



Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*
Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

DENIS UILIAM CANDIDO DO CARMO

**CONSTRUÇÃO DE SONDA MULTIPARAMÉTRICA PARA CONTROLE DA
QUALIDADE DA ÁGUA EM TEMPO REAL UTILIZANDO UMA PLATAFORMA
ARDUINO**

Vassouras, RJ

2020



**CONSTRUÇÃO DE SONDA MULTIPARAMÉTRICA PARA CONTROLE DA
QUALIDADE DA ÁGUA EM TEMPO REAL UTILIZANDO UMA PLATAFORMA
ARDUINO**

Dissertação de Mestrado apresenta ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* - Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho
Orientadora: Prof. Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Vassouras, RJ

2020

CARMO, DENIS UILIAM CANDIDO DO
CONSTRUÇÃO DE SONDA MULTIPARAMÉTRICA PARA
CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TEMPO REAL
UTILIZANDO UMA PLATAFORMA ARDUINO / DENIS UILIAM
CANDIDO DO CARMO. - Vassouras: 2020.

vi, 58 f. : il. ; 29,7 cm.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho. Coorientador:
Prof. Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Programa de
Pós-Graduação Stricto Sensu - Mestrado Profissional em Ciências
Ambientais - Universidade de Vassouras, 2020.

Inclui Ilustrações, Bibliografias e Material Anexo.

1. Arduino. 2. Recursos hídricos. 3. Sonda.. I. Carvalho, Prof. Dr. Carlos
Vitor de Alencar. II. Pereira, Prof. Dra. Cristiane de Souza Siqueira. III.
Universidade de Vassouras. IV. Título.

Sistema Gerador de Ficha Catalográfica On-line - Universidade de Vassouras



**Ata da Defesa de Dissertação
(Mestrado Profissional em Ciências Ambientais)**

Aos vinte dias do mês de julho de 2020, às dezessete horas e trinta minutos, via videoconferência, reuniu-se em sessão pública a Comissão Examinadora constituída pelos professores Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho (Universidade de Vassouras), Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira (Universidade de Vassouras), Dr. Sandro Pereira Ribeiro (Universidade de Vassouras), Dr. Vinicius Marins Carraro (Universidade de Vassouras), Dra. Greiciane França Bronzato de Almeida (Universidade de Vassouras) e Dra. Doralice Chagas Tavares (CEFET-RJ), sob a presidência do primeiro, para a defesa de Dissertação do Mestrando **DENIS ULIAM CANDIDO DO CARMO**, intitulada: **“CONSTRUÇÃO DE UMA SONDA MULTIPARAMÉTRICA PARA CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TEMPO REAL UTILIZADO UMA PLATAFORMA ARDUINO”**.

A banca deliberou:

Pela aprovação do candidato.

Vassouras, 20 de Julho de 2020.

Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho
Orientador

Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira
Co-orientadora

Dr. Sandro Pereira Ribeiro
Examinador Interno

Dr. Vinicius Marins Carraro
Examinador Interno

Dra. Greiciane França Bronzato de Almeida
Examinadora Interna

Dra. Doralice Chagas Tavares
Examinadora Externa

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas.

E, não posso deixar de agradecer aos meus orientadores, Prof. Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho e Prof. Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira, por toda a paciência, empenho em que sempre me orientou neste trabalho.

Desejo igualmente agradecer a coordenadora do mestrado Margareth pelo apoio, incentivo e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

Agradeço ao presidente da Fundação Educacional Severino Sombra Marco Capute pela oportunidade e o Pró-Reitor Hamilton Moss por viabilizar esse sonho.

Ao Comitê Médio Paraíba do Sul que em parceria com a Universidade de Vassouras disponibilizaram a minha bolsa de estudos.

Por último, quero agradecer à minha família e amigos pelo apoio incondicional que me deram, especialmente à minha esposa Gisele a pelos incentivos ao longo da elaboração deste trabalho.

“Nada na vida deve ser temido,
somente compreendido. Agora é
hora de entender mais para
temer menos.”

(Marie Curie)

RESUMO

A água é um recurso primordial para manutenção da vida e o uso excessivo deste recurso natural corresponde-se a um dos principais impactos ambientais causados pelo ser humano. O controle da qualidade dos recursos hídricos é de extrema importância e para o monitoramento e controle destes parâmetros de qualidade existem diversos equipamentos para medição em campo, porém, com custos elevados. O conceito de Internet das Coisas (IoT), uma das habilidades da Indústria 4.0, pode ser uma solução para minimizar o custo destes equipamentos. Dentro deste conceito, a construção de uma sonda para medição e monitoramento em tempo real dos parâmetros como temperatura, pH, vazão e turbidez, são de grande importância. A sonda foi testada no Rio Paraíba do Sul, um manancial de grande importância para a indústria, população, fauna e flora da região Sul Fluminense e a qualidade de suas águas tem influência direta na qualidade de vida e saúde da população. O trecho do rio Paraíba do Sul estudado está contido no Município de Barra do Piraí.– RJ. Os parâmetros avaliados foram turbidez, pH e temperatura. Para construção da sonda utilizou-se uma placa Arduino UNO R3 e sensores, onde em cada sensor foi implementado um código, conforme a função específica a ser desempenhada com auxílio da Arduino IDE, utilizando uma linguagem de programação C. Nesse sentido, este trabalho apresenta a construção e validação de um dispositivo de baixo custo que permite a medição de pH, Temperatura e Turbidez com a mesma eficiência das sondas comercializadas.

Palavras-chave: Arduino. Recursos hídricos. Sonda.

ABSTRACT

Water is a primary resource for maintaining life and the excessive use of this natural resource corresponds to one of the main environmental impacts caused by humans. The quality control of water resources is extremely important and for the monitoring and control of these quality parameters there are several equipment for measurement in the field, however, with high costs. The Internet of Things (IoT) concept, one of Industry 4.0's skills, can be a solution to minimize the cost of this equipment. Within this concept, the construction of a probe to measure and monitor in real time parameters such as temperature, pH, flow and turbidity, are of great importance. The probe was tested in the Paraíba do Sul River, a source of great importance for the industry, population, fauna and flora of the South Fluminense region and the quality of its waters has a direct influence on the quality of life and health of the population. The stretch of the studied river comprised the stretch of the Paraíba do Sul river in the city of Barra do Piraí - RJ. The parameters evaluated were turbidity, pH and temperature. For the construction of the probe, an Arduino UNO R3 board and sensors were used, where a code was implemented for each sensor, according to the specific function to be performed with the aid of Arduino IDE, using a C programming language. In this sense, this work presents the construction and validation of a low-cost device that allows the measurement of pH, Temperature and Turbidity with the same efficiency as the commercialized probes.

Key – Words: Arduino. Water resources. Probe.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do Trabalho	4
Figura 2 – Local onde foram feitos os testes com a sonda e de coleta das amostras para análise no laboratório.	12
Figura 3 – Arduino uno R3 portas digitais e analógicas.	14
Figura 4 – Sensor de Temperatura DS18B20.	15
Figura 5 – Código sensor de temperatura da água.	15
Figura 6 – Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura.	16
Figura 7 – Código pH da água.	17
Figura 8 – Sensor de Fluxo de Água YF-S201.	18
Figura 9 – Código sensor de fluxo de água.	19
Figura 10 – Sensor de Turbidez.	20
Figura 11 – Código sensor de turbidez.	20
Figura 12 – Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura.	21
Figura 13 – Código sensor de turbidez.	22
Figura 14 – Mapeamento das Portas.	23
Figura 15 – Construção da sonda de análise de água.	24
Figura 16 – Teste de campo com a sonda multiparamétrica.	24
Figura 17 – Sonda multiparamétrica para análise de água.	26
Figura 18 – Teste com a sonda no Rio Paraiba do Sul.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de materiais é preço.

23

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Resultado das análises em campo e no laboratório.	26
Quadro 02: Resultado do teste de Mann-Whitney pH.	29
Quadro 03: Resultado do teste de Mann-Whitney Temperatura.	31
Quadro 04: Resultado do teste de F-Test da Turbidez.	33
Quadro 05: Resultado do teste de T-Test <i>student</i> da Turbidez.	34

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 01: Verificação da normalidade para o grupo de controle do PH.	28
Gráfico 02: Verificação da normalidade para o grupo de controle da temperatura.	30
Gráfico 03: Verificação da normalidade para o grupo de controle da turbidez.	32
Gráfico 04: Verificação da normalidade para o grupo de controle da turbidez.	33

LISTA DE SIGLAS

ADC - conversor analógico-digital
ANSI - American National Standards Institute
CBH - Comitê de Bacias Hidrográficas
DBO - Demanda Biológica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
ETA – Estação de tratamento de água
I2C - Inter-Integrated Circuit
IDE - Integrated Development Environment
IoT - Internet das Coisas
LCD - Liquid Cristal Display
NTU - Unidade de Turbidez Nefelométrica.
pH - Potencial Hidrogeniônico
SPI - Serial Peripheral Interface
USB - Universal Serial Bus
uT - Unidade de turbidez

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 OBJETIVO GERAL E ESPECIFICOS	2
1.2.1– Objetivos Gerais	2
1.2.2– Objetivos Específicos	2
1.3 JUSTIFICATIVA	2
1.4 LIMITAÇÕES	3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. REVISÕES SISTEMÁTICAS DA LITERATURA	5
2.1 RIO PARAÍBA DO SUL	6
2.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	7
2.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	7
2.3.1 pH	7
2.3.2 Temperatura	8
2.3.3 Turbidez	8
2.4 INTERNET DAS COISAS (IOT)	9
2.5 AUTOMAÇÃO	9
2.6 INDÚSTRIA 4.0	9
2.7 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO C	10
2.8 ARDUINO	10
2.8.1 Sensores	11
3. METODOLOGIA	12
3.1 Descrições dos Pontos de Coleta	12
3.2 Métodos de análise	13
3.3 CONSTRUÇÕES DA SONDA PARA ANÁLISE DE ÁGUA	13
3.3.1 – Arduino UNO R3	13
3.3.2 – Sensor de Temperatura	14
3.3.3 – Sensor de pH	16
3.3.4 – Sensor de Fluxo de Água	17
3.3.5 – Sensor de Turbidez	19

3.3.6 – Display LCD 16x2 I2C	21
3.3.7 – Linguagem de Programação e mapeamento das portas	22
3.3.8 Materiais e custo de construção da sonda de análise de água.	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Montagens da sonda e teste de campo	27
4.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
4.2.1 – Análise estatística pH	28
4.2.2 – Análise estatística Temperatura	30
4.2.3 – Análise estatística Turbidez	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXO I	42

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A água é o recurso primordial para manutenção da vida e nos últimos tempos esse recurso é poluído pela ação humana. A maior parte da água do planeta é utilizada na agricultura, ocasionando um dos maiores problemas que é o seu desperdício (“Água | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura”, 2008).

No Brasil, a política de recursos hídricos está associada ao conceito de gestão integrada que tem como objetivo facilitar a coordenação das iniciativas de preservação e uso do recurso. (MITCHELL, 2007). Na bacia do rio Paraíba do Sul existe um Comitê da Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul que tem como objetivo promover a gestão descentralizada gestão dos recursos hídricos tendo como atribuições consultivas, deliberativas e normativas como um órgão colegiado.

O comitê é um órgão colegiado, representado por diversos segmentos, por esse motivo o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) tem um papel importante para levar as questões de saneamento e recursos hídricos para os municípios situados em sua bacia (JACOBI, 2009).

O tratamento de esgoto doméstico ainda e quase inexistente contaminação crescente de fontes hídricas. Apesar do grande investimento para construção de estações de tratamento de esgoto porem muitas estruturas estão inoperantes por causa do alto custo de operação. O esgoto tratado está relacionado intimamente com a saúde e proteção do meio ambiente (RIBEIRO; ROOKE, 2010) e a ineficiência do mesmo pode causar danos irreparáveis.

O Rio Paraíba do Sul é um dos principais mananciais da região Sul Fluminense sendo a água utilizada na agricultura, pecuária, produção industrial e consumo humano. A ocupação de suas margens gera um expressivo impacto, levando em consideração a grande carga orgânica oriunda do esgoto doméstico.

Além da grande importância para os municípios, o Rio Paraíba do Sul também é importante para capital, onde 160 m³/s são retirados diretamente do rio pela estação elevatória de Santa Cecília, localizada na cidade de Barra do Piraí (SOUZA, 2018).

É de extrema importância o controle dos parâmetros turbidez, pH, temperatura, DBO, DQO e outros eles podem dizer sobre a qualidade da água. Para analisar esses parâmetros existem diversos equipamentos no mercado, porém com preço muito elevado, mas a atualidade há muitas pesquisas na área da Internet das Coisas que pode diminuir esse custo.

O IoT pode ser uma solução para reduzir o custo dos equipamentos de monitoramento de água essa tecnologia permitirá a interação com os equipamentos do nosso dia a dia (SILVA, NAVARRO 2018).

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.

1.2.1 Objetivo Geral

Construção de uma sonda para medição e monitoramento em tempo real dos parâmetros: temperatura, pH, vazão e turbidez.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e avaliar as dificuldades para as análises de rios e lagos;
- Empregar conceito de Internet das Coisas e construir uma sonda multiparamétrica para análise de água que forneça dados em tempo real de temperatura, pH, turbidez.
- Estudar a viabilidade de visualização dos parâmetros das análises da água pelo app ou página de web;
- Testar a sonda no Rio Paraíba do Sul , e comparar os resultados com as análises do laboratório feito nos aparelhos homologados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Sondas com preços acessíveis deverão facilitar análises sobre a capacidade de autodepuração ao longo de seu percurso e, mesmo recebendo uma grande carga orgânica durante seu percurso.

Existem algumas formas de checar as condições de um rio: (I) através de ensaios experimentais em laboratório; (II) através de ensaios in loco com auxílio de sondas. Esse último método, apesar de facilitar e fornecer resultados em tempo real pode apresentar custos elevados dependendo do dispositivo ou equipamento

utilizado para as medições in loco. Diante deste fato, o desenvolvimento de uma sonda de baixo custo poderá contribuir com o trabalho de monitoramento de corpos hídricos.

Possibilitando o diagnóstico ambiental da área estudada de forma precisa e rápida, verificar IQA, otimizar a fiscalização e melhorar as ferramentas para o controle de poluição.

1.4 LIMITAÇÕES

Com temas voltados à análise dos recursos hídricos e à construção de novos mecanismos para diminuir os custos das mesmas. Nesse sentido, essa pesquisa abordou os estudos realizados no Brasil e em outros países que buscam através da tecnologia baixar custos e melhorar a preservação dos seus recursos hídricos.

A pesquisa foi direcionada ao desenvolvimento de uma sonda multiparamétrica. Trata-se de um aparelho portátil que facilita o transporte e a visualização dos resultados. O foco das medições que serão realizadas pela sonda são: a medição de temperatura, pH e Turbidez. Há também uma limitação na sonda pelo número de portas para a instalação dos novos sensores.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta 5 capítulos. O Capítulo 1 inicia-se com a contextualização dando uma visão geral a ser abordado nessa pesquisa, os objetivos que deve ser alcançado, a justificativa para a realização desse projeto.

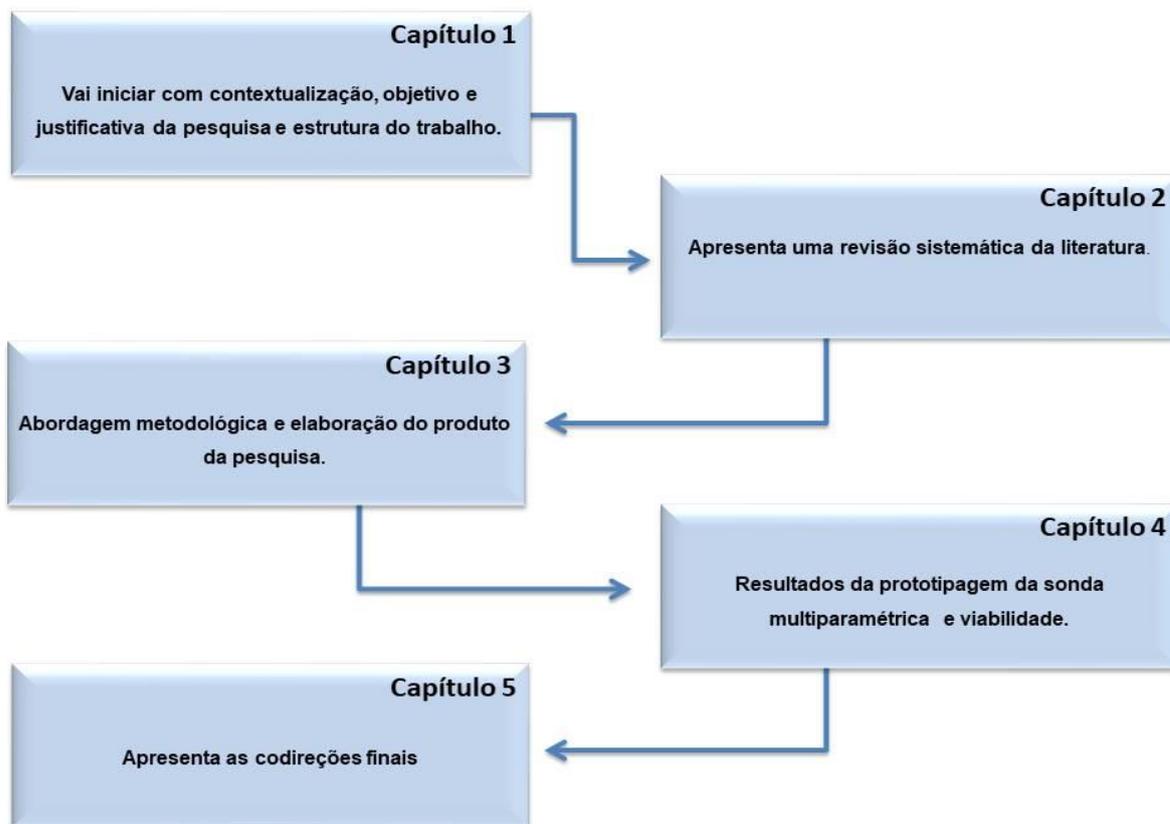
O Capítulo 2 apresenta uma revisão sistemática da literatura, o buscando uma base teórica dos principais trabalhos que dissertavam sobre o tema.

O Capítulo 3 terá a abordagem metodológica, através da descrição do método de pesquisa utilizado, detalhamento das etapas, embasamento teórico e elaboração do produto da pesquisa.

O Capítulo 4 descrever os resultados da prototipagem da sonda multiparamétrica e a avaliação dos seus resultados e sua viabilidade.

O Capítulo 5 apresenta as codireções finais referentes a pesquisa. A Figura 1 mostra a síntese da estrutura do trabalho.

Figura 1 - Estrutura do Trabalho



Fonte: Autor, 2020

2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

No presente capítulo será apresentada uma revisão da literatura abordando os principais pontos e conceitos indicados para a compreensão do tema desta dissertação como tópicos sobre os temas internet das coisas, análise de água e o Rio Paraíba do Sul, manancial escolhido para os testes de viabilidade técnica da sonda desenvolvida.

Autores	Título do trabalho	Ano
<i>SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal).</i>	<i>Programa de águas de usos diversos.</i>	<i>2012</i>
Daniel Thomazini Pedro U. B. Albuquerque	<i>Sensores Industriais</i>	<i>2011</i>
Michael McRoberts	Arduino Básico	<i>2011</i>
Victor Rodrigues de Azevedo	<i>Desenvolvimento e utilização de um sistema de controle de irrigação de plantas utilizando a tecnologia Arduino</i>	<i>2016</i>
Alessandro Antonioli	Sistema de monitoramento automatizado para controle de qualidade de água em sistema aquapônico	<i>2019</i>

Segundo Semarh (2012), a água é muito importante para o desenvolvimento socioeconômico de um país, sendo de recurso que se mais considera no desenvolvimento e nas dinâmicas ambientais.

De acordo com Thomazini et al. (2010) o uso de sensores na automação e crescente porem e de grande importância o uso de sensores de proximidade, os quais podem ser aplicados em equipamentos da indústria. A plataforma Arduino é

uma das plataformas mais populares no mundo, para a prototipação rápida de projetos que permite a utilização de inúmeros sensores de diversas funções.

Segundo McRoberts (2011) o Arduino é um pequeno computador projetado para ser de fácil programação capaz de processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes nele conectado a ele, essa função tornou possível realizar processos de automação, de forma simples, com baixo custo e, de forma rápida, essa plataforma criada na Itália início no ano de 2005.

Azevedo (2016) aponta que a intensificação no desenvolvimento de Protótipo com a plataforma Arduino UNO criando muitos projetos em todas as áreas do conhecimento. O uso de novas tecnologias para diminuir o custo de produção, pode ser feito com a união do conhecimento científico com tecnológico. Por sua versatilidade essa plataforma pode ser usada para construir um sistema de irrigação automático como custo baixo e totalmente automatizado.

Segundo Antonioli (2019) a automação da aquaponia pode ter um custo elevado, por causa dos valores de alguns sensores, usados para o monitoramento dos parâmetros da água. No entanto ele pode melhorar a coleta e as análises da água.

2.1 RIO PARAÍBA DO SUL

O Rio Paraíba do Sul percorre 1.150 km, entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais com sua foz em São João da Barra - RJ sendo um dos principais mananciais desses estados, em quase toda sua bacia é entronizada, ou seja, já sofreu pela ação do homem, seja retirando a Mata Atlântica original para agricultura, pecuária e moradias irregulares (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

O Rio Paraíba do Sul onde foi feito o estudo é gerenciado pelo CBH-Médio Paraíba do Sul que foi instituído no dia 11 de setembro de 2008. O objetivo do gerenciamento é promover a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos da Região Hidrográfica III do estado do Rio de Janeiro, esta região é formada pela bacia do Rio Preto e rios afluentes médio superiores do Rio Paraíba do Sul. (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

O Sistema Hidráulico do rio Paraíba do Sul tem uma estrutura complexa, ela integra as bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul e Guandu. A ligação entre os braços dessas bacias podem confundir entre si observou-se que a única ligação entre as duas é concretizada pela transposição na estação elevatória de Santa Cecília, em Barra do Pirai que tem capacidade máxima de desviar 160 m³/s do rio Paraíba do Sul, o que equivale a 54% da vazão natural média do rio (“Atlas Brasil - Volume 2 - Resultados por Estado”, 2010).

O planejamento de políticas, programas e iniciativas feitas pelos CBH, que busca a proteção do manancial é fundamental para promover a participação e conversa entre os integrantes, melhorando o uso de recursos públicos e potencializando a abrangência dos resultados (Atlas CBH-MPS, 2017).

2.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Foram feitas análises químicas para avaliar a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul, foram seguidos os parâmetros da Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011. Essa resolução foi a base para caracterização das águas desse manancial. Entre os parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente a água estão a cor, a turbidez. Os estudos dos fatores que influenciam a qualidade dos meios aquáticos e o controle de qualidade da água para abastecimento público e residuais, tornam suas características indispensáveis à maioria dos empreendimentos que envolve qualidade de água (PIVELI, 2010). Já os parâmetros químicos circundam, potencial hidrogeniônico (pH), acidez, oxigênio dissolvido, fósforo, cloretos, entre outros parâmetros. Estas são as análises mais usadas na caracterização da qualidade da água dos rios.

2.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

O trabalho avaliou Temperatura, Potencial Hidrogeniônico- pH e Turbidez, parâmetros de qualidade da água relacionados na Resolução do CONAMA 430, DE 13 DE MAIO DE 2011

2.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é representado pelo potencial de condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, que pode ser mensurado pela presença de íons hidrogênio H^+ , dependendo do valor, pode ter influência nas formas livres e ionizadas dos compostos químicos. O valor do pH geralmente varia entre 6 e 9 nos mananciais (GASPAROTTO, 2011). A temperatura é influenciada por fatores naturais (estação do ano, vazão e profundidade) ou causada pela ação humana (dejetos industriais, usinas termoeletricas) (CETESB, 2009).

2.3.2 Temperatura

A temperatura é a medida estatística do nível de agitação entre moléculas gerando calor que é expresso em uma determinada escala. A escala mais usada no Brasil é grau centígrado ou grau Celsius ($^{\circ}C$). A temperatura pode ser medida em diferentes equipamentos, como exemplo, termômetro ou sensor (PINTO, 2007). Níveis auto de temperatura aumentam as reações químicas, diminui de gases dissolvidos na água (SPERLING, 2005). A temperatura é influenciada por fatores naturais ou causada pela ação humana como exemplo estação do ano, vazão e profundidade ou por ações antrópicas como despejos industriais e usinas termoeletricas (CETESB, 2009).

2.3.3 Turbidez

A turbidez é uma característica física da água, causada pela presença de sólidos suspenso, em estado coloidal, e também pela presença de microrganismos microscópicos. O tamanho e a quantidade das partículas são os principais causadores da turbidez que podem variar muito de acordo com as condições físicas do corpo hídrico (BUZELLI, DA CUNHA-SANTINO, 2013).

A presença destas partículas provoca a difusão e a absorção da luz por essas partículas, deixando a água turva e perigosa, causando grandes prejuízos as plantas aquáticas fotossintéticas e aumentar a temperatura da água. Esse fenômeno pode acontecer de forma natural pelas partículas de rochas, orgânicos, plantas aquáticas e por ações antrópicas. Para esse parâmetro se utiliza a unidade de turbidez (uT), a verificação da turbidez é muito usada em tratamento de água e produção de peixes (SPERLING, 2005).

2.4 INTERNET DAS COISAS (IoT)

O IoT termo que no inglês é *Internet of Things*, em português conhecido como internet das coisas. A Internet das Coisas pode ser utilizada em uma infinidade de áreas, como por exemplo, em residência, indústria, ou seja, ela é um mecanismo facilitador das rotinas diárias e procedimento do homem (MIORANDI, 2012).

A Internet das Coisas tem como conceito três bases: a primeira rede global de objetos inteligentes conectados por meio de tecnologias expandidas da internet, a segunda um conjunto de sensores e dispositivos para tornar possível a comunicação entre todos os equipamentos, e em terceiro as aplicações e serviços que possam centralizar os dados e informações obtidos, servindo como base para melhoria e produção de novas tecnologias (MIORANDI, 2012).

Hoje há muitas aplicações para IoT mas está sendo muito utilizado na automatização de edifícios inteligentes e eletrodomésticos, dando a possibilidade a utilização e o controle remotamente todo o processo em tempo real. Grande parte do processo na indústria pode ser otimizado com maior fluidez no processamento de informações (BUXMANN, HESS, & RUGGABER, 2009).

2.5 AUTOMAÇÃO

A automação teve origem no século X, onde, foram criados equipamentos hidráulicos com a intenção de beneficiamento de cereais, substituindo à força humana, que proporcionou o aumento a produção de alimentos. Essa invenção para hoje é simples, mas na época substituiu mão de muitos homens um grande avanço (GOEKING, 2010).

A automação consiste na mudança das tarefas desenvolvidas pelos humanos por uma máquina autônoma ou com pequena interferência humana. O sistema para ser automático deve ter uma configuração própria, efetuar ações conforme configurado em um determinado tempo e ou condições (Ribeiro, 2003).

2.6 INDÚSTRIA 4.0

A revolução industrial foi um evento que mudou a forma de operação da indústria e essa mudança espalhou por todo globo terrestre dando comodidade e modificando a forma de consumo da sociedade. Depois da revolução industrial que

iniciou em 1760 na Inglaterra com as máquinas a vapor nos dias de hoje outra revolução está ocorrendo no cenário mundial, bem mais tecnológica: a indústria 4.0. Esta possui um sistema interconectado como aspectos primários que quebram paradigmas e tem influenciado de forma direta nos processos industriais. (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

A expressão Indústria 4.0 apareceu pela primeira vez na Alemanha, em 2011, e se referia às novas tecnologias que gerava um impacto em diversas áreas sendo capaz de fundi-las. Essas tecnologias têm o poder de trocar dados, por intermédio de sistemas ciberfísicos, internet das coisas, computação em nuvem e computação cognitiva, essas transformações têm impacto direto na produção otimizando as operações na indústria tornando mais produtiva (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; SCHWAB, 2016).

2.7 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO C

A linguagem de programação C é uma linguagem de definições gerais, podendo ser usada para desenvolver diversos tipos de software. Criada por Brian W. Kernighan e Dennis Ritchie em 1972, em Bell Laboratories, foi utilizada, no início, para reescrever o sistema operacional UNIX. Esse que foi projetado em 1969, tinha como intenção proporcionar a programadores criar programas. A linguagem C foi padronizada pelo *American National Standards Institute* (ANSI), possibilitando transição dos softwares escritos nessa linguagem (OSÓRIO, 1992).

A linguagem C é muito utilizada hoje por ser portátil e com desempenho excelente tem como suas principais características modularidade muito importante para desenvolvimento de novas tecnologias, facilidade nas aplicações, grande portabilidade de programas, geração de código e uso de bibliotecas de funções (GIACOMIN, 2002).

2.8 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto, para a criação de dispositivos que promove interações ambientais, que utilizando sensores de entrada e de saída, proporcionando infinitas formas de utilização (SOUZA, 2011).

O Arduino possui IDE para desenvolvimento simples, em linguagem baseada na linguagem C, as quais existem inúmeras bibliotecas com os códigos abertos, dando a possibilidade de ligações com diversos hardwares, assim dando margem para ser aplicado em diversas situações (SOUZA, 2011).

O Arduino possui, a versão UNO é baseada no microcontrolador ATmega328, que suporta comunicação SPI e I2C. Possui quatorze pinos de I/O, seis deles podem ser usados como saídas PWM, também possuem seis pinos de entrada analógica, sendo que o conversor ADC interno possui 10 bits de resolução (ARDUINO, 2019).

2.8.1 Sensores

Os sensores são dispositivos sensíveis a parâmetros físicos, capazes de perceber o ambiente no qual estão inseridos transmitindo um impulso em resposta aos parâmetros deste ambiente. Há uma grande variedade de sensores, que são divididos em analógicos e digitais, cada um transmitindo um tipo de sinal (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

Os sensores analógicos fornecem um sinal contínuo, mesmo limitados em dois valores de tensão, podem tomar qualquer valor de um conjunto infinito de valores possíveis, já os sensores digitais são um conjunto finito de valores dentro dessa faixa, alternando entre estados bem definidos. Sensores analógicos geram um sinal pequeno que precisa ser aumentado tornando muito fácil a conversão em sinal digital através de conversores analógicos digitais (TOOLEY, 2007).

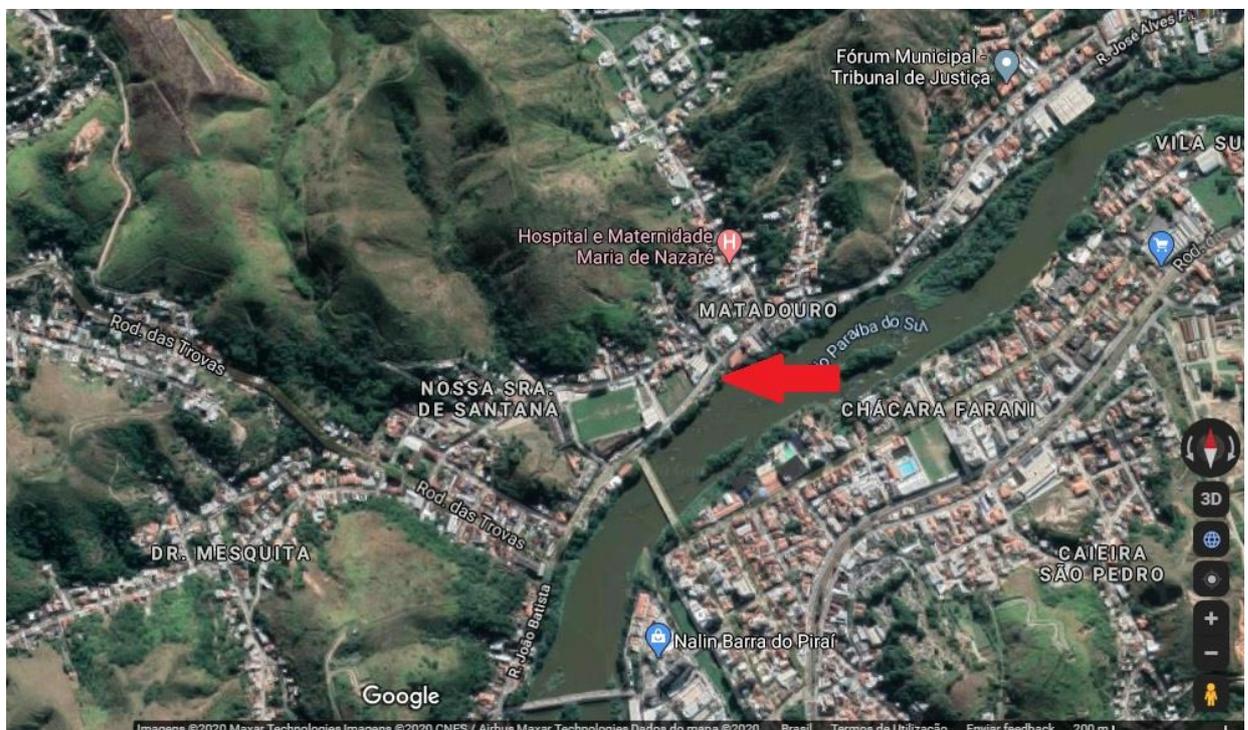
3. METODOLOGIA

3.1 Descrição do Ponto de Coleta

O ponto escolhido para teste com as seguintes coordenadas 22°27'48.6"S 43°49'34.5"W como podemos observar na figura 2. Este local foi escolhido por estar perto da estação de tratamento de água para consumo humano no bairro Nossa Sra. de Santana, Barra do Piraí – RJ, possibilitando a coleta de água e a execução das análises no laboratório da ETA do bairro Matadouro com equipamentos homologados e por fim foram comparados com os resultados obtidos com o protótipo da sonda multiparamétrica.

A análise com a sonda multiparamétrica foi no mesmo local, mas é obrigatório que sejam analisados no mínimo três pontos o meio e as margens que têm o fluxo diferente do ponto central do rio com o resultado será possível fazer uma média e o cálculo de vazão

Figura 2 – Local onde foram feitos os testes com a sonda e de coleta das amostras para análise no laboratório na ETA do bairro do Matadouro em Barra do Piraí.



Fonte: Google Mapa

3.2 Métodos de análise

A metodologia de análise de laboratório foi feita com equipamentos homologados para os parâmetros citados a seguir com as devidas especificações.

Determinação de pH: Modelo Medidor de bancada Orion Star A211 pH / mV / RmV / ORP / temperatura com Saídas USB, RS-232, fonte de energia Adaptador CA universal (incluído) ou 4 pilhas AA (vendidas separadamente), tipo de Sonda eletrodo de pH, eletrodo ORP, eletrodo de meia célula de referência, sonda de temperatura ATC, sonda de agitação (compra separadamente), faixa (mV) $\pm 2000,0$ mV intervalo (ORP) $\pm 2000,0$ mV, faixa (pH) -2 a 20, faixa (mV relativo) $\pm 2000,0$ mV, faixa de umidade relativa 5 a 85%, sem condensação, resolução (pH) 0,1, 0,01, 0,001, resolução (mV) 0.1mV, resolução (temperatura) 0,1 ° C, 0,1 ° F. Estabilidade configuração selecionável rápida, média, lenta ou Smart Stability, configuração selecionável de desativação ou média inteligente automática, temperatura (Inglês) operacional 41 ° a 113 ° F (ambiente), temperatura (métrica) em operação 5 ° a 45 ° C (ambiente), ponto, Peso (métrico) 0.9kg.

Determinação da Temperatura: Foi realizado em campo, com um termômetro do medidor DM-4P faixa de medição temperatura auto 0 a 60 °C.

Determinação da Turbidez: Foi realizada em campo, com turbidímetro modelo AP 2000 Policontrol Turbidímetro digital microprocessador para análise de turbidez em campo ou bancada, medição Nefelométrico (ISO 7027), faixa de medição 0,00 a 1000 NTU/ 0 a 250 EBC, resolução 0,01; 0,1; 1 NTU, seleção automática por faixa de trabalho, resposta frente a partículas > 0,1 microns, precisão de 2%, tempo de resposta em modo manual é de 8 segundos em modo automático é de 3 segundos.

3.3 CONSTRUÇÕES DA SONDA PARA ANÁLISE DE ÁGUA.

3.3.1 Arduino UNO R3

Para a construção da sonda foi utilizada uma placa de Arduino UNO R3 Smd de 5V conforme observado na Figura 3. O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto que se fundamenta em hardware e software de fácil utilização, permitindo dar

placa instruções do que fazer através do envio de um conjunto de instruções ao microcontrolador do Arduino, para realizar essa operação, tem que ser utilizada linguagem de programação Arduino (baseado na fiação) e o Software Arduino (IDE), se baseando no processamento (Arduino, 2019).

Figura 3 – Arduino uno R3 portas digitais e analógicas.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA (2020).

3.3.2 Sensor de Temperatura

Para o monitoramento da temperatura da água, foi utilizado o sensor DS18B20 à prova d'água conforme apresentado na Figura 4, é um sensor digital, de baixo custo. Nesse modelo, o sensor pode ser submerso grandes profundidade, também suportando uma pressão de aproximadamente de 2,35 bares 34,08387 PSI, as leituras tem precisão de até $\pm 0,5$ °C na faixa entre -10 °C e +85 °C, e envia as informações usando a interface 1-Wire ou seja requer apenas um pino digital para comunicação com Arduino, sua saída da informação aceita configuração na resolução de 9 a 12 bits (“Datasheet -DS18B20”).

O sensor DS18B20 foi preso no corpo da sonda de forma que fique submersa, para uma leitura correta da temperatura da água. O sensor irá fazer a leitura e enviar para microcontrolador e os dados será mostrado no Display Tela Lcd em graus célsius.

Figura 4 – Sensor de Temperatura DS18B20.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA (2020).

A temperatura é lida em graus célsius, o sensor é conectado ao pino digital 3, e aos pinos GND e 5V, as leituras são feitas pelo sensor por meio dos comandos dados pelo código mostrada na Figura 5.

Figura 5 – Código sensor de temperatura da água

```
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
DallasTemperature sensors(&ourWire);

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  sensors.begin();
}

void loop()
{
  sensors.requestTemperatures();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  lcd.print("°C");
  delay(1000);
}
```

Fonte: Autor (2020).

3.3.3 Sensor de pH

No monitoramento do pH foi selecionado um sensor módulo pH Eletrodo que consiste em duas partes; o Módulo Sensor mais pH Eletrodo Sonda Bnc e o pH-4502C , que podemos observar na Figura 6. Tem tensão de entrada de 5V e tem intervalo de concentração de detecção pH 0-14(“ph-sensor-ph-4502c.”). A escolha do sensor foi devido ao seu custo médio ser de R\$ 125,00 reais e tem uma precisão nos resultados.

O pH, é um dos parâmetros essenciais na avaliação da qualidade de mananciais, a sua estabilidade é indispensável para um bom funcionamento do ecossistema aquático.

Existem dois potenciômetros no circuito o que se encontra perto do conector BNC da sonda este é responsável por calibrar o pH, o outro é o de limite do pH. A fonte de medição adota sinal AC, reduzindo de forma efetiva a polarização, tornando a sonda mais precisa e aumentando significativamente a sua vida útil.

O sensor de pH foi preso à sonda na extremidade superior com o sensor para o interior do aparelho, dessa forma, ficando mais protegido contra possíveis impactos, além disso não comprometeu a funcionalidade e foi possível colocar a tampa com líquido de calibração.

Figura 6 – Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura



Fonte: UsinaInfo (2020).

Foi elaborado um código (Figura 7) que consiste em efetuar a leitura dos dados da entrada analógica A2, usando então a equação que foi calculada com os valores de referência de pH.

Para realizar a calibração, foi feita com solução padrão de pH neutro de 7.0 e outra com um pH mais ácido de 4.

Figura 7 – Código pH da água

```
#define Pin A2
float calibracao = 21.34;
OneWire ourWire(Pin);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
int ph_pin = A2;

void setup() {
  int measure = analogRead(ph_pin);
  double voltage = 5 / 1024.0 * measure;
  float Po = 7 + ((2.5 - voltage) / 0.18);

  String stringone = "PH:";

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(String("PH:") + String(Po));
  int sensorValue = analogRead(A2);
  Serial.print(String ("PH:") + String(Po));
}

void loop() {
}
```

Fonte: Autor (2020).

3.3.4 Sensor de Fluxo de Água

Para estimar a vazão foi utilizado o medidor de fluxo da água modelo YF-S201 conforme apresentado na Figura 8. Este, tem a capacidade de medir uma vazão de 1-30 L/min. Além disso seu interior tem uma hélice e um íman acoplado que trabalha juntamente com sensor de efeito Hall. O sensor detecta os giros dados pela hélice e o íman, enviando um sinal por modulação e por largura de pulso. Por meio dos pulsos é possível estimar a vazão de água exercida (Datasheet_YF-S201).

A vazão pode influenciar na capacidade de autodepuração de um rio quanto

maior a vazão, maior a capacidade de melhorar sua qualidade.

Figura 8 – Sensor de Fluxo de Água YF-S201.



Fonte: Robocore Tecnologia LTDA (2020).

O sensor foi conectado a sonda em um funil de modo força a passagem da água pelo equipamento, conectado ao pino digital 3 do Arduino, pois esse pino trabalha com interrupções, tendo em vista que a cada volta da hélice é contabilizado como interrupção.

Para obtenção do fluxo da água foi realizada a instrução do instrução `sei()`, submetido ao pino 3, esperando um segundo para contabilizar o número de pulsos, após a conclusão do tempo, tem a finalização da interrupção pela instrução `cli()`.

O fluxo é lido pelo sensor respeitando o comando dado pelo Arduino através do código que pode ser visualizado na Figura 9 a leitura do fluxo e feita em L/min

Figura 9 – Código sensor de fluxo de água

```
int Pulso;
int j=0;
float vazaoagua;
float valormedia=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT);
  attachInterrupt(0, incrpulso, RISING);
}

void loop ()
{
  Pulso = 0;
  sei();
  delay (1000);
  cli();

  vazao = contaPulso / 5.5;
  valormedia=valormedia+vazaoagua;
  j++;

  Serial.println(vazaoagua);
}
```

Fonte: Autor (2020).

3.3.5 Sensor de Turbidez

O sensor de ST100 é uma ferramenta que vai ajudar na leitura da turbidez que é um dos índices de qualidade da água.

Este sensor emite em sua extremidade uma luz infravermelha, que não pode ser vista pela visão humana, e detecta partículas em suspensão na água, medição da transmitância de luz e a taxa de dispersão, essa pode mudar conforme a quantidade do Instrumento de medição portátil. Esse sensor é preparado para entrar em contato com a água e possui módulo eletrônico para enviar os dados recebidos ao Arduino como pode ser visto na Figura 10.

A turbidez é um parâmetro importante na qualidade da água de rios onde a captação para consumo humano quanto maior a turbidez mais difícil e custoso é o tratamento dessa água.

A turbidez está relacionada à redução da transparência da água, provocado pelo particulado em suspensão, que espelha a luz. Também pode ser relacionada concentração de Cloro residual, e quantidade de colônias de coliformes termotolerantes (TOMAZONI; MANTOVANI; BITTENCOURT, 2005).

O sensor de 5V corrente máxima de 30mA, com leitura na escala (NTU) de 0 ~ 1000±30, tempo de resposta: <500ms, saída analógica (0-4.5V) ou digital (alto 5V / baixo 0V), operação na temperatura que varia de -30°C a 80°C (“UsinaInfo - ST100”)

Figura 10 – Sensor de Turbidez.



Fonte: UsinaInfo (2020).

A turbidez é lida pelo sensor em NTU, que foi conectado ao pino analógico A0, e aos pinos GND e 5V. As leituras são feitas por meio de função matemática inserida no código que é mostrada na Figura 11.

Figura 11 – Código sensor de turbidez

```
#define SENSOR  A0

float voltage,turbidity;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(SENSOR,INPUT);
}

void loop()
{
  voltage=0.004888*analogRead(SENSOR); //in V
  turbidity=-1120.4*voltage*voltage+5742.3*voltage-4352.9; //in NTU
  if((voltage>=2.5)&(turbidity>=0))
  i++;
  {
    Serial.println("Voltage="+String(voltage)+" V Turbidity="+String(turbidity)+" NTU");
    delay(500);
  }
}
```

Fonte: Autor (2020).

3.3.6 Display LCD 16x2 I2C

Esta é uma tela LCD de 16x2 com interface I2C Figura 12. A tela é capaz de exibir caracteres 16x2 em 2 linhas, caracteres brancos sobre fundo azul. Além disso a LCD Arduino usa uma interface de comunicação que necessita apenas de 4 pinos para a tela dos pinos analógicos no projeto o A4 e A5, GND, 5V. Todos os conectores são padrão XH2.54 (tipo Breadboard). Você pode conectar-se diretamente com o fio de ligação em ponte (“Datasheet_ display LCD 16x2 I2C”).

Figura 12 – Display LCD 16x2 I2C



Fonte: FilipeFlop (2020).

A sua programação é feita por código, como pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13 – Código sensor de turbidez

```
#include<Wire.h>
#include<LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Mestrado UV");
  delay(3000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Denis Uiliam");
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  for(int i=0;i<12;i++)
}
```

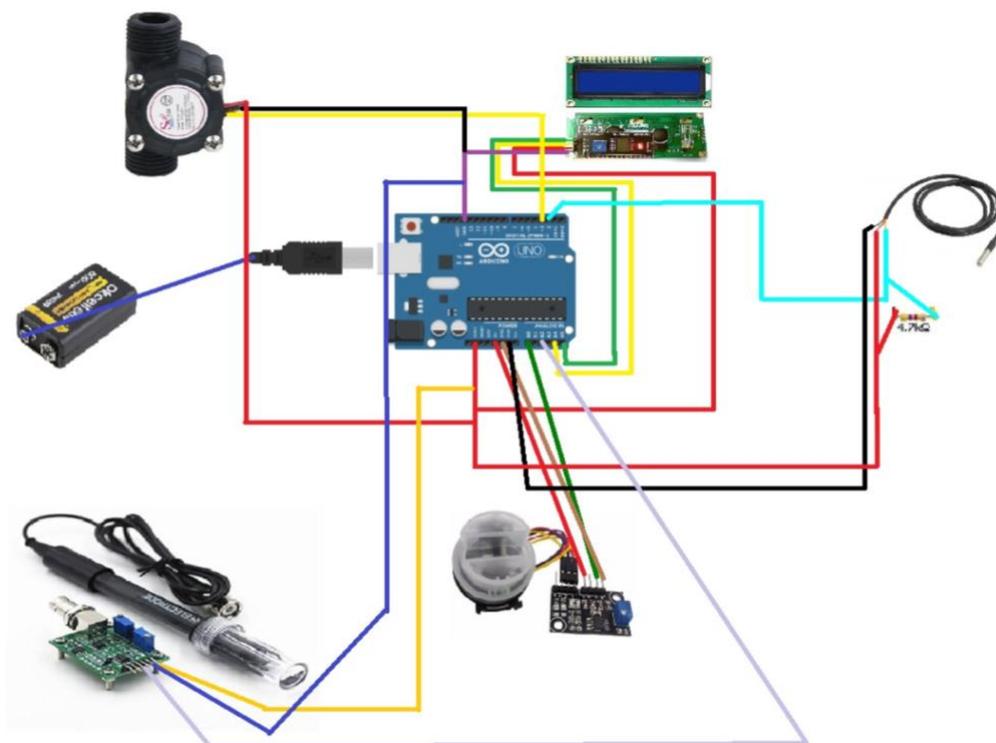
Fonte: Autor (2020).

3.3.7 Linguagem de programação e mapeamento das portas

A linguagem de programação utilizada foi a C, Esse tipo de linguagem, denomina as funções de um conjunto de comandos que realiza uma tarefa específica em um módulo dependente de código. O uso de funções busca modularizar um programa, ou seja, permitir faça alterações de um único componente ou módulo sem ter um sistema novo (DONALD E. KNUTH 1996).

Para cada sensor foi criada uma série de códigos conforme sua função específica. Com auxílio da Arduino IDE foi feito um mapeamento das portas como podemos visualizar na Figura 14.

Figura 14 – Mapeamento das Portas.



Fonte: Autor (2020).

3.3.8 Materiais e custo de construção da sonda de análise de água.

A tabela 1 mostra os materiais e custo de construção da sonda de análise de água.

Tabela 1 – Lista de materiais e preço.

ITEM	PREÇO
02 - Baterias Recarregáveis 9v Usb 800mah	R\$ 119,80
Cabo Extensor Alumínio 4,60 Mt	R\$ 91,90
Módulo Sensor + Ph Eletrodo Sonda Bnc	R\$ 128,50
Sensor De Turbidez Arduino	R\$ 200,00
Sensor Hall Fluxo Vazão Água	R\$ 29,50
Arduino Uno R3 Com Cabo Usb	R\$ 26,90
Jumper Macho Macho	R\$ 9,00
Display Lcd 16x2 1602 Fundo Azul C/ Modulo I2c	R\$ 23,50
Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água	R\$ 17,90
Funil	R\$ 2,00
02 - Potes Plásticos	R\$ 4,00
5 Metros de Cabo Rede	R\$ 15,00
TOTAL	R\$ 668,00

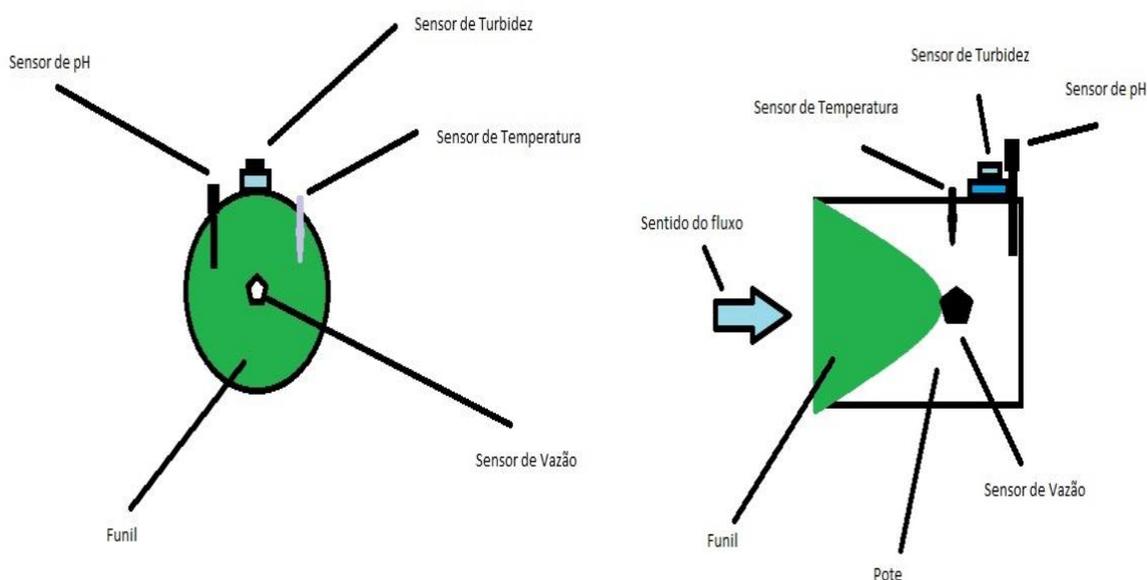
Fonte: Autor (2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Montagens da sonda e testes de campo.

Na produção da sonda alguns aspectos foram analisados do com relação ao funcionamento do sistema desenvolvido. Foram realizados testes de cada sensor no laboratório da Universidade de Vassouras para fazer calibração e testar a funcionalidade de cada um dos sensores. Após os procedimentos de checagem dos sensores foi feita a montagem da sonda conforme podemos observar na Figura 15.

Figura 15 – Construção da sonda de análise de água



Fonte: Autor (2020).

Com o a sonda multiparamétrica montada, iniciou os testes de campo no rio Paraíba do Sul no ponto preestabelecido como podemos ver na Figura 16.

Figura 16 – Teste de campo com a sonda multiparamétrica.



Fonte: Autor (2020).

Antes do o primeiro teste de campo teve a necessidade de isolar com cola de silicone o sensor de turbidez, pois o mesmo não é aprova de água. Observou-se algumas falhas por falta de contato das conexões, que ocasionaram a falta de comunicação entre os sensores e o Arduino. Após todas as falhas sanadas o funcionamento da sonda foi satisfatório.

A sonda multiparamétrica produzida através da plataforma Arduino, têm grandes vantagens comerciais, uma delas é custo baixo, que pode ser até seis vezes menor.

O custo da sonda com a plataforma Arduino é de R\$ 668,00, além do valor relativamente baixo, a outra vantagem é sua operação simples e sua maior velocidade de leitura.

O equipamento é constituído em três partes: a caixa de controle, onde são expressa e processada os dados lidos pelos sensores, o cilindro de sondagem, aonde se localiza os sensores e a haste de alumínio, todas podem ser observadas na Figura 17.

Figura 17 – Sonda multiparamétrica para análise de água.



Fonte: Autor (2020).

Foram feitos três testes em dias diferentes com 14 amostras utilizando a sonda multiparamétrica e nos equipamentos de mercado. Os controles dos resultados estão descritos no Quadro 01 no município de Barra do Pirai no Rio Paraíba do Sul e na Figura 18.

Quadro 01: Resultado das análises em campo e no laboratório.

Data	Grupo de controle				Grupo Experimental			
	PH	Temperatura em °C	Turbidez em NTU	Vazão L/min	PH	Temperatura em °C	Turbidez em NTU	Vazão L/min
04/06/2020	6.39	20.9	7.30		7,72	21.4	6.26	4.0
10/06/2020	7.0	21.0	6.42		7.42	21.8	6.26	4.0
10/06/2020	7.1	21.3	6.50		7.38	21.6	6.49	6.0
10/06/2020	7.15	21.3	6.17		7.37	21.6	6.55	6.0
18/06/2020	7.74	20.8	6.90		7.00	20.5	6.80	4.0
18/06/2020	7.83	20.7	6.89		6.87	20.5	6.90	4.0
18/06/2020	7.75	20.7	7.21		6.90	20.5	6.50	4.0
18/06/2020	7.73	20.7	7.16		6.90	20.6	7.40	6.0
18/06/2020	7.70	20.6	6.79		6.90	20.6	6.40	4.0
18/06/2020	7.76	20.7	6.54		6.20	20.5	6.80	4.0
18/06/2020	7.72	20.7	6.69		6.90	20.5	6.80	4.0
18/06/2020	7.75	20.8	6.67		6.90	20.6	6.73	4.0
18/06/2020	7.75	20.7	6.99		6.90	20.6	6.87	4.0
18/06/2020	7.77	20.7	7.15		6.90	20.5	6.89	4.0

Fonte: Autor (2020).

Figura 18 – Teste com a sonda no Rio Paraíba do Sul.



Fonte: Autor (2020).

Segundo a CONAMA 357 de 2005 dispõe para padrões para corpo hídrico em que ocorre pesca ou cultivo de organismo para fins de consumo tem que ter os parametros de PH entre 6,0 e 9,0 e turbidez de até 100 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Conforme os parametros encontrados o parametosd anteriormente citatados estão na faixa estabelecidas pela legislação para uso humano.

O medidor de vazão acoplado no prototipo está com funcionamento adequado porema sua capacidade de medição e limitada a 30 litros por minuto e requer ajustes os quais serão feitas futuramente em uma nova versão da sonda.

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com o resultado dessas avaliações foi realizada uma análise estatística dos dados utilizando o software MINITAB, versão 16, voltado para fins estatísticos para comprovar estatisticamente tem diferença entre as análises feitas com a sonda multiparamétrica e as feitas com equipamentos comerciais.

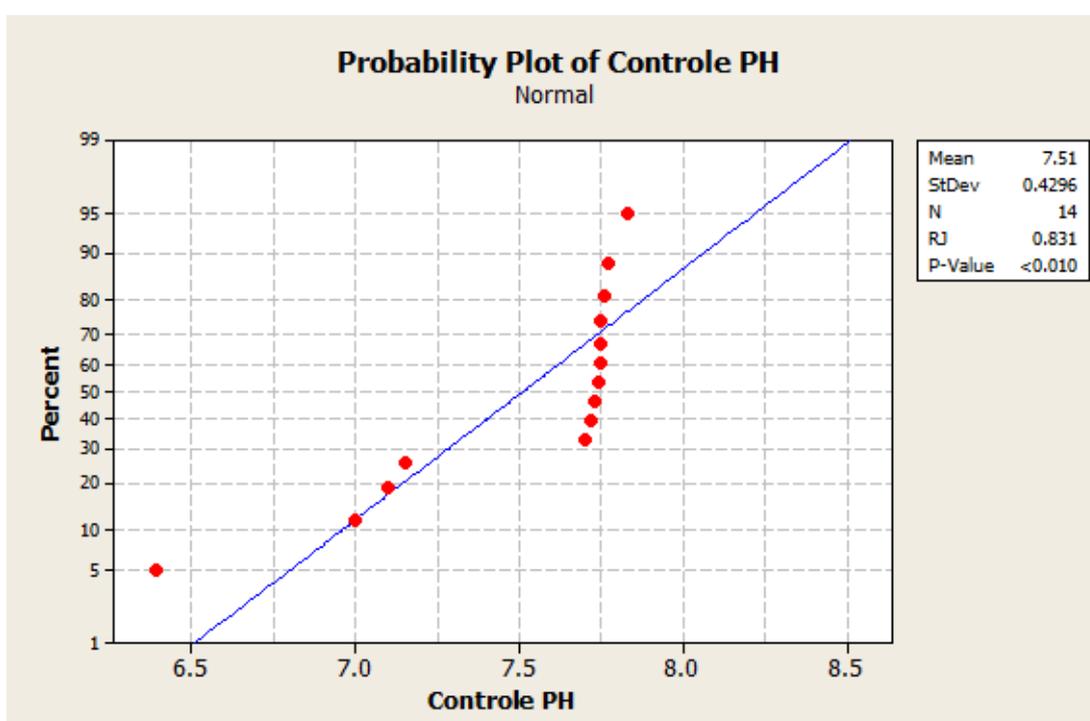
4.2.1 Análise Estatística PH

Inicialmente verificou-se a normalidade para isso se utilizou o Teste de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 - Os dados seguem uma distribuição normal e

H1 - Os dados não seguem a distribuição normal.

Gráfico 01: Verificação da normalidade para o grupo de controle do pH



Fonte: Autor (2020).

O valor de $P < 0,010$, ou seja, é menor que índice de significância (0,05). Isso indica a aceitação de H1. Além disso, as amostras não apresentam distribuição normal sendo assim faz-se necessário usar o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

H0 - Não há diferença entre as médias do pH dos grupos

H1 - Há diferença entre as médias do pH dos grupos.

Quadro 02 : Resultado do teste de Mann-Whitney pH.

Teste de ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 é significativo em $p = 0.0012$
O teste é significativo em 0.0011 (ajustado para empates)

Fonte: Autor (2020).

No quadro 02 podemos observar que o valor $p = 0.0012$ menor que índice de significância estabelecido que é de 0.05, será rejeitado H_0 , ou seja, há a diferença significativa entre os resultados dos grupos experimental e controle referente ao pH.

A aferição pH pode ser afetada por vários fatores como temperatura, coleta e preparo da amostra, condições do equipamento, e outros que podem influenciar nos resultados. Os fatores sensibilidade, potenciais de assimetria, efeitos de agitação, efeitos de temperatura, ruídos eletromagnéticos, contaminação da amostra por solução-tampão ou soluções alcalinas, as trocas realizadas com o ar do próprio ambiente são fatores que podem influenciam na medição e podem afetar o resultado do pH (MEINRATH E SPITZER, 2000).

Na literatura, existem muitas indicações de fatores que interfere citado anteriormente, à necessidade de calibrar o sistema usando as condições mais próximas possíveis daquelas usadas na avaliação (GAMEIRO et al., 2000).

A diferenciação estatística encontrada nos resultados do pH pode ser devido aos fatores ambientais. Quando as análises são realizadas com a sonda os parâmetros não se alteram por casa da manipulação e nem há risco de contaminação da amostra com substancias alcalinas.

As análises feitas no peagâmetro de bancada mesmo empregando todas as técnicas de coleta e tratamento da amostra para que não fosse alterada ainda assim terá uma troca mínima de ar com ambiente que vai ter influencia no seu resultado final.

Então fica mais evidente que o modo de medição do sensor de pH da plataforma Arduino pode auxiliar na análise de mananciais. Pois ele evita que haja contaminação das amostras no manuseio e trocas de ar com ambiente dando um resultado mais real.

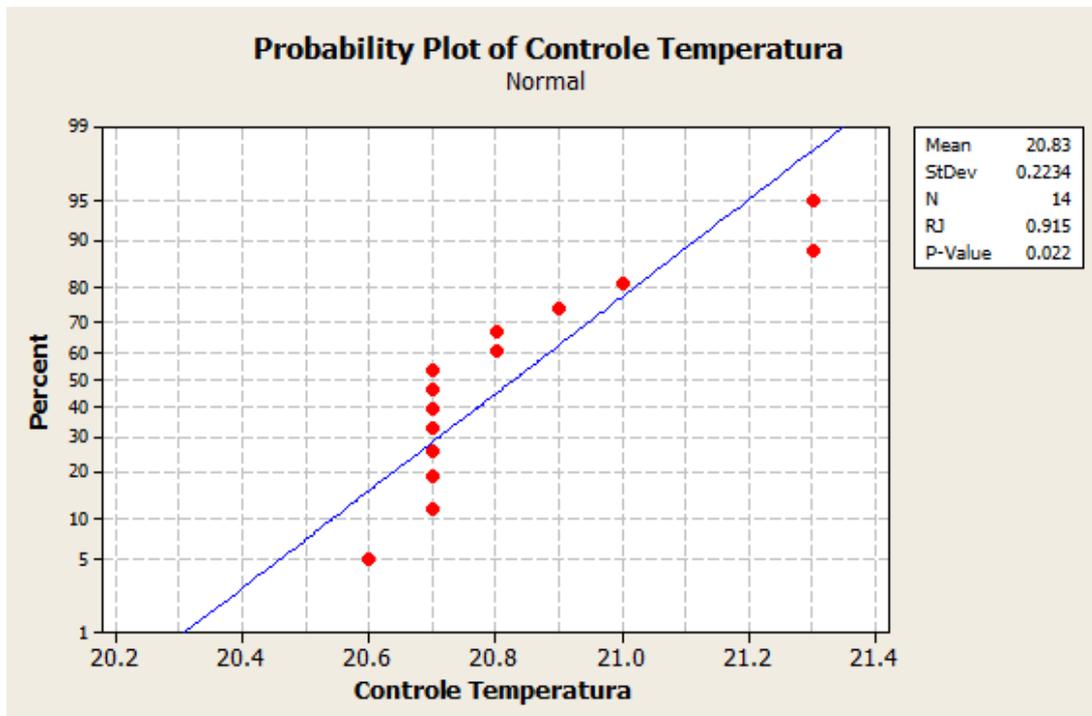
4.2.2 Análise Estatística da Temperatura

O primeiro passo para análise estatística da temperatura foi a verificação da normalidade. Para isso se utilizou o Teste de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 – Dados seguem curva Normal

H1 – Dados não seguem curva Normal

Gráfico 02: Verificação da normalidade para o grupo de controle da temperatura.



Fonte: Autor (2020).

Na análise da normalidade Valor P foi de 0,022 menor que índice de significância de 0,05. Logo, devemos rejeitar H0, pois não segue a distribuição normal.

Como os dados não seguem uma distribuição normal, utilizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses relacionadas são:

H0 - Não há diferença entre as médias da temperatura dos grupos
H1 - Há diferença entre as médias da temperatura dos grupos.

Quadro 03 : Resultado do teste de Mann-Whitney Temperatura.

Teste de ETA1 = ETA2 vs ETA1 não = ETA2 é significativo a 0,0695
O teste é significativo em 0,0652 (ajustado para empates)

Fonte: Autor (2020).

O quadro 03 mostra que o valor $p = 0.0695$ que é maior que índice de significância 0.05, não rejeita H0, ou seja, não há diferença significativa entre os resultados dos grupos experimental e controle.

O sensor de temperatura DS18B20 é um componente eletrônico digital desenvolvido para ser aplicado nos mais diversos ambientes, pois é capaz de medir a temperatura em locais úmidos ou submersos por ser prova d'água (HELENA et al., 2012).

Esse sensor é grande relevância para o monitoramento de mananciais, pois a temperatura da água influenciam diretamente atividades fisiológicas dos peixes respiração, digestão, reprodução, alimentação (VANESSA K, MILENA W, PRISCILA V, 2007). No Rio Paraíba do Sul há uma grande diversidade de peixes que justifica o monitoramento da temperatura.

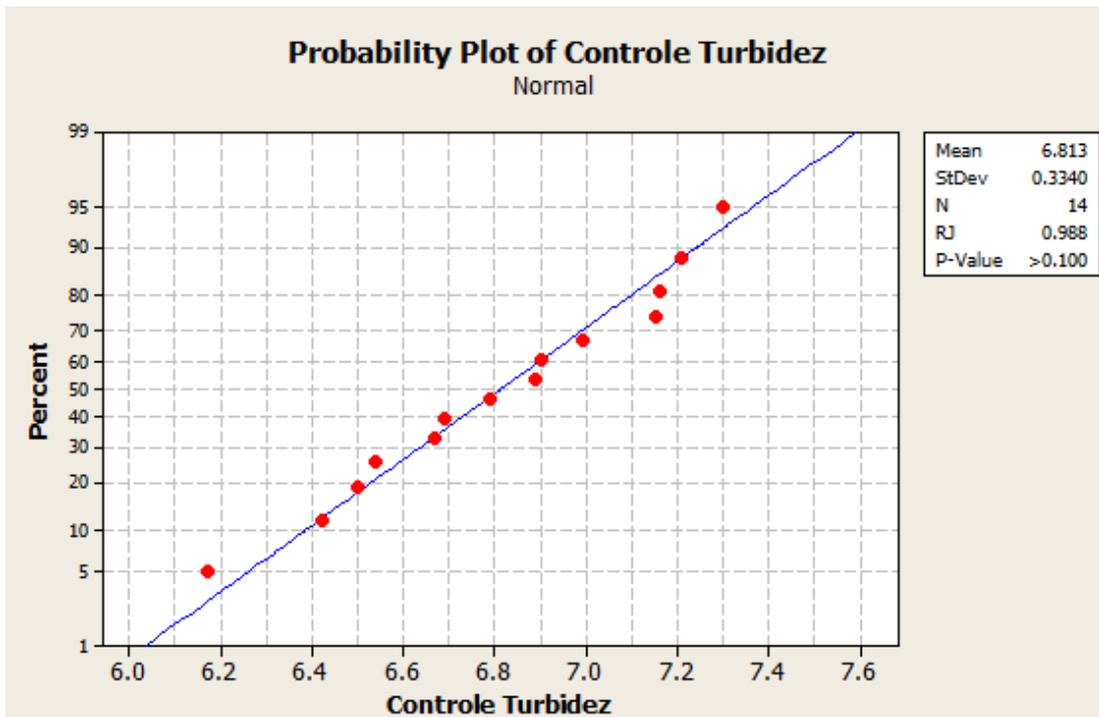
4.2.3 Análise Estatística Turbidez

O primeiro passo para análise estatística da turbidez foi verificação da normalidade para isso se utilizou o Teste de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, considerando um índice de significância de 5% as hipóteses são:

H0 – Dados seguem curva Normal

H1 – Dados não seguem curva Normal

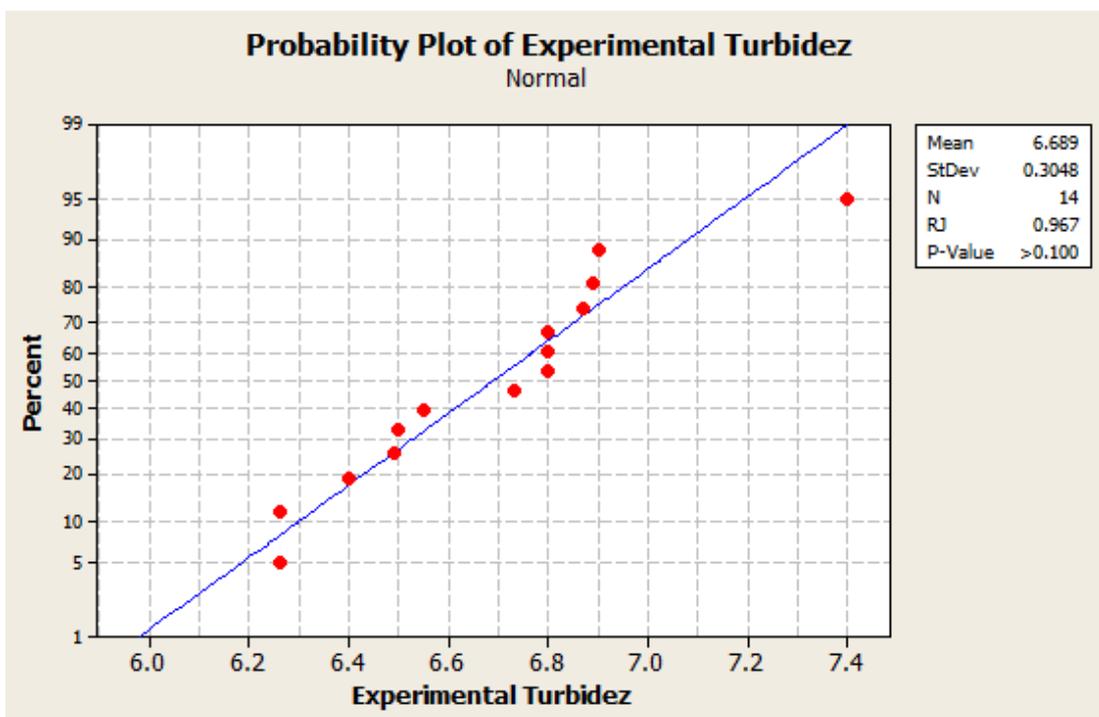
Gráfico 03: Verificação da normalidade para o grupo de controle da turbidez.



Fonte: Autor (2020).

Valor $P > 0,1$ maior que índice de significância 0,05. Logo não devemos rejeitar H_0 pois as amostras do grupo de controle seguem a distribuição normal.

Gráfico 04: Verificação da normalidade para o grupo de controle da turbidez.



Fonte: Autor (2020).

Valor $P > 0,1$ maior que índice de significância 0,05. Logo, não devemos rejeitar H_0 pois as amostras do grupo experimental distribuição normal.

O segundo passo foi a verificação da variância (homocedasticidade) o Teste F considerando o índice de significância de 5% as hipóteses são:

H_0 – Variâncias iguais.

H_1 – Variâncias não são iguais.

Quadro 04 : Resultado do teste de F-Test da Turbidez.

F-Test (normal)	13	13	1.20	0.747
-----------------	----	----	------	-------

Fonte: Autor (2020).

No quadro 04 podemos ver que valor $P = 0.747$ maior que índice de significância 0,05. Logo, não devemos rejeitar H_0 . Variâncias iguais.

Aplicando o Teste T *student* e considerando variâncias iguais considerando o índice de significância de 5% as hipóteses são:

H_0 – Turbidez em média são iguais

H_1 – Turbidez em média são diferentes

Quadro 05: Resultado do teste de T-Test *student* da Turbidez.

Diferença = μ (Controle Turbidez) - μ (Turbidez Experimental)
Estimativa de diferença: 0,124
IC de 95% para diferença: (-0,125, 0,372)
Teste T de diferença = 0 (vs não =): Valor T = 1,02 Valor P = 0,316 DF = 26
Ambos usam Pooled StDev = 0,3197

Fonte: Autor (2020).

Observa-se que como o valor de P 0.316 é maior que o índice de significância 0,05, logo, não há indícios para rejeitar a hipótese nula, ou seja, em médias a turbidez dos grupos são iguais.

Através das análises estatísticas das amostras pode se concluir que o sensor de turbidez modelo TSW-20M é eficiente como os comerciais. Muitos trabalhos defendem a criação e utilização de turbidímetros próprios para diversos ambientes (SARAVANAN, 2018)

5. COSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse sentido, este trabalho apresenta a construção e validação de um dispositivo de baixo custo que permite a medição de pH, Temperatura e Turbidez com eficiência, essa sonda e especialmente desenvolvido para uso em rios e lagos, ou seja, uma aplicação em campo, obtendo resultados em tempo real.

Além do custo cinco vezes menor dos que são vendidos no mercado, observamos também outros pontos positivos, como: as leituras mais rápidas, otimizando o tempo de trabalho. A sonda permite que seja instalado um modulo SD para armazenamento de dados ou um modulo Wifi, que permite ver os dados em tempo real no Smartphone ou computador.

Os resultados estatísticos mostram que a sonda associada à plataforma Arduino pode ser utilizada para análise de mananciais, isso otimiza os estudos e facilitam ações mitigatórias. O equipamento e de fácil utilização, como podemos ver no manual do usuário no ANEXO I.

Para as próximas versões da sonda a proposta é fazer as adequações necessárias para o funcionamento do medidor de vazão que nesse projeto funcionou mais e necessário fazer adequações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO **Introduction.** Disponível em:
<<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 8 out. 2019.

CBH – MPS, Atlas das Bacias Hidrográficas da Região do Médio Paraíba do Sul, p.41, 2017.

BOLETIM DO LEGISLATIVO Nº 23, DE 2012. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil** Disponível em:
<<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242667/Boletim2012.23.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 out. 2019

BUZELLI, G. M.; DA CUNHA-SANTINO, M. B. Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita reservoir, SP. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 1, p. 186–205, 30 abr. 2013.

BUXMANN P., T. Hess and R. Ruggaber, 2009: **Internet of Services. Business & Information Systems Engineering** 5, 341 – 342.

DALLAS SEMICONDUCTOR. **datasheets, DS18B20**: Disponível em:
<<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

DATASHEET. SENSORS & SENSOR MODULES: **YF-S201 Water Flow Sensor**.p.2 Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

CARMO, D. U. C. DO; SILVA, J. C. DA; IZOLANI, A. O. Indicadores da Contaminação no rio Paraíba do Sul. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, v. 1, n. 2, p. 01–12, 22 dez. 2015.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis da Qualidade de Água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>> Acesso em: 01 nov. 2019

DATASHEET. SENSORS & SENSOR MODULES: **YF-S201 Water Flow Sensor**.p.2 Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

FAO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **Agua**. Disponível em: <<http://www.fao.org/water/es>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

FILIFELOP COMPONENTES ELETRÔNICOS. **Display LCD 16x2 I2C Backlight Azul Caracteres Brancos** - FilipeFlo. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-16x2-i2c-backlight-azul/>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

FINI, P. H. et al. **Construindo o sensor de poluição para rios urbanos no Projeto e-Noé**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272815974>. Acesso em: 04 mar. 2020.

GAMEIRO P. REIS S. LIMA JLFC. CASTRO B. Calibration of pH electrodes by direct strong acid/strong base titrations under dilute conditions. **Analytica Chimica Acta** 2000; 405: 167– 172.

GIACOMIN, J. C. **Introdução à Linguagem C**. UFLA - Universidade Federal de Lavras curso de pós-graduação “LATO SENSU” especialização à distância Administração em redes Linux p. 105, 2002.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. 2015**. Disponível em: <<http://www.iim.mb.tu->

dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 03 de out de 2019.

JACOBI, P.R.; et al. 2009. **Governança da água no Brasil: dinâmica da política nacional e desafios para o futuro**. Governança da água e políticas públicas na América Latina e Europa. São Paulo: Annablume. p. 49-82

MIORANDI, **Daniele**. **Internet of things: Vision, applications and research challenges** 2012. Disponível em: <<https://irinsubria.uninsubria.it/retrieve/handle/11383/1762288/2389/IOT.pdf> > Acesso em: 03 de out 2019.

DONALD E. KNUTH. **Modularização: funções e procedimentos**. 1996 Disponível em: <<http://home.iscte-iul.pt/~mms/courses/ip/1998-1999/teoricas/capitulo-3.htm>>. Acesso em: 14 out. 2019.

Meinrath G. Spitzer P. **Uncertainties in determination of pH**. Mikrochimica Acta 2000; 135:155-68.

MITCHELL, B. 2007. Integrated catchment management and MSPs: pulling in different direction? In: Warner, Jeroen (ed.). **Multi-stakeholder platforms for integrated water management**. Aldershot, UK: Achgate. p.49-67.

NAVARRO, M. F. P. **IMPLEMENTAÇÃO DE UM MOTOR SEMÂNTICO PARA AMBIENTES IOT**. TCC do curso Ciência da Computação. Centro Universitário Eurípides de Marília p. 71, 2017.

OLIVEIRA, J. A. et al. **ATLAS DAS MICROBACIAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA MÉDIO PARAÍBA DO SUL**. Disponível em: <<http://www.cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/atlas-CBH-MPS.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2019.

OSÓRIO, Fernando Santos. **CURSO DE LINGUAGEM C** – São Leopoldo 1992. João Carlos Giacomini UFLA - Universidade Federal de Lavras FAEPE - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão Lavras – MG – 2002

ph-sensor-ph-4502c. , [s.d.].

PINTO, M. C. F. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido.** CPRM, 2007. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf. Acesso em: 02 out. 2019.

PIVELI, D. R. P. **Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor.** 2010 Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>. Acesso em: 23 out. 2019.

Vanessa K. S., Milena W. F., Priscila V. R. L. **Qualidade da água na Piscicultura.** <<http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/extensao-tmp/boletim-extensao-079.pdf>> Acesso em: 26 de junho de 2020.

REDE COMPARTILHADA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA: **Programa Água Azul 2016.** Disponível em: <http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/aguas_superficiais/2014/18RelatorioTomol2015.pdf>. Acesso em: 5 out. 2019.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos da Automação. Tek Treinamento & Consultoria Ltda Salvador, 2003. v 1.** Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAeOMAA/fundamentos-automacao-marco-antonio-ribeiro>>. Acesso em: 03 de out de 2019.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE. J.M.S. **SANEAMENTO BÁSICO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA– UFJF.** 2010. Trabalho de conclusão de curso – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA. **Sensor de Fluxo de Água** - Sensores - RoboCore. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/sensores/sensor-de-fluxo-de-agua>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

SARAVANAN, Krishnann et al. Real-time water quality monitoring using Internet of Things in SCADA. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 9, p. 556, 2018.

Sensor de Turbidez Arduino Para Monitoramento d Água ST100 - UsinaInfo. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, Editora: Currency, 3 de janeiro de 2017. Cologny/Geneva, Switzerland, 2016.

SPERLING, M. VON. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.1, 3.ed.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMF, 2005. 452p

SILVA, Alisson S. da; NAVARRO, Fábio P. Desenvolvimento de um motor semântico para redes de sensores IoT. **REGRAD**, UNIVEM/Marília-SP, v. 11, n. 1, p 421-437, agosto de 2018.

SOUZA, A.R. et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n.1, 2011.

TECHNISCHE Universität Dortmund: **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.pdf, 2015.** Disponível em: <http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 03 out. 2019

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L. **Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau – Sudoeste do Estado do Paraná.** Boletim Paranaense de Geociências, n. 57, p. 8, 2005.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações.** 8. ed. São Paulo: Érica, 2011. 224 p.

TOOLEY, Mike. **Circuitos Eletrônicos Fundamentos e Aplicações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. Tradução da terceira edição Luiz Cláudio de Queiroz Faria.

USINA IND. COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO. **Sensor de pH Arduino / Medidor de pH + Módulo de Leitura** - Usinainfo. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html?search_query=ph&results=100>. Acesso em: 4 mar. 2020.

USINAINFO. Sensor de Turbidez Arduino Para Monitoramento de Água ST100 - Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-turbidez-arduino-para-monitoramento-da-agua-st100-4539.html>>. Acesso em: 12 out. 2019.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**, v. 22, n. 0, p. 49–66, 1997.

APÊNDICE I

MANUAL DO USUÁRIO

GERAL

Leia cuidadosamente o conteúdo do presente manual, pois ele contém informações importantes referentes à segurança de instalação, de uso e de manutenção. Recomenda-se que este o manual seja guardado para qualquer consulta posterior. A sonda multiparamétrica foi projetada para ser utilizado em rios e lagos.

A sonda multiparamétrica e constituída por três partes:

- ✓ Haste de alumínio de 4,6 m;
- ✓ Cilindro Com sensores;
- ✓ E caixa de comando.

MEDIDAS DE SEGURANÇA

- ✓ Preste atenção na utilização do equipamento impactos em rochas podem causar danos aos sensores;
- ✓ Se o cabo de alimentação se danificado deve ser substituído pelo Serviço Técnico;
- ✓ Autorizado ou pessoa qualificada, a fim de evitar danos à placa e sensores;
- ✓ O aparelho deve ser ligado a uma bateria de nove Volts na caixa de comando.

MODO DE USO

- ✓ Verificar estado de cabos e sensores;
- ✓ Verificar se há bateria;
- ✓ Submergir a sonda multiparâmetros totalmente no manancial que será feito as análises;

- ✓ Ligar o aparelho e aguardar 8 segundos e os resultados aparecerá no LCD.

ATENÇÃO!

- ✓ A temperatura de trabalho da sonda multiparâmetros e de 5°C a 60 °C;
- ✓ O sensor de pH quando não estiver em uso deve ser guardado em solução de KCl 3 mola;.
- ✓ Os sensores de temperatura e turbidez tem que ser sempre limpo e seco após cada uso;
- ✓ A sonda multiparâmetros, deve ser levada a um ponto de coleta de reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos;
- ✓ A bateria deve ser entregue em ponto de coleta;
- ✓ Não deve ser usado bateria maior que 9 Volts.