



**UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL**

JAIRO CATRARIO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA MEDIR
SÓLIDOS TOTAIS NA ÁGUA PARA FINS DIDÁTICOS USANDO
MÉTODO NEFELOMÉTRICO**

**RIBEIRÃO PRETO
2021**

JAIRO CATRARIO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA MEDIR SÓLIDOS
TOTAIS NA ÁGUA PARA FINS DIDÁTICOS USANDO MÉTODO
NEFELOMÉTRICO**

Dissertação apresentada a Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof Dr Wellington Cyro de Almeida Leite

**RIBEIRÃO PRETO
2021**

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da Biblioteca Central da
UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

Silva, Jairo Catrario da, 1972-
S586d Desenvolvimento de um equipamento para medir sólidos
 totais na água para fins didáticos usando método nefelométrico /
 Jairo Catrario da Silva. – Ribeirão Preto, 2022.
 80 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2022.

JAIRO CATRARIO DA SILVA

**“DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA MEDIR SÓLIDOS
TOTAIS NA ÁGUA PARA FINS DIDÁTICOS USANDO MÉTODO
NEFELOMÉTRICO”**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Tecnologia
Ambiental do Centro de Ciências
Exatas, Naturais e Tecnologias da
Universidade de Ribeirão Preto,
para a obtenção do título de Mestre
em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Wellington
Cyro de Almeida.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 17 de dezembro de 2021

Resultado: **APROVADO**

BANCA EXAMINADORA

Wellington Cyro de Almeida Leite Assinado de forma digital por Wellington Cyro de Almeida Leite
Dados: 2021.12.29 15:05:54 -03'00'

Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida.
Presidente/Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Valdir Schalch Assinado de forma digital por Valdir Schalch
Dados: 2022.01.09 13:18:12 -03'00'

Prof. Dr. Valdir Schalch
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Rodrigo Eduardo Córdoba Assinado de forma digital por Rodrigo Eduardo Córdoba
Dados: 2021.12.29 15:39:48 -03'00'

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Córdoba
Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Ribeirão Preto
2021

Dedico este trabalho a minha esposa Paula porque foi ela quem iniciou todo este processo de crescimento de minha pessoa, por meio de seu incentivo e compreensão e ao meu filho José Catrario da Silva Neto, luz da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, agradeço ao grande arquiteto do universo, pois é através e por meio de suas forças que buscamos cada vez mais alcançar nossos objetivos.

Agradeço aos meus pais, que de maneira simples e honesta, souberam conduzir seus filhos para o caminho do bem.

Aos meus irmãos Gilberto Catrario, Rodrigo Catrario e Sabrina Catrario, pois juntos crescemos como família e nos tornamos cidadãos de bem sempre olhando para o ensinamento de nossos pais;

A família de minha esposa, que sempre esteve presente em minhas decisões;

Aos meus sobrinhos Kaun Catrario da Silva, José Thiago Machado (Ieié), Pedro Campos Machado e Teresa Campos Machado (Tetê) que alegam o nosso ambiente;

Aos amigos de classe, com os quais passei um ano compartilhando boas memórias e, em especial, a Patrícia Monteiro e Everson Stabile que estiveram mais presentes na minha jornada;

Ao meu amigo Leandro Luiz Marques pela contribuição no desenvolvimento desta dissertação;

Ao meu orientador Wellington Cyro de Almeida Leite pelo tempo desprendido e o encaminhamento dado a minha dissertação;

E aos meus professores, que deixaram suas marcas na linha de meu aprendizado e em especial ao meu primeiro orientador, Carlos Eduardo Formigoni, que direcionou meu trabalho e me ajudou com o desenvolvimento do software para que eu pudesse alcançar meu objetivo.

RESUMO

A sociedade contemporânea é tecnológica, de modo que não é mais possível pensar na didática de ensino sem a utilização dos recursos técnicos. Assim o presente estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo para utilização em escolas de ensino médio e técnico que permita a observação de partículas totais em análise na água para fins didáticos mostrando a correlação com a contaminação, usando o método nefelométrico e seguindo as normas EPA 180.1 e o ISO 7027-1:2016 que são diretrizes para este método. Dessa forma foi desenvolvido um equipamento possuindo um hardware e um software para visualização e registro das variáveis, através de uma interface gráfica. Identificação dos componentes para desenvolvimento do circuito e os métodos de medição das partículas para elaboração do equipamento aconteceu através de pesquisas em trabalhos e literaturas, a experiência e a rede de conhecimento com profissionais de diversas áreas foi definitiva para a construção do circuito e câmara de amostragem. A didática do equipamento se dá através de sua interação gráfica e despertando a atenção dos alunos pois sua aplicação abrange vários campos de conhecimento como a mecânica, eletrônica, física, meio ambiente, tecnologia da informação e química. A construção do equipamento foi realizada parte em bancada e outra parte em área externa pois foi necessário o envolvimento de diversas habilidades e competências onde o conhecimento de outros profissionais para finalização do mesmo foram necessários. O desenvolvimento do software para aquisição dos valores gerados no equipamento exigiu um conhecimento específico, mas foi possível através de uma interação criar uma tela amigável onde as variáveis do nefelômetro, LDR e sólidos totais são indicados na tela com a possibilidade de gerar gráficos separados de cada variável. Os testes para calibração do equipamento realizados no laboratório de química atribuíram ao trabalho a confiança e certificação nos valores obtidos dando assim uma segurança em dizer que o equipamento é fruto de pesquisa e tecnologia aplicada no seu desenvolvimento.

Palavras Chave: Sólidos totais em água, Poluição da água, Tecnologia e Ensino, Tecnologia Ambiental, Educação Ambiental, Nefelômetro.

ABSTRACT

Contemporary society is technological, so it is no longer possible to think about teaching didactics without the use of technology. Thus, this study aims to develop a low-cost equipment for use in high school and technical schools that allows the observation of total particles in water analysis for didactic purposes, showing the correlation with contamination, using the nephelometric method and following EPA 180.1 and ISO 7027-1:2016 which are guidelines for this method. In this way, the equipment was developed with hardware and software for viewing and recording the variables through a graphical user interface. Identification of components for circuit development and methods of size particle measurement for the preparation of the equipment took place through research in works and literature, the experience and network with professionals from different areas was definitive for the construction of the circuit and sampling chamber. The didactics of the equipment takes place through its interactive graphics therefore drawing the attention of students because its application covers several fields of knowledge such as mechanics, electronics, physics, environment, information technology and chemistry. The assembling process of the equipment was carried out partly on a bench and another part in an external area as it was necessary to involve several skills and competences where the knowledge of other professionals to complete it was necessary. The development of the software for acquiring the values generated in the equipment required specific knowledge, but it was possible through an interaction to create a friendly display where the variables of the nephelometer, LDR and total solids are indicated on the screen with the possibility of generating separate graphs of each variable. The tests for calibration of the equipment carried out in the chemistry laboratory gave the work assurance and certification in the values obtained, thus giving confidence in saying that the equipment is the result of research and technology applied in its development.

Key words: Total solids in water, Environment, Pollution of water, Technology, nephelometer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição da água no planeta.....	19
Figura 2 - Controle e Tratamento de Água.....	21
Figura 3 - Controle e Tratamento de Esgoto	22
Figura 4 - Diagrama das 9 frações de sólidos	27
Figura 5 - Relacionamento das análises de sólidos	27
Figura 6 - Montagem do nefelômetro padrão EPA 180.1	28
Figura 7 - Montagem do nefelômetro padrão ISO 7027-1	28
Figura 8 - Relacionamento das análises de sólidos	31
Figura 9 - Sistema de Medição de um Nefelômetro.....	32
Figura 10 - Componentes básicos de um nefelômetro	32
Figura 11 - Projeto de nefelômetro comum contem três componentes críticos: fonte de luz incidente, detector e célula de amostra esta configuração atende método EPA 180.1	33
Figura 12 - Projeto de nefelômetro com detector adicional que ajuda a compensar as interferências devido a cor e absorção de partículas esta configuração atende método ISO 7021	34
Figura 13 - Representação do comportamento físico de um LED	35
Figura 14 - Fluxograma das etapas para o desenvolvimento do equipamento para medir sólidos totais em água.	36
Figura 15 - Circuito ilustrativo de alimentação do diodo.....	37
Figura 16 - Foto ilustrativa do diodo.....	37
Figura 17 - Foto ilustrativa circuito típico do foto-transistor	38
Figura 18 - Partes do LDR	39
Figura 19 - Curva característica do LDR	39
Figura 20 - Fonte de alimentação 5v	39
Figura 21 - Microprocessador Arduino	40
Figura 22 - Caixa para acondicionamento dos circuitos	41
Figura 23 - Câmara de amostragem.....	41
Figura 24 - Cubetas em vidro transparente para acondicionar as amostras	42
Figura 25 - Potenciômetro	42
Figura 26 - Tela do software desenvolvido	43
Figura 27 - Protótipo do início de montagem.....	44

Figura 28 - O circuito desenvolvido após testes.....	44
Figura 29 - Diluição da amostra	45
Figura 30 - Amostra no forno	45
Figura 31 - Valores das variáveis	46
Figura 32 - Estrutura do software MVC (Model View Controller) modelo, visão e controle	48
Figura 33 - Tela do software finalizado	49
Figura 34 - Protótipo	50
Figura 35 - Desenho do circuito eletrônico	51
Figura 36 - Equipamento concluído e testado	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado médio da amostra 1	52
Tabela 2 - Resultado médio da amostra 2.....	53
Tabela 3 - Valores comparativos previsto x real	53
Tabela 4 - Valores de variável indireta por concentração	54
Tabela 5 - Valores de variável direta por concentração	56
Tabela 6 - Valores de variável LDR por concentração.....	57
Tabela 7 - Valores de média variáveis direta/indireta por concentração.....	58
Tabela 8 - Valores dos componentes do equipamento	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores obtidos no equipamento variável indireta.....	54
Gráfico 2 - Valores obtidos no equipamento variável direta.....	55
Gráfico 3 - Valores obtidos no equipamento variável LDR.....	56
Gráfico 4 - Valores obtidos no equipamento média das variáveis direta/indireta.....	57

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1 - Equação da diluição.....	46
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QI – QUOCIENTE DE INTELIGÊNCIA

IQA – ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

CAESB – COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE

STD – SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

STS – SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO

UNT – UNIDADES NEFELOMÉTRICAS DE TURBIDEZ

TIL – FOTODIODO

LED – LIGHT EMITTING DIODE

LDR – LIGHT DEPENDENT RESISTOR OU RESISTOR QUE DEPENDE DA LUZ

UNO – ARDUINO

PP – POLIPROPILENO

C – CONCENTRAÇÃO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO E DA TECNOLOGIA	18
3.2 RECURSO NATURAL: ÁGUA	18
3.3 TECNOLOGIAS DIDÁTICAS: METODOLOGIAS ATIVAS	20
3.4 CONTROLE E TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO	21
3.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	22
3.6 SÉRIE DE SÓLIDOS	23
3.7 NEFELOMETRIA.....	28
3.7.1 Método EPA 180.1	29
3.7.2 Método ISO 7027	29
3.7.3 Surgimento da Nefelometria.....	30
3.7.4 Nefelômetro	31
3.7.5 Fotodetector	33
3.8 DIODOS FONTE DE LUZ INCIDENTE	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 IDENTIFICAÇÃO E AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS	36
4.1.1 Emissores.....	36
4.1.2 Receptores	38
4.1.3 Fonte	39
4.1.4 Arduino.....	40
4.1.5 Caixa para Acondicionamento do Circuito Eletrônico e Sensores.....	40
4.1.6 Desenvolvimento da Câmara de Amostragem	41
4.1.7 Cubetas	41
4.1.8 Potenciômetro	42
4.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE PARA AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS.....	43
4.3 MONTAGEM DO PROTÓTIPO PARA AJUSTES E VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO	43
4.4 MONTAGEM DO CIRCUITO	44
4.5 TESTE E FINALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO	44
4.6 CUSTO DO EQUIPAMENTO.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

5.1	IDENTIFICAÇÃO E AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES.....	47
5.2	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....	47
5.3	MONTAGEM DO PROTÓTIPO.	50
5.4	MONTAGEM DO CIRCUITO.	50
5.5	TESTE E FINALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO	52
5.6	CUSTO DO EQUIPAMENTO.....	59
6	CONCLUSÕES.....	60
7	TRABALHOS FUTUROS.....	62
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE A – Desenho construtivo da câmara de amostragem	67
	ANEXO A – Listagem do programa de análise dos sinais.....	68

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento efetivo para o movimento dos ecossistemas e da vida, como a constituição e dinâmica dos solos e do clima. Ainda que tenha um ciclo, seja um componente de ligação nos ecossistemas e um recurso renovável, é também limitada, uma vez que a viabilização de água doce na Terra é muito pequena. Dessa forma, existe a preocupação e a justificativa maior para a sua preservação, pois é um tema muito discutido na área da educação, bem como em outros meios de comunicação.

Atualmente, o desempenho da tecnologia na educação cresce a todo instante dentro e fora da sala de aula, e os jovens, em sua maioria, tem algum tipo de aparelho eletrônico como: tablet, celular, computador e notebook. O acesso rápido e eficiente na obtenção de informações importantes e diversificadas, assim como, a eficácia da comunicação entre professores e alunos é viabilizada pelas ferramentas interativas.

Nesse sentido é importante relacionar o uso dos recursos tecnológicos na didática de ensino com o propósito de acercar-se dos aspectos físico-químicos da água, tanto no aspecto biológico quanto no social e econômico. Para tanto, destaca-se a necessidade de envolver os estudantes na aprendizagem, estabelecendo um sentido ao conteúdo estudado, oferecendo situações práticas de ensino e aprendizagem, em que ampliam as oportunidades de reflexão.

No presente estudo foi proposto um equipamento que teve como intuito alertar os estudantes as necessidades de conservação da água através de aspectos físico-químicos, como a medição de sólidos totais utilizando o método nefelométrico, com uso do Arduino para processamento das variáveis e uma interface gráfica para visualização dos resultados e geração de gráficos no auxílio didático do professor na projeção de uma ferramenta tecnológica. Através do uso deste método o equipamento abre espaço para o estudo da propriedade da água e sua construção física abrange outras áreas de estudo como a eletrônica e a mecânica.

Sólidos totais são parâmetros utilizados para a caracterização física da água e as diversas frações de sólidos estão associadas à sua qualidade química por isso a importância de seu estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver equipamento didático de baixo custo para utilização em escolas e instituições de ensino médio e técnico que permita a observação de sólidos totais em análise na água mostrando a correlação com a poluição.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificação dos componentes para desenvolvimento do equipamento com base na nefelometria;
- Estudo para desenvolvimento do software para aquisição dos valores gerados no equipamento;
- Estudo dos métodos de medição de partículas para desenvolvimento do equipamento para aplicação didática através dos métodos EPA 180.1 e o ISO 7027-1:2016;
- Comparação dos sensores foto-transistores e LDR como receptores do nefelômetro em diferentes ângulos.
- Custo do equipamento;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO E DA TECNOLOGIA

O conhecimento parte da compreensão das dimensões da realidade que nos cerca, é pensar, aprender, raciocinar e organizar o discurso sobre os diversos assuntos por meio de determinados critérios. Desta forma, desenvolver um raciocínio é fundamental para a compreensão do mundo e das relações estabelecidas entre as pessoas (MORAN et al., 2000).

A sociedade está marcada pelos avanços científicos e tecnológicos o que reflete um novo posicionamento do professor dentro da sala de aula e a proposição de novas atividades para inserir o ensino de aprendizagem. Neste contexto, a educação depara com o desafio de se adaptar aos avanços das tecnologias e orientar para que haja o domínio e a apropriação crítica desses novos meios e mecanismos. Deve ser encarada como um direito de ter acesso ao conhecimento, às novas tecnologias e à troca de experiências (KOCH, 2013).

Um dos grandes desafios para o educador é ajudar a tornar a informação significativa, escolher quais conceitos são mais relevantes, compreendê-los de forma cada vez mais abrangente e profunda. Assim, não basta apresentar recursos tecnológicos no processo de ensino e sim entender como os indivíduos se relacionam com a tecnologia, proporcionando um enriquecimento no ambiente educacional, de modo que o professor seja fundamental para criar ambientes de aprendizagem e de valorização do educando (MORAN et al., 2000).

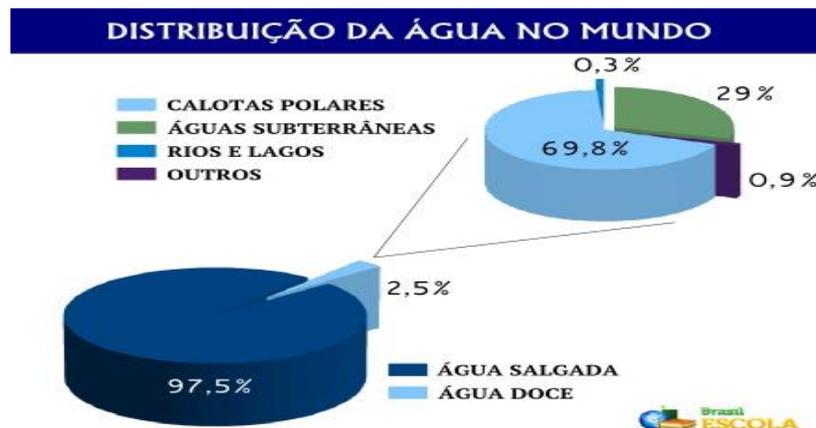
A criação de tecnologias, sobretudo as que atendem aos processos de ensino-aprendizagem, demanda um esforço de implementação e de um tempo significativo. A sociedade está em transformação permanente e, junto a ela, a escola tenta se modernizar para acompanhar o mundo da tecnologia e da globalização, enfrentando novos desafios (KOCH, 2013).

3.2 RECURSO NATURAL: ÁGUA

O planeta Terra é composto por uma extensa massa de água que compreende os oceanos, os mares e as águas existentes nos continentes, totalizando em, aproximadamente, 1,4 bilhão de km³. A Terra é conhecida como “Planeta Água” por ter cerca de 71% da sua superfície coberta por água em estado líquido (PENA, 2021).

Desse total, 97,5% da água disponível é salgada e imprópria para consumo, somente 2,5% da água disponível é doce. A água salgada é encontrada nos oceanos e mares, e a água doce é encontrada em rios, lagos, geleiras, neves eternas e reservas subterrâneas (PENA, 2021). A Figura 1 mostra a distribuição não uniforme de água doce no planeta, variando de acordo com as regiões e a existência dos ecossistemas.

Figura 1 - Distribuição da água no planeta



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm/> Acesso em: 08/09/2021.

De acordo com Pena (2021) a água no planeta não se distribui entre as regiões de forma homogênea. Sua distribuição varia conforme inúmeros fatores, como localização, características físicas, clima, presença de ecossistemas, entre outros. A água doce tem maior disponibilidade no continente americano, segundo a Agência Nacional das Águas. Do total disponível no mundo 39,6% estão nesse continente. O continente com menor disponibilidade de água é a Oceania, concentrando cerca de aproximadamente 4,0%.

Segundo dos Santos et al (2021) a água é uma substância extremamente importante para a manutenção da vida no planeta, pois faz parte do corpo de todos os organismos vivos, transporta substâncias, garante a realização de diversas reações químicas, além de ser considerada um solvente universal em virtude de sua capacidade de dissolver outros compostos químicos.

A água (H₂O) é um recurso natural farto e efetivo para a essência da vida no planeta. A Terra é composta por uma ampla massa de água, correspondendo ao que distinguimos como hidrosfera. Muito mais que estar presente no planeta a água também compõe o corpo humano, também, pode-se fazer a associação com qualquer espécie de vida. Sendo considerada como recurso inesgotável, a água também é vista como um símbolo de riqueza, pois, foi

transformada em fonte monetária, passando a ser sinônimo de conflito pelo mau uso, desperdício e má distribuição entre regiões do mundo, tornando um tema de discussão ambiental e geopolítica (DOS SANTOS et al., 2021).

De acordo com Sperling (2005) a água é um componente efetivo à sustentação da vida e é o constituinte inorgânico mais encontrado na matéria viva, sendo responsável por mais de 60% do peso do homem.

3.3 TECNOLOGIAS DIDÁTICAS: METODOLOGIAS ATIVAS

As metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação dos alunos na construção dos processos de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida. Em um mundo conectado e digital a junção de metodologias ativas com modelos flexíveis e híbridos traz contribuições importantes para o desenho de soluções atuais para os aprendizes (BACICH et al.; MORAN 2018).

De acordo com Ferrarini et al (2019) a aprendizagem está ligada a diversas formas e processos cognitivos do aluno e a interação com os demais colegas e o professor. As metodologias ativas se diferenciam quando suas estratégias, abordagens e técnicas são definidas.

Segundo Amorim (2021) o sistema atual de ensino ainda é mais focado no conteúdo passivo ao invés de um modelo no que se refere em desenvolver habilidades, competências e autonomia no auto aprendizado.

Para Valente (2018) XI, ou seja, ao invés do ensino ser baseado na transmissão de informação e da instrução bancária, na metodologia ativa, o aluno assume uma postura mais participativa, na qual ele resolve problemas, desenvolve projetos e, com isso, cria oportunidades para a construção de conhecimento.

Bacich et al (2018) relata a importância de salientar que a inserção de metodologias ativas nas instituições de ensino não está ligada apenas a uma forma única de aprender e que a aprendizagem é um processo contínuo em que todos os envolvidos no processo devem ser considerados como peças ativas.

3.4 CONTROLE E TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO

A Política Nacional de Meio Ambiente, por meio da Lei 6.938/81, determina a poluição como sendo a deterioração da qualidade ambiental consequentes de atividades que indireta ou diretamente causam danos à saúde, à segurança e ao bem-estar da população, além de que, criam condições inversas às atividades sociais e econômicas, entusiasmam dificultosamente as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.

Os serviços públicos de abastecimento devem fornecer água sempre saudável e de boa qualidade. A necessidade de tratamento e os processos exigidos deverão então, ser determinados com base em inspeções sanitárias e nos resultados de análises (físico-químicas e bacteriológicas) representativas do manancial a ser utilizado como fonte de abastecimento (CAESB, 2021).

De acordo com a Figura 2 o tratamento de água convencional é composto pelas etapas de pré-cloração, pré-alcalinização, coagulação, floculação, sedimentação, filtração, pós-alcalinização e desinfecção.

Os sistemas de tratamento de efluentes possuem classificação quanto ao tipo de processo utilizado (físico, químico ou biológico) e quanto ao grau e eficiência de remoção de poluentes das unidades, sendo denominados tratamentos Preliminar, Primário, Secundário e Terciário/Avançado, conforme Figura 3.

Figura 2 - Controle e Tratamento de Água



Fonte: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47/> Acesso em: 07/08/2021

Figura 3 - Controle e Tratamento de Esgoto



Fonte: <https://riovivo.com.br/br/noticias/como-funciona-tratamento-efluente-textil/> Acesso em: 07/08/2021.

3.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

A crescente urbanização e industrialização das cidades têm como consequência um maior comprometimento da qualidade das águas dos rios e reservatórios, devido a maior complexidade de poluentes que são lançados no meio ambiente e à deficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos gerados pela população (CETESB, 2013).

As propriedades da água se transformam de acordo com o seu local de origem, bem como, das interações do homem com o ambiente, as estimativas dessas propriedades servem para mensurar os índices de qualidade da água, que podem ser de ordem física, química e biológica (FAY e SILVA, 2006). Segundo os autores no que se refere a tais parâmetros, os de ordem física abrangem cor, sabor, odor, turbidez, temperatura, sólidos totais dissolvidos e dureza. Aos que se referem de natureza química dá-se ênfase ao pH (acidez e alcalinidade), metais (ferro e manganês), cloretos, nitrogênio (nutriente), fósforo (nutriente), oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micro poluentes orgânicos e inorgânicos como metais pesados.

O parâmetro turbidez indica a diminuição da transparência da água, sendo requerida pelo material em suspensão que provoca a reflexão da radiação, impedindo a passagem dos raios solares pela água. A quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas permite a estimativa da quantidade dos sólidos suspensos na água (TOMAZONI et al., 2005).

A turbidez pode importunar conflito no ambiente aquático, decorrente da diminuição da penetração dos raios solares na água, atentando, assim, adulterações no sistema; oferecendo variações nas taxas fotossintéticas de macrófitas e algas subsuperficiais; além de beneficiar a

proliferação de cianobactérias produtoras de toxinas e reduzir a quantidade de oxigênio dissolvido, gerando dessa forma, a morte dos peixes (FAY e SILVA, 2006).

Carreras (2010) também expõe que a turbidez pode apresentar problemas como assoreamento de barragens e reservatórios, o que atrai nutrientes e contaminantes e degrada ambientes aquáticos, já que estão associados ao transporte de sedimentos. Para Fay e Silva (2006) as fontes basais geradoras de turbidez são as argilas, areias, matéria orgânica, material mineral, detritos e plânctons.

3.6 SÉRIE DE SÓLIDOS

Sólidos totais (ST) são divididos em sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos suspensos totais (SST). Entretanto, somente o primeiro apresenta padrão de potabilidade com limite de 1000 mg/L, pelo fato de estar relacionado com a presença de esgoto e por intervir nas propriedades organolépticas da água. Além do que, os SDT penetram na água por meio de fontes naturais como ações erosivas, microrganismos ou de forma antropogênica por meio da poluição (BRASIL, 2006).

A estimativa para avaliar esse parâmetro incide no fato de que altos teores de sais minerais como, por exemplo, sulfato e cloreto podem conferir sabor à água e confirmam a corrosão nos sistemas de distribuição (VITÓ et al., 2016).

Segundo apêndice D da CETESB (2014) em saneamento, as substâncias sólidas nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis).

De acordo com Lougon et al (2009) os sólidos impactam de forma negativa no sistema aquático fazendo com que a penetração da luz seja bloqueada, induzindo o aquecimento da água e, conseqüentemente reduzindo o oxigênio dissolvido no meio.

Para Piveli (2015) os sólidos são todo resíduo que permanece na água após evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra sendo pré-estabelecida uma temperatura e um tempo determinado. É correto dizer que as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Existe o método gravimétrico (balança analítica ou de precisão) para a determinação de sólidos e o método volumétrico (uso do cone Imhoff) utilizado apenas

para determinar os sólidos sedimentáveis. Conforme a norma técnica NTS 287 da SABESP de 2011 e Piveli (2015) os sólidos são classificados em:

- a) Sólidos Totais: substâncias que permaneçam na cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra em temperatura de 103 a 105°C;
- b) Sólidos Fixos: substâncias que permaneçam na cápsula após calcinação em forno-mufla na determinação dos sólidos totais;
- c) Sólidos Voláteis: resultado da subtração entre os sólidos totais e os sólidos fixos. Todas as substâncias que se volatilizaram após a calcinação no forno mufla em temperatura de 450 a 550°C.
- d) Sólidos em Suspensão: substâncias, que após filtração e secagem, permaneçam retidas na membrana (fibra de vidro com porosidade 1,2 µm);
- e) Sólidos em Suspensão Fixos: substâncias que permaneçam retidas na membrana (fibra de vidro com porosidade 1,2 µm) após filtração e secagem e calcinação em forno mufla em temperatura de 103 a 105°C;
- f) Sólidos em Suspensão Voláteis: é a subtração entre os sólidos em suspensão totais e os sólidos em suspensão fixos. Todas as substâncias que se volatilizaram após a calcinação no forno mufla em temperatura de 450 a 550°C.
- g) Sólidos Dissolvidos: substâncias, que não ficaram retidas na filtração e permaneceram após total secagem de determinado volume de amostra;
- h) Sólidos Sedimentáveis: substâncias existentes em 1 (um) litro de amostra que sedimentem por ação da gravidade em Cone de Imhoff.

Conforme o Decreto Estadual nº 8.468 do estado de São Paulo, sólidos sedimentáveis têm limite máximo de 1ml/l para descarga direta no corpo receptor e de 20ml/l para descarga no sistema público de esgoto provido de estação de tratamento, o qual também é o mesmo valor na resolução do CONAMA Nº 20 art. 21 onde o valor máximo é de 1ml/l. Em águas de abastecimento público a portaria nº 36 do ministério da saúde estabelece como padrão de

potabilidade 1000 mg/l de sólidos totais dissolvidos. Já na resolução nº 20 do CONAMA, o valor máximo é de 500mg/l.

De acordo com o apêndice D da Cetesb (2014) os métodos empregados para a determinação de sólidos são gravimétricos (utilizando-se balança analítica ou de precisão). Nos estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Esse quadro não é definitivo para se entender o comportamento da água em questão, mas constitui-se em uma informação preliminar importante.

Deve ser destacado que, embora a concentração de sólidos voláteis seja associada à presença de compostos orgânicos na água, não propicia qualquer informação sobre a natureza específica das diferentes moléculas orgânicas eventualmente presentes que, inclusive, iniciam o processo de volatilização em temperaturas diferentes, sendo a faixa compreendida entre 550-600°C uma faixa de referência. Alguns compostos orgânicos volatilizam-se a partir de 250°C, enquanto outros exigem, por exemplo, temperaturas superiores a 1000°C. No controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos, algumas frações de sólidos assumem grande importância (CETESB, 2014).

Em processos biológicos aeróbios, tais como os sistemas de lodos ativados e de lagoas aeradas mecanicamente, da mesma forma que, em processos anaeróbios, as concentrações de sólidos em suspensão voláteis nos lodos dos reatores têm sido utilizadas para se estimar a concentração de microrganismos decompositores da matéria orgânica. Isso porque as células vivas são, em última análise, compostos orgânicos e estão presentes formando flocos em grandes quantidades relativamente à matéria orgânica “morta” nos tanques de tratamento biológico de esgotos. Embora não representem exatamente a fração ativa da biomassa presente, os sólidos voláteis têm sido utilizados de forma a atender as necessidades práticas do controle de rotina de uma Estação de Tratamento de Esgotos. Pode-se imaginar, por exemplo, as dificuldades de se utilizar a concentração de DNA para a identificação da biomassa ativa nos reatores biológicos. Algumas frações de sólidos podem ser relacionadas, produzindo informações importantes (CETESB, 2014).

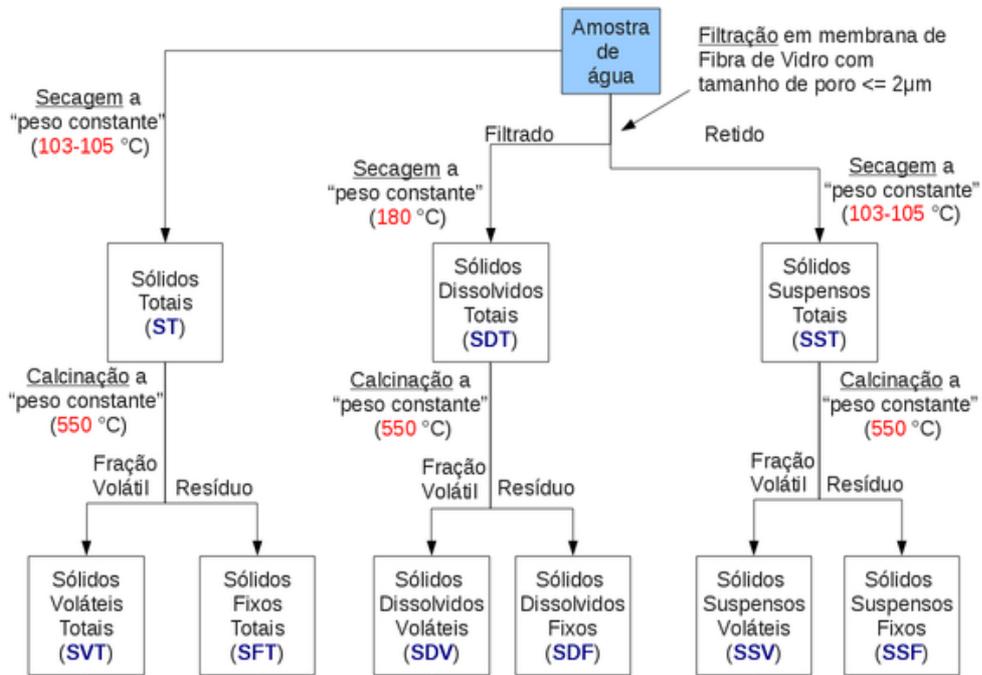
É o caso da relação entre Sólidos em Suspensão Voláteis e Sólidos em Suspensão Totais (SSV/SST), que representa o grau de mineralização de um lodo. Por exemplo, determinado

lodo biológico pode ter relação $SSV/SST = 0,8$ e, depois de sofrer processo de digestão bioquímica, ter esse valor reduzido abaixo de 0,4, já que, no processo de digestão bioquímica, a fração orgânica é oxidada, enquanto a fração inorgânica se mantém. Para o recurso hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (CETESB, 2014).

O ensaio da série de sólidos, segundo os métodos 2540 B, C, D e E do Standard Methods (Standard Methods) em sua 23ª edição, contempla nove (9) frações diferentes de sólidos quantificáveis em uma amostra de matriz aquosa conforme Figuras 4 e 5, que diferem entre si basicamente pelas suas características de tamanho de partícula e volatilidade. São eles:

1. Sólidos totais (ST);
2. Sólidos dissolvidos totais (SDT);
3. Sólidos suspensos totais (SST);
4. Sólidos fixos totais (SFT);
5. Sólidos voláteis totais (SVT);
6. Sólidos dissolvidos fixos (SDF);
7. Sólidos dissolvidos voláteis (SDV);
8. Sólidos suspensos fixos (SSF);
9. Sólidos suspensos voláteis (SSV).

Figura 4 - Diagrama das 9 frações de sólidos



Fonte: http://www.c2o.pro.br/analise_agua/ape.html/ Acesso em: 20/06/2021

Figura 5 - Relacionamento das análises de sólidos

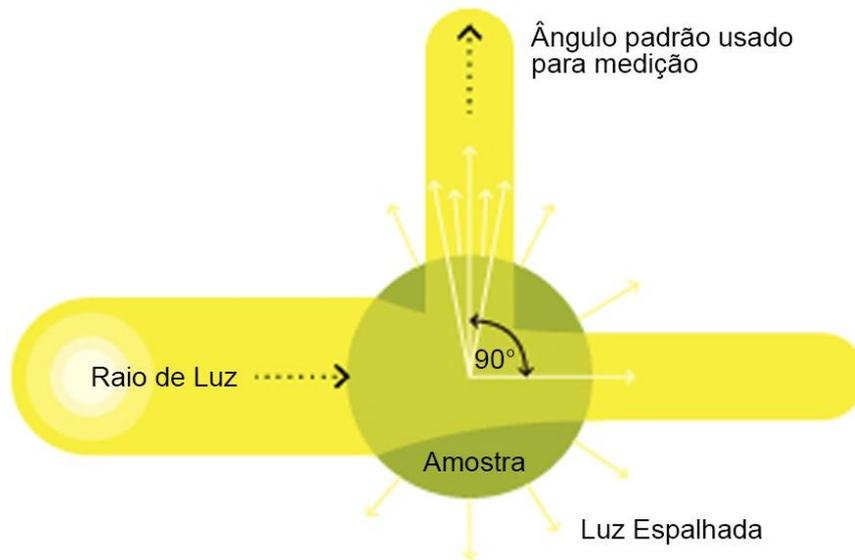


Fonte: Metcalf e Eddy (1991) apud Estevam et al., 2018. acesso em 20/06/2021

3.7 NEFELOMETRIA

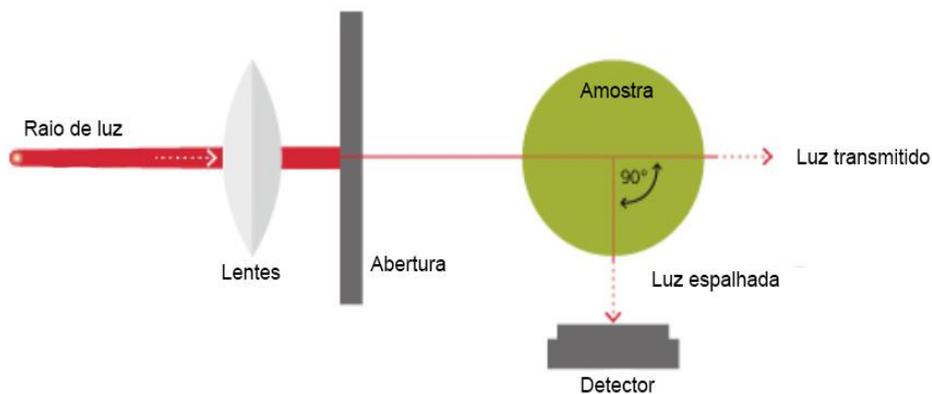
Consiste no aferir a radiação causada por partículas (em solução ou em suspensão), medindo assim, a sua potência espalhada em um ângulo diferente da direção da radiação incidente. Quando uma partícula em suspensão é atingida por um feixe de luz, há uma porção dela que é refletida, outra absorvida, outra porção é desviada e o resto é transmitido. Por isso a suspensão é observada turva quando a luz atinge um meio transparente em que há uma suspensão de partículas sólidas (THPANORAMA, 2019). Dois métodos são diretrizes para os equipamentos nefelométricos que são eles o método EPA 180.1 e o ISO 7027-1:2016, respectivamente representados pelas Figuras 6 e 7.

Figura 6 - Montagem do nefelômetro padrão EPA 180.1



Fonte: Fondriest (2014).

Figura 7 - Montagem do nefelômetro padrão ISO 7027-1



Fonte: Fondriest (2014).

3.7.1 Método EPA 180.1

Este método usa tecnologia nefelométrica, que mede a dispersão de luz em um ângulo de 90 graus do caminho de luz inicial. O fotodetector deve ser centralizado naquele ângulo e não pode se estender mais do que 30 graus a partir desse ponto central. Para minimizar as diferenças nas medições de dispersão de luz, o método afirma que a luz incidente e dispersa não pode viajar mais de 10 cm da fonte de luz para o fotodetector. Fotodetectores adicionais são permitidos sob este método, desde que o ângulo de 90 graus seja o detector primário (EPA,1993).

O Método EPA 180.1 requer ainda que a fonte de luz usada em cada nefelômetro seja uma lâmpada de tungstênio com uma temperatura de cor entre 2.000 K e 3.000 K. Isso significa que a saída de tungstênio é policromática ou de banda larga no espectro. Quando a luz atinge o fotodetector, o pico espectral de resposta deve estar entre 400-600 nm (EPA,1993). O uso de uma ampla banda espectral significa que o nefelômetro pode ser afetado por amostras coloridas. Como a matéria colorida dissolvida pode absorver alguns comprimentos de onda, a precisão do medidor pode diminuir. No entanto, um espectro de banda larga também permite que o medidor seja sensível a partículas menores. Esta sensibilidade significa que uma fonte de lâmpada de tungstênio fornecerá uma resposta mais precisa do que uma fonte de luz monocromática ao medir uma amostra com partículas muito finas (FONDRIEST, 2014).

3.7.2 Método ISO 7027

Este método requer especificamente uma fonte de luz monocromática em um comprimento de onda de 860 nm, com uma largura de banda espectral de 60 nm. Isso permite que o comprimento de onda varie +/- 30 nm de 860, para uma faixa de fonte de luz de 830-890 nm. Embora os LEDs e as lâmpadas de filamento de tungstênio filtrado possam ser usados como uma fonte de luz monocromática, eles não estão necessariamente dentro da faixa especificada. Os LEDs de luz branca não atendem aos requisitos da ISO 7027 (FONDRIEST, 2014). Segundo o site o método ISO 7027 requer um ângulo fotodetector primário de 90 graus +/- 2,5 graus. Ângulos de detecção adicionais são permitidos (como atenuação), mas o detector nefelométrico de 90 graus deve ser a fonte de medição primária. O ângulo de aceitação do detector deve se estender 20-30 graus (+/- 10-15 graus). Este é um requisito mais preciso do que o Método EPA 180.1, que permite +/- 30 graus do ângulo reto. Como o Método EPA 180.1, a distância do caminho da luz é limitada a 10 cm (luz incidente + luz espalhada).

Para Fondriest (2014) tanto o método EPA 180.1 quanto o ISO 7027 usam tecnologia nefelométrica. No entanto, as diferenças na fonte de luz e as pequenas diferenças no design criam resultados de medição diferentes. A ISO 7027 tem a vantagem de que a luz infravermelha raramente é absorvida por partículas e moléculas coloridas, reduzindo o erro que estaria presente em uma fonte de luz de banda larga. Além disso, os LEDs tendem a ser mais estáveis ao longo do tempo, exigindo menos calibração. No entanto, como comprimentos de onda mais longos são menos sensíveis a pequenas partículas, o ISO 7027 produzirá leituras ligeiramente mais baixas do que o EPA 180.1 em valores de concentração menor.

3.7.3 Surgimento da Nefelometria

A nefelometria acontece pela dispersão de radiação por partículas em suspensão, quando no momento em que um feixe de luz atinge as partículas de uma substância em suspensão, a direção de propagação do feixe muda de direção, a fonte de luz pode ser de uma lâmpada incandescente, um diodo emissor de luz (LED) e ou diodos a laser (SADAR, 1998).

Segundo o autor as fontes de luz incandescentes emitem um amplo espectro de luz que inclui comprimentos de onda mais curtos que são mais adequados à detecção de partículas pequenas. LEDs infravermelhos comuns (IR) emitem 830-890 nanômetros (nm) luz que normalmente não é absorvida por cor visível na amostra, eliminando uma fonte comum de erro. Luz baseada em laser são fontes muito sensíveis a pequenas alterações nas amostras e são mais utilizados em processos industriais.

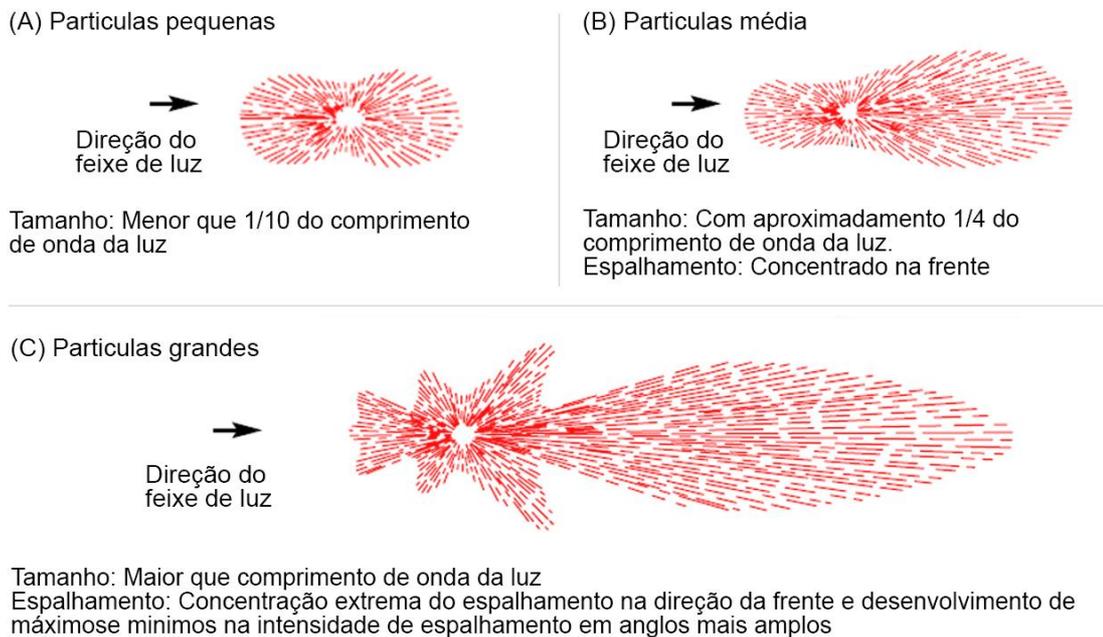
Conforme o site THpanorama (2019) o efeito da dispersão de radiação das partículas acontece no momento em que o feixe atinge as partículas em suspensão de um líquido depende dos seguintes aspectos:

- A- Dimensões da partícula (tamanho e forma).
- B- Características da suspensão (concentração).
- C- Comprimento de onda e intensidade da luz.
- D- Distância da luz incidente.
- E- Ângulo de detecção
- F- Índice de refração do meio.

Segundo Fondriest (2014) a dispersão e a intensidade da luz acontecem em qualquer direção dependendo da fonte que é usada e do tamanho das partículas como podemos ver na

Figura 8 quanto menor a partícula mais simétrico será o espalhamento da radiação, partículas maiores terão seu espalhamento direcionado para frente do feixe de luz. O comprimento da onda de luz também influencia no espalhamento sendo que comprimentos de ondas menores espalharão mais do que comprimentos maiores para o mesmo tamanho de partícula. Comprimentos de onda próximo ao infravermelho raramente são absorvidos, portanto, partículas coloridas dissolvidas não influenciarão no resultado.

Figura 8 - Relacionamento das análises de sólidos

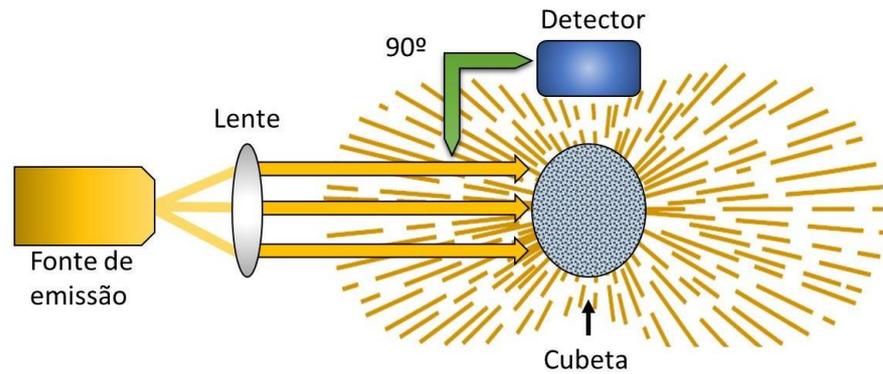


Fonte: adaptado de Sadar (1998, p. 4).

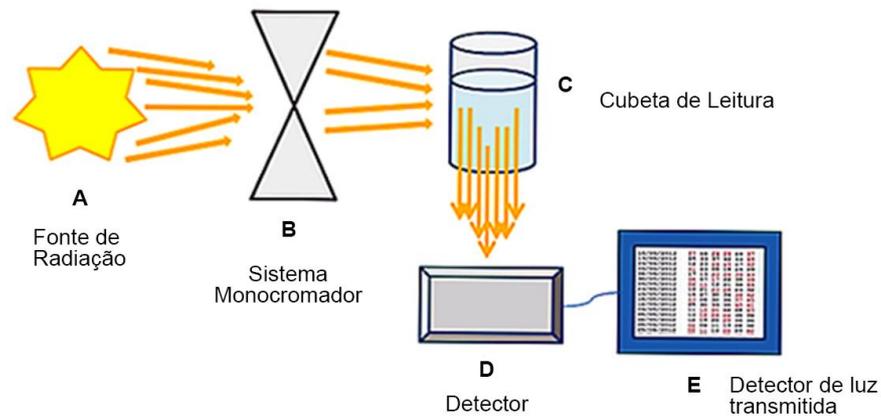
3.7.4 Nefelômetro

O nefelômetro é um aparelho usado para medir partículas suspensas em uma amostra líquida ou em um gás. Deste modo, um sensor, instalado em um ângulo de 90° relacionado a uma fonte de luz, identifica a radiação pelas partículas presentes na suspensão. Além disso, a luz refletida por elas, em direção à fotocélula, depende da densidade dessas partículas (SADAR, 2003) apud (GUILHERME, 2016).

As Figuras 9 e 10 apresentam os componentes básicos que compõem um nefelômetro.

Figura 9 - Sistema de Medição de um Nefelômetro

Fonte: Adaptado de Sadar (2003, P. 5) apud GUILHERME (2016).

Figura 10 - Componentes básicos de um nefelômetro

Fonte: Adaptado de Thpanorama (2019).

Segundo Thpanorama (2019) os componentes fundamentais de um nefelômetro são:

a) Fonte de radiação: na nefelometria é de vital importância ter uma fonte de radiação com alta saída de luz. Existem diferentes tipos, desde lâmpadas, tais como de xenônio, a lâmpadas de vapor de mercúrio, lâmpadas de halogênio, de tungstênio, radiação laser, entre outras.

b) Sistema monocromador: este sistema está localizado entre a fonte da radiação e a cubeta, de modo que, a incidência na cubeta de radiação com diferentes comprimentos de onda em comparação com a radiação desejada é evitada. Caso contrário, as reações de fluorescência ou efeitos de aquecimento na solução causariam desvios da medição.

c) Cubeta de leitura: é um recipiente, em geral, prismático ou cilíndrico e pode ter tamanhos diferentes.

d) Detector: o detector está localizado a uma distância específica (geralmente muito perto da cubeta) e é responsável por detectar a radiação dispersa pelas partículas em suspensão.

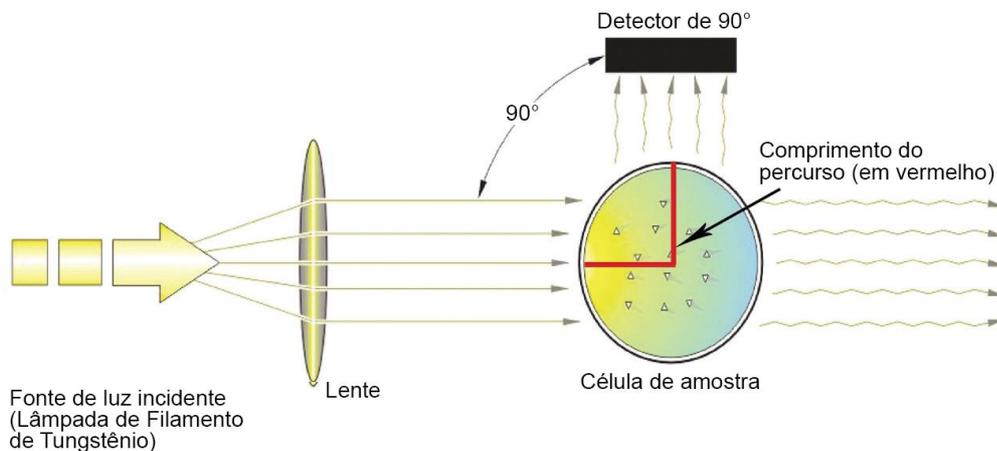
e) Sistema de leitura: o sistema de leitura mais usado é o display ou o computador recebe, converte e processa dados, que nesse caso, são as medidas obtidas a partir do estudo realizado.

3.7.5 Fotodetector

A configuração dos detectores pode ser de diversos arranjos em distintas configurações, dependendo do projeto do aparelho. Os tipos de fotodetectores encontrados são: tubos fotomultiplicadores, fotodiodos de vácuo, fotodiodos de silício, foto transistores e foto resistores de sulfeto de cádmio. Os fotodetectores modificam sua resposta a certos comprimentos de onda da luz, por exemplo, o tubo fotomultiplicador e o fotodiodo de vácuo são mais sensíveis a comprimentos de onda na faixa ultravioleta, o que torna esses sensores mais precisos a partículas menores. Já o foto diodo de silício e a foto transistor são mais sensíveis a comprimento de ondas maiores próximos ao infravermelho, fazendo com que os torne mais sensível a partículas maiores e menor interferência a cor. A sensibilidade do fotocondutor de sulfeto de cádmio está entre a sensibilidade do tubo fotomultiplicador e do fotodiodo de silício (SADAR, 1998).

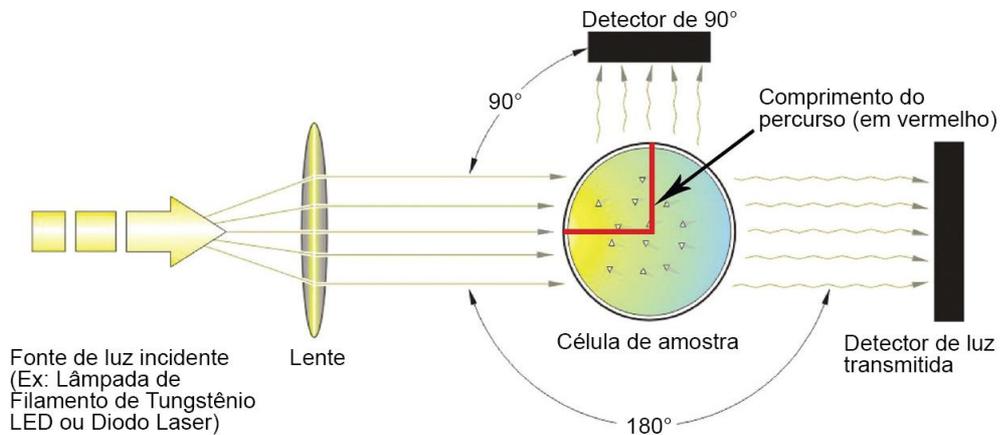
Segundo os métodos americanos EPA 180.1 e o europeu ISO 7021 o arranjo do fotodetector deve ser centralizado com ângulo de 90 graus, e não pode se estender mais do que 30 graus a partir desse ponto central método EPA 180.1, e 90 graus +/- 2,5 graus método ISO 7027 que faz com que este método seja mais preciso. Em ambos conforme Figuras 11 e 12 a luz incidente não pode viajar mais do que 10cm (luz incidente + luz espalhada) da fonte até o detector e são permitidos detectores adicionais desde que o detector de 90 graus seja o primário.

Figura 11 - Projeto de nefelômetro comum contém três componentes críticos: fonte de luz incidente, detector e célula de amostra esta configuração atende método EPA 180.1



Fonte: Adaptado de: <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984724/> Acesso em: 10/09/2021

Figura 12 - Projeto de nefelômetro com detector adicional que ajuda a compensar as interferências devido a cor e absorção de partículas esta configuração atende método ISO 7021



Fonte: Adaptado de: <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984724> Acesso em: 10/09/2021

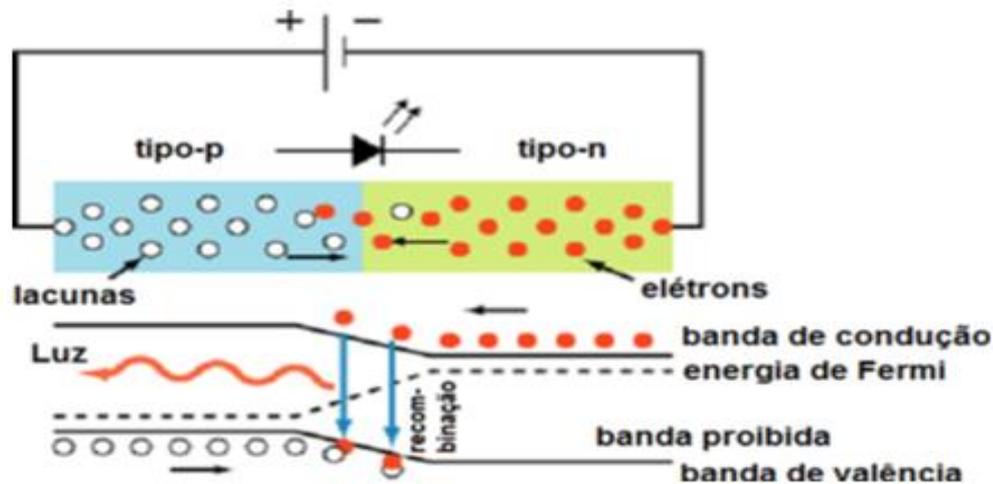
Os dois métodos citados o americano EPA 180.1 e o europeu ISO 7027 padronizam suas fontes de luz incidente para os nefelômetros sendo que o método EPA 180.1 estabelece a utilização de lâmpada de filamento de tungstênio operando a uma temperatura de cor na faixa de 2200 a 3000K, isso significa que, a saída de tungstênio é policromática ou de banda larga no espectro. Quando a luz atinge o fotodetector, o pico espectral de resposta deve estar entre 400-600 nm. Devido a sua exigência de uma fonte de luz monocromática, o ISO 7027 elimina a maioria das interferências de cor este método requer especificamente uma fonte de luz monocromática em um comprimento de onda de 860 nm, com uma largura de banda espectral de 60 nm. Isso permite que o comprimento de onda varie +/- 30 nm de 860, para uma faixa de fonte de luz de 830-890 nm. Sendo permitido o uso de LEDs e as lâmpadas com filamentos de tungstênio filtrado como fonte de luz monocromática (FONDRIEST, 2014).

3.8 DIODOS FONTE DE LUZ INCIDENTE

Os LEDs são semicondutores constituídos por dois materiais desiguais que formam uma confluência PN, a qual permite o fluxo de corrente em apenas uma direção. Se a junção PN é polarizada diretamente, as lacunas na camada P e os elétrons da camada N movem-se em direção à região de depleção (área de transição entre os materiais P e N). Perto dessa região, a recombinação de elétrons e lacunas gera energia que é liberada sob a forma de fótons de luz (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2009; BULLOUGH, 2003).

A Figura 13 indica uma representação simplificada da estrutura física e do processo de emissão de luz em um LED (VIEIRA, 2009).

Figura 13 - Representação do comportamento físico de um LED



Fonte: Malvino (1995, p. 39-44).

A emissão de luz está ligada ao tipo de material do qual o led é composto, sendo assim, é possível que varie o comprimento de onda por toda a faixa do espectro podendo obter qualquer cor. Os materiais mais comuns na sua fabricação: InGaN, responsável pela emissão de luz nas tonalidades verdes e azuis; AlInGaP, responsável pela emissão de feixes de luz amarelo, alaranjado e vermelho (PINTO, 2010).

Para Malvino (1995, p. 39-44) os diodos são formados de uma junção de cristais do tipo “pn” e têm características antagônicas, dependendo de como são polarizados. Quando polarizados diretamente, ou seja, o polo negativo da fonte conectado ao material do tipo n e o polo positivo ao material do tipo p, a corrente circula livremente pelo circuito e, quando o diodo é polarizado opostamente, com o polo positivo da fonte ligado ao material do tipo n e o polo negativo ao material do tipo p, surge uma resistência à passagem de corrente inversamente proporcional à tensão aplicada, podendo ser considerado como uma abertura no circuito, apesar de existir uma pequena corrente residual circulando na faixa de décimos de microampère. O diodo é um tipo descomplicado de semiconductor, que vem a ser um material com disposição variável de conduzir corrente elétrica, onde a maioria desse é perpetrada de um condutor carente que teve impurezas (átomos de outro material) adicionadas a ele.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho seguiu conforme o fluxograma da Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma das etapas para o desenvolvimento do equipamento para medir sólidos totais em água.



Fonte: Autor, 2021.

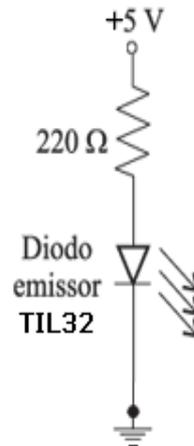
4.1 IDENTIFICAÇÃO E AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

4.1.1 Emissores

A fonte de irradiação de luz no nefelômetro é condição crítica para o seu funcionamento. Neste desenvolvimento os sensores de emissão dos sinais utilizados foram: dois diodos emissores de luz, sendo um diodo modelo TIL 32 e outro diodo de luz branca.

O diodo emissor de luz tipo TIL32 diâmetro de 5mm potência de saída 1,2 mW emite ondas de infravermelho com comprimento de onda de 940nm que permite que o equipamento não sofra interferência por cor, alimentado pela fonte do circuito conforme Figura 15 LED 3 tem a função da fonte de irradiação de luz.

Figura 15 - Circuito ilustrativo de alimentação do diodo



Fonte: <http://dqsoft.blogspot.com/2013/01/led-e-fototransistor-infravermelho.html/> Acesso em 25/06/2021

O diodo emissor de luz branca um led de 5mm de diâmetro que emite luz na faixa entre 400nm e 700nm. O LED branco 5mm é formado por um material semicondutor, que emite luz quando uma tensão é aplicada nos seus terminais conforme Figura 16 LED 4 sua função é de montar um nefelômetro com a faixa de irradiação de luz e a recepção com o LDR e comparar os valores com o emissor de infravermelho. Especificações:

- Cor: Branco;
- Encapsulamento: Transparente;
- Diâmetro: 5mm;
- Tensão de operação: 2,4V ~ 3,6V;
- Corrente de operação: 20mA;

Figura 16 - Foto ilustrativa do diodo



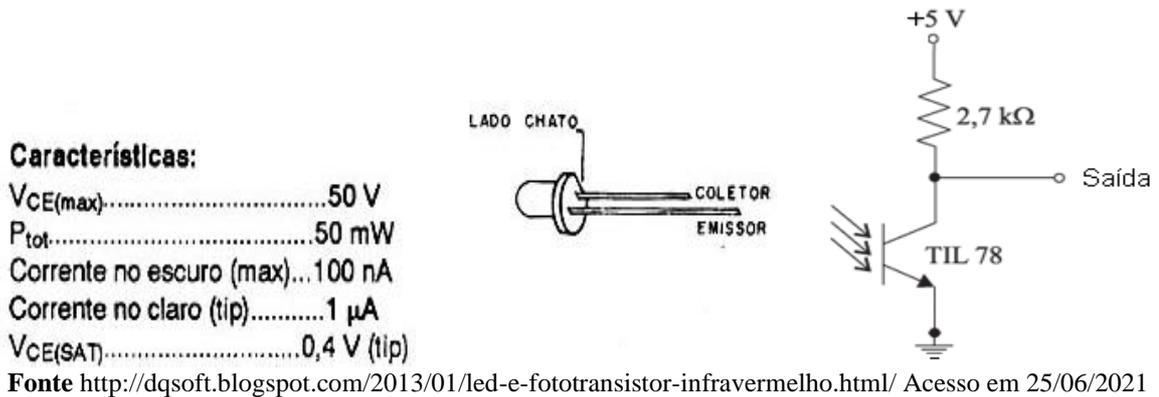
Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/led-de-alto-brilho10mm-branco.html/> Acesso em 25/06/2021

4.1.2 Receptores

Assim como a fonte de radiação os sensores de recepção são partes críticas do projeto do nefelômetro. Neste desenvolvimento foram utilizados: dois foto transistores e um LDR sendo os foto transistores tipo TIL78 de 5mm de diâmetro com espectro de 700 a 1100nm um a 30° Q1 e outro a 180° Q2 da fonte de radiação que é o transistor TIL32 emissor figura 15, e o LDR a 180° da fonte de radiação que é o diodo de luz branca da Figura 18.

O foto-transistor TIL78 é um receptor na faixa de infravermelho que não permite interferência de cor da amostra na reflexão do sinal e possui dois terminais, um correspondendo ao coletor e o outro ao emissor do transistor conforme Figura 17 quando a base é ativada pela luz uma corrente elétrica começa a circular do coletor para o emissor proporcional a intensidade de luz captada. Sem a luz, o transistor não conduz, coletor e emissor ficam isolados.

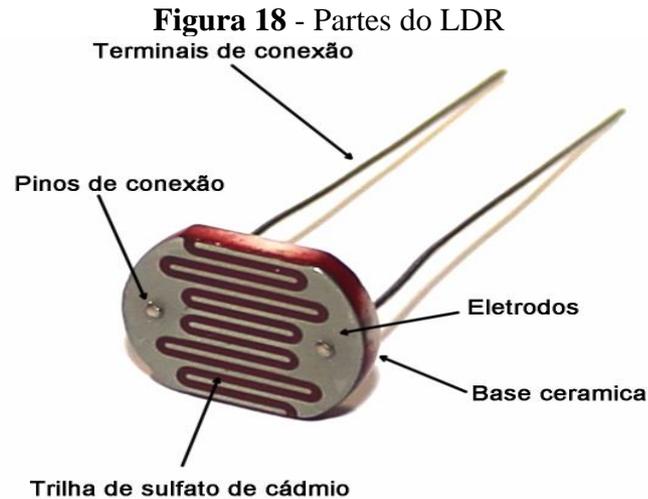
Figura 17 - Foto ilustrativa circuito típico do foto-transistor



No segundo receptor foi usado um LDR ou foto-resistência LDR (Light Dependent Resistor ou Resistor que Depende da Luz) ilustrado na Figura 18.

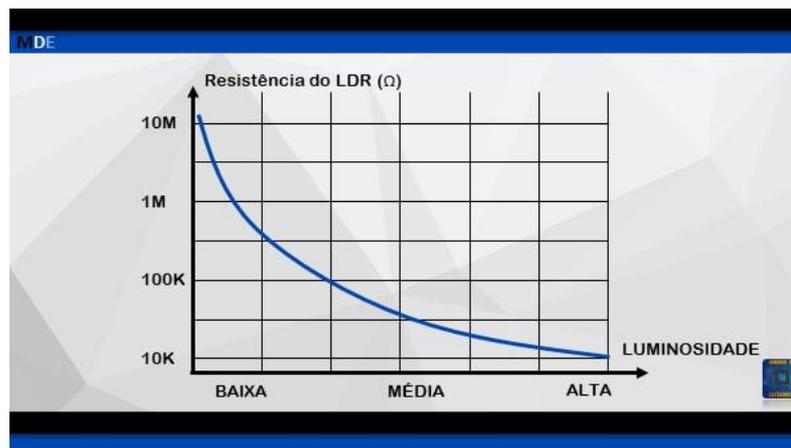
De acordo com Alves (2021) o funcionamento do LDR acontece quando as partículas de luz (fótons) incidem sobre o sensor, os elétrons que estão no material semiconductor são liberados, dessa forma a condutividade do LDR aumenta e a sua resistência diminui quando não há presença de luz o LDR possui uma resistência muito alta e a variação de sua resistência em relação a luminosidade pode ser vista no gráfico da Figura 19.

O LDR tem o valor de sua resistência alterada de acordo com a intensidade luminosa sendo inversamente proporcional à intensidade de luz.



Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/ldr-3mm-sensor-de-luminosidade-mj3526.html/> Acesso em 26/06/2021

Figura 19 - Curva característica do LDR



Fonte: <https://www.manualdaeletronica.com.br/ldr-o-que-e-como-funciona/> Acesso em 01/11/2021

4.1.3 Fonte

Como o intuito da pesquisa foi projetar um equipamento de baixo custo, foi feita a opção por uma mini fonte 5v 1A apresentada na Figura 20.

Figura 20- Fonte de alimentação 5v



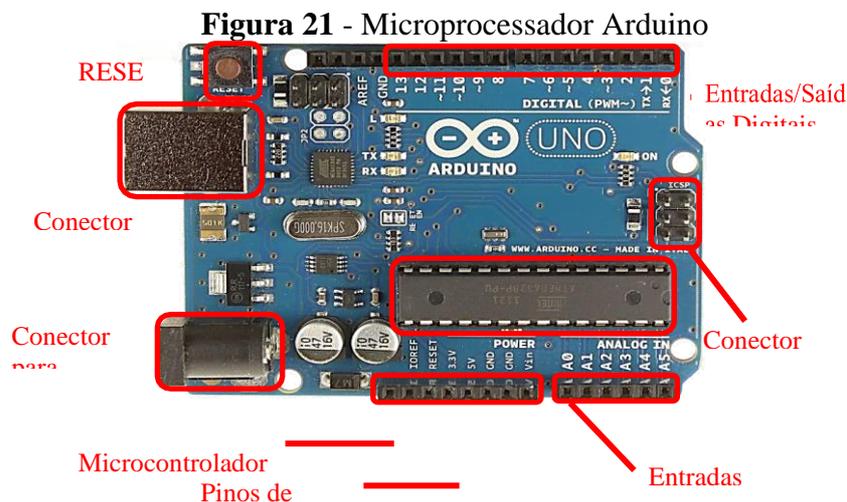
Fonte: <https://www.smartkits.com.br/mini-fonte-aberta-ac-dc-100-a-220v-para-5v/> Acesso em 20/11/2021

4.1.4 Arduino

Será utilizado o Arduino UNO para aquisição dos valores de tensão provenientes dos receptores e comunicação com o software desenvolvido para tratamento das variáveis recebidas através dos diodos devido a incidência de luz pelos receptores.

A sua aplicação se deve por ser um equipamento de fácil programação, baixo custo e de fácil aquisição.

Foram utilizadas as entradas analógicas do controlador A0, A1 e A2 conforme indicada na Figura 21, sendo os valores resultantes dos receptores das variáveis direta (180°) transistor Q1, indireta (90°) transistor Q2 e do LDR respectivamente que o Arduino através destas entradas com variação de tensão vai enviar ao software o percentual de sólidos da amostra.

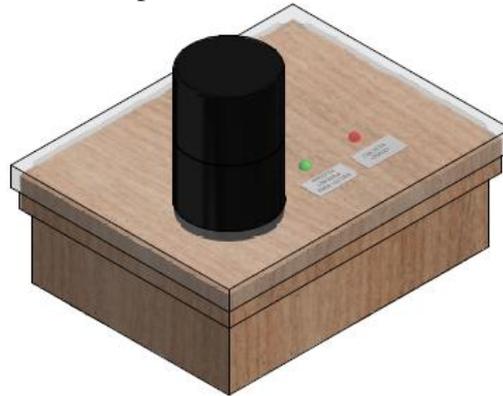


Fonte: <https://techsuleletronicos.com.br/product/arduino-uno-com-atmega328-r3/> Acesso em 19/08/2021.

4.1.5 Caixa para Acondicionamento do Circuito Eletrônico e Sensores

A caixa utilizada foi feita em madeira com cobertura em acrílico para sustentação da estrutura da câmara de detecção e proteção do circuito eletrônico conforme Figura 22.

Figura 22 - Caixa para acondicionamento dos circuitos



Fonte: Autor, 2021.

4.1.6 Desenvolvimento da Câmara de Amostragem

Para a construção da câmara de amostragem conforme Figura 23 foi escolhido um material escuro de Polipropileno (PP) ou polipropileno, que é um polímero, mais precisamente um termoplástico, derivado do propeno ou propileno (plástico) e reciclável.

A usinagem foi através do uso de um torno mecânico e uma fresadora universal onde foi possível fazer os encaixes e furos para passagem dos cabos e acomodação dos emissores e receptores do equipamento.

Figura 23 - Câmara de amostragem



Fonte: Autor, 2021.

4.1.7 Cubetas

As cubetas usadas para o armazenamento das amostras foram adquiridas da Hexis e possui dimensões de 22 mm de diâmetro e 85 mm de altura, em vidro transparente e com tampa conforme mostra Figura 24.

Figura 24 - Cubetas em vidro transparente para acondicionar as amostras



Fonte: <https://www.hexis.com.br/produto/cubeta-vidro-25mm-tampa-6un> Acesso em 10/05/2019

4.1.8 Potenciômetro

Trata-se de um componente que se utiliza de uma resistência elétrica para limitar o fluxo de corrente conforme Figura 25. A diferença entre o potenciômetro e o resistor comum é que no potenciômetro é possível ajustar o quanto a corrente será limitada. É como se ele fosse uma espécie de resistor, porém que conta com três terminais. Quando os três são usados, adquire a função de divisor de tensões. Compõe-se basicamente de substrato em fio e carvão condutivo. Esses três terminais têm sua resistência controlada através de um eixo giratório, que serve para ajustar a sua resistência. Alguns são capazes de dar uma volta de até 270°C e, aqueles que passam disso, são geralmente chamados de potenciômetros multivoltas. A unidade de medida usada para definir sua resistência é ohms. Utilizado um com 5 Kohn para ajuste no ganho do circuito de alimentação, também foi muito útil para chegar aos valores de resistência durante o período de ajuste do equipamento.

Figura 25 - Potenciômetro

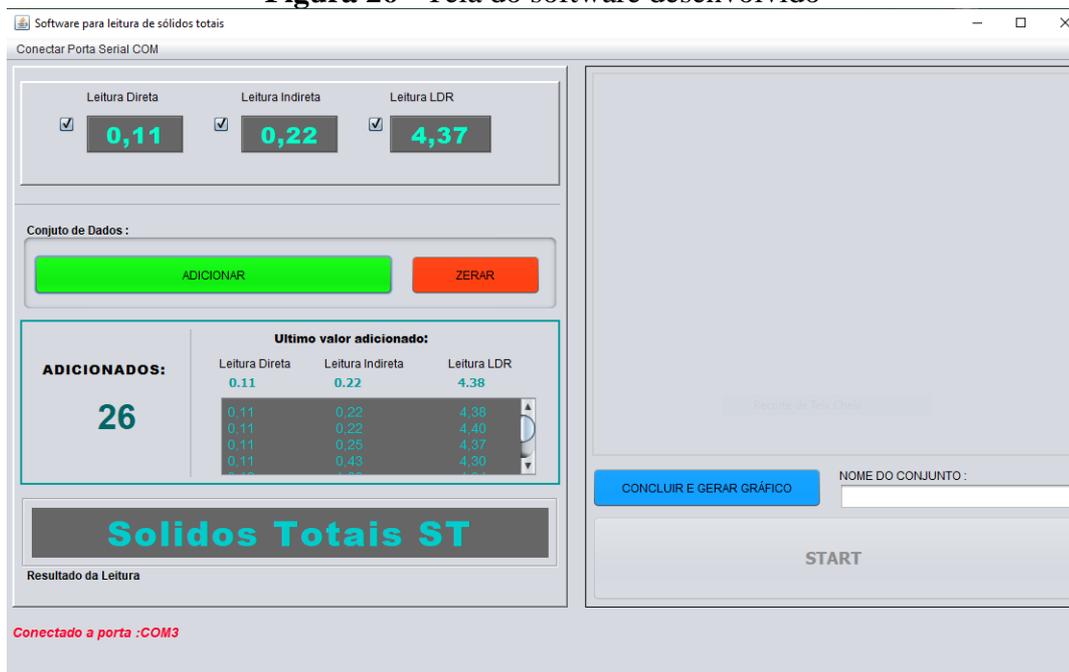


Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/potenciometro-linear-de-10k-10000.html> Acesso 20/05/2019

4.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE PARA AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS

Por meio do software IDE NetBeans na versão 8.2 desenvolveu uma tela para interface com o programa no Arduino para aquisição dos valores de tensão nos receptores no computador de acordo com a Figura 26 para indicação dos valores de tensão, armazenamento e gráfico das variáveis que forem capturadas.

Figura 26 - Tela do software desenvolvido

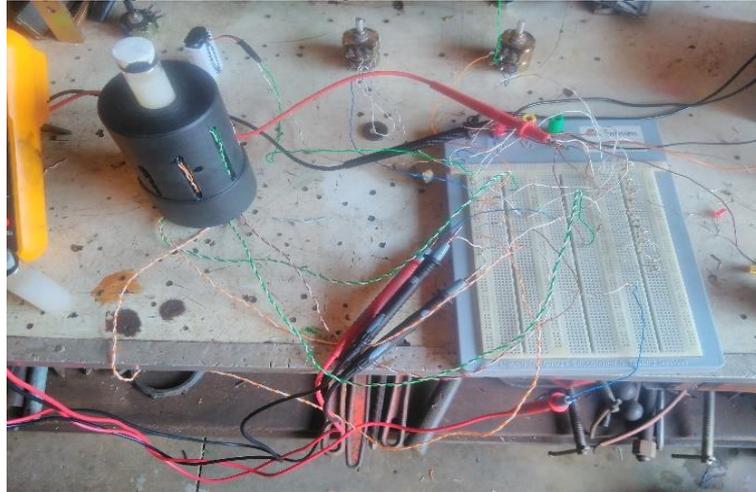


Fonte: Autor, 2021.

4.3 MONTAGEM DO PROTÓTIPO PARA AJUSTES E VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO

Primeiro foi elaborado um desenho da Figura 35 do circuito eletrônico no programa AutoCAD para orientação da montagem, então o circuito foi montado na placa protoboard conforme Figura 27 para facilitar a montagem e configuração do circuito já que não é preciso a solda dos componentes para teste até chegar na configuração ideal, pois os ajustes dos valores de resistência por meio de potenciômetros e arranjo do circuito foram necessários.

Figura 27 - Protótipo do início de montagem

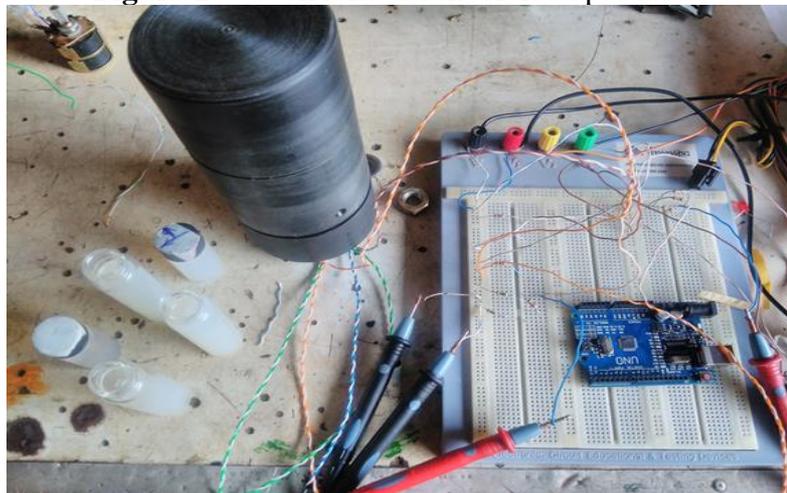


Fonte: Autor, 2021.

4.4 MONTAGEM DO CIRCUITO

O circuito desenvolvido está representado pela Figura 28 onde chegou-se à configuração ideal para o equipamento com as resistências definidas com a ajuda de potenciômetros que foram montados nos circuitos e a disposição dos componentes ligados ao microcontrolador Arduino.

Figura 28 - O circuito desenvolvido após testes



Fonte: Autor, 2021.

4.5 TESTE E FINALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO

O teste do equipamento foi feito no laboratório de química da ETEC Coronel Raphael Brandão em Barretos-SP utilizando o método gravimétrico seguindo o padrão da série de sólidos 2540 item G do Standard Methods utilizando argila de cor predominante marrom que

depois de coletada e peneirada, foi diluída em água deixando decantar os sólidos mais pesados retirando-os e deixando em agitação constante conforme Figura 29.

Figura 29 - Diluição da amostra



Fonte: Autor, 2021.

Os equipamentos utilizados foram:

Balança SHIMADZU AY 220 MAX 220g d+0,1 mg

Agitador magnético marca nova NI 1103

Balão volumétrico de 50 e 100ml

Bureta 50ml

Estufa de secagem marca novatecnica mod. NT513-I

Forno mufla 550 graus.

Após a diluição foi preparada as capsulas para calcinação e pesagem que com volume de amostra de 30ml foi levada ao forno a temperatura de 105 graus por 24horas conforme Figura 30 pesada novamente estabelecendo a concentração de sólidos na amostra preparada.

Figura 30 - Amostra no forno



Fonte: Autor, 2021.

Sabendo o valor da concentração da amostra a mesma foi diluída utilizando a equação da diluição. Considerando que a massa de soluto não é alterada durante a diluição, tem se a

Equação 1 - Equação da diluição

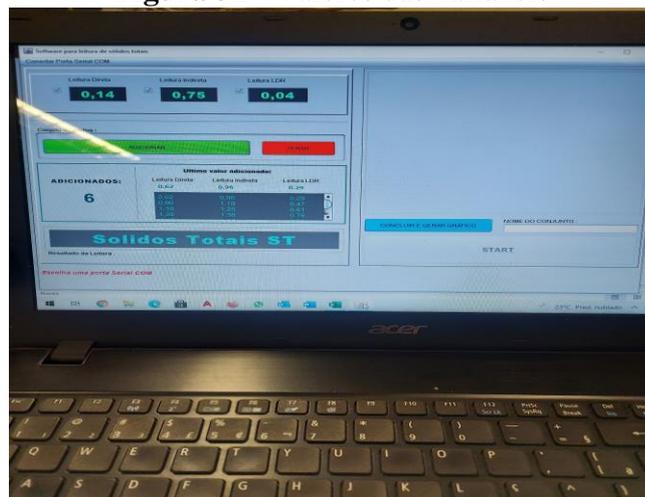
$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

C_i / C_f = concentração inicial / concentração final

V_i / V_f = volume inicial / volume final.

Iniciando no valor maior de concentração da amostra, a mesma foi sendo diluída e anotando os valores indicado no equipamento conforme Figura 31 até estes valores se repetirem indicando que o equipamento atingiu sua capacidade de medição abaixo desta concentração.

Figura 31 - Valores das variáveis



Fonte: Autor, 2021.

4.6 CUSTO DO EQUIPAMENTO

O custo do equipamento foi dividido em material e mão de obra, os componentes foram adquiridos em lojas virtuais, o Arduino foi o componente mais caro, porém com custo benefício acessível e a mão de obra utilizada foi da própria cidade não necessitando de envio do equipamento e nem custo com viagem para calibração do mesmo, pois foi utilizado o laboratório da ETEC “Coronel Raphael Brandão” facilitando o processo e diminuindo o custo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos com identificação e aquisição dos componentes, desenvolvimento do software, montagem do protótipo, montagem do circuito, testes e finalização do equipamento.

5.1 IDENTIFICAÇÃO E AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES

Após pesquisa do método nefelométrico foi definido os componentes necessários para montagem do equipamento como os diodos, foto-transistor, fonte, resistores, LDR, câmara de amostragem, Arduino e miscelâneas. Os resistores que fazem parte dos receptores foram identificados com o auxílio dos potenciômetros.

A aquisição dos demais itens como fonte, resistores, transistores, LDR e miscelâneas são encontrados nas lojas virtuais com entrega em dois dias.

O material para construção da câmara e de fácil aquisição por se tratar de um material em polipropileno.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Foi desenvolvido um software para a interface gráfica e um código para o Arduino com o objetivo de captar os valores emitidos pelos receptores sendo eles, dois fototransistor TIL 78 e um LDR que geram um valor de tensão de 0-5v proporcional a quantidade de sólidos na amostra nas entradas analógicas A0, A1 e A2 do Arduino.

E o software para gerar a interface gráfica já com os valores convertidos para sólidos onde um programa em Java faz a leitura da porta serial do Arduino convertendo estes valores de bits para sólidos.

O software foi construído na linguagem Java utilizando IDE NetBeans na versão 8.2.

A linguagem Java utilizada foi JDK(Java Developer Kit) para o desenvolvimento de softwares Java, e utilizada a versão 8u111, o desenvolvimento do software utilizando esta versão foi necessária devido a compatibilidade da biblioteca utilizada RXTXcomm.jar, para leitura dos dados vindos da porta serial de um Arduino Uno.

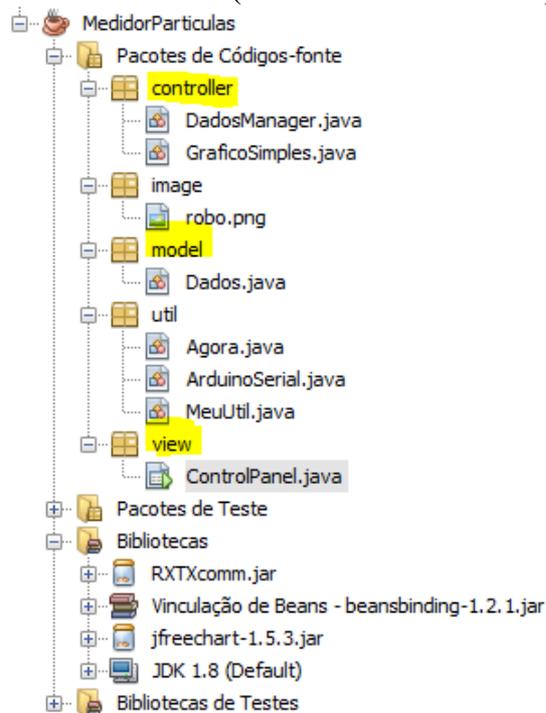
Foi utilizado também uma outra biblioteca para geração dos gráficos a jfreechart-1.5.3.jar, tanto essa biblioteca, quanto a outra para leitura da porta serial, foram escolhidas por

ser de fácil implementação e um vasto conteúdo de tutorias disponibilizado pela comunidade Java e desenvolvedores das mesmas.

O software foi construído usando o modelo MVC (Model View Controller) ele define a divisão de uma aplicação em três componentes: Modelo, Visão e Controle. Cada um destes componentes tem uma função específica e estão conectados entre si. O objetivo é separar a arquitetura do software para facilitar a compreensão e a manutenção.

Pode-se observar na Figura 32 a estrutura MVC onde temos três pastas em destaque:

Figura 32 - Estrutura do software MVC (Model View Controller) modelo, visão e controle



Fonte: Autor, 2021.

Controller → temos as classes java `DadosManager` onde tratamos os dados vindos da porta serial e mostramos eles de forma organizada na janela do software. Temos também a classe java `GraficoSimples` é responsável pela geração do gráfico.

Model → Temos a classe Java `Dados` ela é um modelo criado para trabalhar com os dados obtidos, quando chamamos a classe, a transformamos em um objeto para ser utilizado dentro do software.

View → Essa classe Java ControlPanel é a tela do nosso software, é através dela que fazemos a interação homem máquina e obtemos os resultados da leitura do equipamento conectado à porta serial do computador.

Dentro da pasta util, temos 3 classes Java Agora, ArduinoSerial e MeuUtil utilizadas como apoio para o bom funcionamento do software. Para que o software possa funcionar ele é compilado dentro do NetBeans gerando um arquivo .jar, sendo necessário também uma biblioteca do Windows chamada rxtxSerial.dll que deverá estar dentro da mesma pasta onde está o arquivo executável Java .jar que acabamos de gerar.

Para que se possa montar novamente o ambiente de desenvolvimento basta instalar o NetBeans IDE na Versão 8.2 e também o JDK na versão 8u111 e abrir o projeto criado com o nome Medidor Partículas.

Existe um arquivo que instala o NetBeans e JDK na versão mencionada anteriormente. Para que o software possa funcionar em outro computador que não tenha o ambiente de desenvolvimento instalado, temos que instalar o JRE (Java Runtime Environment) 8 Update 111, isso se deve a compatibilidade com biblioteca para leitura da porta serial utilizada RXTXcomm.jar e a rxtxSerial.dll que existe na versão de 32 e 64 bits.

As linhas de programação e o código fonte encontra-se em anexo A.

Na Figura 33 uma visualização da tela do software com os valores dos receptores, gráfico e total de sólidos.

Figura 33 - Tela do software finalizado



Fonte: Autor, 2021.

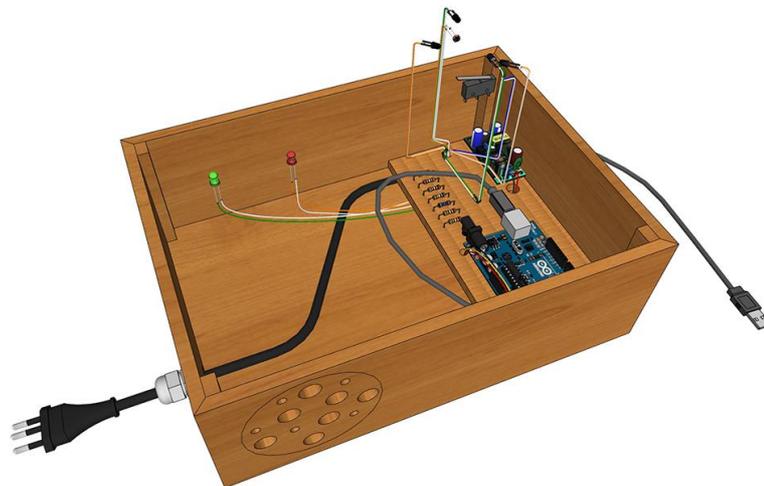
5.3 MONTAGEM DO PROTÓTIPO.

A montagem do protótipo da Figura 34 se deu através de experimentação, pois há uma dificuldade muito grande de se encontrar um layout definido para estes equipamentos. Foi necessário também ajustes na configuração inicial dos receptores, pois devido ao uso de componentes de baixo custo a precisão dos receptores ficaram comprometidas fazendo com que o nefelômetro ficasse montado na configuração de 30 graus e não de 90 graus como pede na norma pois neste ângulo o nefelômetro tem maior precisão, mas mesmo assim ainda atende o método EPA 180.1 que permite a variação de até 30 graus.

A câmara de amostragem foi o item mais difícil de chegar a uma definição pois nas pesquisas realizadas não foram encontradas sua forma construtiva tendo que ir adaptando até se chegar ao desenho que está no apêndice A e o seu material encontra com facilidade nas lojas do gênero pois trata-se de material polipropileno.

A escolha desse material se deu por ser uma matéria prima barata e de cor escura evitando, assim, a interferência externa de luz na câmara de amostragem.

Figura 34 - Protótipo



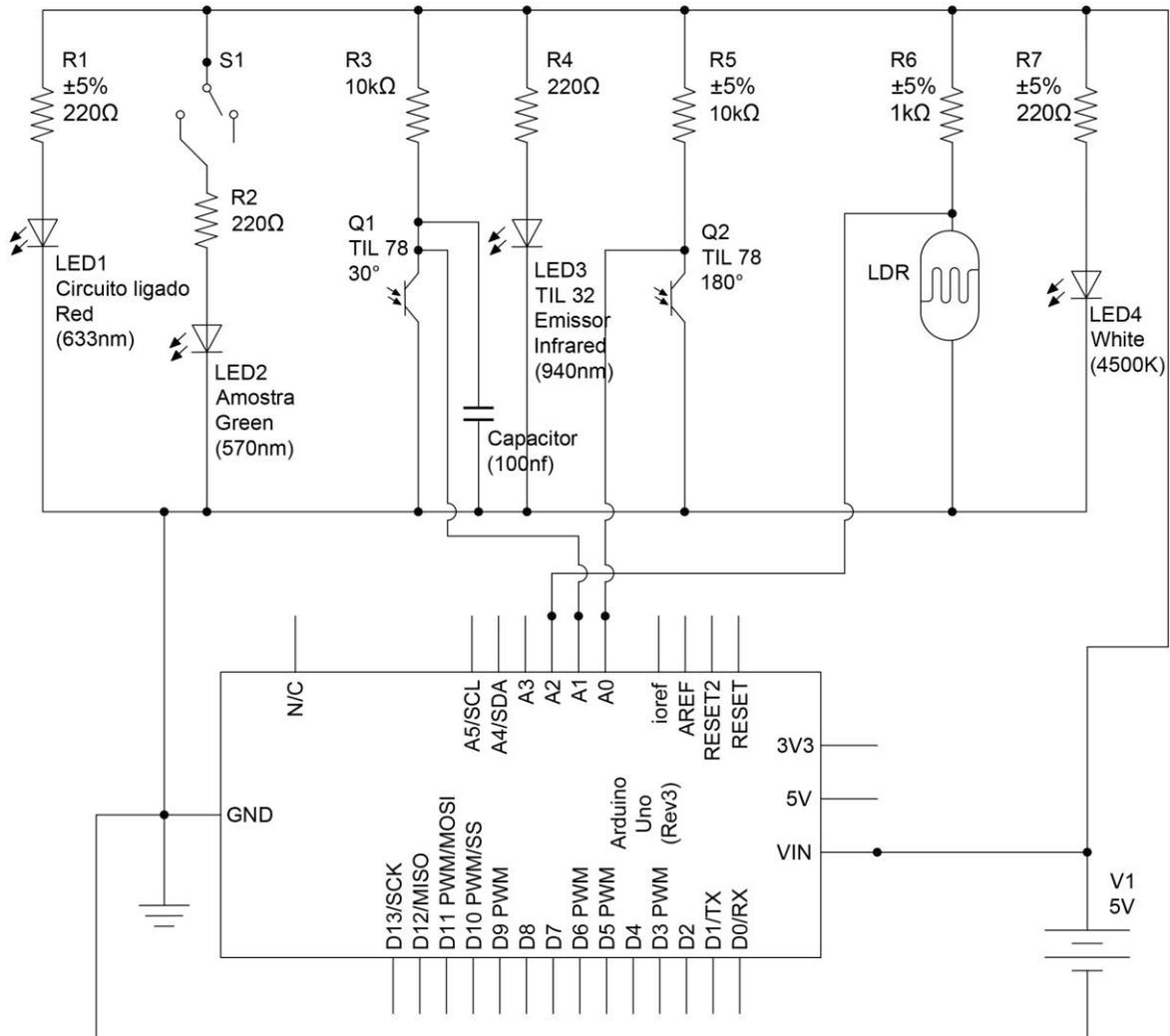
Fonte: Autor, 2021.

5.4 MONTAGEM DO CIRCUITO.

A montagem do circuito da Figura 35 se deu através de uma placa protoboard devido a facilidade de manipulação dos componentes simulando o circuito de alimentação, primeiramente alimentando os componentes com os valores de resistência e tensão pedidos no manual.

A maior dificuldade nesta etapa foi a chegar a valores de resistência nos receptores devido à dificuldade para aquisição de valores muito baixo de tensão pelas entradas analógicas do Arduino, então foram necessárias muitas variações de configuração para chegar a valores mensuráveis pelo equipamento.

Figura 35 - Desenho do circuito eletrônico



Fonte: Autor, 2021.

A instabilidade nos valores de tensão nas entradas do Arduino principalmente o receptor a 30° foi um problema enfrentado e após pesquisas foi colocado um capacitor cerâmico de 100nf na entrada analógica A1 do Arduino aterrando o outro lado do capacitor amenizando em muito a oscilação dos valores devido ao ruído gerado pelo sistema.

5.5 TESTE E FINALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Os testes aconteceram em laboratório como descrito em material e métodos, pelo método gravimétrico seguindo o padrão da série de sólidos 2540 item G do Standard Methods para a solução de amostra em duas amostras que diluídas formaram os valores de concentração por tensão em cada sensor direto 180°, indireto 30° e LDR.

Para teste no equipamento foi levantada uma curva de calibração com a média dos valores direto e indireto dos sensores do nefelômetro comparados aos valores de concentração onde o software faz a comparação dos valores médios e indica o resultado de sólidos em mg/l.

No equipamento foi inserido um sensor LDR com o intuito de se comparar os valores com o nefelômetro já que são métodos diferentes pois o nefelômetro funciona com a dispersão da luz e o LDR com a intensidade da luz.

A Tabela 1 da amostra 1 contém os valores totais de sólidos com quatro amostras realizadas seguindo o Standard Methods descartando o maior e o menor valor e fazendo média com os outros dois chegou-se ao valor médio de 2670mg/l de sólidos na amostra, que foi utilizada para levantamento da curva de calibração do equipamento.

Tabela 1 - Resultado médio da amostra 1
Total de sólidos na amostra 1

Capsula	Tipo de argila	P1= Capsula calcinada	P2= Capsula seca	Resultado em mg/L	Uni.	Média
Cap. 1	Vermelha	38,9942	39,0722	2600,0000	mg/L	
Cap. 2	Vermelha	40,1798	40,2628	2766,6667	mg/L	2670mg/l
Cap. 3	Vermelha	36,2705	36,3492	2623,3333	mg/L	
Cap. 4	Vermelha	31,4171	31,4986	2716,6667	mg/L	

Fonte: Autor, 2021.

A Tabela 2 da amostra 2 contém os valores totais de sólidos com quatro amostras realizadas seguindo o Standard Methods descartando o maior e o menor valor e fazendo média com os outros dois chegou-se ao valor médio de 6620 mg/l de sólidos na amostra, que foi utilizada para levantamento da curva de calibração do equipamento.

Tabela 2 - Resultado médio da amostra 2
Total de sólidos na amostra 2

Capsula	Tipo de argila	P1= Capsula calcinada	P2= Capsula seca	Resultado em mg/L	Uni.	Média
Cap. 5	Vermelha	31,4161	31,6159	6660,0000	mg/L	
Cap. 6	Vermelha	27,7854	27,9835	6603,3333	mg/L	6620mg/l
Cap. 7	Vermelha	29,2802	29,5018	7386,6667	mg/L	
Cap. 8	Vermelha	36,2704	36,4696	6640,0000	mg/L	

Fonte: Autor, 2021.

Os valores do resultado da média das amostras serviram como base para o valor de concentração inicial para a equação da diluição utilizada para obter as várias concentrações para a curva de calibração do equipamento.

A Tabela 3 contém os valores de concentração de sólidos da amostra que foram feitas para conferencia do valor de diluição, separadas 3 diluições e feita análise gravimétrica para comparação dos valores diluídos previsto de sólidos com o valor real na amostra diluída certificando assim que a diluição está correta.

Tabela 3 - Valores comparativos previsto x real
AMOSTRA PARA AFERIR RESULTADO COM A DILUIÇÃO

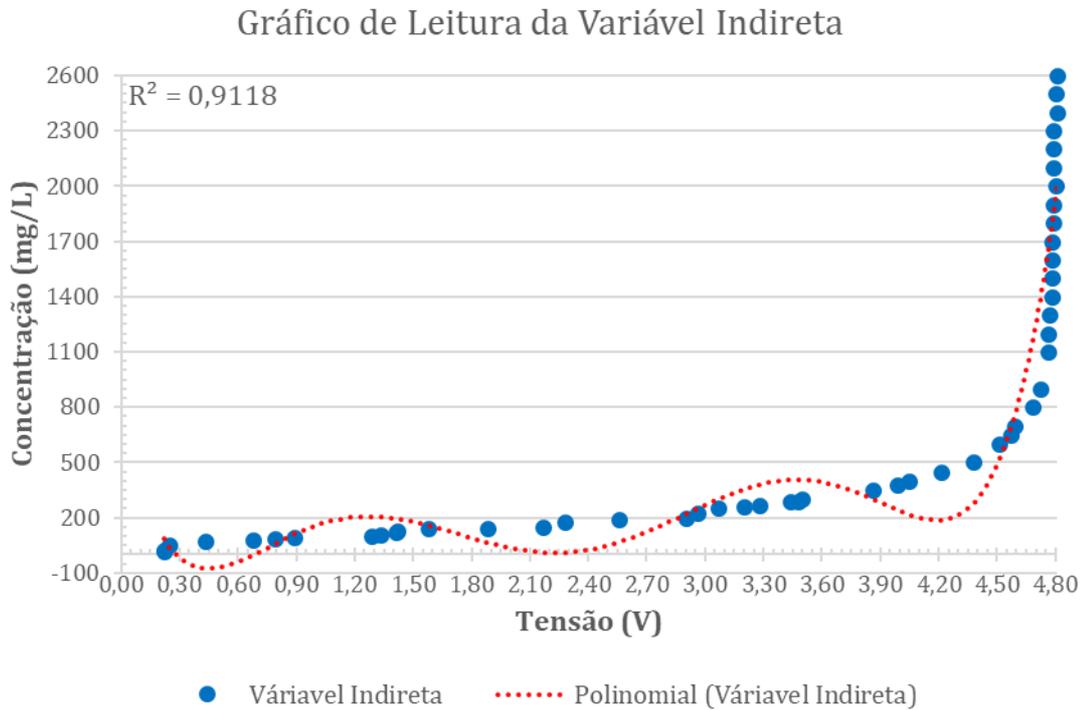
Capsula	Tipo de argila	P1= Capsula calcinada	P2= Capsula seca	Resultado em mg/L	Uni.	Valor de sólido previsto
CAP 9	Vermelha	28,3134	28,3387	843,3333	mg/L	900,0000
CAP10	Vermelha	27,1157	27,1218	203,3333	mg/L	200,0000
CAP11	Vermelha	28,7005	28,7544	1796,6667	mg/L	1800,0000

Fonte: Autor, 2021.

O resultado da Tabela 3 mostra que a diluição foi feita corretamente e tem valores aceitáveis para comparação do equipamento.

O Gráfico 1 mostra os valores em volts por concentração da variável indireta localizada a 30 graus do emissor, este que recebe baixa quantidade de luz quando a amostra tem baixo teor de sólidos nele podemos perceber que não é possível traçar uma linha e fazer o levantamento da curva de forma que o resultado seja suficiente para atender os pontos de amostragem do equipamento.

Visto também q o R^2 da curva com valor de 0,9118 não é o mais adequado pois quanto mais próximo ou igual a 1 a equação será mais representativa.

Gráfico 1 - Valores obtidos no equipamento variável indireta

Fonte: Autor, 2021.

Os valores da Tabela 4 que compõe o Gráfico 1 onde pode-se observar que apesar de os valores estarem acompanhando os valores de sólidos não é possível traçar uma curva e obter uma equação linear dos valores encontrados no equipamento.

Tabela 4 - Valores de variável indireta por concentração
Valores da Leitura da Variável Indireta

C_a	Tensão								
20	0,22	130	1,42	270	3,28	650	4,57	1700	4,78
25	0,22	140	1,58	285	3,44	700	4,59	1800	4,79
50	0,25	145	1,88	290	3,48	800	4,68	1900	4,79
75	0,43	150	2,17	300	3,50	900	4,72	2000	4,80
80	0,68	175	2,28	350	3,86	1100	4,76	2100	4,79
90	0,79	190	2,56	375	3,99	1200	4,76	2200	4,79
95	0,89	200	2,90	400	4,05	1300	4,77	2300	4,79
100	1,29	225	2,96	450	4,21	1400	4,78	2400	4,81
110	1,33	250	3,07	500	4,38	1500	4,78	2500	4,80
120	1,41	260	3,20	600	4,51	1600	4,78	2600	4,81

Fonte: Autor, 2021.

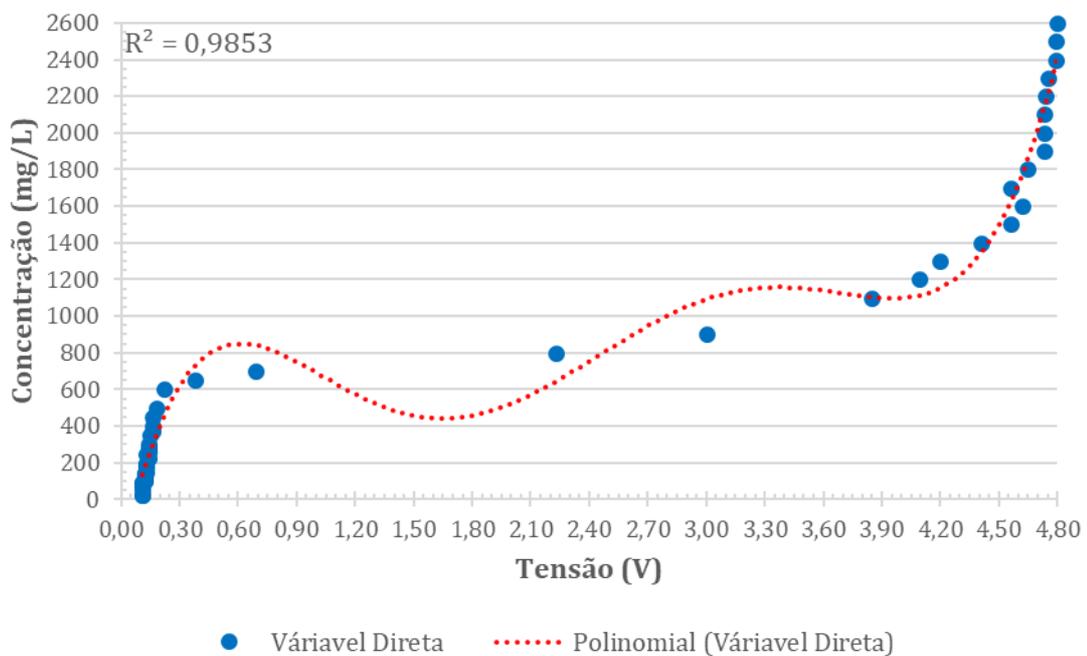
No Gráfico 2 temos o comportamento da variável direta que é o sensor localizado a 180° do emissor, ele que recebe a maior quantidade de luz quando a amostra tem baixos teor de sólidos.

Também não sendo possível traçar uma reta com valores de concentração favoráveis para o equipamento.

Observando o Gráfico 2 e a Tabela 5 e comparando os valores podemos observar que os valores de concentração até 600mg/l sofrem pouca variação nos valores de tensão com variações bruscas de 650mg/l até 1600mg/l voltando a variações baixas ou se repetindo acima deste valor.

Gráfico 2 - Valores obtidos no equipamento variável direta

Gráfico de Leitura da Variável Direta



Fonte: Autor, 2021.

Tabela 5 - Valores de variável direta por concentração
Valores da Leitura da Variável Direta

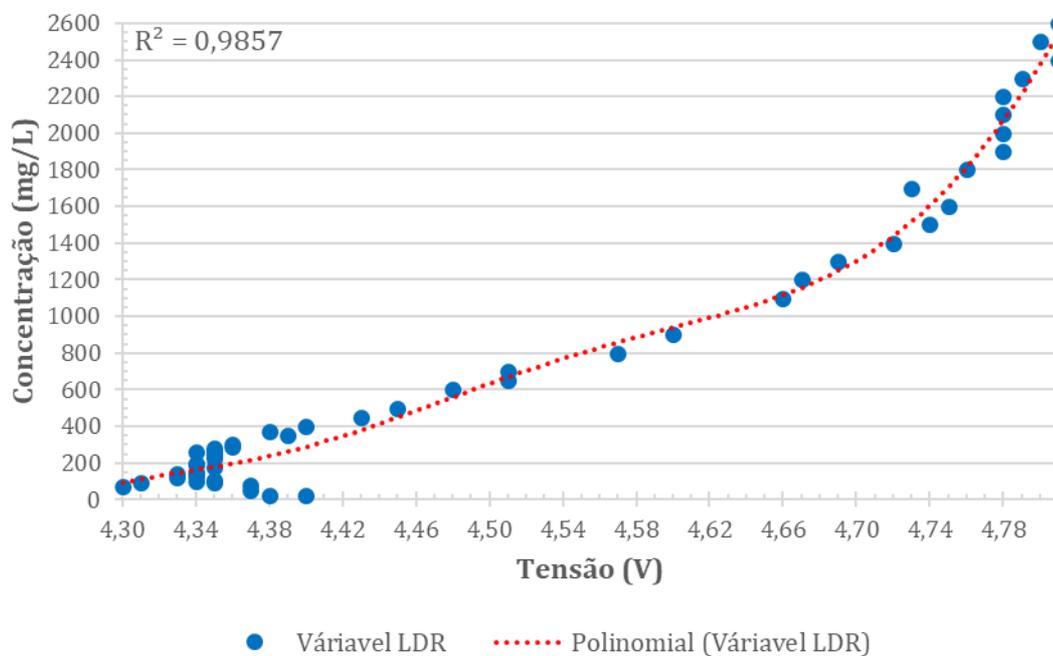
C_a	Tensão								
20	0,11	130	0,12	270	0,14	650	0,38	1700	4,56
25	0,11	140	0,12	285	0,14	700	0,69	1800	4,65
50	0,11	145	0,12	290	0,14	800	2,23	1900	4,73
75	0,11	150	0,13	300	0,14	900	3,00	2000	4,73
80	0,11	175	0,13	350	0,15	1100	3,85	2100	4,73
90	0,11	190	0,13	375	0,16	1200	4,09	2200	4,74
95	0,11	200	0,13	400	0,16	1300	4,20	2300	4,75
100	0,12	225	0,14	450	0,16	1400	4,41	2400	4,79
110	0,12	250	0,13	500	0,18	1500	4,56	2500	4,79
120	0,12	260	0,14	600	0,22	1600	4,62	2600	4,80

Fonte: Autor, 2021.

O Gráfico 3 mostra o comportamento da variável LDR onde comparando com os valores da Tabela 6 podemos concluir que o sensor LDR tem boa resposta na faixa entre 300mg/l e 1800mg/l sendo incerto os valores com concentrações fora desta faixa.

Gráfico 3 - Valores obtidos no equipamento variável LDR

Gráfico de Leitura da Variável LDR



Fonte: Autor, 2021.

Tabela 6 - Valores de variável LDR por concentração

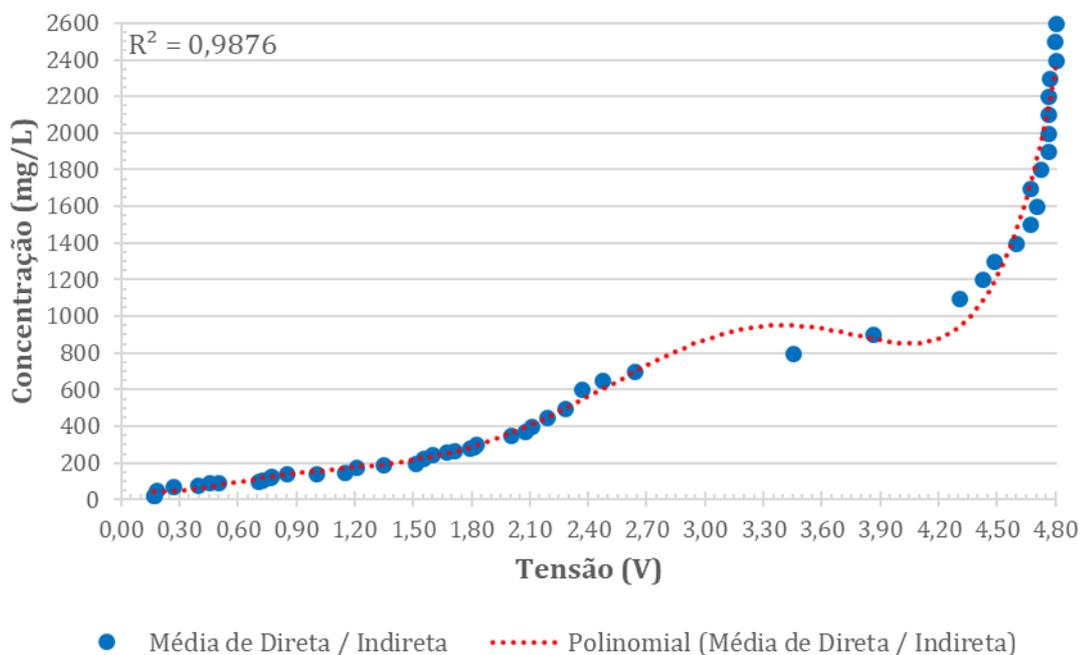
C_a	Tensão								
20	4,38	130	4,34	270	4,35	650	4,51	1700	4,73
25	4,40	140	4,34	285	4,35	700	4,51	1800	4,76
50	4,37	145	4,33	290	4,36	800	4,57	1900	4,78
75	4,30	150	4,34	300	4,36	900	4,60	2000	4,78
80	4,37	175	4,35	350	4,39	1100	4,66	2100	4,78
90	4,35	190	4,34	375	4,38	1200	4,67	2200	4,78
95	4,31	200	4,34	400	4,40	1300	4,69	2300	4,79
100	4,34	225	4,35	450	4,43	1400	4,72	2400	4,81
110	4,35	250	4,35	500	4,45	1500	4,74	2500	4,80
120	4,33	260	4,34	600	4,48	1600	4,75	2600	4,81

Fonte: Autor, 2021.

O Gráfico 4 contém os valores médios das variáveis direta e indireta onde foi traçada a curva para servir de comparação de sólidos no equipamento, nesta configuração o valor da linha traçada na curva ficou o mais próximo dos valores de sólidos da amostra por isso foi escolhida como padrão para o equipamento.

Gráfico 4 - Valores obtidos no equipamento média das variáveis direta/indireta

Gráfico de Leitura do Valor da Média Direta / Indireta



Fonte: Autor, 2021.

Na Tabela 7 temos 50 variações da concentração de sólidos onde podemos observar o comportamento da tensão com relação a concentração, em valores entre 50mg/l e 1500mg/l temos uma variação com poucas oscilações mantendo-se com valores agrupados na faixa de 50mg/l até 700mg/l com o valor de 800, 1100 e 1200mg/l fora da curva depois voltando os demais pontos para dentro da curva justificando assim o porquê de utilizarmos a média entre estas duas variáveis e não somente o sensor de dispersão da luz o indireto.

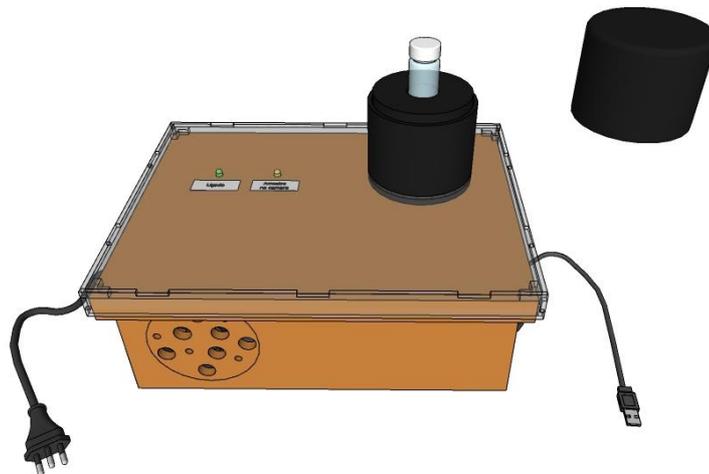
Tabela 7 - Valores de média variáveis direta/indireta por concentração
Valores da Leitura da Média Direta / Indireta

C _a	Tensão								
20	0,17	130	0,77	270	1,71	650	2,48	1700	4,67
25	0,17	140	0,85	285	1,79	700	2,64	1800	4,72
50	0,18	145	1,00	290	1,81	800	3,46	1900	4,76
75	0,27	150	1,15	300	1,82	900	3,86	2000	4,77
80	0,40	175	1,21	350	2,01	1100	4,31	2100	4,76
90	0,45	190	1,35	375	2,08	1200	4,43	2200	4,77
95	0,50	200	1,52	400	2,11	1300	4,49	2300	4,77
100	0,71	225	1,55	450	2,19	1400	4,60	2400	4,80
110	0,73	250	1,60	500	2,28	1500	4,67	2500	4,80
120	0,77	260	1,67	600	2,37	1600	4,70	2600	4,81

Fonte: Autor, 2021.

Na Figura 36 podemos visualizar o desenho do equipamento concluído.

Figura 36 - Equipamento concluído e testado



Fonte: Autor, 2021.

5.6 CUSTO DO EQUIPAMENTO

Os valores dos materiais aplicados na construção do equipamento são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8 - Valores dos componentes do equipamento
Valores dos materiais aplicados na construção do equipamento**

Material para construção da câmara				
	Qtd.	Valor Uni.	Mão de obra	Total
Diodos	3	R\$ 12,00		R\$ 36,00
Foto transístor	3	R\$ 11,00		R\$ 33,00
Arduino	1	R\$ 59,00		R\$ 59,00
Fonte	1	R\$ 18,00		R\$ 18,00
Potenciômetro	1	R\$ 15,00		R\$ 15,00
Resistores	10	R\$ 9,00		R\$ 90,00
Serviço de usinagem	1		R\$ 150,00	R\$ 150,00
Cobertura em acrílico	1		R\$ 40,00	R\$ 40,00
Caixa para acomodação	1		R\$ 50,00	R\$ 50,00
Total	22	R\$ 124,00	R\$ 240,00	R\$ 491,00

Fonte: Autor, 2021.

6 CONCLUSÕES

Sabendo que as novas tecnologias amparam o aluno na busca de informações, e que essas atuam de forma proativa na construção do conhecimento quando bem aproveitadas, o papel do professor é relevante para incentivar o aluno despertando nele a curiosidade na busca do saber, direcionando-o e fazendo as orientações corretamente, sem perder de vista que as inovações tecnológicas são apenas ferramentas a serem usadas no processo de aprendizagem, pois sozinhas não produzem conhecimento.

O intuito deste trabalho era de desenvolver um equipamento de baixo custo que pudesse ser usado em instituições de ensino médio que chama-se a atenção do aluno para a contaminação da água com relação aos sólidos totais.

O valor dos componentes utilizados no desenvolvimento do equipamento citados na tabela 8 nos mostra que o equipamento é de baixo custo e fácil reprodução com o valor de R\$491,00 de investimento não contando com a mão de obra do desenvolvimento do software e equipamento.

A identificação dos componentes para desenvolvimento do equipamento com base na nefelometria aconteceu através de pesquisa em trabalhos e literaturas a experiência e a rede de conhecimento com profissionais de diversas áreas ajudaram na configuração do equipamento desde o seu circuito até sua caixa de proteção.

O estudo para desenvolvimento do software para aquisição dos valores gerados no equipamento foi preciso a ajuda de um terceiro na programação, pois o conhecimento com a linguagem de programação é extensa e específica. Através desta interação criou-se uma tela amigável para o usuário captando as variáveis que compõem o nefelômetro e o LDR e dando um destaque para a variável principal a concentração de sólidos em mg/l, gerando gráficos e registrando os valores de forma satisfatória.

O estudo dos métodos de medição de partículas para desenvolvimento do equipamento para aplicação didática foi através de pesquisa em trabalhos, livros e artigos que obteve o conhecimento sobre como acontece a nefelometria.

Na montagem do equipamento houve uma dificuldade na aquisição dos valores a noventa graus, sendo necessário a montagem do receptor a 30 graus atendendo somente o método EPA 180.1 que permite a variação de até 30 graus.

A partir deste conhecimento e com o estudo dos componentes que fazem parte do nefelômetro foi de forma prática contruindo o equipamento com algumas configurações tanto

na parte do circuito como na câmara de amostragem, vencidos estes pequenos problemas chegou-se de forma satisfatória na medição das partículas totais na água que envolveram não somente o estudo das partículas, mas também um conhecimento na área de circuitos eletrônicos e planilhas para compilação dos resultados. A aplicação didática do equipamento se dá através de sua interação gráfica e despertando a atenção dos alunos para o equipamento, pois sua aplicação abrange vários campos de conhecimento como a mecânica, eletrônica, física, meio ambiente e química.

As curvas levantadas neste trabalho foram realizadas com argila não sendo testados outro tipo de solo para concentração de sólidos

A construção do equipamento foi realizada parte em bancada e parte em áreas externas, pois foi necessário o envolvimento de diversas habilidades e competências onde o envolvimento de outros profissionais para finalização do mesmo foi necessário. Os testes para calibração do equipamento realizados no laboratório de química atribuiu ao trabalho a confiança e certificação nos valores obtidos dando assim uma segurança em dizer que o equipamento é fruto de pesquisa e tecnologia aplicada no seu desenvolvimento.

7 TRABALHOS FUTUROS

Explorar a variável LDR como receptor.

Variar os ângulos de recepção dos sensores.

Experimentar com outros tipos de solos e verificar os resultados de concentração

REFERÊNCIAS

- APHA, 2015. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 23rd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
- ALVES, P. **LDR o que é e como funciona!** Manual da Eletrônica. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/ldr-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- AMORIM, C. **O que são Metodologias Ativas?** Tudo que você precisa saber. Jovens Genios. Disponível em: <https://blog.jovensgenios.com/metodologias-ativas/> Acesso em: 05/05/ 2021.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre, Penso, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 212 p. 2006.
- BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº 6.938, de 31 agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: 17 nov. 2021.
- BRASIL. Decreto nº 8.468 de 08 de setembro de 1976. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.
- CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Como a água é tratada?**. [s.d], c.2021. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>. Acesso em 07 de agosto de 2021.
- CARRERAS, N. M. et al. **The use of sediment colour measured by diffuse reflectance spectrometry to determine sediment sources**: Application to the Attert River catchment (Luxembourg). Journal of Hydrology, Luxembourg, v. 382, p. 49-63, 2010.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade das Águas**. 2013. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp> Acesso em: 10 de mai. 2019.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wpcontent/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndi-ce-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º. Inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 180.1: Determination of Turbidity by Nephelometry**. 1993. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_180-1_1993.pdf. Acesso em 14 outubro 2021.

Estevam, et al, **Análise Física da Água de entrada no Sistema Agroindustrial de Curtume em Maringá- Paraná**. Universidade Federal de Santa Maria Maringa Paraná. **Revista Ciência e Natura**, vol.41, e 16, p.1-9, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/download/36610/pdf> em: 20/06/21 nov. 2021.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S. **Índice de uso sustentável da água (ISA – Água) na região do sub - médio São Francisco**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.p. 157.

FERRACINI, R.; SAHEB, D.; TORRES, L.P.. **Metodologias ativas e tecnologias digitais: aproximações e distinções**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **Revista Educação em Questão**, vol.57, n.52, p.1-30, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5639/563965406010/563965406010.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

FONDRIEST ENVIRONMENTAL, Inc. **"Turbidity, Total Suspended Solids and Water Clarity"**. Fundamentos de Medições Ambientais. 2014. Disponível em: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/>. Acesso em 17 nov. 2021.

FONDRIEST ENVIRONMENTAL, Inc. **"Measuring Turbidity, TSS, and Water Clarity"**. Fundamentos de Medições Ambientais. 2014. Disponível em: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/measurements/measuring-water-quality/turbidity-sensors-meters-and-methods/>. Acesso em: 17 nov. 2021.

GUILHERME, S. M. **Avaliação da Confiabilidade Analítica de Medições de Turbidez em Água Potável**. Exame de Qualificação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

HAMZE, A. Canal do educador. **O currículo e a aprendizagem**. Brasil escola. 2019. Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/trabalho-docente/o-curriculo-aprendizagem.htm> Acesso em 10 maio 2019.

KOCH, M. Z. **As tecnologias no cotidiano escolar**: Uma ferramenta facilitadora no processo ensino- aprendizagem. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Educação. Curso de Pós-graduação a distância especialização Lato Sensu em Gestão Educacional. Sarandi. RS. Brasil. 2013.

LOUGON, S.M.; ROCHA, A.S.; GUIMARÃES, F.H.; LOUZADA, O.R.L.F.; GARCIA, DE OLIVEIRA, G.. **Caracterização dos Sólidos Totais, Fixos e Voláteis nas Águas Residuárias Geradas pela Lavagem dos Frutos do Cafeeiro**. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, p.1-3, 2009. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_0142_1112_01.pdf. Acesso em: 17 nov. 2021.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. Volume 1. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. Ap.. **Novas Tecnologias e mediação pedagógica**. 6. Ed. Campinas; Papirus, 2000.

PENA, R. A. **Teorias Curriculares**. 2021. Disponível em: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/trabalho-docente/teorias-curriculares.htm> Acesso em 10 maio 2019.

PENA, A.F.R. "**Distribuição da água no mundo**"; Brasil Escola. [s.d], c.2021. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>. Acesso em 05 de novembro de 2021.

PINTO, R. A. **Sistemas Eletrônicos Para Iluminação de Exteriores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)**. Exame de Qualificação. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

PIVELI, P.R.. **Características Físicas das Águas: Cor, Turbidez, Sólidos, Temperatura, Sabor e Odor**. 26p. 2015. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Norma Técnica Interna SABESP NTS 287. **Sistema de Desaguamento de lodo utilizando centrífuga tipo** "https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS287.pdf". Acesso em: 17 nov. 2021.

SADAR, M. J. **Turbidity Science: Technical informations series Booklet** nº 11. Loveland, 1998.

SADAR, M. **Technologies for Measuring Turbidity in Drinking Water Production**. Hach. Disponível em: <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984724> . Acesso em 17 nov. 2021.

DOS SANTOS, S.V.; SOUZA, R.. "**ÁGUA**", Mundo da Educação. [s.d], c.2021. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>. Acesso em 02 de novembro de 2021.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

THPANORAMA. **Nefelometria no que Consiste e Aplicações**. [s.d], c.2019. Disponível em: <https://pt.thpanorama.com/blog/ciencia/nefelometra-en-qu-consiste-y-aplicaciones.html>. Acesso em: 17 nov. 2021.

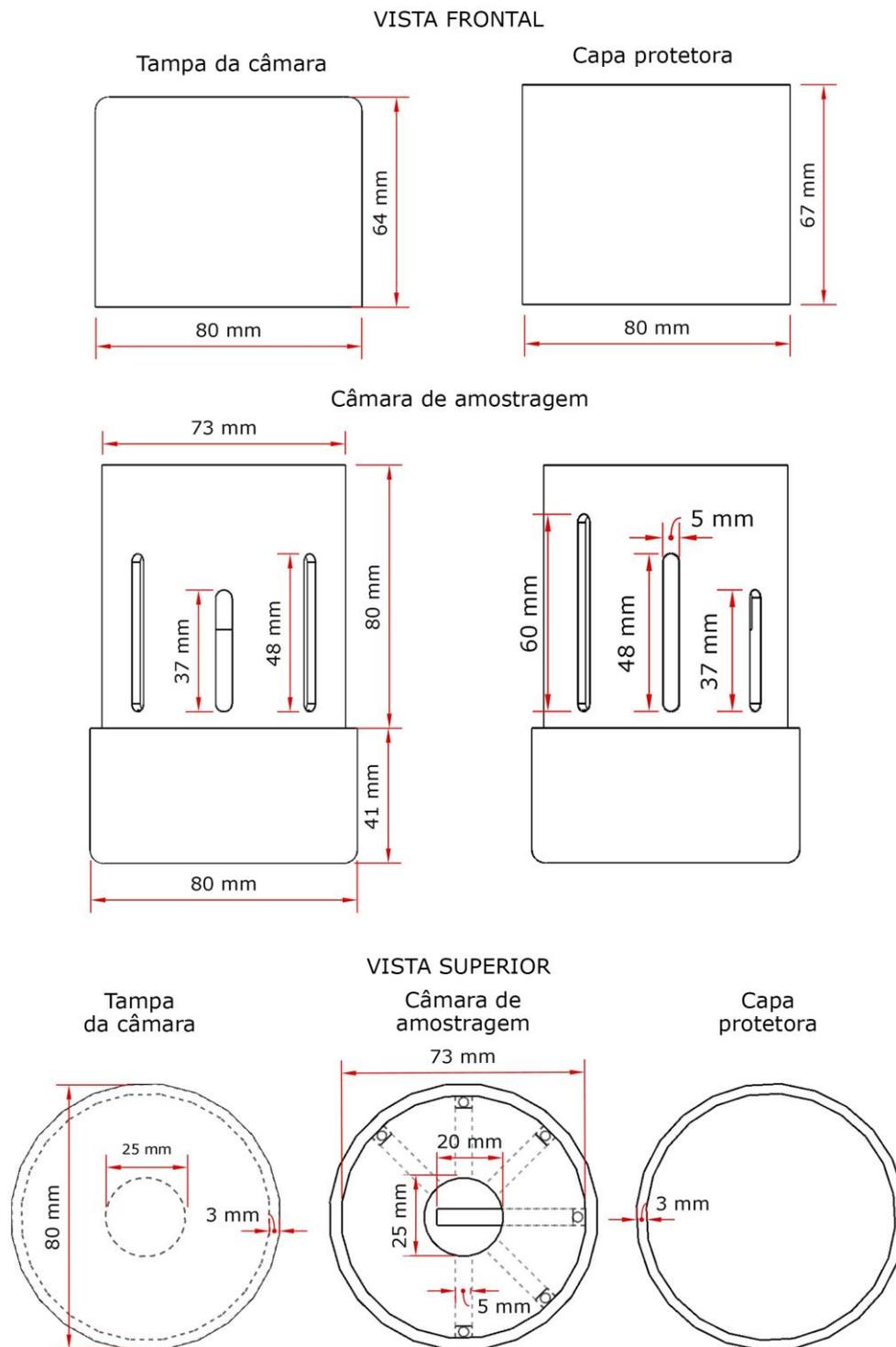
TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. da. **Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau** – sudoeste do estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, v.57, p. 49-56, 2005.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Efficiency and Renewable Energy**. Thermal Management of White LEDs. November 2009.

VALENTE, A.J. **A Sala de Aula Invertida e a Possibilidade do Ensino Personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia**. In: Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre, Penso, 2018.

VITÓ, C.V.G.; DA SILVA, L.J.B.F.; OLIVEIRA, K. de M.L.; GOMES, A.T.; NUNES, C.R. de O. **Avaliação da qualidade da água**: Determinação dos possíveis contaminantes.

APÊNDICE A – Desenho construtivo da câmara de amostragem



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO A – Listagem do programa de análise dos sinais

```

unit medidor01;
interface
uses
  Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
  Vcl.Graphics,
  Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.ExtCtrls, Vcl.ComCtrls, Vcl.Menus,
  Vcl.StdCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    Arquivo1: TMenuItem;
    Novamedio1: TMenuItem;
    Encerrar1: TMenuItem;
    Ajuda1: TMenuItem;
    StatusBar1: TStatusBar;
    Timer1: TTimer;
    Configurar1: TMenuItem;
    Sobre1: TMenuItem;
    Sobreosistema1: TMenuItem;
    Ajudaparaconfigurar1: TMenuItem;
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Novamedio1Click(Sender: TObject);
    procedure Encerrar1Click(Sender: TObject);
    procedure FormResize(Sender: TObject);
    procedure Sobreosistema1Click(Sender: TObject);
    procedure Configurar1Click(Sender: TObject);
    procedure Ajudaparaconfigurar1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

uses medidor02, medidor04, medidor03, medidor05, medidor06;

procedure TForm1.Ajudaparaconfigurar1Click(Sender: TObject);
begin

```

```

// Ajuda para configurar
form6.showmodal;
end;

procedure TForm1.Configurar1Click(Sender: TObject);
begin
// configurar o sistema
form5.showmodal;
end;

procedure TForm1.Encerrar1Click(Sender: TObject);
begin
application.Terminate;
end;

procedure TForm1.FormResize(Sender: TObject);
begin
form1.Width := 691;
form1.Height := 424;
end;

procedure TForm1.Novamedio1Click(Sender: TObject);
begin
//nova leitura
form2.showmodal;
end;

procedure TForm1.Sobreosistema1Click(Sender: TObject);
begin
// sobre o sistema
form4.showmodal;
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
statusbar1.Panels[0].Text := timetostr(time());
statusbar1.Panels[1].Text := datetostr(date());
end;

end.

unit medidor02;

interface

uses
Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
Vcl.Graphics,
Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.StdCtrls, Vcl.ExtCtrls, SDL_Meter,

```

IAeverLiquidIndicator, OoMisc, AdPort, CPort, Vcl.ComCtrls;

type

```

TForm2 = class(TForm)
  Panel1: TPanel;
  Label1: TLabel;
  Panel2: TPanel;
  Button1: TButton;
  Panel3: TPanel;
  Memo1: TMemo;
  Button2: TButton;
  Label2: TLabel;
  Button3: TButton;
  Button4: TButton;
  indicador1: TIAeverLiquidIndicator;
  Button5: TButton;
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  porta: TComPort;
  Button6: TButton;
  indicador2: TIAeverLiquidIndicator;
  indicador3: TIAeverLiquidIndicator;
  Label3: TLabel;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Memo2: TMemo;
  Button7: TButton;
  Label6: TLabel;
  Memo3: TMemo;
  procedure Button4Click(Sender: TObject);
  procedure Button3Click(Sender: TObject);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
  procedure Button5Click(Sender: TObject);
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure FormResize(Sender: TObject);
  procedure portaRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
  procedure Button6Click(Sender: TObject);
  procedure Button7Click(Sender: TObject);
  procedure FormActivate(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form2: TForm2; porta_usada : string;

```

implementation

```
{ $R *.dfm }
```

```
uses medidor03, medidor05;  
//
```

```
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
    // iniciar leitura  
    porta.Open;  
    memo2.Lines.Clear;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button2Click(Sender: TObject);  
begin  
    memo1.Lines.Clear;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button3Click(Sender: TObject);  
begin  
    // grafico dos resultados  
    form3.showmodal;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button4Click(Sender: TObject);  
begin  
    // encerrar o programa  
    porta.Close;  
    close;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button5Click(Sender: TObject);  
var nome : string;  
begin  
    savedialog1.Execute;  
    nome := savedialog1.FileName;  
    memo1.Lines.SaveToFile(nome);  
    showmessage(' Dados salvos com sucesso !');  
end;
```

```
procedure TForm2.Button6Click(Sender: TObject);  
begin  
    // parar a leitura  
    porta.Close;  
end;
```

```
procedure TForm2.Button7Click(Sender: TObject);
```

```

var nome : string;
begin
  // exportar para excel
  savedialog1.Execute;
  nome := savedialog1.FileName;
  memo2.Lines.SaveToFile(nome);
  showmessage(' Dados exportados com sucesso !');
end;

procedure TForm2.FormActivate(Sender: TObject);
begin
  porta_usada := form5.porta_escolhida ;
  porta.Port := trim(porta_usada);
  label6.Caption := porta_usada;
end;

procedure TForm2.FormResize(Sender: TObject);
begin
  form2.Height := 488;
  form2.Width := 810;
end;

procedure TForm2.portaRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
  Str, Str2: String; i : integer; valor1, valor2, valor3 : string;
  indice1, indice2 : integer; volt1, volt2, volt3 : real;
begin
  // chegou alguma coisa no buffer
  porta.ReadStr(Str, Count);
  memo3.Text := memo3.Text + Str;
  Str := memo3.Lines[1];
  indice1 := pos(' ', Str);
  if memo3.Lines.Count > 5 then memo3.Lines.Clear;
  valor1 := copy(Str, 1, indice1-1);
  Str2 := copy(Str, indice1+1, length(Str));
  indice2 := pos(' ', Str2);
  valor2 := copy(Str2, 1, indice2-1);
  valor3 := copy(Str2, indice2+1, length(Str2));
  //
  volt1 := (strtoint(trim(valor1))*5)/1023;
  volt2 := (strtoint(trim(valor2))*5)/1023;
  volt3 := (strtoint(trim(valor3))*5)/1023;
  memo1.Lines.Add('S.dir = '+floattostrf(volt1, ffFixed, 3, 2)
  +' S.Ret. = '+floattostrf(volt2, ffFixed, 3, 2)+' S.LDR = '+floattostrf(volt3, ffFixed, 3, 2));
  //
  memo2.Lines.Add(floattostrf(volt1, ffFixed, 3, 2)+' '+floattostrf(volt2, ffFixed, 3, 2)
  +' '+floattostrf(volt3, ffFixed, 3, 2));
  //
  indicador1.Indicatorstring := floattostrf(volt1, ffFixed, 3, 2);

```

```

    indicador2.Indicatorstring := floattostrf(volt2,ffFixed,3,2);
    indicador3.Indicatorstring := floattostrf(volt3,ffFixed,3,2);
    //
end;

end.

unit medidor03;

interface

uses
    Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
    Vcl.Graphics,
    Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, SDL_rchart, Vcl.StdCtrls, Vcl.ExtCtrls,
    Vcl.ExtDlgs;

type
    TForm3 = class(TForm)
        RChart1: TRChart;
        RadioGroup1: TRadioGroup;
        Button1: TButton;
        Memo1: TMemo;
        RadioGroup2: TRadioGroup;
        ColorDialog1: TColorDialog;
        Button2: TButton;
        procedure FormShow(Sender: TObject);
        procedure RadioGroup1Click(Sender: TObject);
        procedure Button1Click(Sender: TObject);
        procedure FormResize(Sender: TObject);
        procedure FormActivate(Sender: TObject);
        procedure RadioGroup2Click(Sender: TObject);
        procedure Button2Click(Sender: TObject);
    private
        { Private declarations }
    public
        { Public declarations }
    end;
const vetor = 2000;

var
    Form3: TForm3; cor : Tcolor;
    valores : array[1..vetor] of real; total_linhas : integer;

implementation

{$R *.dfm}

uses

```

```

SDL_sdlbase, medidor02;

procedure TForm3.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;

procedure TForm3.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  colordialog1.Execute;
  cor := colordialog1.Color;
end;

procedure TForm3.FormActivate(Sender: TObject);
var
  i : integer;
begin
  cor := clBlue;
  // ativou - faz a leitura do memo
  for i := 1 to vetor do
    begin
      valores[i] := 0.0;
    end;
  // le o memo
  if form2.Memo2.Lines.Count > vetor then total_linhas := vetor else
    total_linhas := form2.Memo2.Lines.Count;
  //
  memo1.Lines.Clear;
  memo1.Lines.Text := form2.Memo2.Lines.Text;
end;

procedure TForm3.FormResize(Sender: TObject);
begin
  form3.Width := 936;
  form3.Height := 447;
end;

procedure TForm3.FormShow(Sender: TObject);
var
  i : integer;
begin
  Rchart1.DataColor := clBlue;
  RChart1.MoveTo(-10,0);
  for i:=1 to total_linhas do
    RChart1.DrawTo(i, valores[i]);
  end;

procedure TForm3.RadioGroup1Click(Sender: TObject);
begin

```

```

if RadioGroup1.ItemIndex = 0
  then RChart1.MouseAction := maPan
  else RChart1.MouseAction := maZoomDrag;
end;

procedure TForm3.RadioGroup2Click(Sender: TObject);
var
  Str, Str2: String; i : integer;  valor1, valor2, valor3 : string;
  indice1, indice2, contador : integer;  volt1, volt2, volt3 : real;
begin
  // escolheu o sinal
  contador := 0;
  // zera a memoria
  for i := 1 to vetor do
  begin
    valores[i] := 0.0;
  end;
  //
  while (contador < total_linhas) do
  begin
    inc(contador);
    Str := memo1.Lines[contador];
    if (length(Str) > 2) then
    begin
      indice1 := pos(' ', Str);
      valor1 := copy(Str, 1, indice1-1);
      Str2 := copy(Str, indice1+1, length(Str));
      indice2 := pos(' ', Str2);
      valor2 := copy(Str2, 1, indice2-1);
      valor3 := copy(Str2, indice2+1, length(Str2));
      //
      if radiogroup2.ItemIndex = 0 then valores[contador] := strtofloat(valor1); // direto
      //
      if radiogroup2.ItemIndex = 1 then valores[contador] := strtofloat(valor2); // indireto
      //
      if radiogroup2.ItemIndex = 2 then valores[contador] := strtofloat(valor3); // LDR
      //
    end;
  end;
  Rchart1.ClearGraf;
  Rchart1.DataColor := cor;
  RChart1.MoveTo(0, valores[1]);
  for i:= 1 to contador-1 do
  begin
    RChart1.DrawTo(i, valores[i]);
  end;
end;
//
end.

```

```

unit medidor04;

interface

uses
  Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
  Vcl.Graphics,
  Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.StdCtrls;

type
  TForm4 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Button1: TButton;
    Label2: TLabel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form4: TForm4;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TForm4.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;

end.

unit medidor05;

interface

uses
  Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
  Vcl.Graphics,
  Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.StdCtrls, Registry, ShellAPI;

type
  //
  TTypWin32Or64 = (Bit32, Bit64);
  //

```

```

TForm5 = class(TForm)
  Button2: TButton;
  ComboBox1: TComboBox;
  Label1: TLabel;
  //
  procedure ReadKeyFromRegister(TypWin32Or64:TTypWin32Or64;
    TypeKey:Longword;PathToKey:string; TypeValueRead :Integer;
    NameValueToRead:string; var ValueStrReaded:Ansistring;
    var ValueByteReaded:Pchar; ReadOnly:boolean);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
  procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
  procedure porta_serial;
  //
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
  porta_escolhida :string;
end;

var
  Form5: TForm5; TypWin32Or64 :TTypWin32Or64;
  minha_porta_serial : string;

implementation

{$R *.dfm}

//
Procedure TypeOS(var TypWin32Or64:TTypWin32Or64);
begin
  if DirectoryExists('c:\Windows\SysWOW64')
    then TypWin32Or64:=Bit64 else TypWin32Or64:=Bit32;
end;
//
function ReadMultirowKey(Reg: TRegistry; ValueName: string): TStrings; // чтение
мультистрок в реестре
var valueType: DWORD;
  valueLen: DWORD;
  p, buffer: PChar;
  key: HKEY;
  Strings: TStrings;
begin
if RegOpenKeyEx(Reg.RootKey, PChar(Reg.CurrentPath), 0, KEY_READ, key) =
ERROR_SUCCESS then
  begin
    SetLastError(RegQueryValueEx(key, PChar(ValueName), nil, @valueType, nil,
@valueLen));
    if GetLastError = ERROR_SUCCESS then

```

```

if valueType = REG_MULTI_SZ then
begin
  Strings:= TStringList.Create;
  GetMem(buffer, valueLen);
  try
    RegQueryValueEx(key, PChar(ValueName), nil, nil, PBYTE(buffer), @valueLen);
    p := buffer;
    while p^ <> #0 do
      begin
        Strings.Add(p);
        Inc(p, lstrlen(p) + 1)
      end
    finally
      FreeMem(buffer);
      Result:= Strings;
    end;
  end;
end;
end;
//

procedure TForm5.ReadKeyFromRegister(TypWin32Or64:TTypWin32Or64;
  TypeKey:Longword; {at once symbol HKEY_LOCAL_MACHINE or
HKEY_CURRENT_USER}
  PathToKey:string;
  TypeValueRead :Integer; //at once symbols as REG_SZ -- string key ,
  //REG_DWORD A DWORD value, a 32-bit unsigned integer
  NameValueToRead:string;
  var ValueStrReaded:Ansistring; //is used if it is key string
  var ValueByteReaded:Pchar; //is used if it is key Byte
  ReadOnly:boolean);
var
  Reg    : TRegistry;
  S_TStr : TStringList;
  VersBios : string;
  Pos0    : integer;
  Key     : HKEY;
  Value   : Array of Byte;
  nValueLen : Integer;
const KEY_WOW64_64KEY = $0100 ;
begin
  case TypWin32Or64 of
    Bit32: Reg := TRegistry.Create;
    Bit64:Reg := TRegistry.Create(KEY_WRITE OR KEY_WOW64_64KEY);
    //use if if 64 bit enviroment Windows
  end;
  try
    { open key }
    Reg.RootKey := TypeKey;

```

```

if ReadOnly
then Reg.OpenKeyReadOnly(PathToKey)
  //not all key can be created or writed ie. ProductId(Serial Key)
  // name Windows - especially in a 64 bit Windows XP , Win 7
  else Reg.OpenKey(PathToKey, false);
  //CreateKey=True--> if this key is not present will be created
case TypeValueRead of
REG_SZ: ValueStrReaded:=Reg.ReadString(NameValueToRead);
REG_BINARY : begin
  nValueLen := Reg.GetDataSize(NameValueToRead);
  ValueByteReaded:=Pchar(Reg.ReadBinaryData(NameValueToRead,
PByte(Value), nValueLen));
  end;
REG_DWORD : begin

  end;
REG_MULTI_SZ: begin
  S_TStr := ReadMultirowKey(Reg,NameValueToRead);
  //in a enviroment 64 bit not good work - better use
  //procedure ReadREG_MULTI_SZ
  VersBios:=S_TStr.Text;
  Pos0:=Pos(#0,VersBios);
  if Pos0 > 0 then
  begin
  delete(VersBios,Pos0,1);
  insert(' ', VersBios,Pos0);
  end;
  VersBios := StringReplace(VersBios,#$D#$A, ' ', [rfReplaceAll, rfIgnoreCase]);
  ValueStrReaded:=VersBios;
  end;
end; //case
Reg.CloseKey;
finally
  Reg.Free;
end;
end;

procedure TForm5.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;

procedure TForm5.ComboBox1Change(Sender: TObject);
begin
  porta_escolhida := combobox1.items[combobox1.ItemIndex];
end;

procedure TForm5.porta_serial;
var ValueStrReaded :Ansistring;

```

```

    ValueByteReaded : Pchar;
begin
ReadKeyFromRegister( TypWin32Or64,
                    HKEY_LOCAL_MACHINE,'HARDWARE\DEVICEMAP\SERIALCOMM',
                    REG_SZ,'\Device\VCPO', ValueStrReaded,
                    ValueByteReaded,True);
    minha_porta_serial := ValueStrReaded;
    // porta_com := strtoint(copy(minha_porta_serial,4,2));

end;
end.

unit medidor06;
interface

uses
    Winapi.Windows, Winapi.Messages, System.SysUtils, System.Variants, System.Classes,
    Vcl.Graphics,
    Vcl.Controls, Vcl.Forms, Vcl.Dialogs, Vcl.StdCtrls;

type
    TForm6 = class(TForm)
        Memo1: TMemo;
        Button1: TButton;
        procedure Button1Click(Sender: TObject);
        procedure FormResize(Sender: TObject);
    private
        { Private declarations }
    public
        { Public declarations }
    end;

var
    Form6: TForm6;
implementation

{$R *.dfm}

procedure TForm6.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    close;
end;

procedure TForm6.FormResize(Sender: TObject);
begin
    form6.Height := 440;
    form6.Width := 500;
end;
end.

```