do original e sua fase quase inalterada com o vamos ver pelos gráficos.

Os primeiros gráficos mostram a comparação da amplitude e fase das amostras T, nas diferentes faixas de frequência:

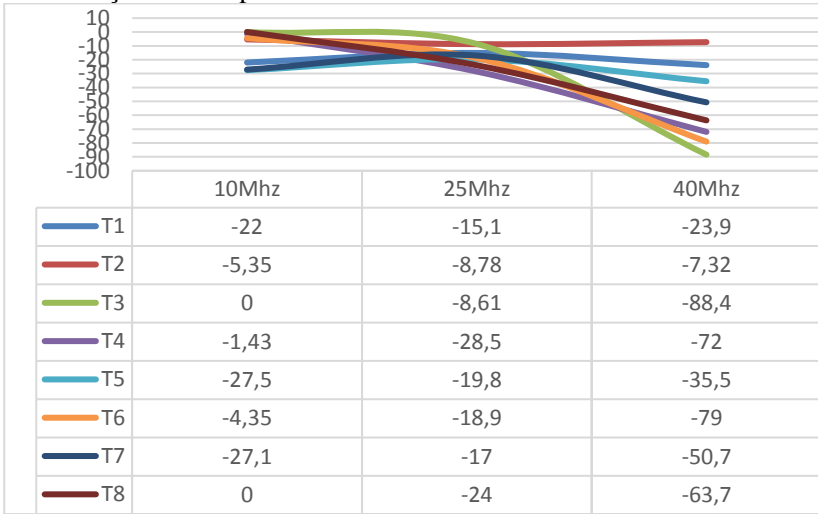
Gráfico 16 Variação da amplitude entre as amostras



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Analisando a amplitude de cada amostra para as diferentes faixas de frequências, percebemos que há uma tendência de repetição onde o valor é amplificado em 25MHz e atenuado a 40MHz, com exceção da amostra T1 e T5.

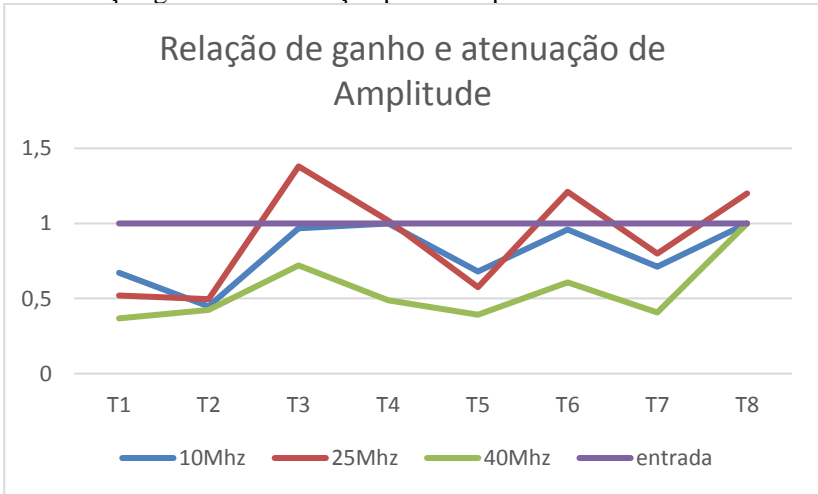
Gráfico 17 Relação da fase para as diferentes amostras T



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Já para a análise do comportamento da fase, não foi possível encontrar nenhuma relação válida.

Gráfico 18 Relação ganho ou atenuação para a amplitude

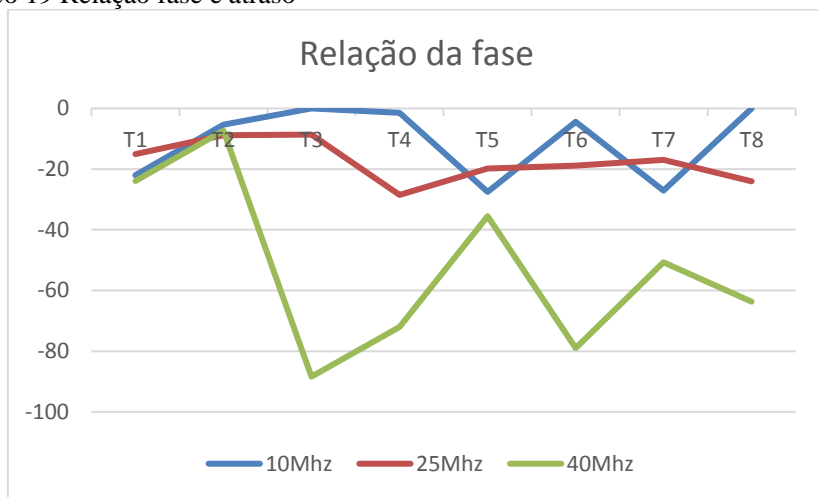


Fonte: próprio autor – Microsoft Excel



Neste gráfico podemos analisar a amplitude das amostras do grupo T, em relação à linha constante de 1V referente a onda de entrada, os pontos que estiverem acima estão gerando ganho de sinal, e os que estiverem abaixo estão atenuando o sinal, como podemos perceber as amostras T3 e T6 são as únicas que causam ganho no sinal para a frequência de 25MHz, e ambas são amostra classificadas como básicas. Porém nenhuma outra classe apresenta qualquer comparação válida. Outro fato é que o teste a 40MHz se mostrou invalido para qualquer verificação.

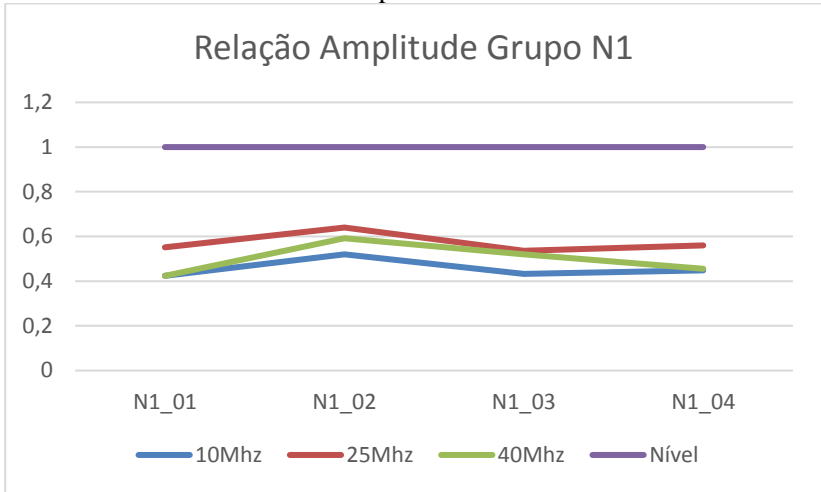
Gráfico 19 Relação fase e atraso



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Analisando estes resultados para as diferentes faixas de fase, percebemos que suas saídas são sempre atrasadas em relação a entrada, por ter fases negativas, e a cada faixa de frequência, não existe um padrão explícito que se possa analisar. Em exceção é claro das T2, T3 e T4 que quase não há variação sabendo que T2 e T4 são potáveis, isso ignorando a onda de 40Mhz.

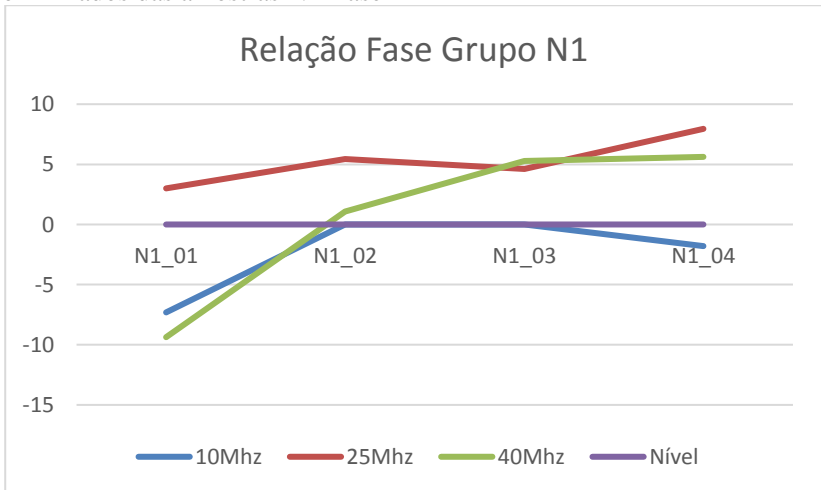
Gráfico 20 Dados das amostras N1 - amplitude



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Analisando tal amostra graficamente percebemos que para as diferentes faixas de frequência a amplitude permanece constante respeitando uma faixa de valores entre 0,4 e 0,6V, isso entorno na metade do nível.

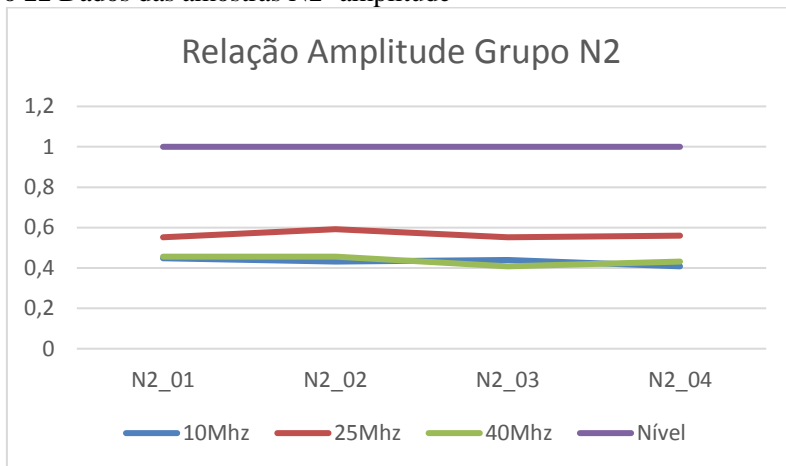
Gráfico 21 Dados das amostras N1- fase



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Já para a análise da fase, a variação entre as respostas não permite encontrar nenhuma relação válida por observação, porem sua variação é pequena em torno do nível, sendo ela entre  $-10$  e  $10^\circ$ .

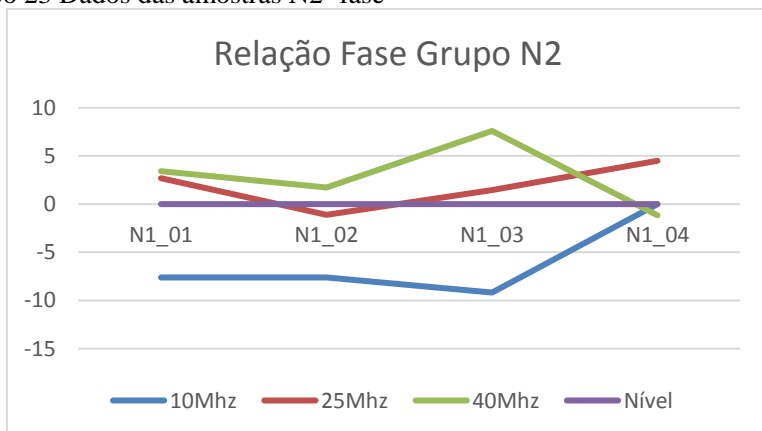
Gráfico 22 Dados das amostras N2- amplitude



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Podemos perceber novamente, o mesmo padrão de resposta do grupo anterior, todas as amplitudes se mostraram constante em uma determinada faixa de tensão.

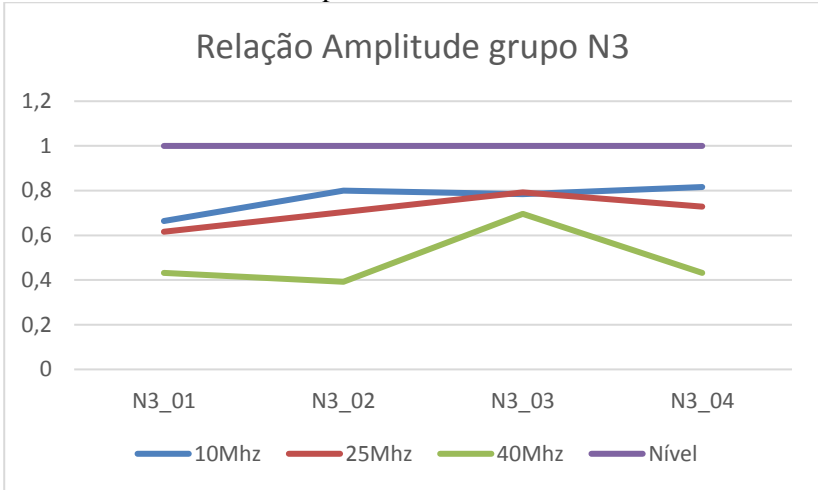
Gráfico 23 Dados das amostras N2- fase



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

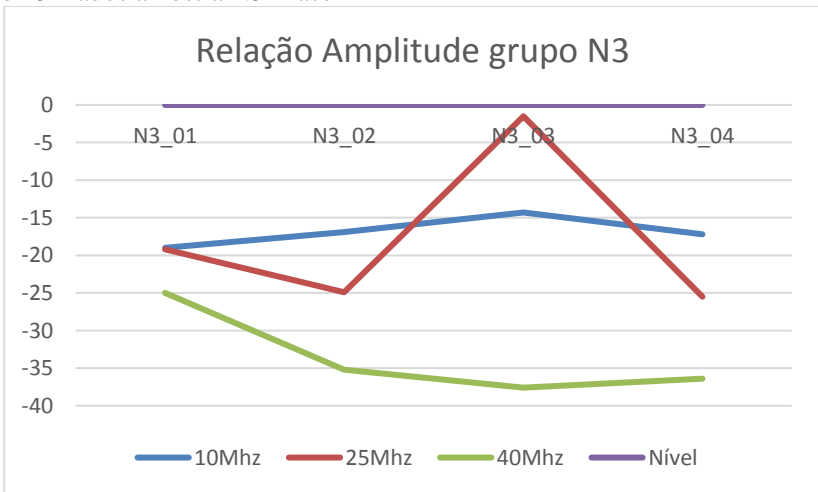
Novamente a fase mostrou variações sem tendências de dados ou que se possa concluir alguma informação, mas sua faixa de variação também ficou idêntica à do grupo 1.

Gráfico 24 Dados amostra N3 - amplitude



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

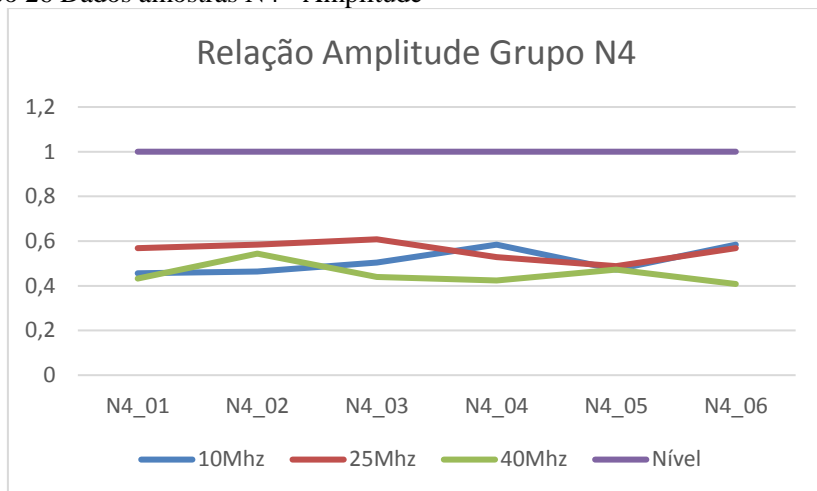
Gráfico 25 Dados amostra N3 - fase



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

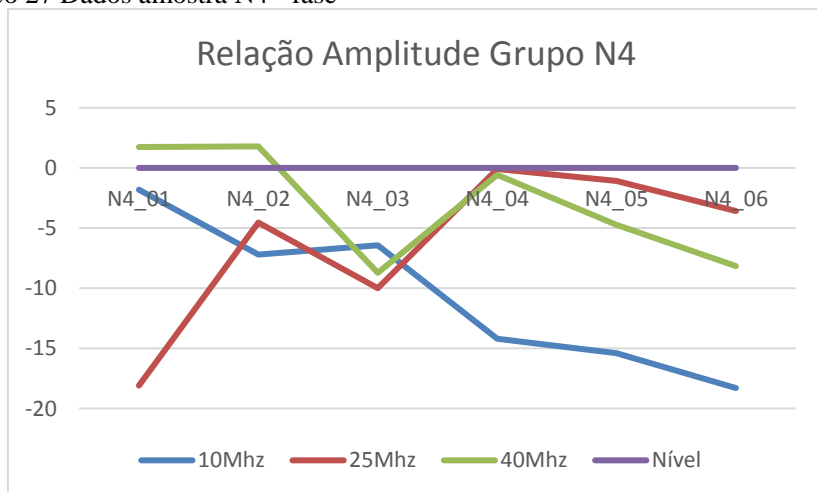
Para a amplitude e a fase do grupo 3 não foi percebido nenhuma relação válida com as outras análise ou amostras.

Gráfico 26 Dados amostras N4 - Amplitude



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Gráfico 27 Dados amostra N4 - fase



Fonte: próprio autor – Microsoft Excel

Analisando o grupo N4, podemos perceber que as amplitudes permanecem na mesma faixa para as diferentes frequências, sendo também a faixa de água potável, o que tem relação, pois o aquário é abastecido com água da torneira, porém a fase para cada faixa de frequência é diferente a única que tem um padrão similar a resistência elétrica é a frequência de 10Mhz, porém as outras faixas não imprimiram o mesmo padrão, logo não se pode afirmar nada.

## 7 RECONHECIMENTO E ANALISE INTELIGENTE

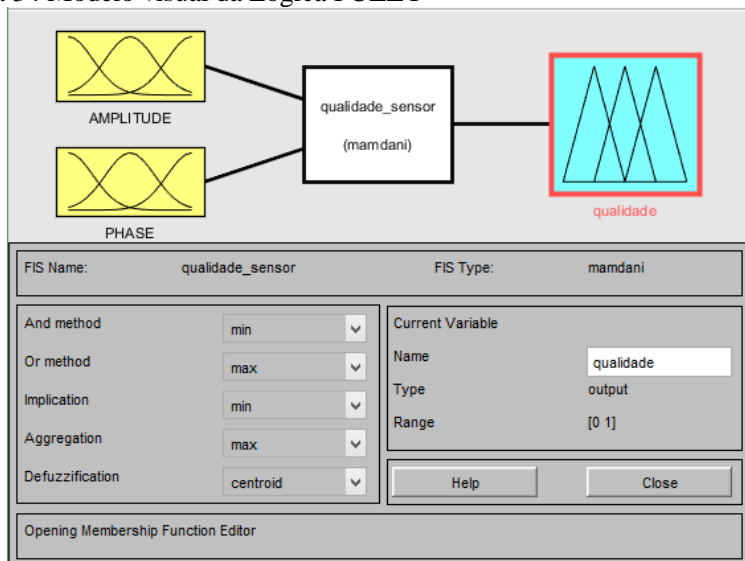
Após uma alta quantidade de dados, obtidos pelas imagens, tabelas e gráficos, podemos observar padrões de comportamento, entre amostras boas consideradas próprias para o consumo, amostras ruins, onde em último caso seria uma água consumida pela falta de opção, e totalmente imprópria por fatores físico-químicos.

Graças ao alto processamento e o ramo de inteligência artificial podemos utilizar um conjunto de lógica FUZZY para fazer a seleção da amostra para os casos estudados no capítulo anterior.

Visando facilitar, agilizar e propor uma forma inteligente de classificar as amostras, visamos usar os dados obtidos na análise de sinais em conjunto com um sistema FUZZY que possuem entradas processamento e saídas, sendo respectivamente amplitude de saída e fase, padrões observáveis e qualidade d'água. Como a lógica FUZZY possibilita o uso de variáveis alternativas, como muito, muito pouco, pouco, classificamos as faixas de amplitudes, os atrasos ou avanço de fase, e sua saída, a qualidade, é dividida em imprópria, ruim ou própria.

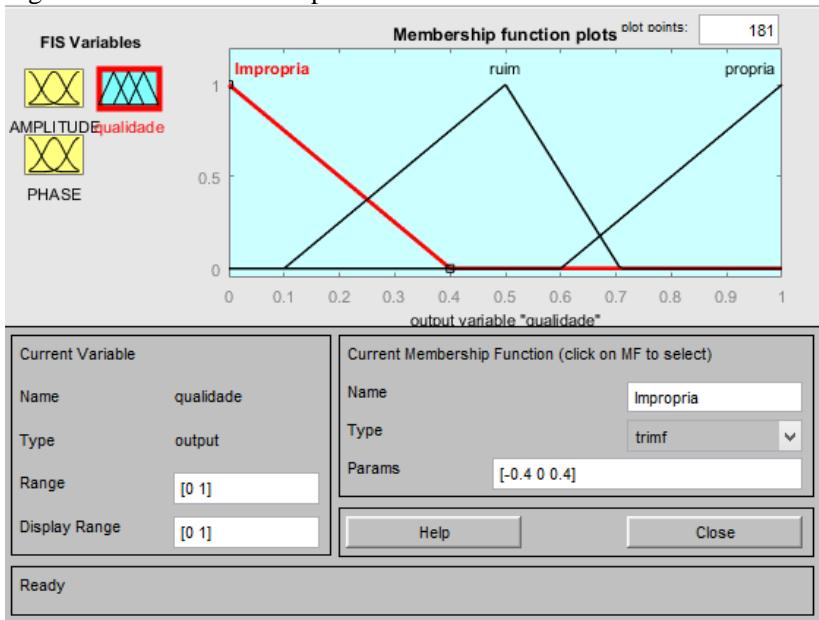
Utilizando uma biblioteca chamada “fuzzy” no MATLAB temos a opção de simular todo um sistema baseado nesse método, com uma interface visual.

Figura 34 Modelo visual da Lógica FUZZY



Como vemos na entrada temos a amplitude e a fase, o sensor de qualidade que é responsável pelo processamento da informação, composto pelo conjunto de regras criado pela observação dos padrões como por exemplo, se a faixa de amplitude está entre a metade do valor de entrada e a fase tem muito pouco atraso logo a qualidade da amostra é corresponde a própria para o consumo. E nessa saída temos a análise de qualidade. Ainda pela ferramenta podemos analisar as faixas de valores numéricos que correspondem a qualidades esperadas.

Figura 35 Faixa de valores para a saída



Também podemos observar as faixas numéricas criadas para a subdivisão da amplitude e fase.



Figura 36 Faixa de valores para de entrada: amplitude

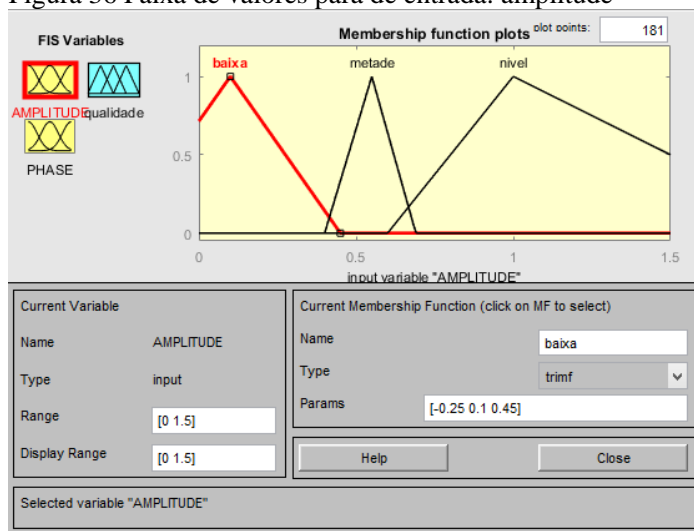
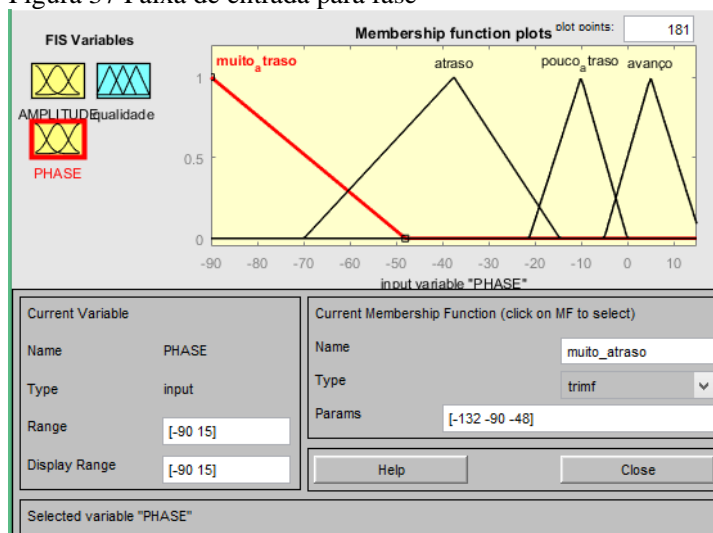
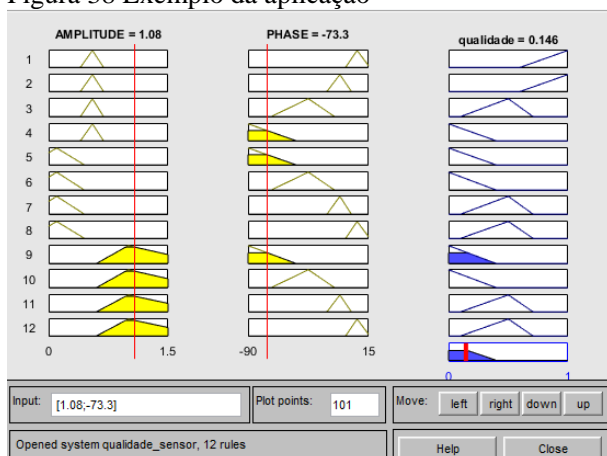


Figura 37 Faixa de entrada para fase



Além da montagem do sistema essa ferramenta visual, nos permite simular valores de entradas e obter o valor da saída. Através do comando *rules*, como veremos na figura 38.

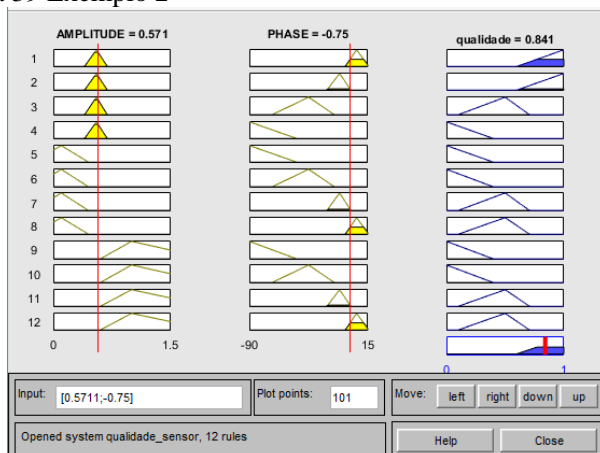
Figura 38 Exemplo da aplicação



Observando que a entrada é a amplitude da onda de saída temos a mesma com o valor de 1,08V com um atraso de fase de  $-73,3^\circ$ , logo o valor correspondente para minha saída está em torno de 0,1466. Representando um valor muito baixo para a qualidade nos afirmando que a mesma é impropria.

Já se passarmos como configuração aa resposta da onda de saída obtida nos gráficos 22 e 23 do capítulo anterior, sabemos que corresponde a uma amplitude em torno de 0,4 e 0,6V com pouco atraso de fase ou avanço, sabendo ser do grupo N2, com isso no sistema obtemos:

Figura 39 Exemplo 2



Dadas tais entradas percebemos que a saída é realmente inteligente e nos dá como resposta que a qualidade é igual à 8,41, ou seja, para os padrões utilizado a mesma está próprio para o consumo humano.

Percebendo que esse estudo conjunto de amostragem e migração dos dados analógicos para o digital tem grande potencial unindo forças com ramos de estudos inteligentes como o caso do FUZZY, além disso possibilitando um ganho de velocidade para o processamento da qualidade não dependo somente de leitura de dados ou gráficos que pode levar horas, tudo isso foi possível pela automatização do sistema.

O processamento e as regras que conduzem o conjunto de aplicação foram criados por tais observações humanas, porém a ramos de que podem fazer essa leitura de forma que encontre padrões que não foram observados por baixa capacidade de reconhecimento.

## **8 ESTUDOS E APLICAÇÕES FUTURAS**

Algumas técnicas e aplicações para este ramo pode estar presente em novos estudos, como maneira de automatizar o reconhecimento de padrões, amostragens em funções de algoritmos de frequência, diagramas de comportamento e funções de transferência das amostras, pois como foi comprovado a frequência influência nos resultados da análise de sinais.

### **8.1 TRANSFORMADA DE FOURIER**

Observando o estudo do teste a análise de sinais, obtive-se variação para diferentes faixas de frequência, portanto o estudo para baixas frequências se mostrou inadequado, poderia ser levantado um estudo, com diagrama de bode ou transformadas de Fourier que visam trabalhar com sinais amostrado a faixas de frequências variáveis, criando espectros da atuação das frequências.

A transformada de Fourier permite analisar de forma adequada funções não periódicas, compete em algumas aplicações com a transformada de Laplace. Entretanto, a transformada de Fourier é mais útil que a transformada de Laplace em algumas aplicações relacionados com problemas de comunicações e processamento de sinais.

## **9 CONCLUSÃO**

Percebe-se que alguns casos obtiveram resultados muito significativos com respostas bastante explícita, assim como teve dados que só possibilitou respostas depois que realizado comparações.

O estudo deve passar por avaliação de profissionais da área, para confirmar as teses apresentadas. Alguns pontos principais em destaque foi a resistência elétrica do líquido que funciona como um controlador de sujeira de água, assim podendo ser usando para diversas aplicações como foi citado. Também analisando a resistência do líquido pode se comprovar que quanto maior a resistência mais pura a água está para consumo.

Outro teste que demonstrou aspecto positivo foi a utilização do módulo funduino, durante a obtenção dos seus dados nada foi notado, nenhum padrão, mas assim que comparado com o teste químico de pH para todas as classes ele obedeceu a mesma tendência de resultado.

O teste óptico também teve seu resultado como esperado, confirmando a presença de sujeira, e coloração alterada. O fato mais interessante neste teste foi que algumas amostras se mostraram homogênea, as que contém alguma substância misturada seja sabão incolor, ou vinagre branco, obtiveram os mesmo valores de resistências das amostras potáveis, porém com valores de desvio muito alterado, indicando que mesmo elas sendo transparente há substância interna causando alteração no fluxo de iluminação, e isso só foi possível levantando inúmeros resultados, graças ao alto processamento dos microcontroladores.

Já para os testes de análise de sinais, as obtenções de respostas se tornaram mais difíceis, seja por problemas que as faixas de frequências causaram e pela baixa capacidade dos materiais eletrônicos em trabalharem a taxas de altas frequências, ou por necessitar um estudo mais profundo nessa área, como o caso de aplicar uma transformada e discretizar seus dados.

Porém algumas características puderam ser observadas, as amostras potáveis têm seu sinal atenuado, a quase 50% do valor original para as diferentes faixas de frequência, se mostrando a única classe de amostra a obter um padrão para sua amplitude e fase, já no grupo de testes, tivemos muita variação, ondas atenuadas, amplificadas e ondas inalteradas. Fortalecendo que a faixa de 25Mhz apresentou os melhores resultados para o estudo das amplitudes, enquanto os testes a 10Mhz apresentação melhores resultados para a fase. Mesmo que através das observações as medidas das fases não resultaram em análise nenhuma.

Todo o estudo feito em cima da biologia, bioquímica, química, foram mais que essenciais para a realização deste estudo, mesmo não sendo matérias obrigatórias durante a graduação podemos notar a

importância e a grande capacidade que o curso e a área de engenharia de computação possibilitam, o conhecimento de multiáreas que foi possível com esse estudo mostrou a gama de conhecimento que se pode explorar.

Com toda a complexidade de dados e áreas restritas a este trabalho a possibilidade de melhoria e evolução no mesmo pode levar a estudos de criação e patente de algum método eficiente para a produção do sensor, que futuramente pode estar aplicado a nossas casas inteligentes, ou filtros elétricos que avisem o que podemos estar ingerindo, e/ou seus perigos, ou simplesmente para controlar viveiro de animais aquáticos, como tanques de criação de ostras.

Esse foi o primeiro passo de um estudo que comprovou a eficiência de alguns métodos eletrônicos utilizados para medições de análises físico-químicas do mundo real, visto a possibilidade de desenvolver novas análises este estudo não se acaba ou é finalizado aqui, pois está aberto a continuações, comprovações e melhoramentos.

## REFERÊNCIAS

Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., & Jacob-Lopes, E. (2014). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente E Água*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

Angelis, C. F., Waichaman, A. V., Silva, A. E. P., & Machado, L. A. T. (2008). Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, 38(4), 733–742. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>

Prado, R. B. (2004). Geotecnologias Aplicadas à Análise Espaço Temporal do Uso e Cobertura da Terra e Qualidade da Água do Reservatório de Barra Bonita, SP, como Suporte á Gestão de Recursos Hídricos, 197.

HACH LANGE LDA (Org.). Tecnologia de medição de processo para análise de água: Produtos e serviços para água potável e águas residuais, 2012. 44 p. Disponível em: <W W W . H A C H - L A N G E . P T>. Acesso em: 20 maio 2017.

Gonzaga De Toledo, L., & Nicolella, G. (2002). Qualidade de água em microbacia ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM MICROBACIA SOB USO AGRÍCOLA E URBANO. *Scientia Agrícola*, 59(1), 181–186. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>

Donadio, N. M. M., Galbiatti, J. a., & Paula, R. C. De. (2005). Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, 25(1), 115–125. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>

Alves, N. C., Odorizzi, A. C., & Goulart, F. C. (2002). Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento, Marília, SP. *Revista de Saude Publica*, 36(6), 749–751. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000700014>

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. (Org.). Manual prático de análise de água. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

OLIVEIRA, Juliano Rodrigues Fernandes de. Gerador de sinais AD9850 + Arduino (Itens básicos e baratos para laboratório maker). 2017. Let's do This! (Vamos fazer isso!). Disponível em:

<<https://www.letsdothismaker.com/single-post/2017/08/21/PT-BR-Itens-básicos-e-baratos-para-laboratório-maker-Gerador-de-sinais-AD9850-Arduino>>. Acesso em: 10 out. 2017.

TESTING an eBay AD9850 DDS module with Arduino Uno. 2012. NR80. Disponível em: <<http://nr80.dhlpilotcentral.com/?p=83>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

INSTITUTO NEWTON C BRAGA. Fórmulas para amplificadores operacionais (M251). Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/matematica-para-eletronica/4653-formulas-paraamplificadores-operacionais-m251.html>>. Acesso em: 15 out. 2017.

BRASÍLIA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA). Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/matematica-para-eletronica/4653-formulas-paraamplificadores-operacionais-m251.html>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

KENDRI, Dimiter. Lake turbidity monitoring. 2017. Earth Day: Planet Pulse. Disponível em: <<https://www.hackster.io/contests/EarthDayPlanetPulse/ideas/6003>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

ARDUINO. What is Arduino? Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 23 out. 2017.

SOUZA, Fábio. Arduino UNO: Taxa de amostragem do conversor A/D. 2014. © Embarcados. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-taxa-de-amostragem-conversor-ad/>>. Acesso em: 29 out. 2017.

SOUZA, Fábio. Arduino: Entradas Analógicas. 2013. © Embarcados. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduino-entradas-analogicas/>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

MOTA, Allan. SENSOR DE LUZ COM LDR: Aprendendo a usar o LDR. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-luz-com-ldr/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

LEARNING ABOUT ELECTRONICS. How to Build a Liquid Level Sensor Circuit with an Arduino. Disponível em: <<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Arduino-liquid-level-sensor-circuit.php>>. Acesso em: 15 set. 2017.

髻品手冊. Water Sensor Module User's Manual. DIV ROBOT KEYES. Disponível em: <[http://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480850810\\_water.pdf](http://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1480850810_water.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2017.

TERCI, Daniela Brotto Lopes and ROSSI, Adriana Vitorino. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução?. *Quím. Nova* [online]. 2002, vol.25, n.4, pp.684-688. ISSN 0100-4042. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422002000400026>.

AMPLIFICADORES Operacionais. C. Hackeando uma Balança Digital. Disponível em: <<http://www.c2o.pro.br/hackáguas/apb.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

REIS, Solange Batista de Sousa Anacleto. A mágica da água que muda de cor.2011. Disponível em: <<http://quipibid.blogspot.com.br/2011/05/magica-da-água-que-muda-de-cor.html>>. Acesso em: 08 out. 2017.

GONÇALVES, Beatriz Santos. Análise do creme dental. 2011. Disponível em: <<http://experimentosquimicos.blogspot.com.br/2011/06/análise-do-creme-dental.html>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

Fechine, J. M. (2010). A Transformada de Fourier e Suas Aplicações, 56.

Higuti, R. T. (1999). Processamento Digital de Sinais Notas de Aula.

Modulation, P. C. (n.d.). Formatação de fonte.

Ítalo, P., Albuquerque, R., Barbosa, E., & Dias, D. (n.d.). Simplificações e adaptações para redução do custo computacional do pré-processamento de voz na Platraforma Arduino, 9–18.

Terci, D. B. L., & Rossi, A. V. (2002). Indicadores naturais de pH: Usar papel ou solução? *Química Nova*, 25(4), 684–688. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000400026>



Formas de onda e frequência. (1894), (2), 1–11.

Pedro, J., & Pacheco, C. (2010). Sistema de Processamento e Análise de Sinais para um Fato de Natação.

Sensor, W. (2013). Water Sensor Module User's Manual, 1–3.

Palitó, T. T. C., Florentino, C. S., Costa, S. C., & Suzete, E. N. (n.d.). O uso da plataforma de desenvolvimento, 35–41.

Romano, L. E., & Adami, A. G. (2015). Reconhecimento automático de gêneros musicais utilizando classificadores baseados em múltiplas características. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 7(1), 85–99. <https://doi.org/10.5335/rbca.2015.4281>

## APÊNDICE A -Código Fonte da Aplicação

```
// Programa para a aplicação final HC_SR08
// Ewerton Walter Rigon Furtado Revisão 20/10/2017
// Código:TCC-FINAL01_01

// Variável para armazenar os resultados

unsigned long valor;
int AO = 0;
float Vo;

// constante para configuração do prescaler
const unsigned char PS_16 = (1 << ADPS2);
const unsigned char PS_32 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS0);
const unsigned char PS_64 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1);
const unsigned char PS_128 = (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1 <<
ADPS0);

#define W_CLK 8 // Pin 8 - conectado ao pino que carrega a
palavra de clock (CLK)
#define FQ_UD 9 // Pin 9 - conectado ao pino que atualiza a
frequência(FQ)
#define DATA 10 // Pin 10 - conecta ao pino que carrega o
dado serial( DATA)
#define RESET 11 // Pin 11 - conectado ao pino de reset
(RST).

#define pulseHigh(pin) {digitalWrite(pin, HIGH); digitalWrite(pin,
LOW); }

// transfere um byte, um bit de cada vez, LSB primeiro para o 9850
via linha de dados em série
void tfr_byte(byte data)
{
    for (int i=0; i<8; i++, data>>=1) {
        digitalWrite(DATA, data & 0x01);
        pulseHigh(W_CLK); //after each bit sent, CLK is pulsed high
    }
}

// Calcula Frequencia pelo datasheet pagina 8 = <sys clock> *
<frequency tuning word>/2^32
void sendFrequency(double frequency) {
    int32_t freq = frequency * 4294967295/125000000; // note 125 MHz
clock on 9850
    for (int b=0; b<4; b++, freq>>=8) {
        tfr_byte(freq & 0xFF);
    }
    tfr_byte(0x000); // byte de controle final
    pulseHigh(FQ_UD); // Pronto, frequencia atualizada.
}
}
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // Configurando pinhos de entrada e saída.
  pinMode(FQ_UD, OUTPUT);
  pinMode(W_CLK, OUTPUT);
  pinMode(DATA, OUTPUT);
  pinMode(RESET, OUTPUT);

  pulseHigh(RESET);
  pulseHigh(W_CLK);
  pulseHigh(FQ_UD); // Esse pulso atualiza a saída serial segundo
- Datasheet page 12 figure 10

  // configura o preescaler do ADC
  ADCSRA &= ~PS_128; //limpa configuração da biblioteca do arduino

  // valores possíveis de prescaler só deixar a linha com prescaler
desejado
  // PS_16, PS_32, PS_64 or PS_128
  //ADCSRA |= PS_128; // 64 prescaler
  // ADCSRA |= PS_64; // 64 prescaler
  ADCSRA |= PS_32; // 32 prescaler
  // ADCSRA |= PS_16; // 16 prescaler
}

void loop() {

  //controlando frequência
  sendFrequency(1.e3);

  // leitura
  valor = analogRead(A0); //le valor convertido
  Vo = (valor * (0.004882)); // Calcula o valor da tensão referente
a resolução = Vref/2^b 10 bits de resolução

  //exibe valor lido
  Serial.print("tensão:");
  Serial.print(Vo); Serial.println("V");
  delay(500);
}

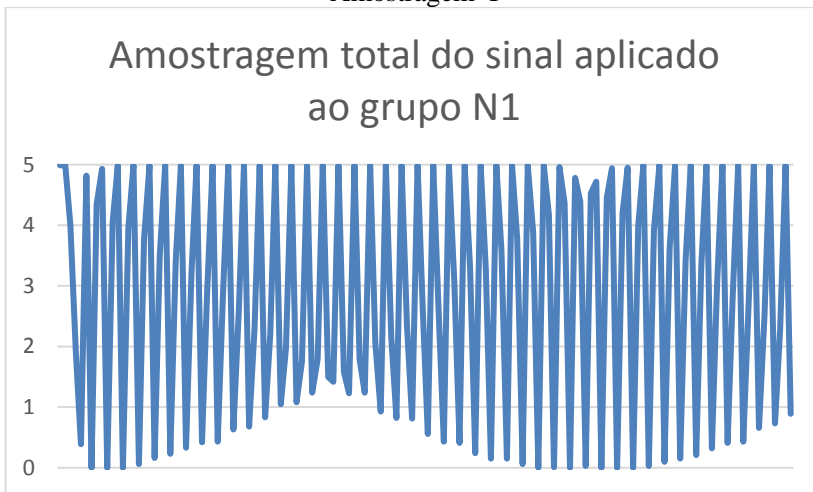
```

## APÊNDICE B – Dados de Amostragem

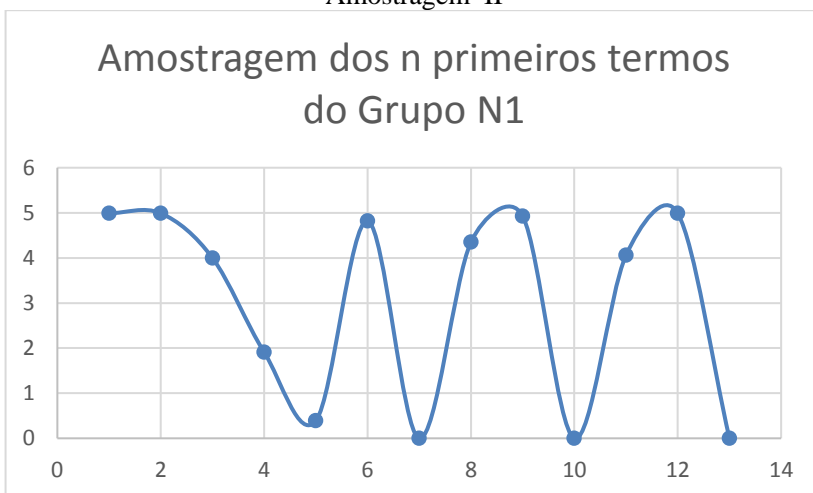
Os dados numéricos e as tabelas podem ser acessados pelo link:

[Tabela amostragem.](#)

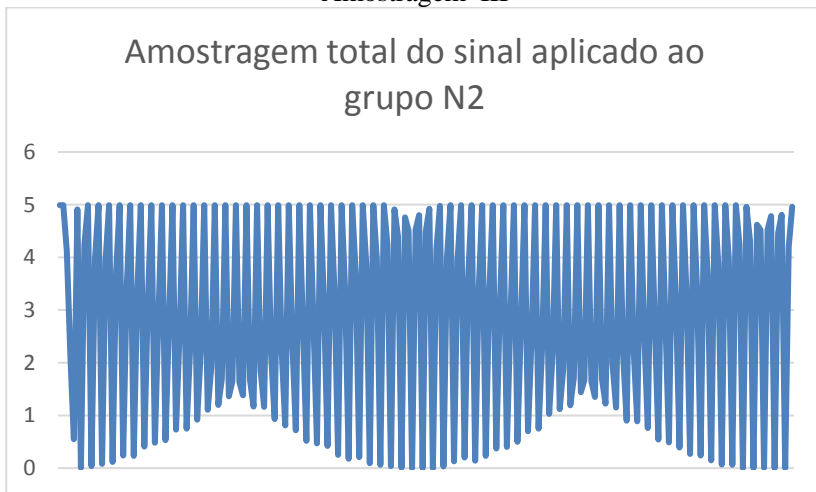
Amostragem I



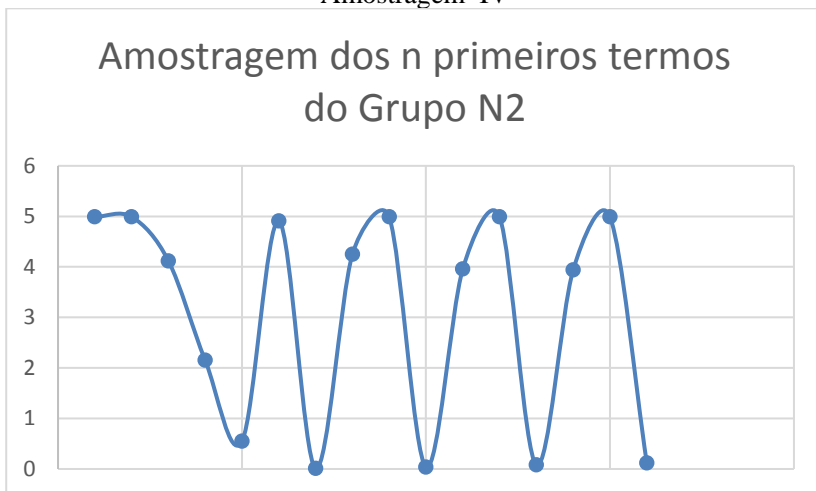
Amostragem II



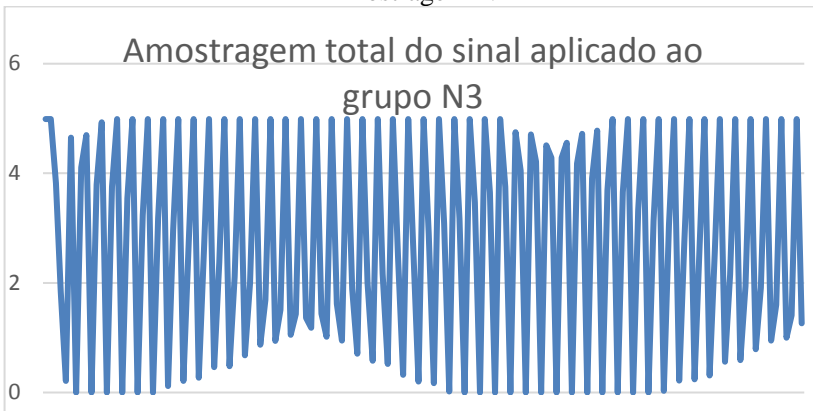
## Amostragem III



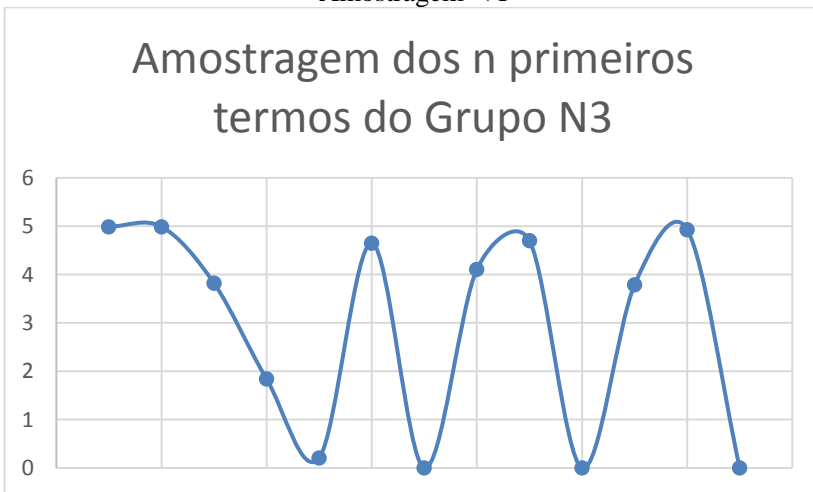
## Amostragem IV



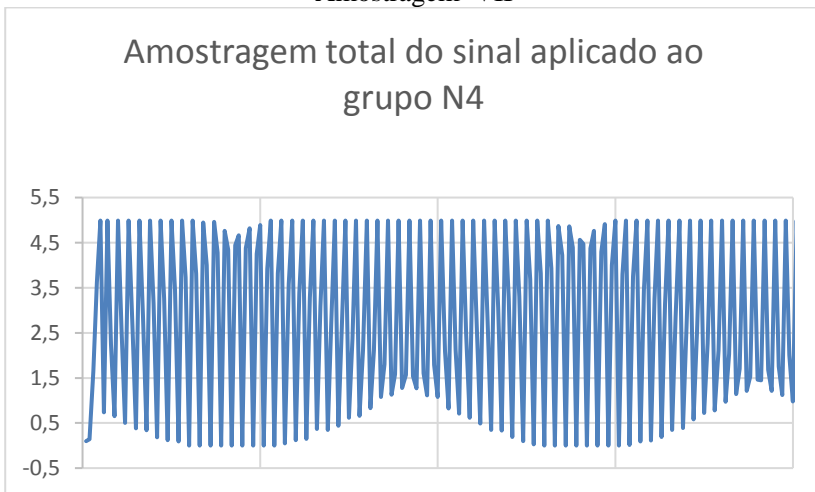
## Amostragem V



## Amostragem VI



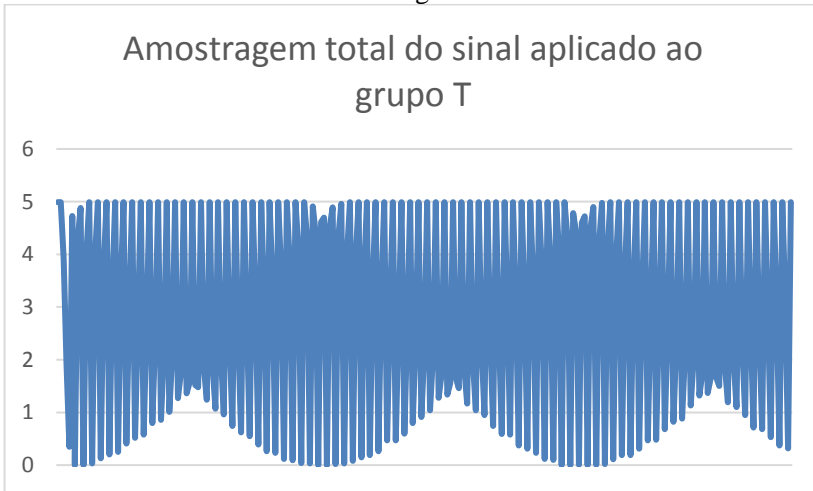
## Amostragem VII



## Amostragem VIII



## Amostragem IX



## Amostragem X



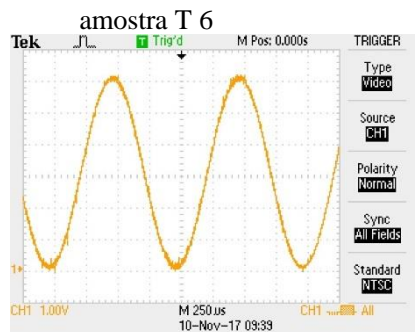
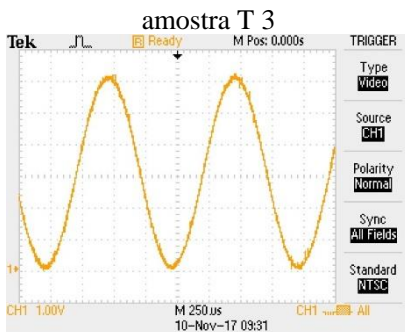
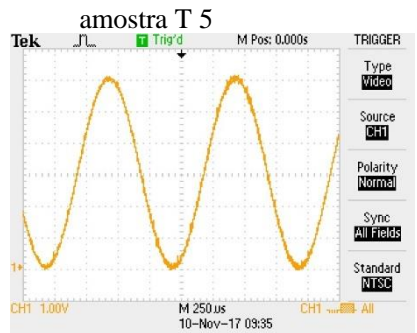
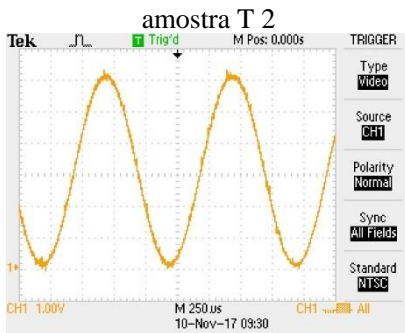
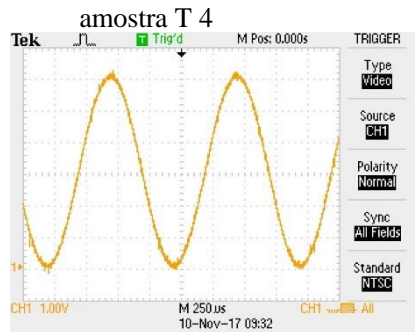
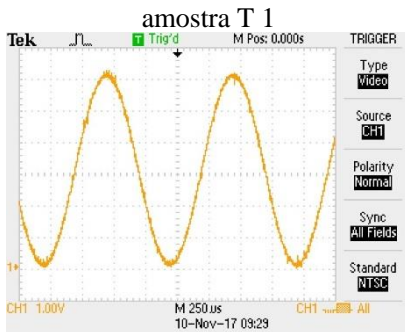


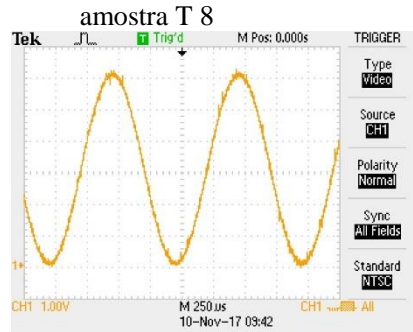
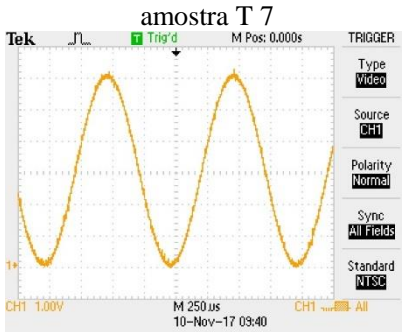


## APÊNDICE C – Imagens das ondas de saída das amostras para o teste de 1KHz

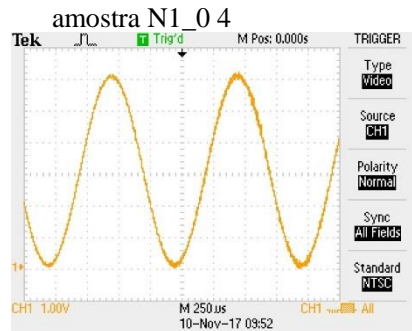
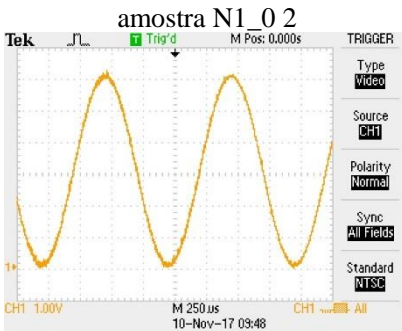
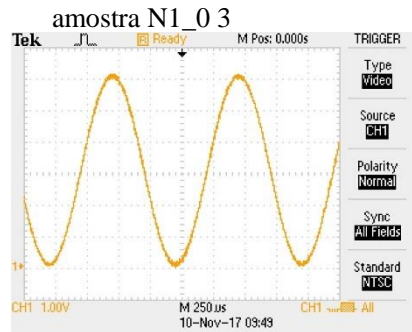
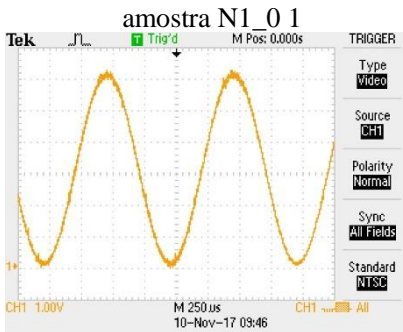
As imagens em alta definição podem ser conferidas no Link: [Freq\\_1KHz](#)

### Amostras grupo T - Teste

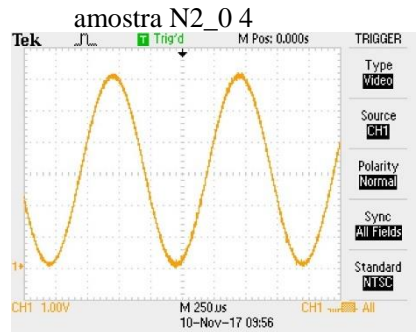
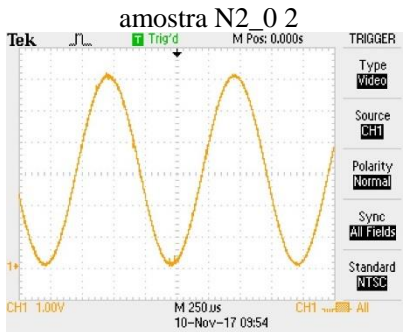
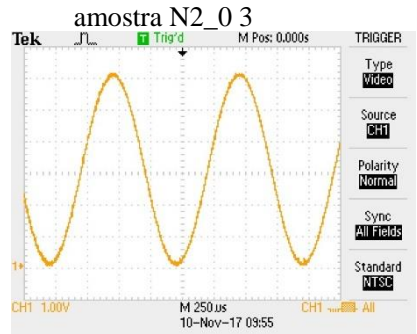
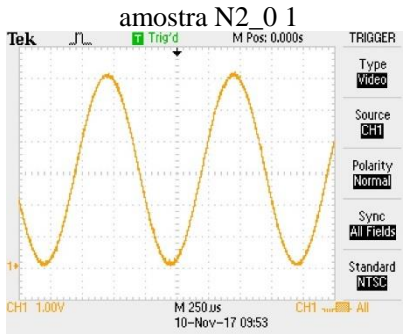




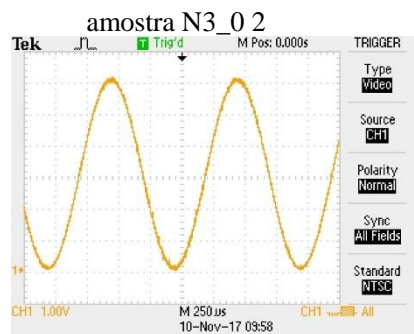
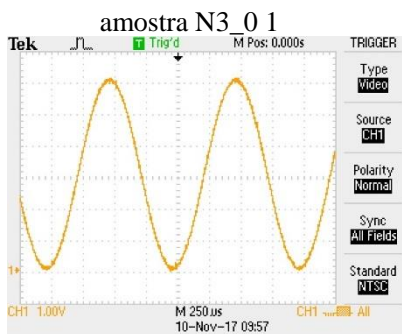
Amostras Grupo N1 – Água de caixa D'água residencial:

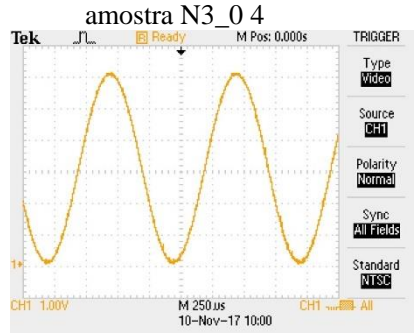
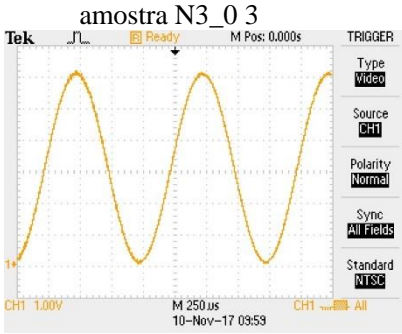


### Amostras grupo N2 – água tratada no Filtro Elétrico:

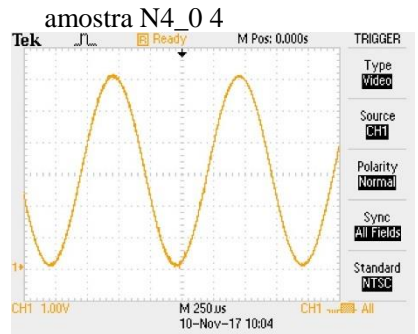
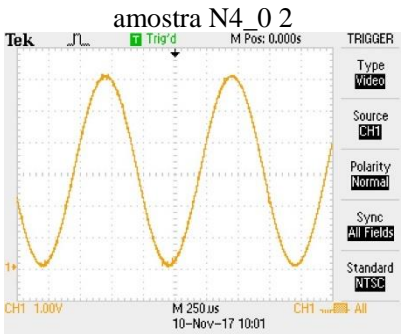
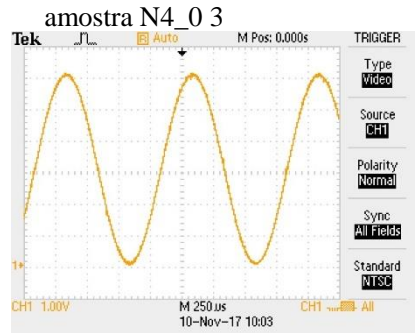
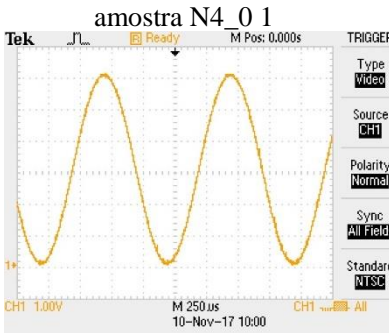


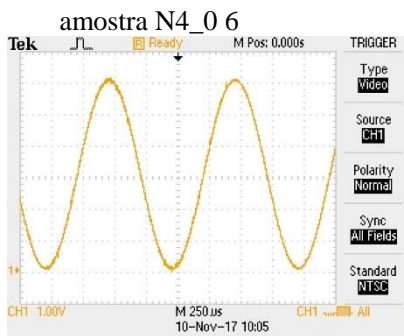
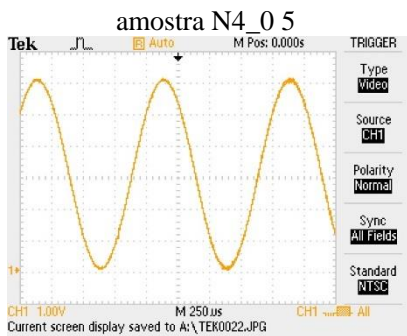
### Amostras do Grupo N3 – Rio Araranguá:





Amostra N4 – Água do aquário de tartaruga:



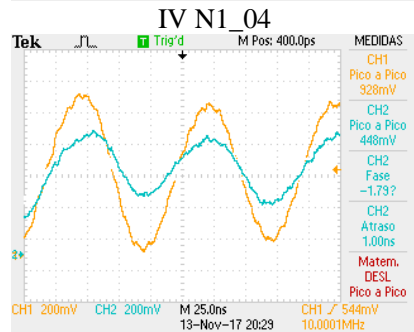
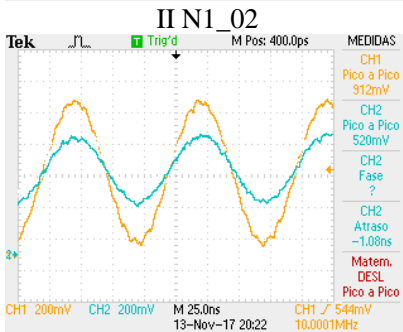
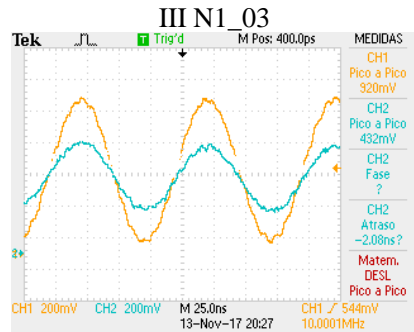
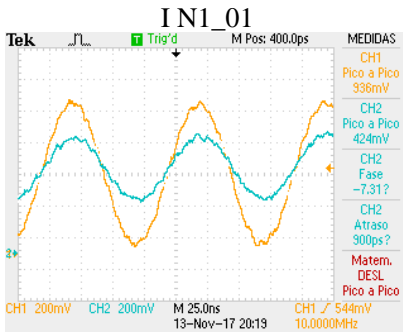




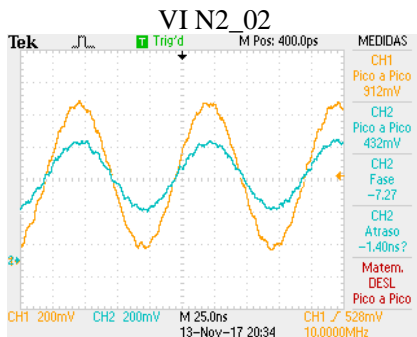
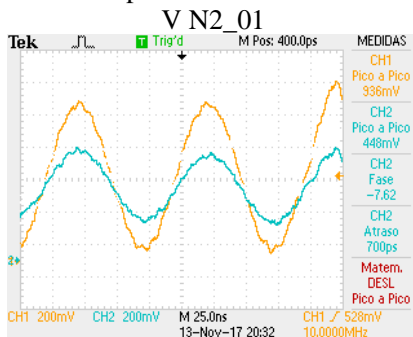
## APÊNDICE D – Imagens dos Testes de Alta Freqüência para 10Mhz

As imagens em alta definição podem ser conferidas no Link: [Freq\\_10MHz](#)

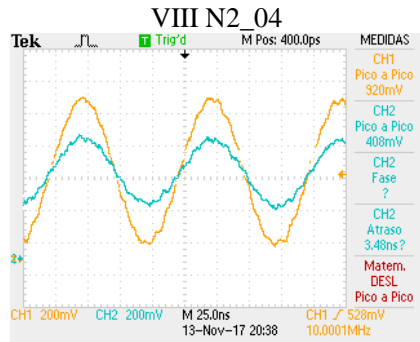
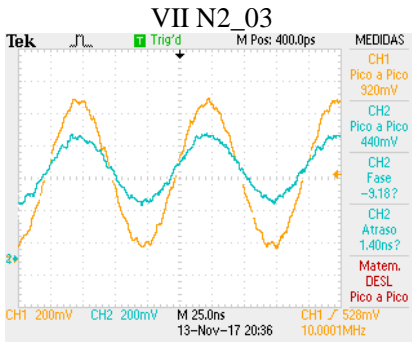
Resultados para Classe N1:



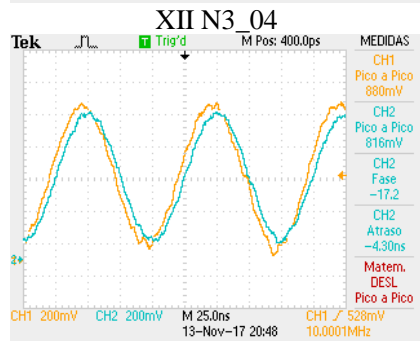
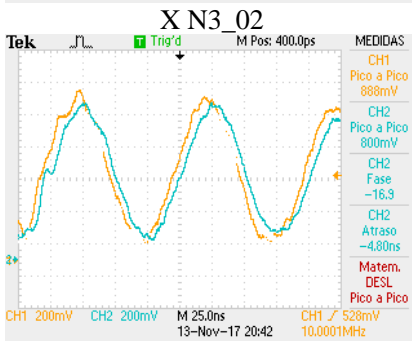
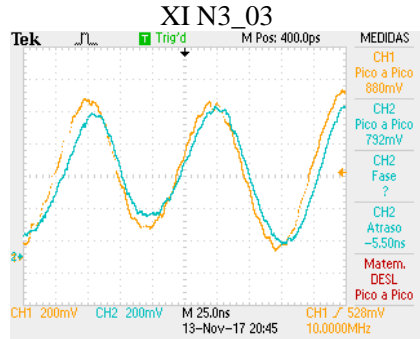
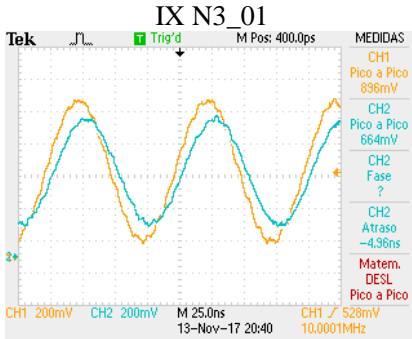
Resultado para Classe N2:





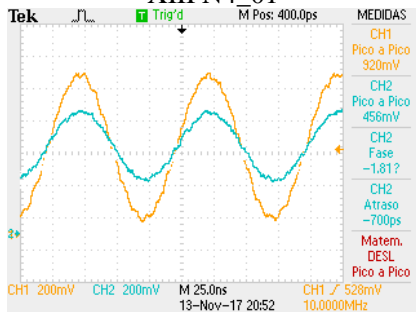


## Resultados para Classe N3:

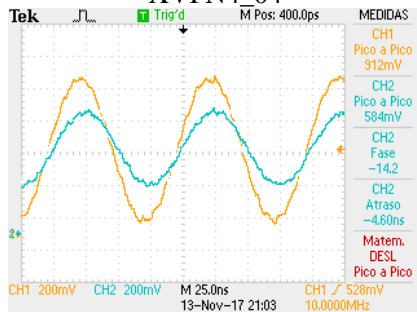


## Resultados para Classe N4:

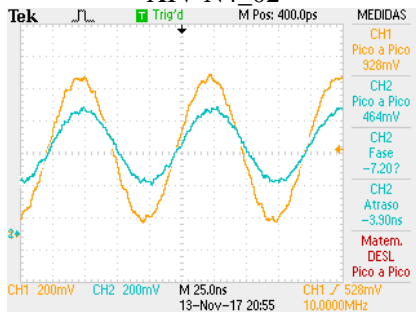
XIII N4\_01



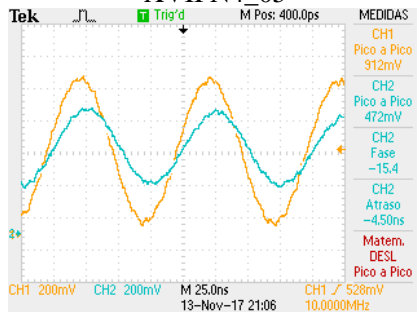
XVI N4\_04



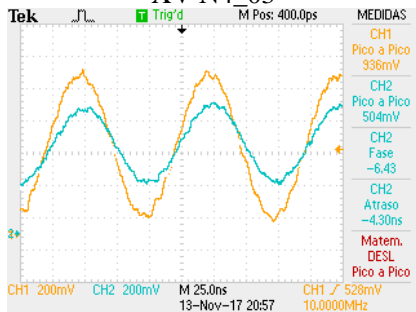
XIV N4\_02



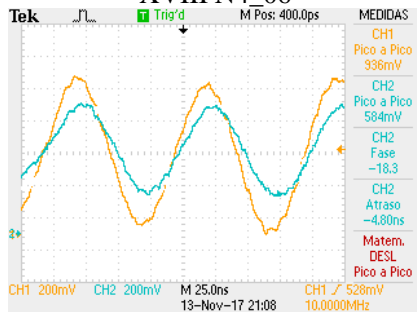
XVII N4\_05



XV N4\_03

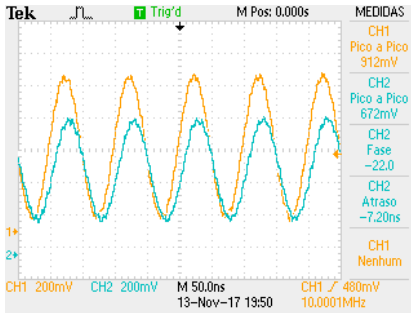


XVIII N4\_06

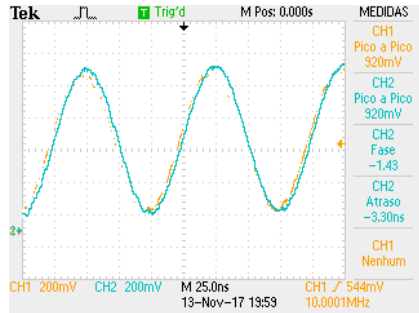


## Resultados para Classe T:

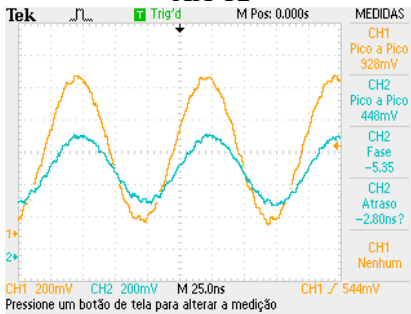
## XIX T1



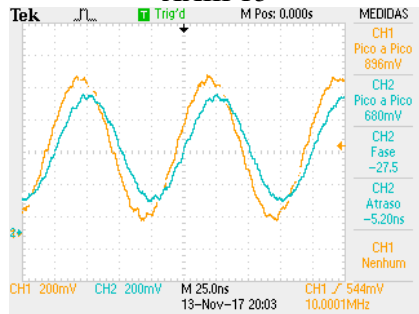
## XXII T4



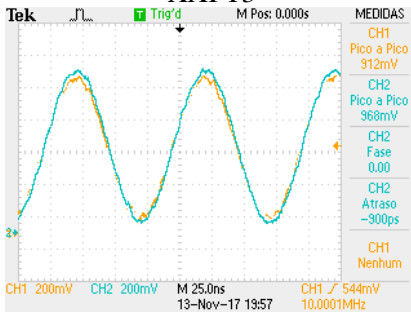
## XX T2



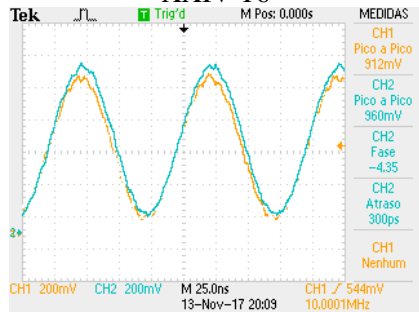
## XXIII T5

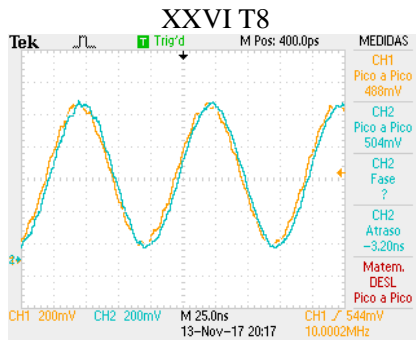
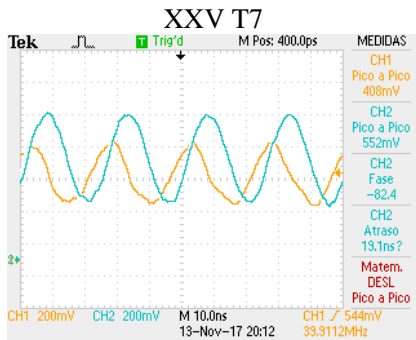


## XXI T3



## XXIV T6



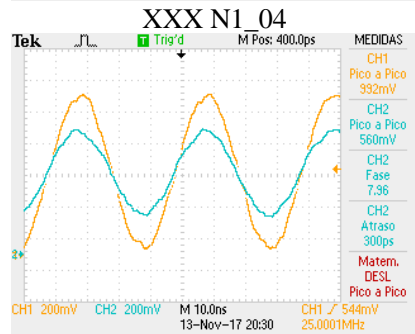
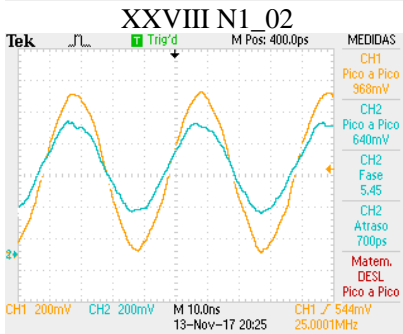
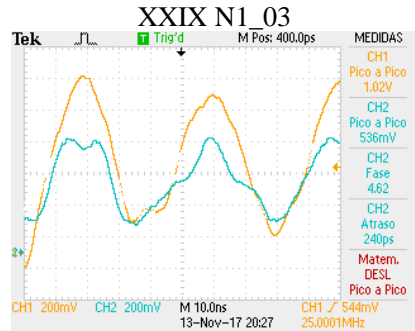
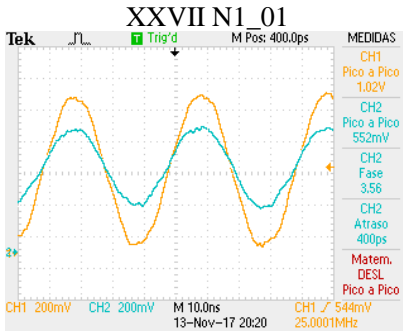




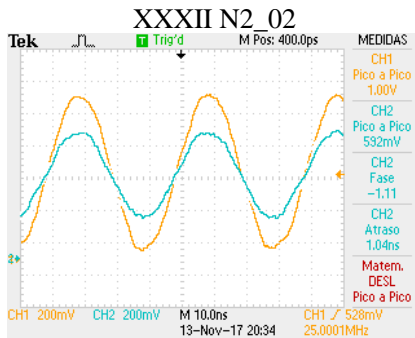
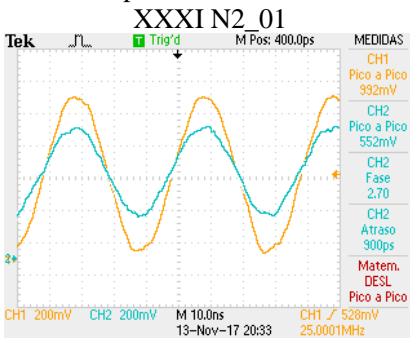
## APÊNDICE E – Imagens dos Testes de Alta Frequência para 25Mhz

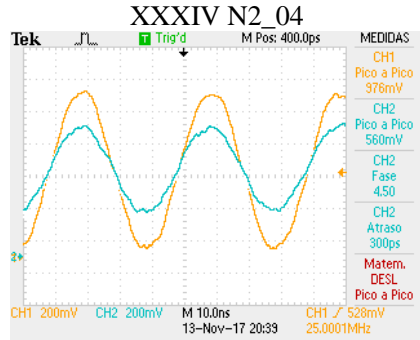
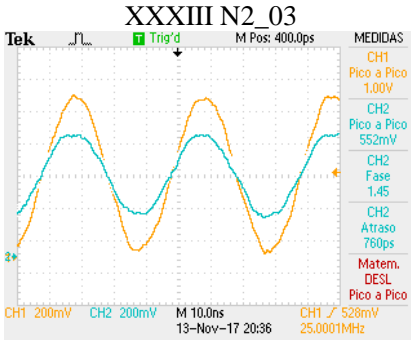
As imagens em alta definição podem ser conferidas no Link: [Freq\\_25MHz](#)

Resultados para Classe N1:

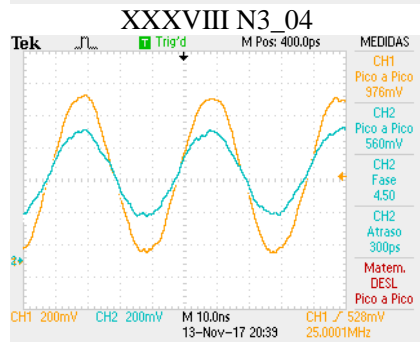
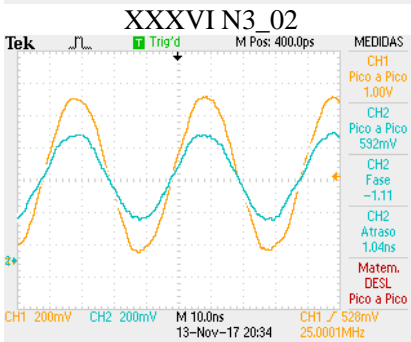
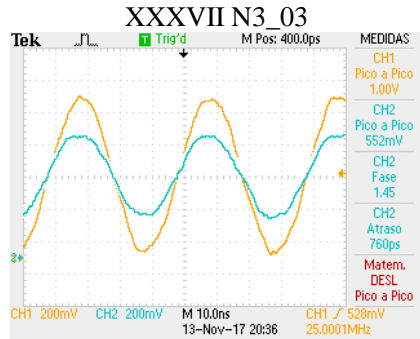
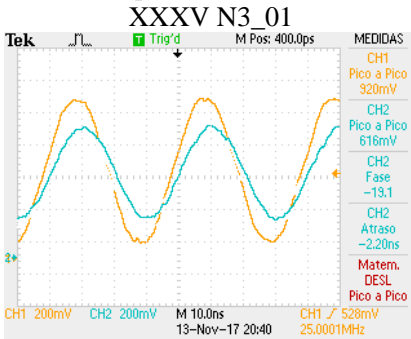


Resultado para Classe N2:



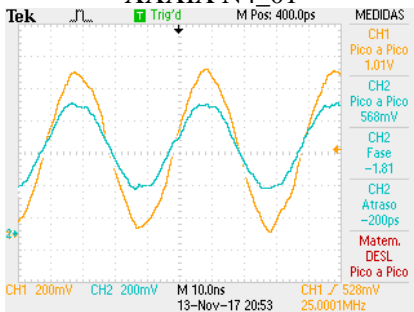


## Resultados para Clase N3:

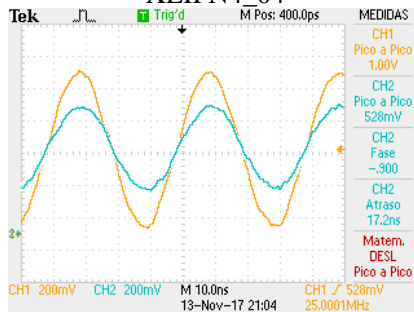


## Resultados para Classe N4:

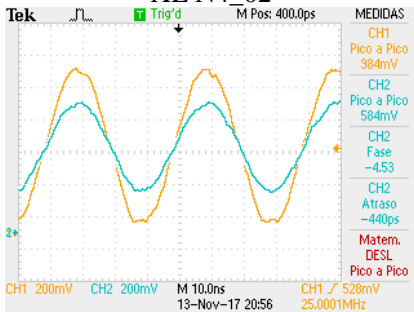
## XXXIX N4\_01



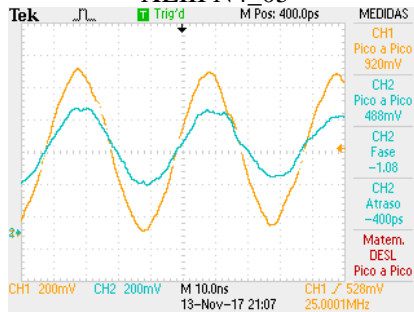
## XLII N4\_04



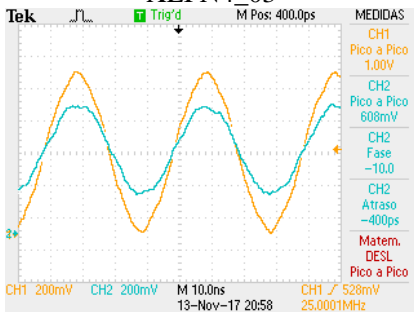
## XL N4\_02



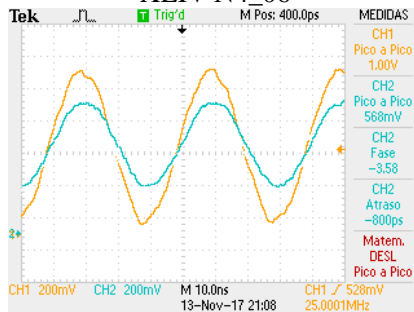
## XLIII N4\_05



## XLI N4\_03



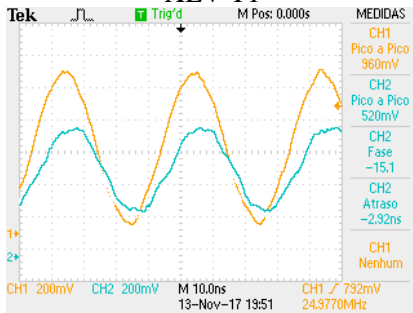
## XLIV N4\_06



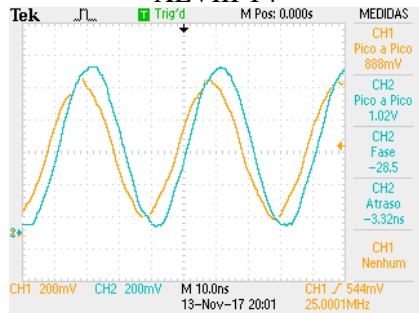


## Resultados para Classe T:

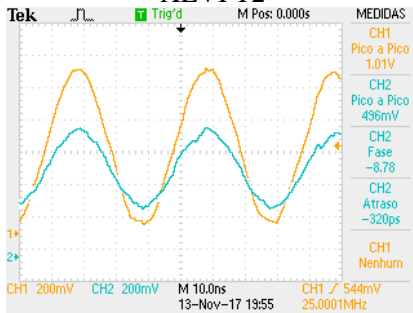
XLV T1



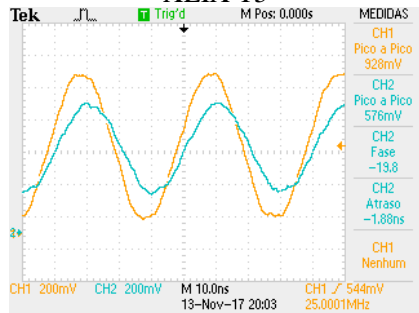
XLVIII T4



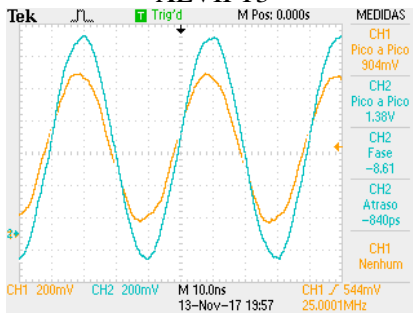
XLVI T2



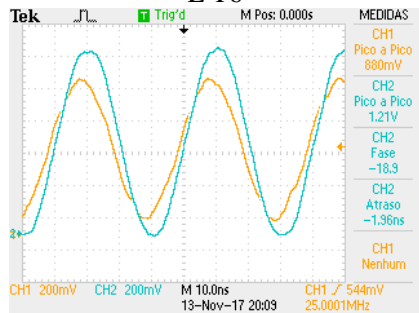
XLIX T5

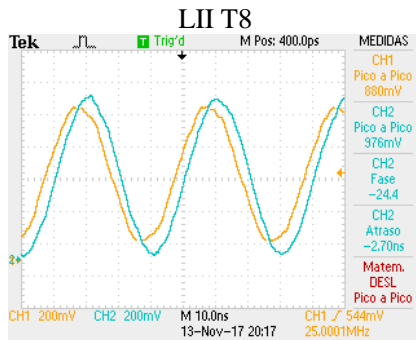
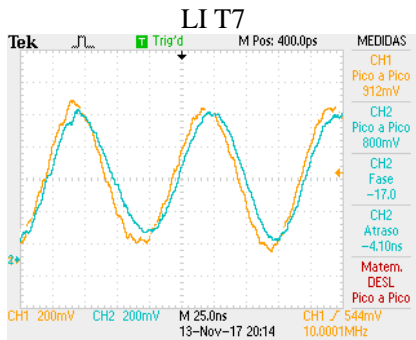


XLVII T3



L T6



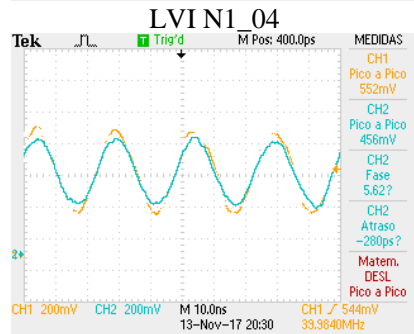
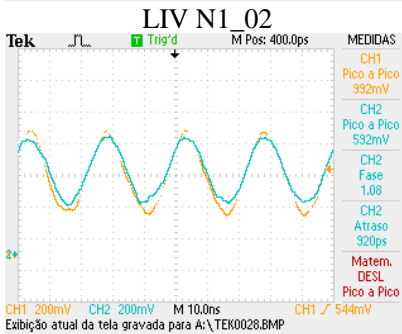
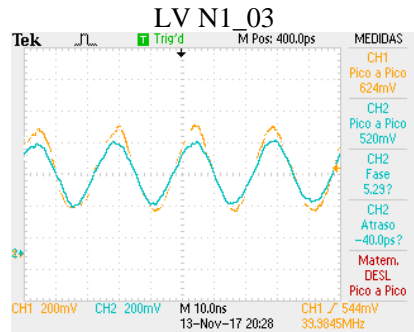
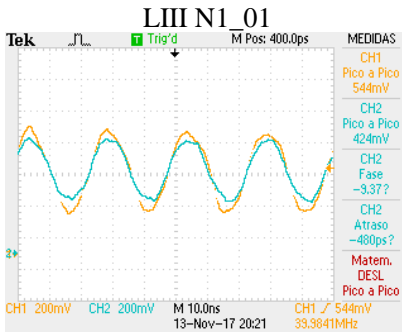




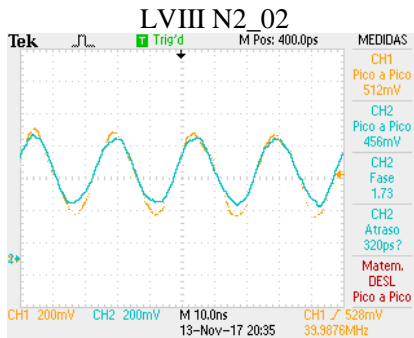
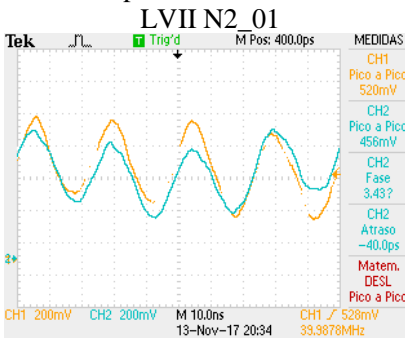
## APÊNDICE F – Imagens dos Testes de Alta Frequência para 40Mhz

As imagens em alta definição podem ser conferidas no Link: [Freq\\_40MHz](#)

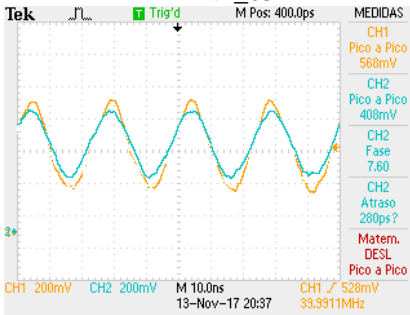
Resultados para Classe N1:



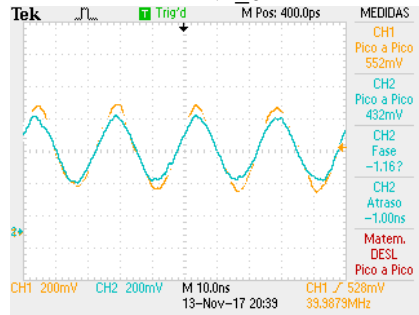
Resultado para Classe N2:



LIX N2\_03

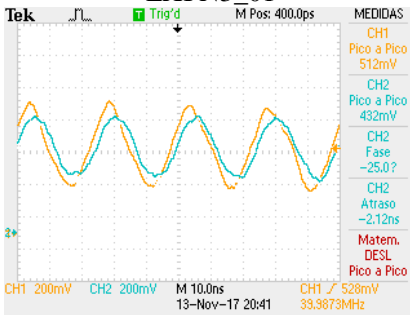


LX N2\_04

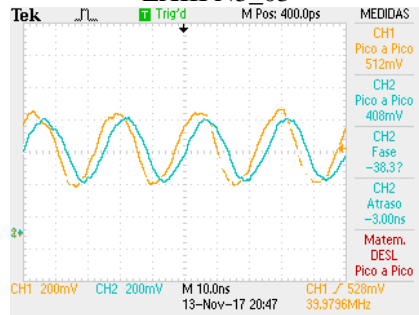


## Resultados para Classe N3:

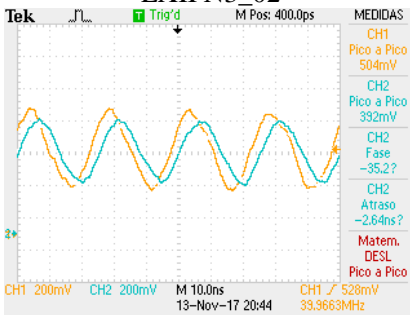
LXI N3\_01



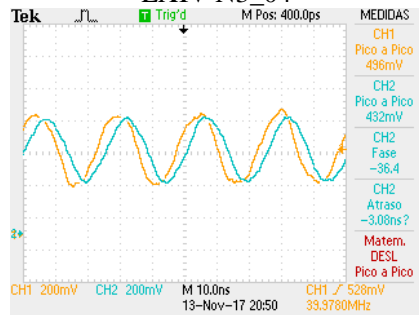
LXIII N3\_03



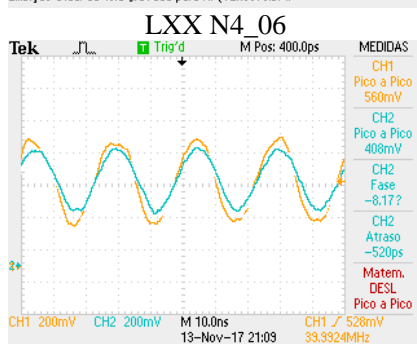
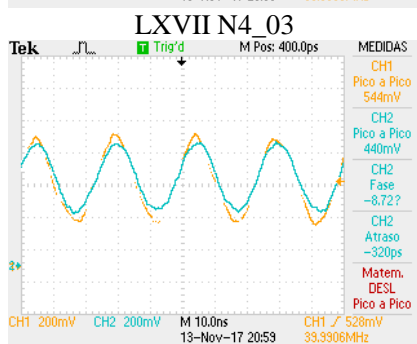
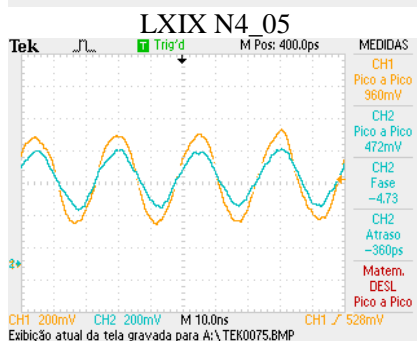
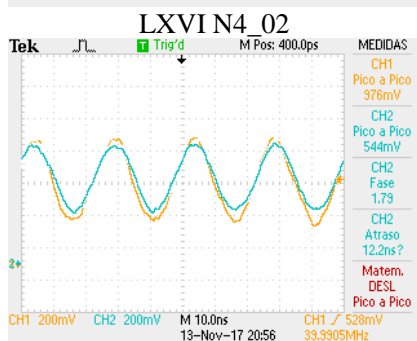
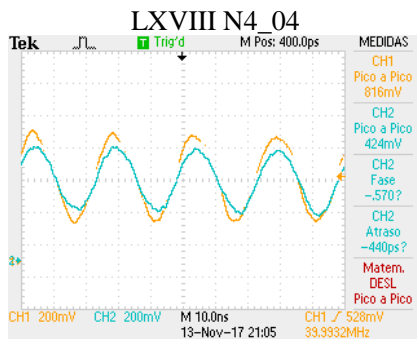
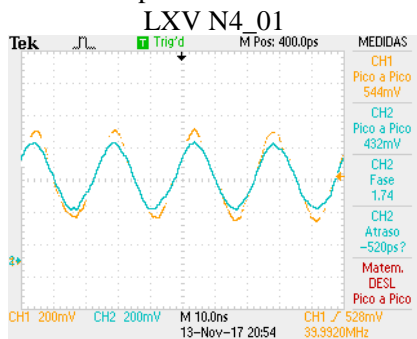
LXII N3\_02



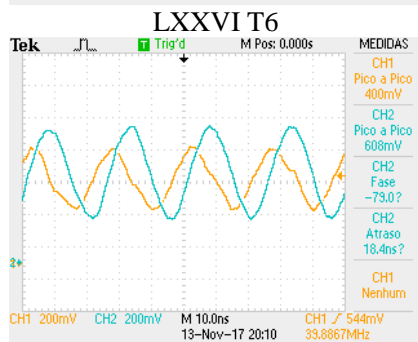
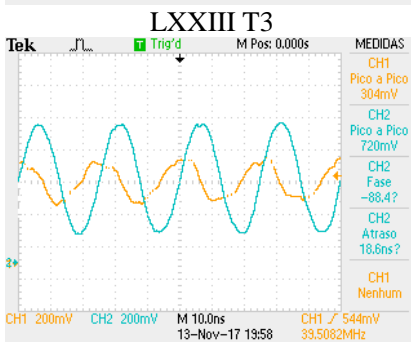
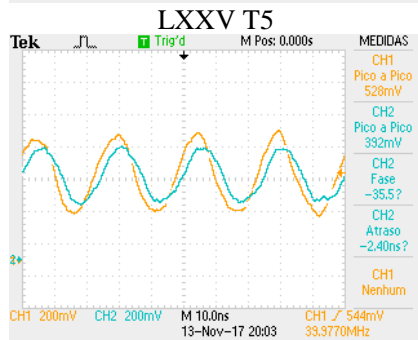
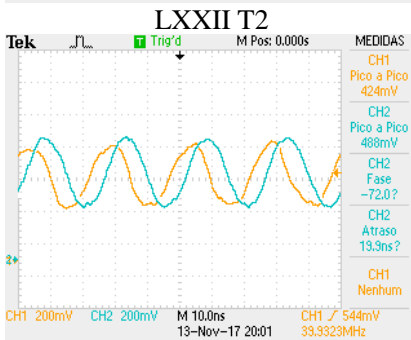
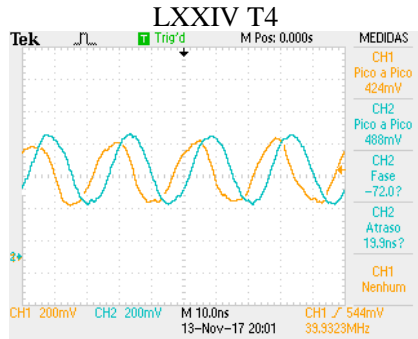
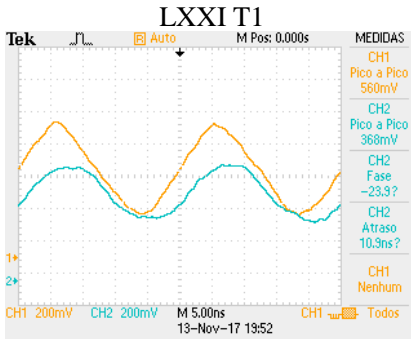
LXIV N3\_04

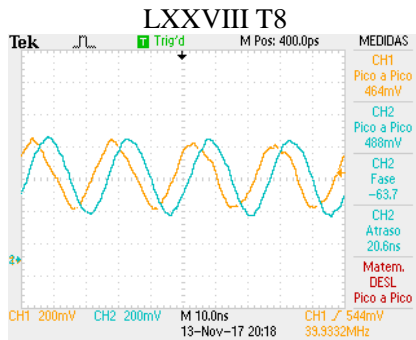
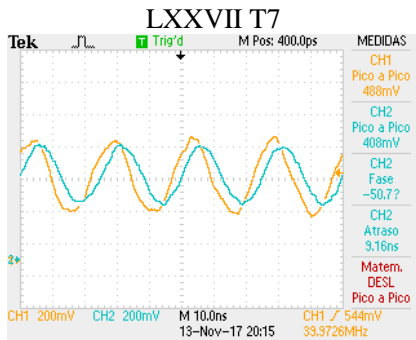


## Resultados para Classe N4:



## Resultados para Classe T:









## APÊNDICE G – Imagens dos Testes Químicos

As imagens em alta definição podem ser conferidas no Link: [Testes químicos](#)

Resultados para Classe N1:

LXXIX N1\_01



LXXXI N1\_03



LXXX N1\_02



LXXXII N1\_04



Resultado para Classe N2:

LXXXIII N2\_01



LXXXIV N2\_02



LXXXV N2\_03



LXXXVI N2\_04



Resultados para Classe N3:

LXXXVII N3\_01



LXXXIX N3\_03



LXXXVIII N3\_02



XC N3\_04



Resultados para Classe N4:

XCIN4\_01



XCIV N4\_04



XCII N4\_02



XCV N4\_05



XCIII N4\_03



XCVI N4\_06





Resultados para Clase T:  
XCVII T1



XCVIII T2



XCIX T3



C T4



CI T5



CII T6



CIII T7



CIV T8



## APÊNDICE H – Tabela de dados – Teste Resistencia Elétrica do Fluido

Tabela 11 Dados do teste de resistência elétrica

<b>Amostras</b>	<b>Tensão[V]</b>	<b>Resistencia [<math>\Omega</math>]</b>	<b>Desvio [+/-]</b>
<b>T1</b>	1,100	2,844	0,541
<b>T2</b>	2,230	8,052	0,366
<b>T3</b>	0,603	1,367	0,034
<b>T4</b>	2,849	12,981	0,011
<b>T5</b>	1,442	4,046	0,046
<b>T6</b>	0,115	0,235	0,018
<b>T7</b>	0,931	2,290	0,013
<b>T8</b>	0,884	2,150	0,048
<b>N1_01</b>	2,798	12,717	0,085
<b>N1_02</b>	2,820	12,923	0,107
<b>N1_03</b>	2,821	12,930	0,119
<b>N1_04</b>	2,822	12,947	0,085
<b>N2_01</b>	2,873	13,497	0,198
<b>N2_02</b>	2,895	13,734	0,146
<b>N2_03</b>	2,902	13,828	0,189
<b>N2_04</b>	2,862	13,383	0,073
<b>N3_01</b>	1,225	3,236	0,022
<b>N3_02</b>	1,276	3,433	0,012
<b>N3_03</b>	1,331	3,630	0,009
<b>N3_04</b>	1,390	3,849	0,014
<b>N4_01</b>	2,680	11,535	0,060
<b>N4_02</b>	2,170	7,670	0,049
<b>N4_03</b>	2,089	7,195	0,080
<b>N4_04</b>	2,036	6,857	0,065
<b>N4_05</b>	1,630	4,832	0,010
<b>N4_06</b>	1,505	4,310	0,010

Fonte: Próprio Autor





## APÊNDICE H – Tabela de dados – Teste 2 – Resistência Óptica

Tabela 12 Dados da análise com LDR

<b>Amostras</b>	<b>Tensão[V]</b>	<b>Resistencia Óptica[Ω]</b>	<b>Desvio [+/-]</b>
<b>T1</b>	2,232	0,806	0,019
<b>T2</b>	2,223	0,800	0,000
<b>T3</b>	2,191	0,778	0,004
<b>T4</b>	2,105	0,730	0,000
<b>T5</b>	3,239	1,839	0,054
<b>T6</b>	2,254	0,821	0,008
<b>T7</b>	2,295	0,849	0,013
<b>T8</b>	2,478	0,982	0,016
<b>N1_01</b>	2,123	0,740	0,000
<b>N1_02</b>	2,123	0,740	0,000
<b>N1_03</b>	2,114	0,734	0,005
<b>N1_04</b>	2,123	0,740	0,000
<b>N2_01</b>	2,105	0,730	0,000
<b>N2_02</b>	2,105	0,730	0,000
<b>N2_03</b>	2,105	0,730	0,000
<b>N2_04</b>	2,105	0,730	0,000
<b>N3_01</b>	2,230	0,805	0,005
<b>N3_02</b>	2,266	0,823	0,005
<b>N3_03</b>	2,361	0,879	0,008
<b>N3_04</b>	2,442	0,925	0,011
<b>N4_01</b>	2,090	0,720	0,000
<b>N4_02</b>	2,115	0,735	0,005
<b>N4_03</b>	2,103	0,727	0,004
<b>N4_04</b>	2,131	0,741	0,003
<b>N4_05</b>	2,203	0,787	0,005
<b>N4_06</b>	2,411	0,844	0,020

Fonte: Próprio Autor.