

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

DANIEL LUIS KLEIN

**EQUIPAMENTO PARA MONITORAMENTO DE FLUÍDOS DE USINAGEM
MISCÍVEIS EM ÁGUA**

São Leopoldo

2021

DANIEL LUIS KLEIN

**EQUIPAMENTO PARA MONITORAMENTO DE FLUÍDOS DE USINAGEM
MISCÍVEIS EM ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica, pelo Curso de
Engenharia Mecânica da Universidade do
Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Me. João Olegário de O. de Souza

São Leopoldo

2021

RESUMO

As indústrias de manufatura em geral apresentam um elevado custo de materiais de consumo para otimizar sua produção, em especial empresas que atuam com usinagem de metais. Um dos segmentos de materiais são os fluídos de usinagem, que auxiliam no processo de corte do metal, reduzindo esforço e possibilitando uma redução no tempo de produção. Esses fluídos necessitam de manutenção constante para que mantenham sua qualidade e durabilidade. Quanto melhor for o processo de manutenção, melhor será a vida útil deste fluído e, em consequência, menor o custo de produção dos produtos. Para as manutenções assim, se faz necessário a atividade de um técnico, que seja capaz de medir as principais propriedades dos fluídos e avaliar se ainda estão dentro dos parâmetros estabelecidos pelo fabricante. São utilizados instrumentos específicos para cada medição, podendo ser analógicos ou digitais, porém, ambos independentes um do outro. Com objetivo de elevar a vida útil dos fluídos, este trabalho aborda a construção de um equipamento, capaz de medir as principais propriedades dos fluídos de usinagem miscíveis em água. Além das medições, foi desenvolvido no equipamento um painel para inserir os valores definidos pelos fabricantes, possibilitando a análise dos valores medidos e a sinalização, quando estes estiverem fora dos padrões estabelecidos. Os resultados demonstraram que o equipamento é capaz de executar as medições, com erros de medição que não comprometem o monitoramento do fluído de usinagem, assim como, é capaz de armazenar os dados obtidos para análises posteriores.

Palavras-chave: Fluído de Usinagem. Monitoramento. Manutenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Skimmer de disco.....	19
Figura 2 - Skimmer de cinta	19
Figura 3 - Relação entre parâmetros.....	21
Figura 4 - Raio de luz na interface entre dois meios	22
Figura 5 - Tipos de refratômetros	23
Figura 6 - Exemplo de escala Brix de refratômetros analógicos portáteis.....	24
Figura 7 - Esquema de funcionamento do eletrodo de vidro.....	27
Figura 8 - Diagrama de um sistema embarcado	29
Figura 9 - Placa Arduino UNO.....	30
Figura 10 - Computador Raspberry Pi 4.....	32
Figura 11 - Imagem ampliada demonstrando pixels.....	33
Figura 12 - Relação de tamanho entre diferentes resoluções de imagens	34
Figura 13 - Sistema de coordenada cartesiano para modelo de cor RGB	35
Figura 14 - Representação geométrica do modelo de cores HSI.....	36
Figura 15 - Exemplo de fluxograma para cálculo da média escolar.....	38
Figura 16 - Esquema de projeto	39
Figura 17 - Página inicial do sistema de monitoramento.....	40
Figura 18 - Fluxo da metodologia.....	41
Figura 19 - Sonda de pH e módulo sensor de pH	43
Figura 20 - Sensor ultrassônico.....	44
Figura 21 - Esquema de interações entre componentes.....	45
Figura 22 - Telas da interface do usuário	46
Figura 23 - Fluxograma do processo de análise	48
Figura 24 - Filtro para conversão em escala de cinza.....	49
Figura 25 - Processo para obtenção da linha de graduação.....	50
Figura 26 - Imagem final demonstrando a busca do pixel branco.....	51
Figura 27 - Fluxograma para leitura de pH e Nível.....	53
Figura 28 - Desenho do tanque de fluido	54
Figura 29 - Sistema de fixação da câmera e bloqueio da luz.....	56
Figura 30 - Painel de controle	56
Figura 31 - Central eletrônica do protótipo	57
Figura 32 - Montagem total do equipamento.....	58

Figura 33 - Suporte da bomba e do sensor ultrassônico	59
Figura 34 - Plano de corte na chapa de acrílico	60
Figura 35 - Suporte para sensor ultrassônico e bomba de fluido	60
Figura 36 - Estrutura em acrílico do protótipo	61
Figura 37 - Componentes da base inferior instalados	62
Figura 38 - Diagrama elétrico	63
Figura 39 - Montagem final do protótipo.....	64
Figura 40 - Fluídos testados.....	65
Figura 41 - Formulário para preenchimento dos valores	65
Figura 42 - Montagem do equipamento durante os testes	66
Figura 43 - Teste de funcionamento das leituras	67
Figura 44 - Medição do nível pelo especialista.....	75
Figura 45 - Arquivo com valores salvos pelo equipamento	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades dos fluídos de corte.....	16
Tabela 2 - Diferentes componentes nos fluídos de usinagem.....	16
Tabela 3 - Variação da concentração de íons.....	25
Tabela 4 - Variação do pH com variação da temperatura.....	25
Tabela 5 - Propriedades do Arduino UNO.....	31
Tabela 6 - Formatos de arquivos para imagens digitais e suas principais aplicações	37
Tabela 7 - Valores obtidos para grau Brix no fluído 1	68
Tabela 8 - Valores obtidos para grau Brix no fluído 2	68
Tabela 9 - Valores obtidos para grau Brix no fluído 3	69
Tabela 10 - Valores obtidos para grau Brix no fluído 4	69
Tabela 11 - Valores obtidos para grau Brix no fluído 5	70
Tabela 12 - Valores obtidos para pH no fluído 1	71
Tabela 13 - Valores obtidos para pH no fluído 2	72
Tabela 14 - Valores obtidos para pH no fluído 3	72
Tabela 15 - Valores obtidos para pH no fluído 4	73
Tabela 16 - Valores obtidos para pH no fluído 5	73
Tabela 17 - Valores obtidos para nível no fluído 1	75
Tabela 18 - Valores obtidos para nível no fluído 2	76
Tabela 19 - Valores obtidos para nível no fluído 3	76
Tabela 20 - Valores obtidos para nível no fluído 4	77
Tabela 21 - Valores obtidos para nível no fluído 5	77
Tabela 22 - Custos do protótipo	81

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BMP	<i>Bitmap</i>
BSP	British Standard Pipe (Padrão britânico para tubos)
CNC	Comando Numérico Computadorizado
DDR	<i>Double-Data-Rate</i> (Taxa dupla de transferência)
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i> (Formato de Intercâmbio de Gráficos)
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i> (Interface Multimídia de Alta Definição)
HSI	<i>Hue, Saturation and Value</i> (tom, saturação e valor)
HSV	<i>Hue, Saturation and Intensity</i> (tom, saturação e intensidade)
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LCD	Liquid Crystal Display (Visor de Cristal Líquido)
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
PNG	<i>Portable Network Graphics</i> (Gráficos Portáteis de Rede)
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memória de acesso aleatório)
RGB	<i>Red, Green and Blue</i> (vermelho, verde e azul)
TIFF	Tagged Image File Format (Formato de arquivo de imagem com tag)
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Serial Universal)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.3 PROBLEMA	11
1.4 OBJETIVOS	11
1.4.1 Objetivo Geral	11
1.4.2 Objetivos Específicos	11
1.5 JUSTIFICATIVA	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 FLUÍDOS DE USINAGEM.....	13
2.1.1 Funções dos fluídos de usinagem	13
2.1.2 Classificação dos fluídos de usinagem	14
2.1.2.1 Óleos de corte puros	14
2.1.2.2 Óleos emulsionáveis	14
2.1.2.3 Fluídos químicos	15
2.1.3 Cuidados com o fluído de usinagem	16
2.1.3.1 Concentração	17
2.1.3.2 pH.....	17
2.1.3.3 Sujeira	18
2.1.3.4 Contaminação por óleo	18
2.1.3.5 Bactérias e Fungos.....	19
2.2 REFRAÇÃO.....	21
2.2.1 Refração	21
2.2.2 Escala Brix	22
2.2.3 Refratômetros comerciais	23
2.3 MEDIÇÃO DE PH.....	24
2.3.1 Métodos de medição	26
2.3.1.1 Corantes indicadores.....	26
2.3.1.2 Papel indicador.....	26
2.3.1.3 Eletrodo de vidro	26
2.3.1.4 Eletrodos de estado sólido	28
2.3.1.5 Sonda de fibra ótica.....	29

2.4 SISTEMAS EMBARCADOS.....	29
2.4.1 Arduino.....	30
2.4.2 Raspberry.....	31
2.5 PROCESSAMENTO DE IMAGEM.....	32
2.5.1 Pixel.....	33
2.5.2 Resolução.....	33
2.5.3 Modelos de cores.....	34
2.5.3.1 RGB.....	34
2.5.3.2 HSV.....	35
2.5.4 Formatos de arquivos.....	36
2.5.5 Algoritmos.....	37
2.6 TRABALHOS RELACIONADOS.....	39
3 METODOLOGIA.....	41
3.1 DEFINIÇÃO DO FUNCIONAMENTO.....	41
3.2 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS.....	42
3.3 DEFINIÇÃO DO HARDWARE.....	42
3.4 FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE DE CONTROLE.....	45
3.4.1 Construção das telas.....	45
3.4.2 Processo de análise.....	47
3.4.3 Avaliação do grau Brix.....	49
3.4.4 Medição de nível e pH.....	51
3.5 DIMENSIONAMENTO E MODELAMENTO DOS COMPONENTES.....	53
3.5.1 Tanque de fluido.....	54
3.5.2 Câmera.....	55
3.5.3 Painel de controle.....	56
3.5.4 Central eletrônica.....	57
3.5.5 Enclausuramento.....	57
3.5.6 Sensor de nível e bomba de fluido.....	58
3.6 FABRICAÇÃO DAS PEÇAS.....	59
3.7 MONTAGEM DO PROTÓTIPO.....	61
3.8 TESTES DE FUNCIONAMENTO.....	64
4 RESULTADOS.....	67
4.1.1 Brix.....	67
4.1.2 pH.....	71

4.1.3 Nível.....	74
4.1.4 Teste em máquina	78
4.2 CUSTOS ENVOLVIDOS	80
5 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS.....	84
APÊNDICE A – FIRMWARE DO RASPBERRY	89
APÊNDICE B – FIRMWARE DO ARDUINO	100
APÊNDICE C – PROJETO DO EQUIPAMENTO.....	103

1 INTRODUÇÃO

As indústrias que utilizam o processo de usinagem durante sua produção têm os fluídos de usinagem como um de seus insumos. Estes fluídos são utilizados afim de aprimorar a usinagem e, em alguns casos, é a única solução para a fabricação. Os custos com fluídos de usinagem podem chegar a até 17% do valor do produto em indústrias automotivas, compondo estes valores sua aquisição, manutenção e descarte (MARKSBERRY; JAWAHIR, 2008; TASDELEN; WIKBLOM; EKERED, 2008).

Os fluídos de usinagem necessitam de manutenção e acompanhamento periódico, afim de garantir suas características e impedir sua degradação. É comum encontrarmos empresas que precisaram descartar grandes volumes de fluídos de usinagem devido a proliferação de bactérias, perda de propriedades e risco a saúde do operador da máquina. O descarte destes fluídos pode chegar a valores próximos ao de sua aquisição, pois é necessário encaminhá-los a empresas especializadas em tratamento de óleos contaminados.

Afim de garantir as propriedades do fluído, a manutenção é feita através de monitoramento, como análises de pH - potencial hidrogeniônico, contagem de bactérias, concentração e nível, além de eventuais necessidades de correções, como a adição de bactericidas. Todo monitoramento é feito de forma manual, diversas vezes com instrumentos analógicos, com a necessidade de disponibilizar um técnico que possa efetuar as análises e intervir nos casos necessários.

Diante deste cenário, um equipamento que possa monitorar fluídos de usinagem pode representar uma redução de custo de produção, possibilitando o acompanhamento constante, mais efetivo e dispensando a necessidade de alocar um profissional para esta tarefa. Além do monitoramento, ainda pode ser importante manter históricos das propriedades do fluído, permitindo análises de suas influências em pontos específicos do processo.

Visando atender essa demanda, este trabalho abordou a construção de um dispositivo que monitora as principais propriedades dos fluídos de usinagem. Foram analisadas as necessidades dos fluídos e os meios de medição utilizados, implementando recursos eletroeletrônicos para construção de um protótipo.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho consiste no desenvolvimento de um equipamento que possa efetuar medições das principais propriedades dos fluídos de usinagem e alertar, quando necessário, o operador da máquina.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O equipamento foi desenvolvido e testado com fluídos de usinagem miscíveis em água, sintéticos e biodegradáveis.

1.3 PROBLEMA

O acompanhamento dos fluídos de usinagem atualmente é feito de forma manual. Este processo utiliza instrumentos analógicos que podem apresentar erros, além de depender da disponibilidade de um profissional para efetuar as medições e analisar os resultados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O Objetivo geral desta trabalho é desenvolver um equipamento para monitoramento de fluídos de usinagem miscíveis em água, visando a utilização em máquinas de usinagem a CNC.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Adaptar instrumentos de medição existentes em um único equipamento para medição de diversas propriedades;
- b) Utilizar componentes eletroeletrônicos para controle dos componentes e interagir com o operador da máquina;
- c) Fabricar os componentes e montar o equipamento;
- d) Testar, analisar e validar o equipamento.

1.5 JUSTIFICATIVA

Devido a necessidade de manutenção constante dos fluídos de usinagem e as formas manuais que são empregadas atualmente neste processo, os custos para produções que utilizem tais fluídos são impactados significativamente. Desenvolver um equipamento que possa otimizar o processo de monitoramento dos fluídos pode representar uma redução de custos, ganho de tempo e possibilidade de rastreamento de alguns problemas.

Conhecendo esse cenário, este trabalho propõem o desenvolvimento e a fabricação de um protótipo para esse equipamento. O mesmo tem por finalidade monitorar o fluído de usinagem de uma máquina CNC, alertar quando este apresentar desvio de suas principais propriedades e armazenar um histórico destas medições.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os assuntos e conhecimentos com a finalidade de orientar e garantir que o projeto proposto faça sentido e tenha aplicabilidade. Primeiramente, serão tratados os fluídos e suas características, passando então para instrumentos de controle e sistemas embarcados para leitura de imagem.

2.1 FLUÍDOS DE USINAGEM

A necessidade de utilização dos fluídos de usinagem surgiu com o objetivo de elevar o desempenho no processo de corte do metal. Pesquisas indicam que F. W. Taylor foi o responsável por quantificar as influências de um fluído na região de usinagem, com jatos de água e, assim, sendo possível elevar a velocidade de corte do processo (FERRARESI, 1970).

2.1.1 Funções dos fluídos de usinagem

Existem três principais funções para o fluído durante a usinagem: lubrificar a zona de contato entre ferramenta-peça, refrigerar a ferramenta e a peça, e auxiliar na remoção do cavaco (GODLEVSKIY, 2012).

A lubrificação acontece com a redução do coeficiente de atrito entre a peça e a ferramenta na zona de corte, primordialmente nas aplicações com baixas velocidades de corte, permitindo o contato do lubrificante às regiões necessárias. É fundamental que o fluído forme um filme na superfície de corte (BYERS, 2013), reduzindo o atrito das partes, facilitando o escorregamento dos cavacos ali formados e impedindo a formação de arestas postiças (pequenas quantidades de material aderidas à superfície da ferramenta).

Com o aumento da velocidade de corte fica difícil a chegada do fluído até o local de corte, impedindo o efeito de lubrificação. É neste momento que a remoção do calor passa a ser significativa, tornando o fluído um meio refrigerante (MACHADO *et al.*, 2009). Para que o efeito refrigerante seja alcançado, é importante que o fluído seja direcionado para as arestas de corte da ferramenta, favorecendo a troca térmica entre a ferramenta e o líquido (BYERS, 2013). Como refrigerante, o fluído eleva a vida útil da ferramenta, sendo desejável um fluxo contínuo para impedir oscilações de

temperatura, afim de minimizar possíveis choques térmicos causadores de trincas e tensões internas na ferramenta (BYERS, 2013).

Os cavacos provenientes da usinagem podem ficar depositados sobre a ferramenta de corte, reduzindo a qualidade do acabamento, dificultando a troca térmica e comprometendo a integridade da ferramenta (GODLEVSKIY, 2012). Em situações assim, o fluido é aplicado com pressão suficiente para remover os cavacos aglomerados na região (BYERS, 2013).

2.1.2 Classificação dos fluídos de usinagem

Não existe uma classificação padrão para os fluídos de usinagem, porém, podem ser divididos conforme seu estado físico: sólido, gasoso e líquido (MACHADO *et al.*, 2009). Fluídos gasosos e sólidos apresentam aplicações bastante reduzidas devido suas características, tornando os fluídos de corte líquidos maioria nas aplicações de usinagem. Assim, é possível classificar os fluídos líquidos em óleos de corte puros, óleos emulsionáveis e fluídos químicos (FERRARESI, 1970).

2.1.2.1 Óleos de corte puros

Obtidos através do refino do petróleo, os óleos de corte puros são hidrocarbonetos com propriedades que dependem do comprimento da sua cadeia, da estrutura molecular e do grau de refino (MACHADO *et al.*, 2009). São fabricados em uma variedade grande, desde óleo mineral puro a óleos com aditivos compatíveis com suas aplicações (FERRARESI, 1970).

Óleos de corte puros apresentam o maior nível de lubrificação dentro dos fluídos de usinagem, sendo mais utilizados em trabalhos pesados, médios e de baixa velocidade. Por não serem diluídos em água, possuem baixo poder refrigerante, sendo inadequados para utilização em altas velocidades e altos avanços (BYERS, 2013).

2.1.2.2 Óleos emulsionáveis

Também conhecidos por óleos solúveis, os óleos emulsionáveis são fluídos compostos de óleos minerais, água, emulsificantes ou surfactantes, com o objetivo de

garantir a uniformidade da mistura que, por sua vez, resulta em um fluido bifásico (MACHADO *et al.*, 2009). Estes fluidos possuem uma boa combinação entre lubrificação e refrigeração, podendo ser utilizado em diversas aplicações, porém apresentam preocupações perante sua durabilidade por ser vulnerável a bactérias e a contaminação por outros óleos utilizados na máquina (BYERS, 2013).

É necessário que a diluição em água do óleo solúvel seja feita pelo usuário, pois são fabricados em estado concentrado afim de permitir variações na sua proporção óleo e água. Onde, emulsões com menos água são aplicadas em situações que necessitem maiores propriedades lubrificantes, e emulsões mais aquosas em aplicações voltadas a refrigeração (FERRARESI, 1970).

2.1.2.3 Fluidos químicos

Fluidos químicos são popularmente conhecidos como fluidos sintéticos, por serem feitos de diversos agentes químicos que reagem entre si formando uma fase única de líquido. Por não serem facilmente atacados por bactérias, tem vida útil prolongada durante a utilização nas máquinas de usinagem (MACHADO *et al.*, 2009) e são os únicos fluidos que não apresentam óleo mineral em sua composição.

Fluidos sintéticos são miscíveis em água, possuem alto poder de refrigeração e razoável lubrificação. Diante disso, são utilizados em grande escala para processos mais leves e de altas velocidades de corte (BYERS, 2013). Assim como, suas características de ação detergente conserva a limpeza das tubulações e permite processos de lavagem da máquina (FERRARESI, 1970).

Cada fluido de usinagem apresenta características de composições distintas, sendo utilizado com melhor desempenho para a situação a qual foi desenvolvido. Para a correta seleção é necessário o entendimento da natureza, características, qualidades e problemas que os diferentes fluidos apresentam. Sendo assim, a Tabela 1 demonstra o comparativo das propriedades dos três tipos de fluidos abordados e a Tabela 2 apresenta em porcentagem, exemplos de composição.

Tabela 1 - Propriedades dos fluídos de corte

<i>Propriedade</i>	<i>Óleo puro</i>	<i>Óleo emulsionável</i>	<i>Fluído químico</i>
<i>Lubrificação</i>	Excelente	Bom	Moderado
<i>Refrigeração</i>	Ruim	Bom	Bom
<i>Remoção de cavacos</i>	Moderado	Bom	Bom
<i>Limpeza</i>	Ruim	moderado	Bom

Fonte: Adaptado de (BYERS, 2013; EVANS, 2012)

Tabela 2 - Diferentes componentes nos fluídos de usinagem

<i>Componente</i>	<i>Porcentagem do componente no óleo / fluído</i>		
	<i>Óleo puro</i>	<i>Óleo emulsionável</i>	<i>Fluído químico</i>
<i>Óleo mineral</i>	70-95	60-85	-
<i>Água</i>	-	-	40-70
<i>Aditivo lubrificante</i>	5-10	0-5	0-35
<i>Agentes de extrema pressão</i>	0-20	0-20	0-5
<i>Emulsificantes</i>	-	8-23	-
<i>Inibidores de corrosão</i>	-	5-10	15-30
<i>Potencializador de reserva alcalina</i>	-	-	10-20
<i>Antimicrobiano</i>	-	-	1-5
<i>Agentes umectantes</i>	-	-	0-1
<i>Antiespumante</i>	-	-	<1

Fonte: Adaptado de (BYERS, 2013)

2.1.3 Cuidados com o fluído de usinagem

Vários fatores influenciam a estabilidade dos fluídos de corte, em especial os fluídos a base de água, necessitando de cuidados especiais para prolongar a vida útil, evitar o descarte precoce e o desperdício. Desta forma, são fabricados para operar em certas condições e estados de qualidade, afim de manter as propriedades iniciais requeridas para o bom funcionamento do fluído. Quando parâmetros como concentração, pH, nível de sujeira e contaminação por óleos, bactérias ou fungos fogem do ideal diversos problemas acontecem com o fluído de corte (BYERS, 2013).

2.1.3.1 Concentração

Tanto durante a usinagem, quanto ao ficar parado, o fluido de usinagem diluído em água apresenta evaporação de parte da água ocasionando a modificação da sua concentração. A mesma deve ser monitorada e controlada conforme orientação do fabricante do fluido, para o processo de usinagem em que está sendo aplicado, onde valores entre 3% a 10% são comumente administrados para usinagem em geral (BYERS, 2013).

A distorção neste valor gera danos ao processo, a máquina e ao operador. Valores abaixo de 3% podem não garantir a estabilidade do fluido, assim como podem provocar corrosão no equipamento e na peça, facilitar o crescimento de fungos e bactérias, além de apresentar baixo poder lubrificante. Já valores acima de 10% apresentam boa proteção contra corrosão, redução do crescimento de fungos e bactérias, boa estabilidade e lubrificação, porém, podem causar irritação à pele humana e geram custos mais elevados (RAVE; JOKSCH, 2012).

A forma mais difundida para avaliação da concentração é através de um refratômetro portátil, onde com algumas gotas do fluido é possível visualizar a concentração em uma graduação. É importante ressaltar que, para fluidos emulsionáveis, a concentração obtida através do refratômetro apresenta exatidão apenas em misturas não contaminadas (novas), pois a utilização do fluido e a contaminação por outros óleos interferem na amostra utilizada para leitura (SMITH, 1993), o que ocorre em proporções muito menores em fluidos sintéticos.

2.1.3.2 pH

A medição de pH é utilizada para monitorar o grau de acidez e alcalinidade dos fluidos de usinagem que, usualmente, estão entre pH 8,5 e 9,5. Pequenas alterações nestes valores podem ocorrer para aplicações específicas, onde pH elevado oferece melhor proteção contra corrosão em materiais ferrosos, porém reduz a proteção contra corrosão de materiais não ferrosos. Já o pH mais baixo, auxilia no controle da corrosão dos não ferrosos, mas compromete a proteção contra corrosão de materiais ferrosos e facilita o crescimento de bactérias e fungos (BYERS, 2013).

O pH é um dos parâmetros de controle mais importantes em fluidos de usinagem, pois juntamente com a avaliação da concentração oferece diversas

informações sobre a condição do fluido. Com valores acima de pH 9,3, o fluido ultrapassa o limite ideal para a mistura e passa a irritar a pele humana. Abaixo de pH 8,7 ocorre uma desestabilização de fluidos emulsionáveis devido a proliferação de bactérias, podendo gerar odores indesejados e a perda de proteção contra corrosão (RAVE; JOKSCH, 2012). Valores de pH abaixo de 8,5 podem ser corrigidos com aditivos e bactericidas, já valores acima de pH 9,5 são muito difíceis de corrigir, ocasionando, muitas vezes, na necessidade de esvaziar o reservatório (BYERS, 2013).

2.1.3.3 Sujeira

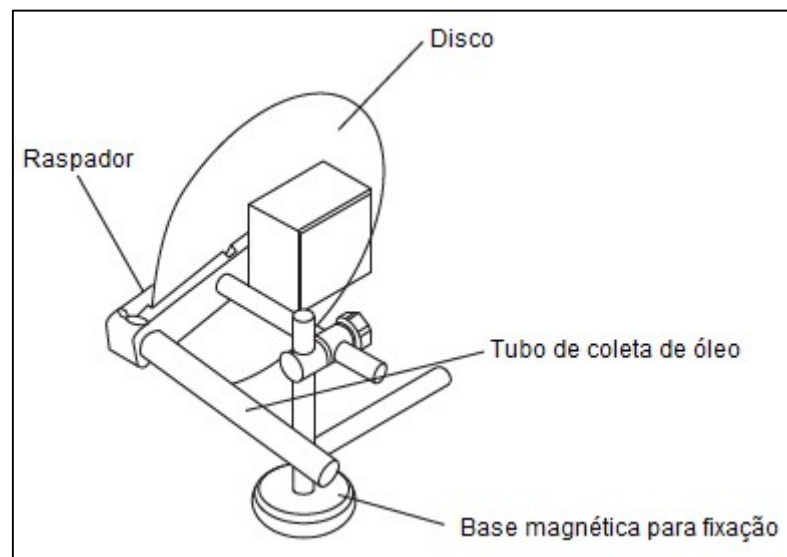
A sujeira presente no fluido é composta por partículas sólidas de metal provenientes do processo de usinagem. Essas partículas podem prejudicar o acabamento da peça usinada, ocasionar sujeira na própria máquina e o entupimento das linhas de circulação do fluido. Afim de reduzir essas partículas, é recomendado a filtragem do óleo através de equipamentos próprios para cada tipo de processo (BYERS, 2013).

2.1.3.4 Contaminação por óleo

Óleos diversos, presentes nas máquinas, escoam e podem se depositar no fluido de usinagem. Nos fluidos sintéticos, os óleos ficam na superfície na forma de uma fina camada, porém, também podem emulsionar nos óleos solúveis, dependendo da formulação de ambos óleos (BYERS, 2013).

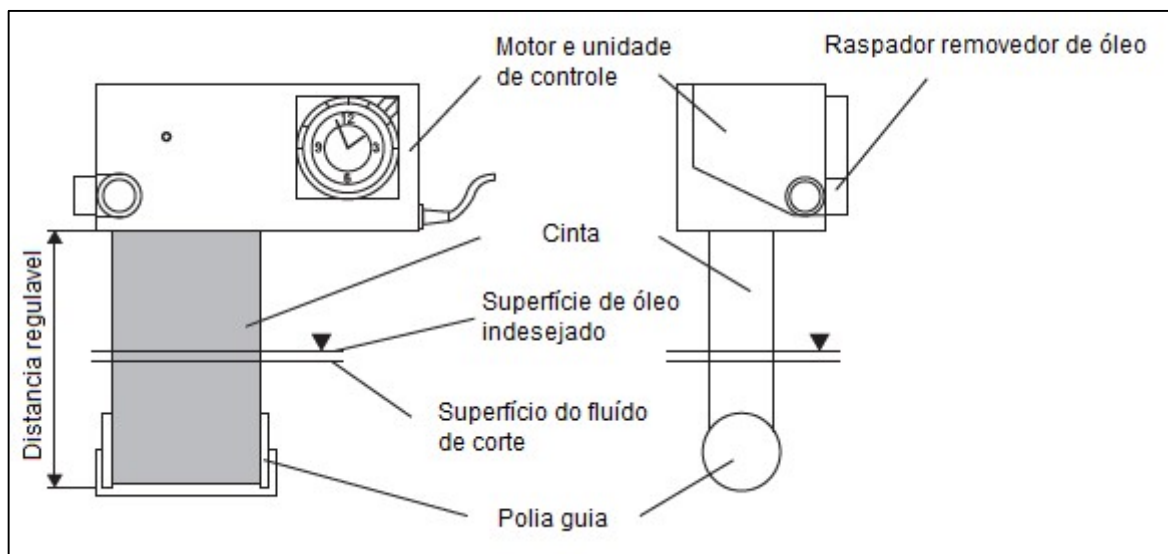
O excesso de outros óleos facilita o crescimento de bactérias, podendo causar irritação na pele, aglomeração de resíduos no tanque e dificuldades de bombeamento e manutenção. É aconselhável a remoção periódica dos óleos depositados na superfície através de um *skimmer* (equipamento de raspagem). A Figura 1 e a Figura 2 apresentam respectivamente modelos esquemáticos de um *skimmer* de disco e um *skimmer* de cinta (WALTHER, 2012).

Figura 1 - Skimmer de disco



Fonte: Traduzido de Walther (2012)

Figura 2 - Skimmer de cinta



Fonte: Traduzido de Walther (2012)

2.1.3.5 Bactérias e Fungos

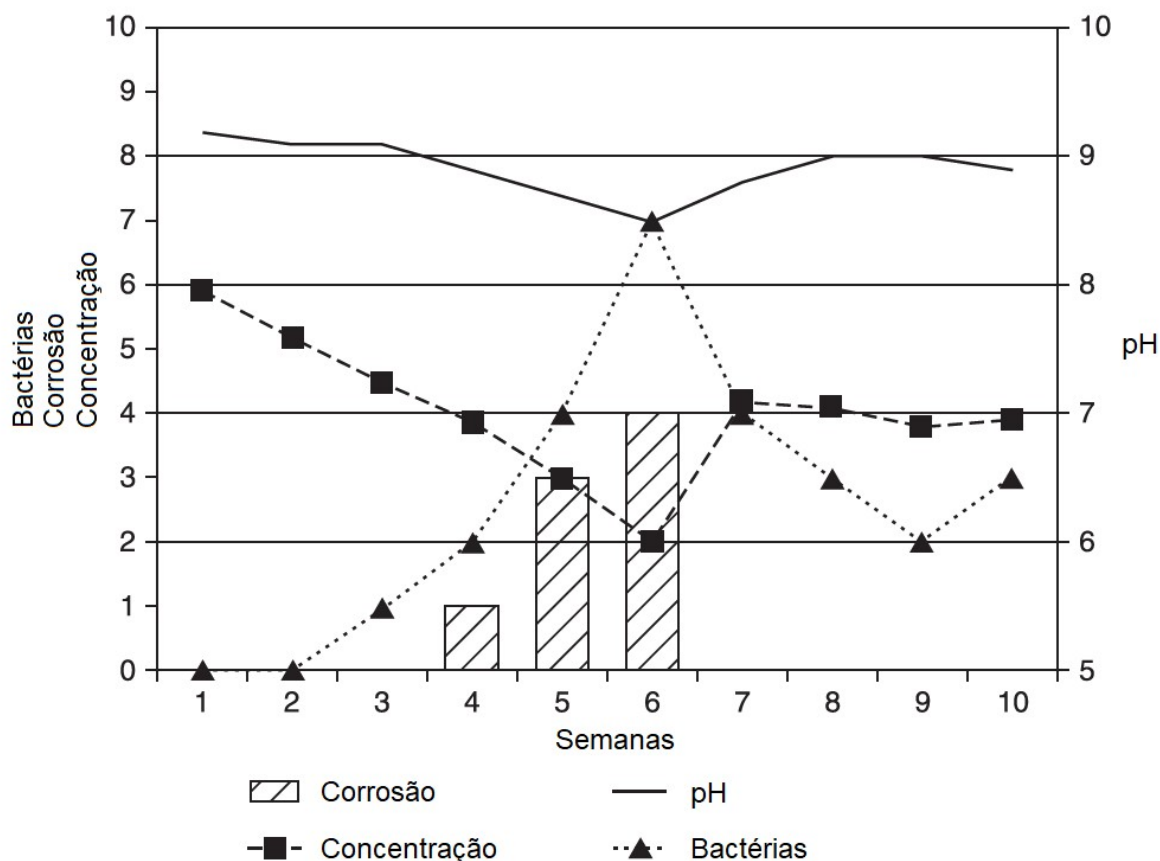
A principal causa do descarte prematuro de óleos solúveis é a contaminação por bactérias e fungos, as quais devem ser mantidas sob controle, pois é quase impossível manter uma emulsão estéril (CATAI; BIANCHI; DE AGUIAR, 2002). Pela sua emulsão em água, o fluido se torna ativo para o crescimento de organismos

biológicos, onde alguns são formulados para lidar com estas bactérias de diferentes formas, utilizando-se de bactericidas e fungicidas, e outros, com formulações que tentam impedir seu crescimento (BYERS, 2013).

Com o crescimento de bactérias, os efeitos sobre a água são a degradação de seus componentes orgânicos, a formação de ácidos, a queda do pH, a redução da proteção contra corrosão e a instabilidade da emulsão. Além destes, existem outros problemas relacionados ao processo de usinagem, como o bloqueio das tubulações, a formação de espuma, os danos no sistema de filtragem, a sedimentação de óleo e os problemas de limpeza. Para o operador da máquina, as bactérias afetam pelo odor desagradável, irritação na pele e o risco de infecção em áreas mais sensíveis (RAVE; JOKSCH, 2012).

É possível efetuar o monitoramento da ação bacteriana através de testes como a contagem de bactérias em placa, porém o teste leva 48h para apresentar o resultado (RAVE; JOKSCH, 2012). Atualmente, a forma mais prática para monitoramento de bactérias é o controle periódico de pH e concentração. A Figura 3 apresenta a relação entre a concentração, o pH, a contagem de bactérias e o grau de corrosão do fluido por semana, demonstrando a redução do volume de bactérias na semana 6 pela adição do bactericida. A queda da concentração na semana 3 indica o crescimento das bactérias e a necessidade de ajuste da concentração, que poderia impedir a necessidade de adição do bactericida (RAVE; JOKSCH, 2012).

Figura 3 - Relação entre parâmetros



Fonte: Traduzido de Rave; Joksch (2012)

2.2 REFRAÔMETROS

Refratômetros são instrumentos utilizados para avaliar a diluição de alguma substância em outra, aplicado na indústria afim de controlar a concentração de misturas entre fluídos miscíveis e água. Através de um conjunto de lente e prisma, a luz sofre refração pela mistura e, desta forma, é medido pelo refratômetro em uma escala Brix.

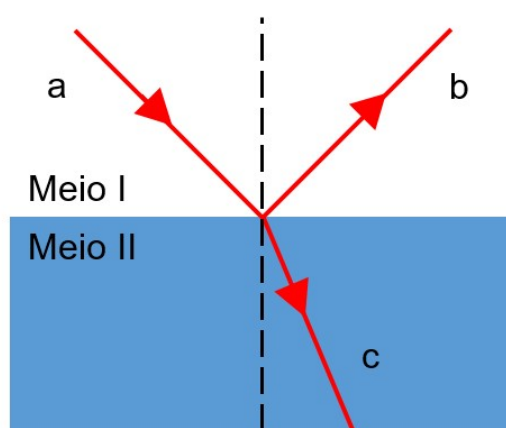
2.2.1 Refração

Refração é o nome dado a um fenômeno físico que ocorre quando uma onda de luz muda o meio ao qual está viajando. Quando a luz atravessa a superfície de separação entre dois diferentes meios e com um ângulo não perpendicular à

superfície, a luz muda de direção. Isto ocorre pela diferença na velocidade que a luz viaja em cada meio.

Assim que a luz atinge a superfície de separação ela é dividida entre uma parcela refratada e outra refletida. A luz refletida retorna para o meio a qual está viajando com um ângulo igual ao incidido inicialmente e, a luz refratada, sofre o fenômeno da refração atravessando para o outro meio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2018). A Figura 4 demonstra um raio de luz entrando em contato com uma superfície plana que separa dois meios (a), o raio de luz refletido retornando para o meio (b) e a luz refratada, que altera sua direção (c).

Figura 4 - Raio de luz na interface entre dois meios



Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick e Walker (2018)

A refração de cada material é avaliada através do índice de refração (n), que é a razão entre a velocidade da luz no vácuo (V_{vacuo}) e no material avaliado (V_{meio}), conforme Equação 1 (LIPTÁK, 2003).

$$n = \frac{V_{vacuo}}{V_{meio}} \quad (1)$$

2.2.2 Escala Brix

A escala Brix foi desenvolvida, inicialmente, para medir o percentual de açúcar e outros sólidos dissolvidos em uma solução. Cada unidade na escala Brix, ou graus Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), indica a massa, em grama, de açúcar a cada 100 grama de solução. Como exemplo, uma solução com 25 $^{\circ}\text{Brix}$ indica 25 g de açúcar (ou outros sólidos dissolvidos) e 75 g de água a cada 100 g da solução (BALL, 2006). É a escala mais

comum na indústria alimentícia e, atualmente, adotada por indústrias que necessitem avaliar a concentração de diversos fluídos solutos em água.

2.2.3 Refratômetros comerciais

Refratômetros são encontrados em modelos digitais ou analógicos. Os digitais podem apresentar maior exatidão comparados aos analógicos, porém tem um custo maior para aquisição. Desta forma, refratômetros analógicos são mais comuns para avaliação do grau Brix, podendo ser de bancada ou portáteis. Refratômetros de bancada são mais utilizados em laboratórios, também apresentando maior exatidão nas medidas quando comparados aos portáteis (NIELSEN, 2017). A Figura 5 apresenta três modelos de refratômetros, digital portátil (a), digital de bancada (b) e analógico portátil (c).

Figura 5 - Tipos de refratômetros



Fonte: Adaptado de Nielsen (2017)

O modelo mais encontrado para avaliação de fluídos de usinagem é o refratômetro analógico portátil por apresentar boa exatidão para o processo e baixo custo. Sua medição é feita olhando através de uma lente ótica, a qual exibe a luz refratada pelo fluído. Esta luz sofre refração e atravessa outra lente que a filtra, deixando uma linha visível sobre uma escala, conforme Figura 6.

Figura 6 - Exemplo de escala Brix de refratômetros analógicos portáteis



Fonte: Biolub (2020)

2.3 MEDIÇÃO DE PH

O pH é utilizado para especificar o grau de basicidade ou acidez de substâncias. Foi definido, inicialmente, como sendo o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio, porém com um entendimento melhor pelos profissionais de química passou a ser definido como o logaritmo negativo da atividade do íon hidrogênio em solução. Na prática, pH não se determina com a atividade do íon hidrogênio, mas sim na comparação entre a solução que se deseja conhecer o pH com uma solução de pH conhecido. (NORMAN F. SHEPPARD; GUISEPPI-ELIE, 2003).

A escala de pH varia de 0 a 14, onde soluções com pH maior de 7 são consideradas bases e soluções com pH menor de 7 são consideradas ácidos (KINGSTA; SAUMI; SARANYA, 2019). Água a 25°C em estado neutro, sem outros produtos químicos, apresentam concentração de íons de hidrogênio e hidroxila igual a 10^{-7} mols por litro, como ambas concentrações são iguais considera-se estar em equilíbrio, logo seu pH é 7 e é considerada uma substancia neutra (MCMILLAN; CAMERON, 2004; NORMAN F. SHEPPARD; GUISEPPI-ELIE, 2003). A Tabela 3 apresenta a variação da concentração de hidrogênio e hidroxila formando a escala do pH de 0 a 14.

Tabela 3 - Variação da concentração de íons

pH	Concentração de Hidrogênio	Concentração de Hidroxila
0	1.0	0.000000000000001
1	0.1	0.000000000000001
2	0.01	0.000000000000001
3	0.001	0.000000000000001
4	0.0001	0.000000000000001
5	0.00001	0.000000000000001
6	0.000001	0.000000001
7	0.0000001	0.0000001
8	0.00000001	0.000001
9	0.000000001	0.00001
10	0.0000000001	0.0001
11	0.00000000001	0.001
12	0.000000000001	0.01
13	0.0000000000001	0.1
14	0.000000000000001	1.0

Fonte: traduzido de MCMILLAN; CAMERON (2005)

O valor de pH de substâncias varia conforme a temperatura, pois seu equilíbrio químico também é influenciado por ela, logo a avaliação do pH na temperatura de aplicação da amostra é imprescindível (THERMO SCIENTIFIC, 2014). A Tabela 4 apresenta diferentes valores de pH com oscilações devido as diferentes temperaturas.

Tabela 4 - Variação do pH com variação da temperatura

Valor do pH a 25°C	0°C	5°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
1,68	1,67	1,67	1,67	1,68	1,68	1,69	1,71	1,72	1,74	1,77	1,79
4,01	4,00	4,00	4,00	4,00	4,02	4,03	4,06	4,09	4,12	4,16	7,21
6,86	6,98	6,95	6,92	6,87	6,85	6,84	6,83	6,84	6,85	6,86	6,88
7,00	7,11	7,08	7,06	7,01	6,98	6,97	6,96	6,97	7,00	7,03	7,08
9,18	9,46	9,40	9,33	9,23	9,14	9,07	9,01	8,96	8,92	8,89	8,85
10,01	10,32	10,25	10,18	10,06	9,97	9,89	9,83	9,79	9,78	9,78	9,80
12,46	13,47	13,24	13,03	12,64	12,29	11,99	11,73	11,50	11,30	11,13	10,98

Fonte: Traduzido de THERMO SCIENTIFIC (2014)

2.3.1 Métodos de medição

2.3.1.1 Corantes indicadores

Corantes indicadores são ácidos ou bases fracos que interagem com a substância modificando sua estrutura molecular, a qual passa a absorver luz com comprimento específico de onda ou fluorescência. Devido a esta interação com a luz, as moléculas do corante passam a apresentar colorações diferentes, variando conforme as proporções de ácido ou base, ou seja, o pH.

A sensibilidade da medição é maior quando o corante e a solução medida apresentam acidez ou basicidade aproximada entre si, dessa forma, é aconselhável a utilização de corantes específicos para ranges diferentes de pH. Como a forma de análise se dá através do olho humano, a exatidão da medida é em torno de uma unidade de pH (NORMAN F. SHEPPARD; GUISEPPI-ELIE, 2003).

2.3.1.2 Papel indicador

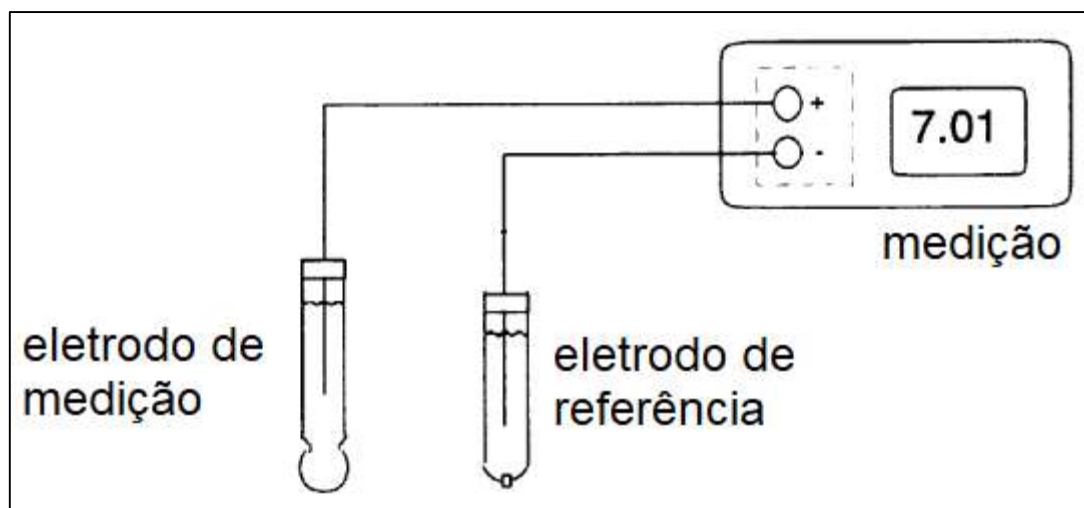
Composto por uma tira de papel impregnada com corante indicador de absorção, o papel altera sua cor conforme o pH da substância que entrou em contato, sendo necessário comparação visual com uma tabela fornecida pelo fabricante para determinar o pH (ALMEIDA, 2005). Mesmo fornecendo apenas uma aproximação do valor de pH, este é o método mais utilizado para avaliações por apresentar bom custo-benefício (MORRIS; LANGARI, 2016). Sua exatidão é de aproximadamente $\pm 0,5$ pH, dependendo da escala fornecida (NORMAN F. SHEPPARD; GUISEPPI-ELIE, 2003).

2.3.1.3 Eletrodo de vidro

Eletrodos de vidro são constituídos na verdade de dois eletrodos, e destes são avaliados a diferença de potencial entre eles (KINGSTA; SAUMI; SARANYA, 2019). O nome eletrodo de vidro é também conhecido como eletrodo de membrana de vidro ou sonda de eletrodo de membrana de vidro, o qual é dado devido a existência de uma membrana de vidro entre os eletrodos. Sendo um deles o eletrodo de referência e o outro o eletrodo de medição. O eletrodo de referência fica imerso em uma solução tampão que serve de referência para o pH medido pelo outro eletrodo, apresentando

a variação no potencial elétrico com a alteração do pH da amostra (MORRIS; LANGARI, 2016). A Figura 7 ilustra o esquema de funcionamento dos eletrodos.

Figura 7 - Esquema de funcionamento do eletrodo de vidro



Fonte: Adaptado de BLAKE et al (2003)

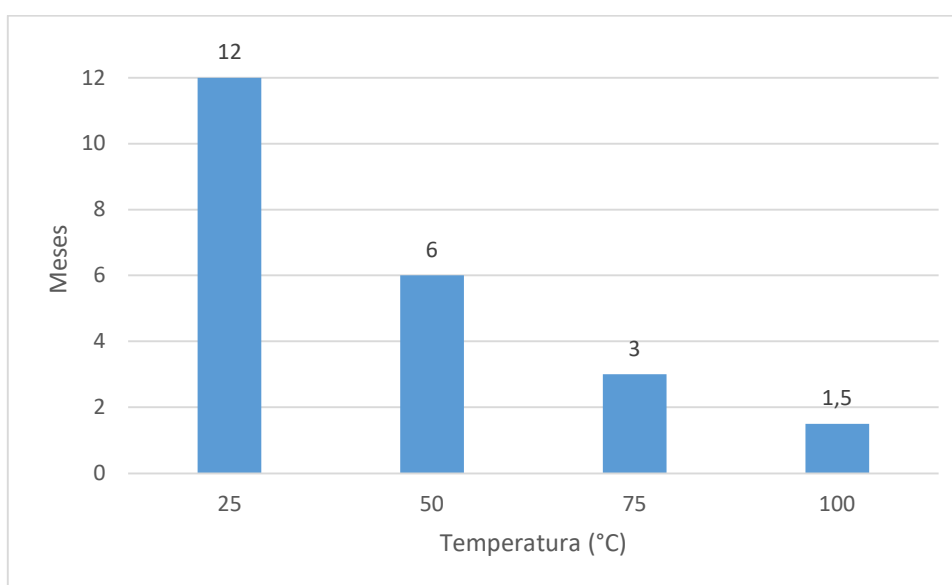
Ambos eletrodos são comumente combinados e formam um único equipamento. Alguns destes são microprocessados para simplificar a medição do pH, possibilitar melhores calibrações e permitir a compensação de temperatura (NORMAN F. SHEPPARD; GUISEPPI-ELIE, 2003).

Conforme vão sendo utilizados podem ocorrer reduções na sua precisão devido a substâncias aderidas à membrana de vidro, as quais são provenientes da solução que está sendo medida. A periodicidade e a correta limpeza da superfície são necessárias para a manutenção e para evitar danos à membrana de vidro, sendo que, o método de limpeza é relacionado com a natureza da solução impregnada. Em alguns casos uma escovação macia ou uma limpeza delicada são adequados, mas em outros, se faz necessária a pulverização com solventes químicos (MORRIS; LANGARI, 2016).

A exatidão e a reprodutibilidade da medição de pH com eletrodos de vidro dependem de uma fina camada de gel hidratado na superfície do vidro. O gel se desidrata rapidamente em soluções com baixa concentração de água, solventes não aquosos ou em altas concentrações ácidas, necessitando ser reidratado periodicamente ensopando a membrana de vidro em uma solução aquosa. Ácidos com valores abaixo de 2 pH e bases com valores superiores a 10 pH atacam a

superfície do vidro reduzindo a eficiência e a vida útil do equipamento. Já soluções em altas temperaturas reduzem a duração do eletrodo, o Gráfico 1 mostra uma estimativa de duração em meses para diferentes temperaturas de operação. No geral as membranas de vidro não fornecem valores confiáveis em trabalhos acima de 65°C e 10 pH (MCMILLAN; CAMERON, 2004).

Gráfico 1 - Efeito da temperatura na vida do eletrodo



Fonte: Traduzido de MCMILLAN; CAMERON (2005)

2.3.1.4 Eletrodos de estado sólido

Seu funcionamento é similar ao eletrodo de membrana de vidro, pois apresentam uma variação no potencial elétrico conforme é alterado o pH da substância avaliada. Porém, são confeccionados por transistores íon-seletivo de efeito de campo que permitem a circulação de correntes elétricas e leitura do potencial. O seu tamanho é menor que os eletrodos de vidro e são mais robustos, mas devido sua forma construtiva, não podem ser apenas selecionados como substitutos a outros medidores, além de apresentarem precisão inferior ao eletrodo de vidro (MORRIS; LANGARI, 2016).

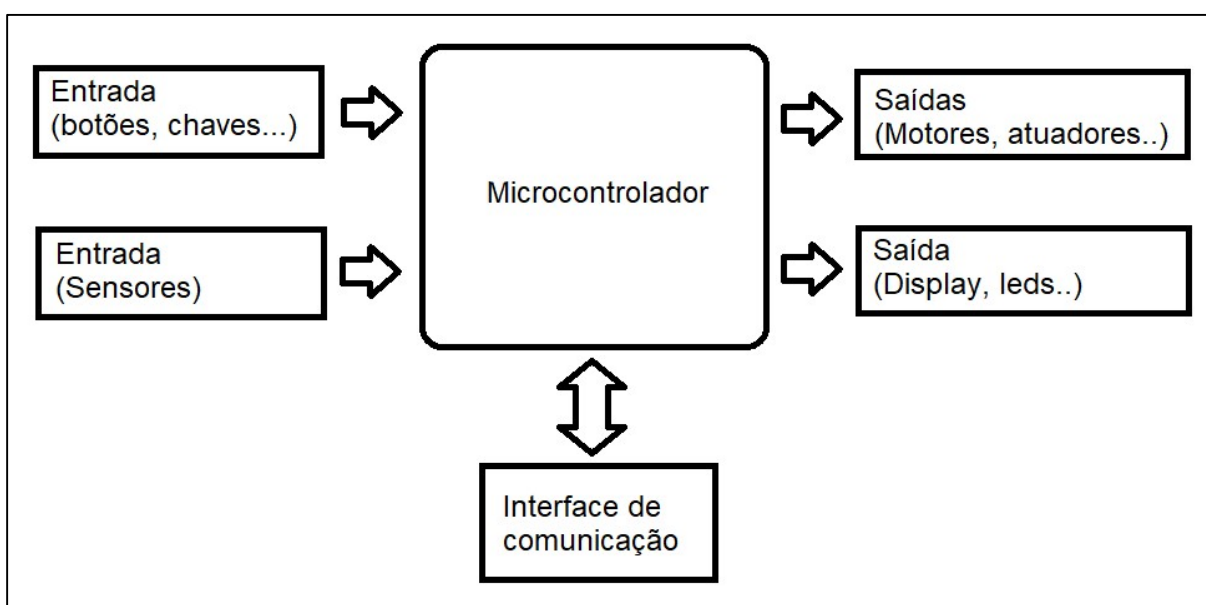
2.3.1.5 Sonda de fibra ótica

Sondas de fibra ótica são formadas por um corante indicador fixado na extremidade de uma guia de luz. O corante altera sua cor conforme o pH da substância e a fibra ótica transmite a luz entre a extremidade e o equipamento de leitura. Tal instrumento é, atualmente, a tecnologia mais sofisticada para medição de pH com um tamanho pequeno e sem necessidade de conexões elétricas (NORMAN F. SHEPPARD; GUISEPPI-ELIE, 2003). Infelizmente, a manutenção é complicada e o equipamento tem custo elevado (LIPTÁK, 2003), além de apresentar um pequeno range de medição de aproximadamente 2 pH (MORRIS; LANGARI, 2016).

2.4 SISTEMAS EMBARCADOS

Sistemas embarcados ganham cada vez mais espaço no dia a dia, estando presentes em televisões, carros, geladeiras, fornos, máquina de lavar e diversos outros equipamentos que utilizamos. São compostos por um computador de tamanho pequeno acoplado a um sistema de maior porte que executa determinadas tarefas, sejam elas elétricas ou mecânicas (XIAO, 2018). Na Figura 8, é apresentado um diagrama de um sistema embarcado, demonstrando a interação do microcontrolador com suas entradas, saídas e demais interfaces de comunicação.

Figura 8 - Diagrama de um sistema embarcado



Fonte: Adaptado de (XIAO, 2018)

Alguns sistemas embarcados foram desenvolvidos para fins estudantis, com objetivo de facilitar o acesso e a utilização em projetos acadêmicos de estudantes das mais diversas áreas. Exemplos de alguns sistemas são o Arduino e o Raspberry Pi.

2.4.1 Arduino

O Arduino foi desenvolvido para ser uma plataforma de prototipagem rápida para estudantes sem conhecimento de programação e eletrônica, de código aberto e elaborado pelo *Ivrea Interaction Design Instituto* (Instituto de Design de Interação Ivrea). O equipamento permite a interação entre diversas entradas e saídas através de instruções descarregadas em seu microcontrolador (ARDUINO, 2020a).

Disponível em diversas versões diferentes como Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Micro, Arduino Mega e entre outras, a versão Uno, apresentado na Figura 9, é a mais utilizada por sua versatilidade e quantidade de entradas e saídas. Oferecendo um microcontrolador ATmega328P, com 14 pinos de sinal digital que podem ser entradas ou saídas, onde 6 destes podem ser utilizados como saídas PWM. A placa também apresenta 6 entradas analógicas, conexão USB - *Universal Serial Bus* (Barramento Serial Universal) e um conector de energia, além de diversas outras funcionalidades, conforme Tabela 5 (ARDUINO, 2020b).

Figura 9 - Placa Arduino UNO



Fonte: Arduino (2020b)

Tabela 5 - Propriedades do Arduino UNO

Propriedades Arduino	
Portas digitais	14
Portas PWM	6
Portas Analógicas	6
Tensão de operação	5 V
Tensão de entrada	7 – 12 V
Memória	32 kB
Clock	16 MHz
Comprimento	68,6 mm
Largura	53,4 mm
Massa	25 g

Fonte: Adaptado de Arduino (2020b)

2.4.2 Raspberry

Raspberry é um computador de baixo custo, onde todo *hardware* para seu funcionamento é instalado em uma única placa. Com o tamanho aproximado de um cartão de crédito, foi desenvolvido pela Fundação Raspberry Pi com o propósito de ser uma alternativa barata para qualquer um estudar e desenvolver projetos na área da computação e, também, pode ser utilizado como um computador convencional.

Pode ser encontrado comercialmente em diversas versões e a mais atual é a versão Raspberry Pi 4, apresentada na Figura 10. Esta é equipada com processador Broadcom BCM2711 de quatro núcleos de 1,5 GHz de frequência de *clock*, com opção de 1GB, 2GB e 4GB de memória RAM – *Random Access Memory* (Memória de acesso aleatório) modelo DDR – *Double-Data-Rate* (Taxa dupla de transferência) versão 4, conectividade wireless (sem fio) com frequências de 2,4 GHz ou 5,0 GHz e por cabo Gigabite Ethernet.

Figura 10 - Computador Raspberry Pi 4



Fonte: Raspberry Pi (2020)

Para conexão com periféricos a placa conta com quatro portas USB, sendo duas de versão 2.0 e duas de versão 3.0, duas micro-HDMI - *High-Definition Multimedia Interface* (Interface Multimídia de Alta Definição) e leitor de cartão de memória micro-SD – *Secure Digital*, utilizado para gravação do sistema operacional e armazenagem de arquivos (RASPBERRY PI, 2020b).

2.5 PROCESSAMENTO DE IMAGEM

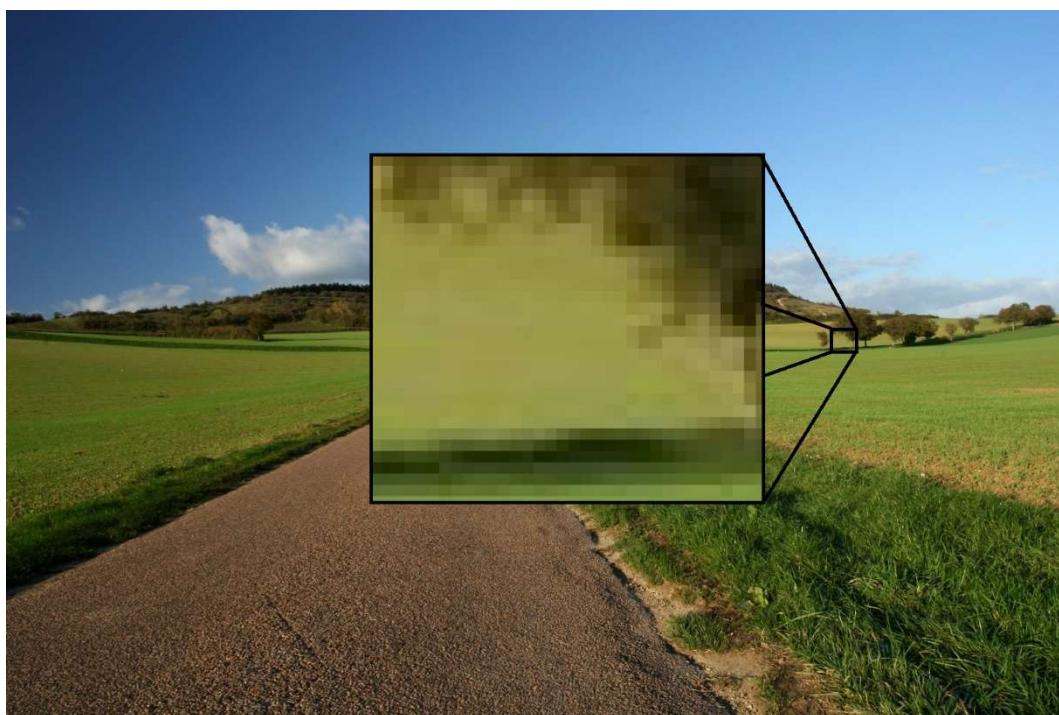
O processamento de imagem tem se tornado um grande campo na análise computacional. Com o aumento da capacidade de processamento e memória dos computadores, cresce cada vez mais o desenvolvimento de sistemas para análise e processamento de imagens (KINSER, 2019).

Imagens são como uma representação visual e virtual de pessoas, objetos e entre outras coisas, em um plano bidimensional. Compostas por diversos *pixels* (menor unidade colorida de uma imagem) podem ser reproduzidas em infinitas resoluções e formatos distintos (SINGH, 2019).

2.5.1 Pixel

Pixel é o menor bloco que compõem uma imagem, não apresentando subdivisão. Cada *pixel* carrega uma cor associada a ele, permitindo que um conjunto de *pixels* formem uma imagem (ROSEBROCK, 2017). A Figura 11 mostra uma imagem e sua ampliação, até a possibilidade de visualização dos *pixels*.

Figura 11 - Imagem ampliada demonstrando pixels

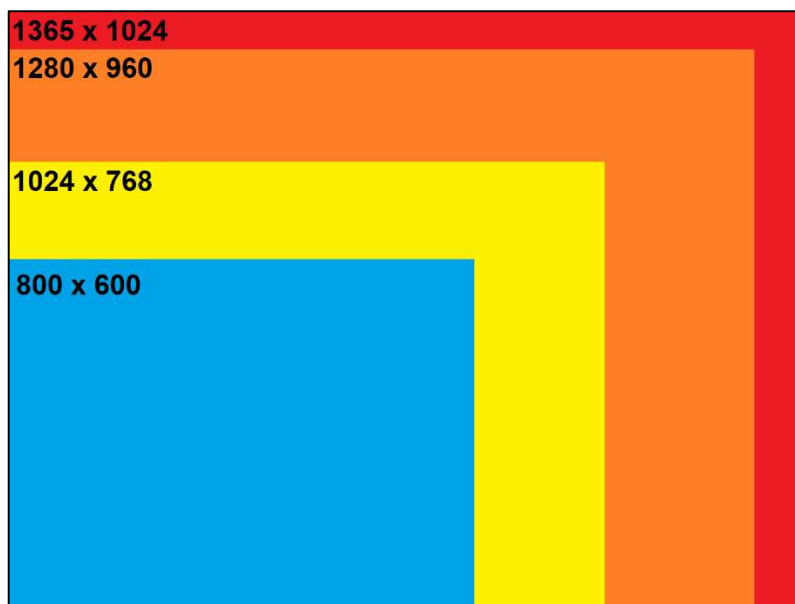


Fonte: Adaptado de Freeimages (2020)

2.5.2 Resolução

A resolução de uma imagem é a quantidade de *pixels* na imagem. Quanto mais *pixels*, maior será a imagem, sua resolução e a qualidade. Como exemplo, imagens que apresentam resolução de 1280 x 720 têm 1280 *pixels* em uma linha horizontal e 720 *pixels* em uma linha vertical (SINGH, 2019). A Figura 12 apresenta a proporção de tamanho entre imagens de resolução 800 x 600, 1024 x 768, 1280 x 960 e 1365 x 1024.

Figura 12 - Relação de tamanho entre diferentes resoluções de imagens



Fonte: Elaborado pelo autor

2.5.3 Modelos de cores

Afim de padronizar e facilitar a especificação das cores, foram criados os modelos de cores. De modo geral, um sistema de cor é constituído de um sistema de coordenada e ou espaço dentro deste sistema, onde cada ponto desse espaço representa uma única cor.

Cada sistema de cor foi desenvolvido conforme sua aplicação, sendo que, os mais utilizados são o RGB – *Red, Green and Blue* (vermelho, verde e azul) e HSI – *Hue, Saturation and Intensity* (tom, saturação e intensidade) ou HSV - *Hue, Saturation and Value* (tom, saturação e valor). O modelo RGB é utilizado em aplicações com interações de hardware, como monitores e televisões, já o HSI, foi desenvolvido para ser mais próximo da interpretação humana de cores. O nosso sistema ocular é capaz de identificar os tons, o brilho e a intensidade da cor, assim como representado no modelo HSI (GONZALEZ; WOODS, 2018; KINSER, 2019).

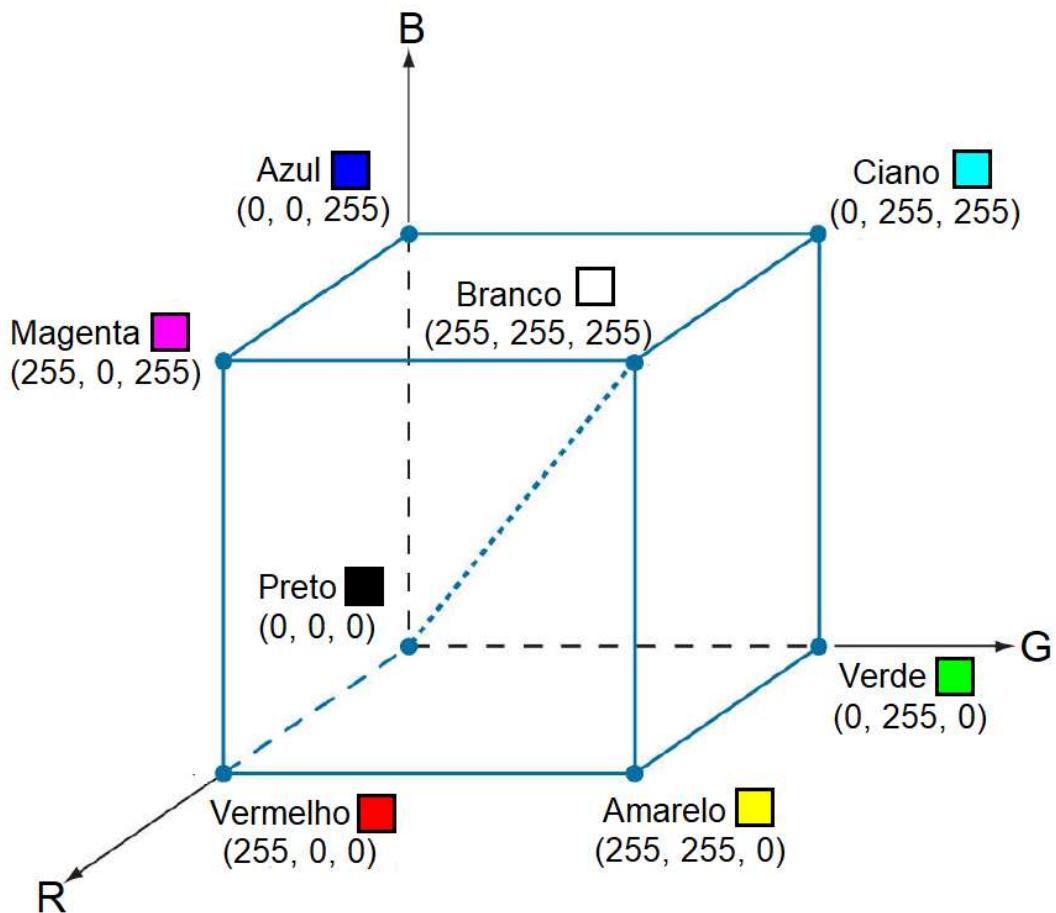
2.5.3.1 RGB

No modelo RGB as cores são formadas através da combinação das três cores primárias (vermelho, verde e azul). Para cada canal, é possível alterar a intensidade

da cor aplicando uma variação de 0 a 255 unidades e, conforme a intensidade e a variabilidade de cada canal é viável formar 16.777.216 cores (SINGH, 2019).

As cores branco, preto e variações de cinza são formadas com valores iguais para os três canais, sendo que, valores nulos para todos formam o branco, valores iguais a 255 para os três formam o preto e variações simultâneas formam os tons de cinza. É possível visualizar o modelo em um sistema cartesiano, com cada cor sendo representada por um eixo do espaço, conforme Figura 13. Os tons de cinza são representados na diagonal do quadrado formado.

Figura 13 - Sistema de coordenada cartesiano para modelo de cor RGB



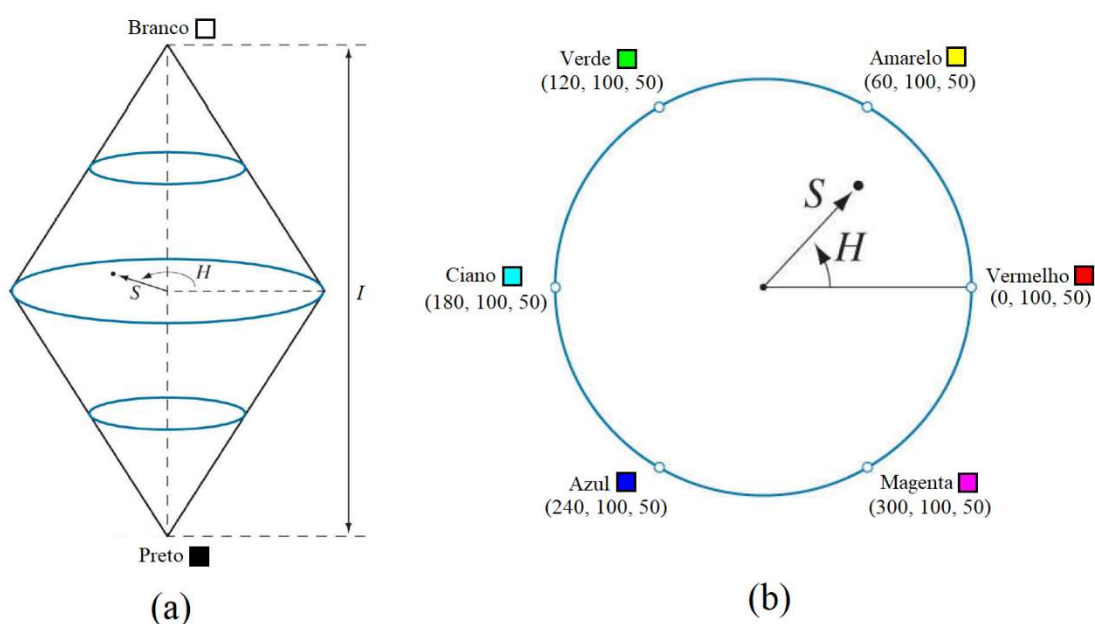
Fonte: Adaptado de Gonzalez e Woods (2018)

2.5.3.2 HSV

Assim como no modelo RGB, no HSI temos três eixos de um sistema de coordenada, porém eles não são relacionados a cores específicas. No eixo H - *Hue* (tom) é indicada a cor aplicada em um range de 0 a 360, com 0 e 360 representando

a cor vermelha. O eixo S – *Saturation* (saturação) representa a pureza da cor com range de 0 a 1 ou 0 a 100, onde 1 e 100 são o máximo de pureza da cor especificada no eixo H . Já o eixo I – *Intensiti* (Intensidade) corresponde ao brilho, apresentando variação de 0 a 1 ou 0 a 100 (KOSCHAN; ABIDI, 2008). Podemos representar o modelo HSI por um sistema de planos circulares, conforme demonstrado na Figura 14 (a), com cores primárias e secundárias distribuídas nas extremidades do círculo (b).

Figura 14 - Representação geométrica do modelo de cores HSI



Fonte: Adaptado de Gonzalez e Woods (2018)

2.5.4 Formatos de arquivos

São diversos os formatos de arquivos utilizados para imagens digitais, pois é necessário que possamos reconhecer o conteúdo da imagem, transmiti-la, guardá-la e, eventualmente, comprimi-la. Conforme o surgimento das necessidades, foram criados outros formatos de imagens, com objetivo de aprimorar sua qualidade ou adaptar a algum sistema específico (SOLOMON; BRECKON, 2011).

Matematicamente, imagens são um conjunto de números distribuídos em uma matriz bidimensional ou tridimensional onde, para cada pixel, pode haver um conjunto de números (matriz tridimensional) ou apenas um caractere binário (matriz bidimensional). Para unificar este conjunto de números, a imagem é compactada e o nome deste método de compactação leva ao formato da imagem (GONZALEZ;

WOODS, 2018). A Tabela 6 apresenta os formatos de imagens mais comumente encontrados, seus nomes e suas principais aplicações.

Tabela 6 - Formatos de arquivos para imagens digitais e suas principais aplicações

Formato (Acrônimo)	Nome	Aplicação
GIF	Graphic interchange format	Jogos digitais e animações
PNG	Portable network graphics	Transferência de imagens pela internet e logotipos. Concebida para substituir o formato GIF
JPEG	Joint Photographic Experts Group	Fotografia e pinturas, mais popular atualmente
BMP	Bit map picture	Dentro do Microsoft Windows
WebP	WebP	Desenvolvido pela Google e utilizado em adesivos para aplicativos de mensagens
TIF/TIFF	Tagged image (file) format	Utilizado para armazenamento, permitindo compressão e descompressão sem perdas

Fonte: Adaptado de Gonzalez e Woods (2018), Singh (2019), Solomon e Breckon (2011)

Alguns formatos de compactação apresentam certas características, como o GIF, mais básico deles, que suporta de 1 a 8 bits. Como exemplo, uma imagem de 8 bits aceita apenas 256 cores por *pixel*. Outros formatos como JPEG e BMP permitem trabalhar com diversos modelos de cores, pois suportam formatos de 24 e até 32 bits.

Os formatos em 24 bits são comuns com utilização do sistema RGB, pois cada *pixel* contém 8 bits para cada cor de vermelho, azul e verde, permitindo a combinação de 256 tons de cada cor e, combinando-os, chegando a 16.777.216 tons diferentes. O formato PNG, atualmente, consegue atingir até 48 bits, tornando-se o formato mais procurado para criação de logomarcas. Dentre os formatos, o TIFF é o que apresenta maior qualidade, pois permite a compressão e descompressão sem perdas, trabalhando com a profundidade de cor a qual for comprimido (SOLOMON; BRECKON, 2011)

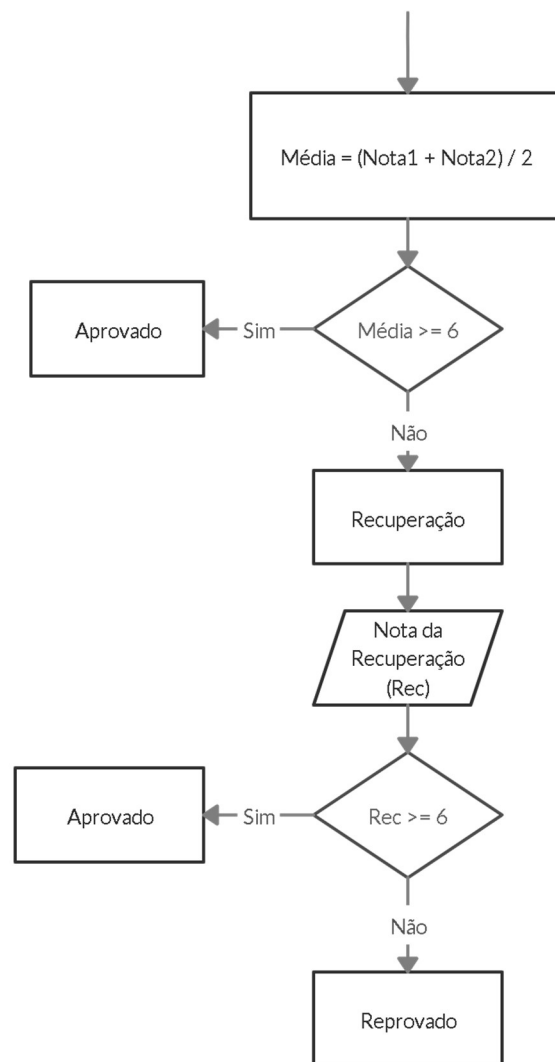
2.5.5 Algoritmos

Algoritmos são um conjunto de instruções determinadas para executar alguma tarefa, como trocar o pneu de um carro ou fazer uma receita de bolo. Porém, dentro de microcontroladores os algoritmos são utilizados para especificar sequências de

instruções que irão executar algum processo, de modo finito e não ambíguas (MARTINS, 2012).

Como apresentado na Figura 15, a solução de um problema para calcular a média escolar de alunos pode ser feita de forma visual, representando um algoritmo em diagrama de blocos. Desta forma, é possível demonstrar a sistemática da resolução do problema com cálculos matemáticos, expressões aritméticas e análises condicionais.

Figura 15 - Exemplo de fluxograma para cálculo da média escolar



Fonte: Adaptado de Manzano e Oliveira (2005)

Os algoritmos são frequentemente utilizados em *softwares* (programas de computador), através de linguagens de programação, visando ordenar as ações que o programa deve fazer para executar sua função proposta. Nestas linguagens, são utilizadas estruturas de decisão, seleção e repetição, sendo possível elaborar

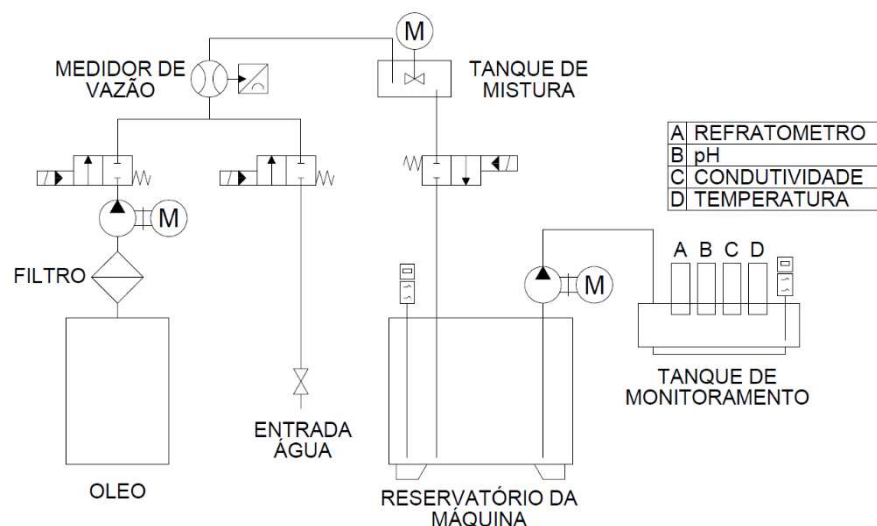
qualquer programa de computador combinando estas três estruturas (DAURICIO, 2015).

2.6 TRABALHOS RELACIONADOS

Atualmente o monitoramento de fluídos de usinagem é abordado apenas quando se trabalha em sistemas fechados e recirculantes. Onde o custo para implantação do monitoramento é compensado pela grande quantidade de fluído que circula no sistema.

Um grupo de alunos de uma universidade da Eslováquia, a STU - Slovak University of Technology in Bratislava, elaboraram em 2016 um projeto para implantação de um sistema de monitoramento em tempo real e regulação de fluídos de usinagem, aplicado a um centro de usinagem CNC de 5 eixos. O trabalho apresentou o projeto para implementação do sistema, com descrição de válvulas, sensores industriais, tubulações e reservatórios adicionais, conforme Figura 16.

Figura 16 - Esquema de projeto

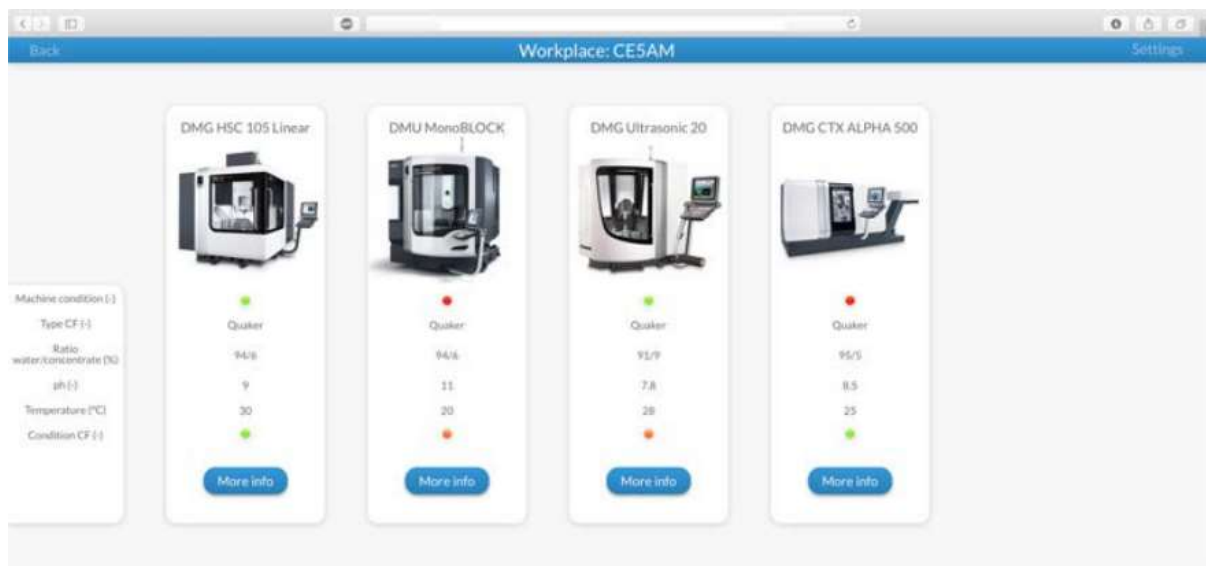


Fonte: Gerulová et al. (2016)

Em 2018, outro grupo de alunos da mesma universidade STU, desenvolveram um estudo para otimizar o sistema de monitoramento de fluídos de usinagem existente. A proposta foi descrever o sistema já instalado e seus sensores, estudar alternativas comerciais de monitoramento e, posteriormente, desenvolver um novo painel de informações, mostrando as máquinas instaladas que estavam sendo

monitoradas. A Figura 17 apresenta a página inicial do modelo de painel desenvolvido para o projeto.

Figura 17 - Página inicial do sistema de monitoramento.

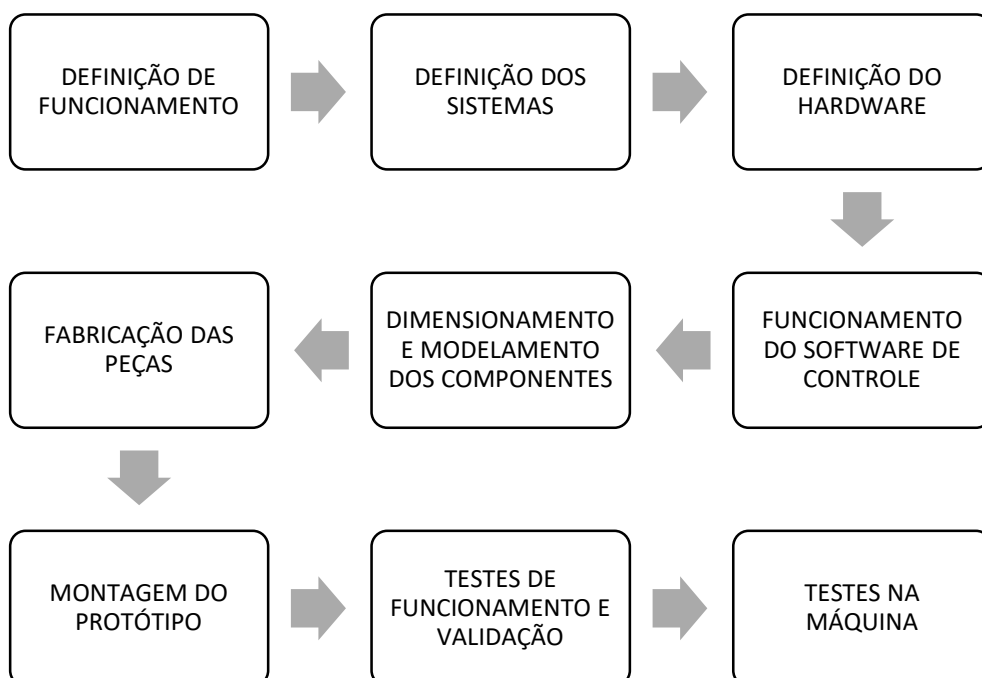


Fonte: Jurina e Peterka (2018)

3 METODOLOGIA

Este projeto consiste no desenvolvimento de um equipamento para monitorar fluídos de usinagem, o qual é capaz de quantificar as principais características dos fluídos e alertar o usuário quando estes estiverem fora dos padrões necessários para operação. As características monitoradas serão as que apresentam maior influência, sendo elas o grau Brix, o pH e o nível do reservatório. Para a execução do projeto, a metodologia seguiu conforme o fluxo da Figura 18.

Figura 18 - Fluxo da metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 DEFINIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

O equipamento funciona acoplado ao reservatório de fluído de uma máquina de usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado). Uma bomba manda o fluído do reservatório até um pequeno tanque dentro do equipamento, onde ele fica em contato com a superfície do refratômetro permitindo a leitura do grau Brix de refração. Esta leitura é feita por uma câmera digital, instalada e controlada por um computador que processa a imagem. O computador também é responsável por um painel de LCD - *Liquid Crystal Display* (Tela de Cristal Líquido) sensível ao toque, o

qual apresenta os valores obtidos das leituras e permite os ajustes necessários para o funcionamento.

Dentro do tanque, o fluido também está em contato com um sensor que efetua a leitura do pH, sendo que, o retorno do fluido para a máquina acontece pela própria vazão da bomba. A medição de nível é feita diretamente no reservatório da máquina, juntamente com a bomba e a mangueira de retorno do fluido.

O operador pode configurar a frequência a qual o equipamento executa as medições, possibilitando o ajuste conforme sua necessidade. Sempre que um ou mais dos valores da análise estiver fora dos limites ajustados o equipamento emite um sinal sonoro para alertar o usuário.

3.2 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS

Para melhor planejamento e execução, todo o equipamento foi dividido em sistemas. Estes sistemas foram separados conforme as características e funções específicas no projeto da seguinte forma:

- *Bomba de sucção*: envia o fluido de usinagem do reservatório da máquina até o equipamento;
- *Sensor de nível*: monitora o nível de fluido no reservatório da máquina;
- *Tanque de fluido*: mantém o sensor de pH e o refratômetro em contato com o fluido de usinagem;
- *Câmera*: captura a imagem da escala ótica do refratômetro;
- *Painel de controle*: interage com o usuário para ajuste de configurações e informa os valores lidos;
- *Central eletrônica*: separa os componentes eletrônicos da área do tanque;
- *Enclausuramento*: sistema mecânico responsável por enclausurar as partes do equipamento em um único invólucro e impedir ações externas.
- *Software de controle*: controle de todos os componentes;

3.3 DEFINIÇÃO DO HARDWARE

O controle geral do equipamento foi feito por uma plataforma de prototipação Raspberry Pi 4 modelo B, o qual executa o controle de uma câmera de 5 megapixels, modelo V1.3, desenvolvida exclusivamente para o Raspberry e com conexão via cabo

flat. A interface com o usuário foi desenvolvida em uma tela de LCD, modelo MHS 3.5inch, com resolução de 320 x 480 *pixels* e sistema resistivo para sensibilidade ao toque. Conexões do tipo GPIO - *General Purpose Input/Output* (Entrada/saída de Uso Geral) são utilizadas para a conexão da tela com a plataforma Raspberry.

Com o objetivo de coletar os dados analógicos, um microcontrolador Arduino, modelo UNO, foi instalado no equipamento. Sua comunicação com o computador foi feita via porta serial USB, a fim de manter livre as suas conexões digitais e analógicas para os demais equipamentos.

O monitoramento do pH do fluído foi feito com uma sonda de pH conectada a um módulo de sensor de pH, desenvolvido especialmente para o Arduino. O módulo utilizado foi o modelo PH4502C, o qual opera com tensão de 3,3 V conectado nas portas do microcontrolador. O range de medida do módulo é de 0 a 14 pH, com tensão de saída de 0 a 5 V. O módulo e a sonda de pH são apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Sonda de pH e módulo sensor de pH



Fonte: Adaptado de Saravati (2021)

A bomba instalada para enviar o fluído até o equipamento foi o modelo JT-500, com vazão de até 600 litros por hora e altura de operação máxima de 5 metros. Seu controle foi feito através do microcontrolador com intermédio de um drive para motor, do tipo ponte H e modelo L298N. Este drive permite ao Arduino controlar a bomba sem sobrecarregar o sistema.

Um sensor ultrassônico de modelo HC – SR04 foi instalado para o monitoramento do nível do fluído. Instalado diretamente no microcontrolador, o sensor

opera com tensão de 5 V e permite medir distâncias entre 2 a 400 cm. Seu princípio de funcionamento é através de um emissor e um receptor sonoro, onde o emissor emite um sinal ultrassônico na direção de um obstáculo que rebate o sinal de volta ao receptor. Para conhecer a distância percorrida pelo sinal, conta-se o tempo entre a emissão e a recepção multiplicando-o pela velocidade do som no ar. Na Figura 20 é demonstrado o módulo de sensor ultrassônico utilizado no protótipo.

Figura 20 - Sensor ultrassônico

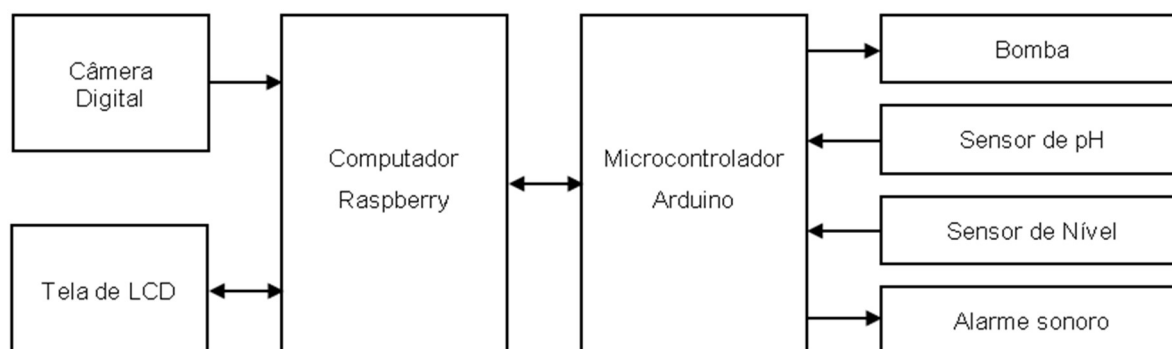


Fonte: Flípeflop (2021)

Sempre que a análise do fluido finalizar com valores fora dos estabelecidos, um sinal sonoro é disparado através de um *buzzer* (campainha). Para este, foi instalado o modelo YL-44, também desenvolvido em um módulo especial para o microcontrolador.

O fornecimento de energia elétrica para todos os sistemas do protótipo é realizado através de uma fonte chaveada. O modelo selecionado foi o BSW-60W-12V da marca CTB com tensão de alimentação de 12 V e capacidade de fornecimento de corrente elétrica de 5 A. Na Figura 21 estão ilustrados os componentes eletroeletrônicos, demonstrando suas conexões e interações.

Figura 21 - Esquema de interações entre componentes



Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE DE CONTROLE

O *software* responsável pelo controle do equipamento atua de quatro formas, sendo as três primeiras no computador Raspberry e a última no microcontrolador Arduino. Na primeira etapa o programa constrói as telas da interface, na segunda etapa o sistema aguarda até o operador solicitar a primeira análise, iniciando a contagem de tempo até a próxima análise e gerenciando o processo de análise. A terceira e a quarta etapa são disparadas durante a análise, onde é feita a avaliação do grau Brix do refratômetro na terceira e as medições de pH e nível na quarta.

Foram utilizados dois tipos de linguagem de programação distintos, sendo a linguagem Python, na sua versão 3, para programar o computador e a linguagem C++ para programar o microcontrolador. Ambas são utilizadas de forma nativa nestes equipamentos, sendo necessário, apenas, importar pacotes para funções específicas. Os programas completos desenvolvidos para o Raspberry e para o Arduino estão disponíveis, respectivamente, no Apêndice A e Apêndice B.

3.4.1 Construção das telas

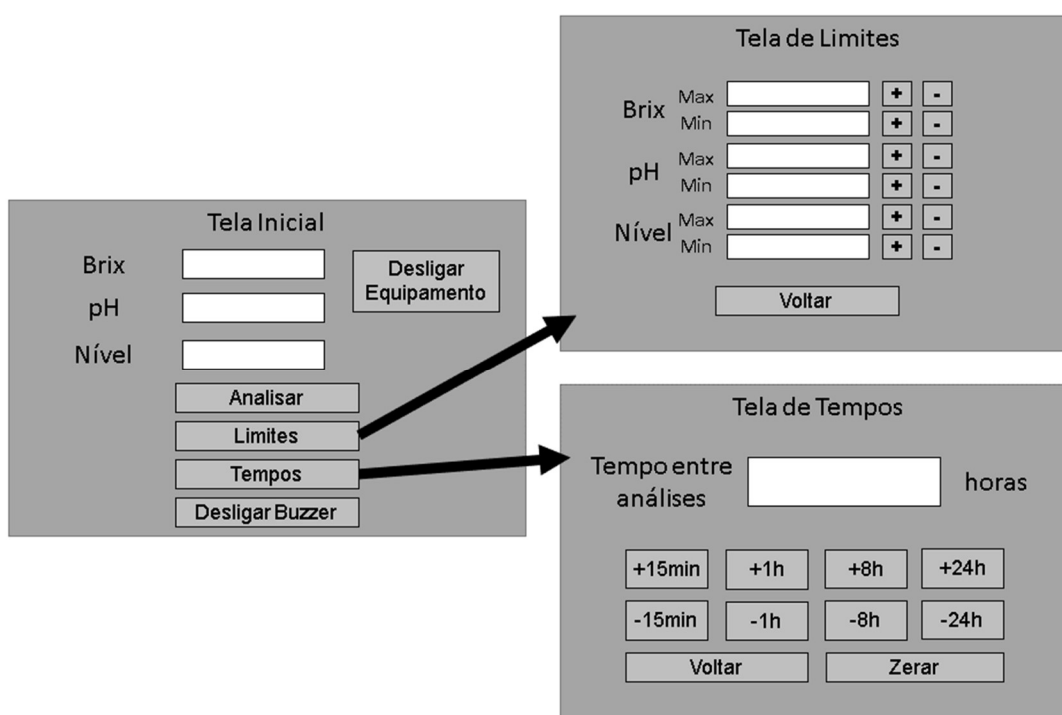
Neste primeiro estágio é executada a construção das telas da interface, onde cada tela foi elaborada seguindo a necessidade de interação dos usuários e separadas entre Tela Inicial, Tela de Configuração e Tela de Tempos. Na Tela Inicial o operador verifica os valores de Brix, pH e nível obtidos na última análise executada em uma caixa de texto, podendo iniciar uma nova análise a qualquer momento através do botão Analisar. Outros botões foram implementados, sendo um para abrir a tela de

configuração dos limites, um para a tela de tempos, um botão para desligar o sinal sonoro e um botão para desligar o equipamento.

Na tela de limites é possível configurar os limites superiores e inferiores de cada grandeza avaliada através de botões de acréscimo e decréscimo em cada limite. Para cada grandeza foram definidos incrementos diferentes, tendo o Brix incremento de 1,0 Brix, o pH incremento de 0,5 pH e o nível incremento de 5 mm. Outro botão foi adicionado para permitir voltar a tela inicial.

Na tela de tempos é definido o tempo entre as análises utilizando horas como unidade padrão. Foram implementados oito botões de acréscimo e decréscimo, sendo dois deles para elevar ou reduzir 0,25 horas, dois para 1 hora, dois para 8 horas e os últimos dois para 24 horas. Outros dois botões também foram adicionados, sendo um deles para zerar o tempo da tela e outro para voltar a tela inicial. Na Figura 22 são demonstrados esboços das telas do equipamento e suas interações.

Figura 22 - Telas da interface do usuário



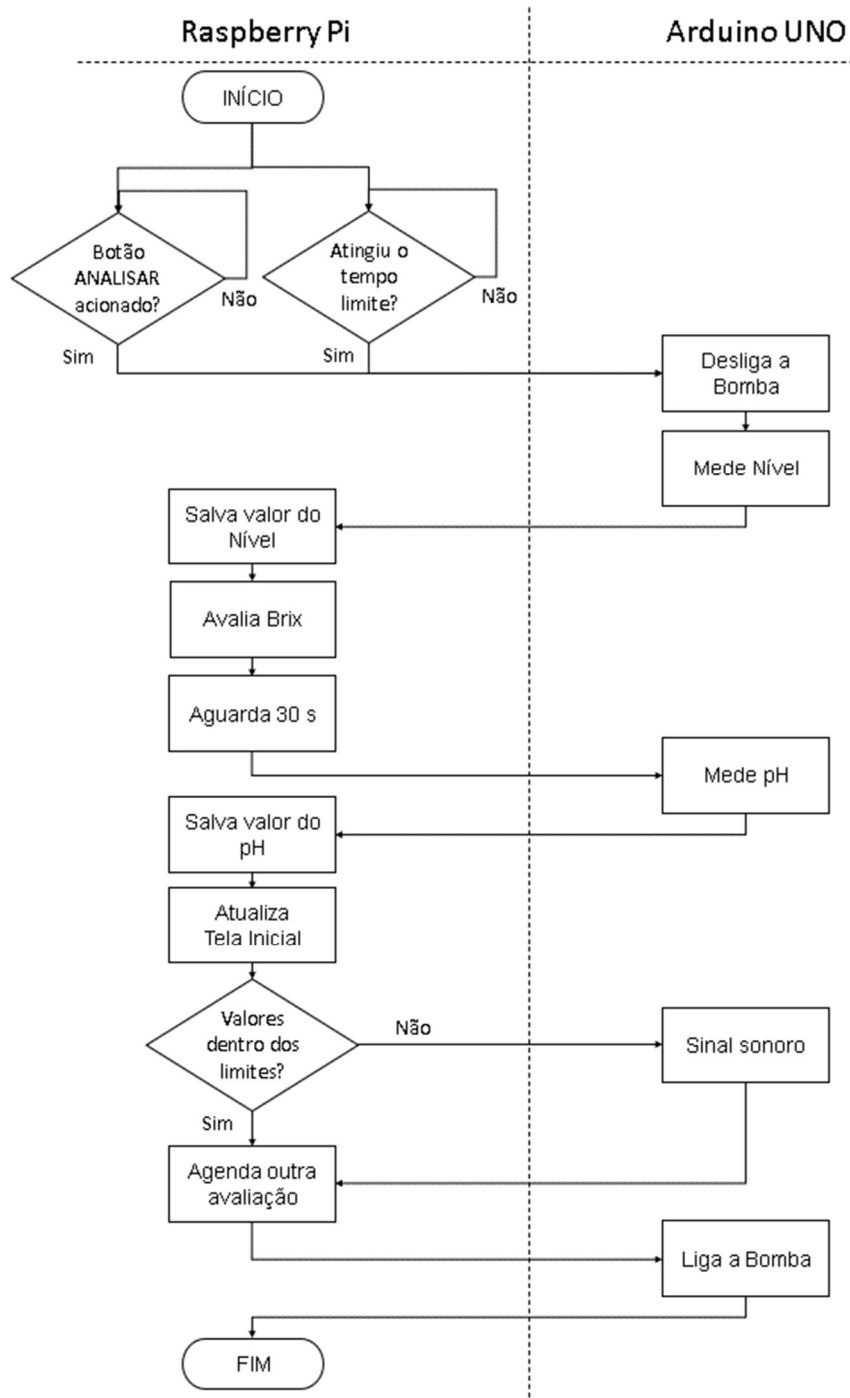
Fonte: Elaborado pelo autor

3.4.2 Processo de análise

O processo de análise é feito através de comunicação entre o computador e o microcontrolador. O computador inicia o processo emitindo um sinal para o microcontrolador desligar a bomba do fluido e executar a leitura do nível. Após esta etapa o microcontrolador envia ao computador o valor lido, o qual executa a avaliação do Brix e aguarda 30 s para enviar um sinal ao microcontrolador executar a leitura do pH. O tempo de espera é importante para que o fluido não apresente movimentos e estabilize o sensor de pH. Executada a leitura do pH, o microcontrolador retorna ao computador o valor do pH. Assim, o computador atualiza a tela inicial com os valores obtidos e a gravação destes em um arquivo de texto para manter o histórico das avaliações. Os três valores são comparados com os limites estabelecidos pelo usuário, emitindo um sinal sonoro caso algum deles esteja em divergência.

Executado todos os processos o computador agenda a próxima análise com o tempo ajustado pelo operador, assim como, emite um sinal para o microcontrolador ligar novamente a bomba e manter o fluido em circulação no equipamento. Todo o processo é apresentado na Figura 23 em forma de fluxograma.

Figura 23 - Fluxograma do processo de análise



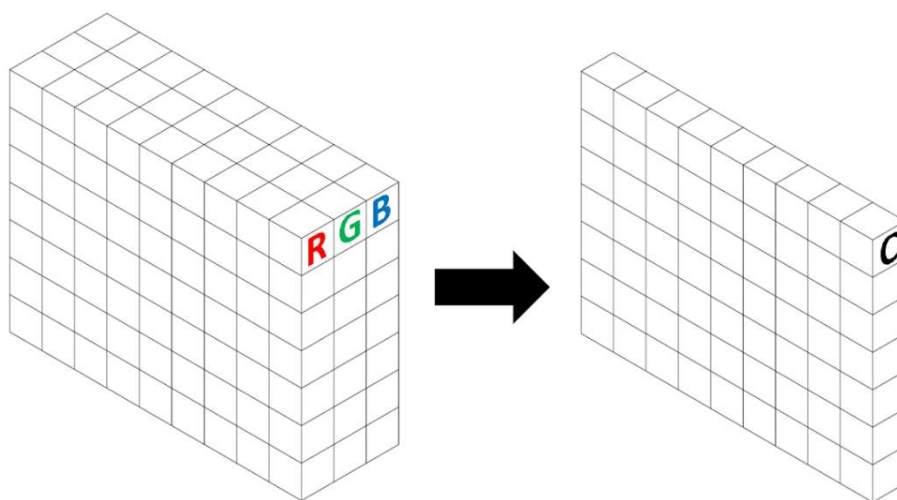
Fonte: Elaborado pelo autor

3.4.3 Avaliação do grau Brix

Para avaliar o grau Brix do fluido é necessário capturar uma imagem da lente do refratômetro, com resolução de 1024x768, e salvá-la na memória do equipamento. A imagem é avaliada através de uma varredura para contagem dos *pixels*, a fim de obter um parâmetro que sofra variação proporcional à variação do grau Brix. A contagem de *pixels* é feita através da biblioteca OpenCV – *Open Source Computer Vision* (Visão computacional de código aberto), juntamente da biblioteca NumPy. As funções da biblioteca OpenCV são responsáveis por separar a imagem em *pixels* e acessar seus três canais de cores RGB.

A biblioteca NumPy permite organizar as informações da imagem em uma matriz tridimensional, onde cada elemento da matriz principal corresponde a um *pixel* e estes, por sua vez, contêm uma nova matriz com os canais de cores RGB. A matriz principal foi elaborada com 786.432 elementos, conforme a resolução da imagem, e as matrizes individuais com três elementos, um para cada canal de cor. Após esta etapa, é aplicado um filtro na imagem, com o objetivo de transformar sua matriz tridimensional em uma matriz bidimensional. O filtro transforma os *pixels* coloridos em tons de cinza com graduação de 0 a 255, onde 0 representa o preto e 255 o branco. A Figura 24 demonstra uma parte da matriz tridimensional e após o filtro que a transforma em bidimensional.

Figura 24 - Filtro para conversão em escala de cinza

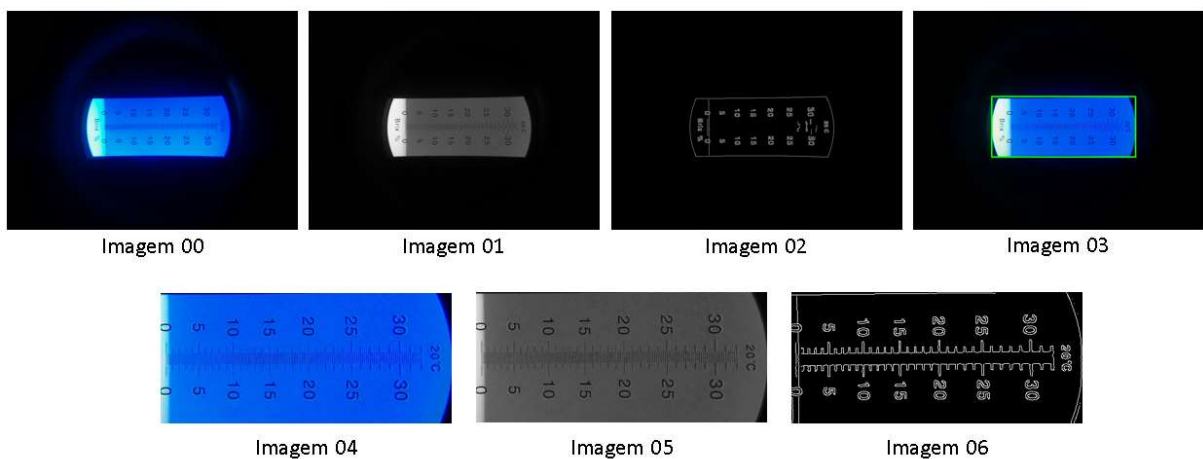


Fonte: Elaborado pelo autor

Com a matriz bidimensional é possível aplicar um algoritmo que avalia as mudanças drásticas de tonalidade que, desta forma, permite identificar contornos na imagem. Este processo foi aplicado para identificar o contorno do local de interesse, sendo possível cortar a imagem original com alguns *pixels* a menos do que o contorno, a fim de ignorar os contornos e as áreas escuras.

A imagem original cortada foi submetida novamente ao filtro em escala de cinza e a identificação dos contornos, possibilitando capturar a linha de interesse que demonstra a graduação em Brix. Nesta etapa, a maior parte da imagem apresenta pixels na cor preta (0) e os contornos pixels brancos (255). Na Figura 25 é demonstrado os processos desde a imagem inicial (Imagem 00) até chegar na imagem final (Imagem 06), com a identificação da linha de graduação.

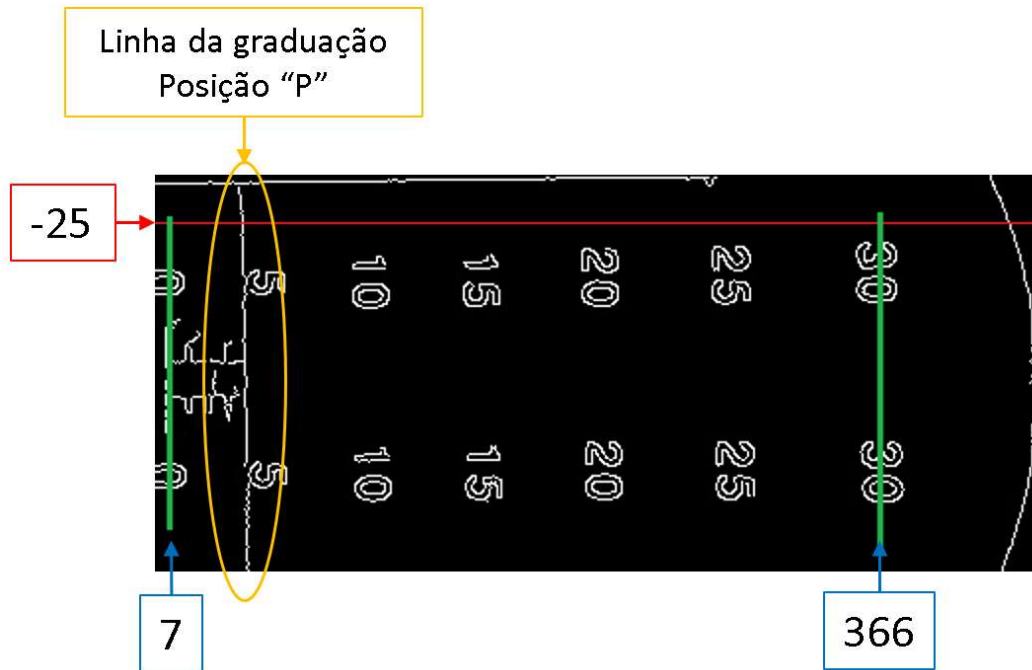
Figura 25 - Processo para obtenção da linha de graduação



Fonte: Elaborado pelo autor

Na imagem final foi executado uma varredura, a 25 pixels abaixo do topo da imagem, em busca do primeiro pixel branco da esquerda para a direita. Assim, pode-se identificar a distância do primeiro pixel branco até a borda esquerda da imagem em diversos pontos da graduação, conforme Figura 26. Esta apresenta em vermelho a linha onde é feita a varredura e as posições utilizadas para elaborar a equação.

Figura 26 - Imagem final demonstrando a busca do pixel branco



Fonte: Elaborado pelo autor

Sabendo os valores para a linha de graduação em cada ponto da imagem, é possível calcular o Brix através dos valores na posição 0 e na posição 30 através da Equação 2, onde P é o ponto de interesse.

$$Brix = 30 - \frac{30(366 - P)}{366 - 7} \quad (2)$$

3.4.4 Medição de nível e pH

Para verificação do nível do tanque foi instalado um sensor de distância que opera por ultrassom. Este, por sua vez, necessita de duas portas digitais do Arduino, sendo uma de saída e outra de entrada. A porta de saída é acionada juntamente de uma contagem de tempo, emitindo um sinal para o sensor lançar um pulso ultrassônico até a primeira barreira física encontrada. Colidindo nesta barreira, o pulso ultrassônico retorna e é captado pelo sensor, o qual emite um sinal na porta de entrada do Arduino. A contagem de tempo é zerada ao receber o sinal do sensor, onde o

tempo, em segundos, é multiplicado pela velocidade do som, em metros por segundo, e dividido por 100 para obter o valor final em centímetros.

Ao receber o sinal do Raspberry, o Arduino inicia a medição do pH através de um módulo e uma sonda de pH. O processo consiste em capturar 20 sinais na entrada analógica do Arduino, a cada 500 ms. Os 20 valores são ordenados do menor para o maior e descartados os 3 menores e os 3 maiores, restando apenas 14 valores onde é calculada a média aritmética para obter o valor final. Como as entradas analógicas do Arduino retornam valores entre 0 e 1023, o valor final é aplicado na Equação 3 para convertê-lo em pH, onde MV é a média dos 14 valores.

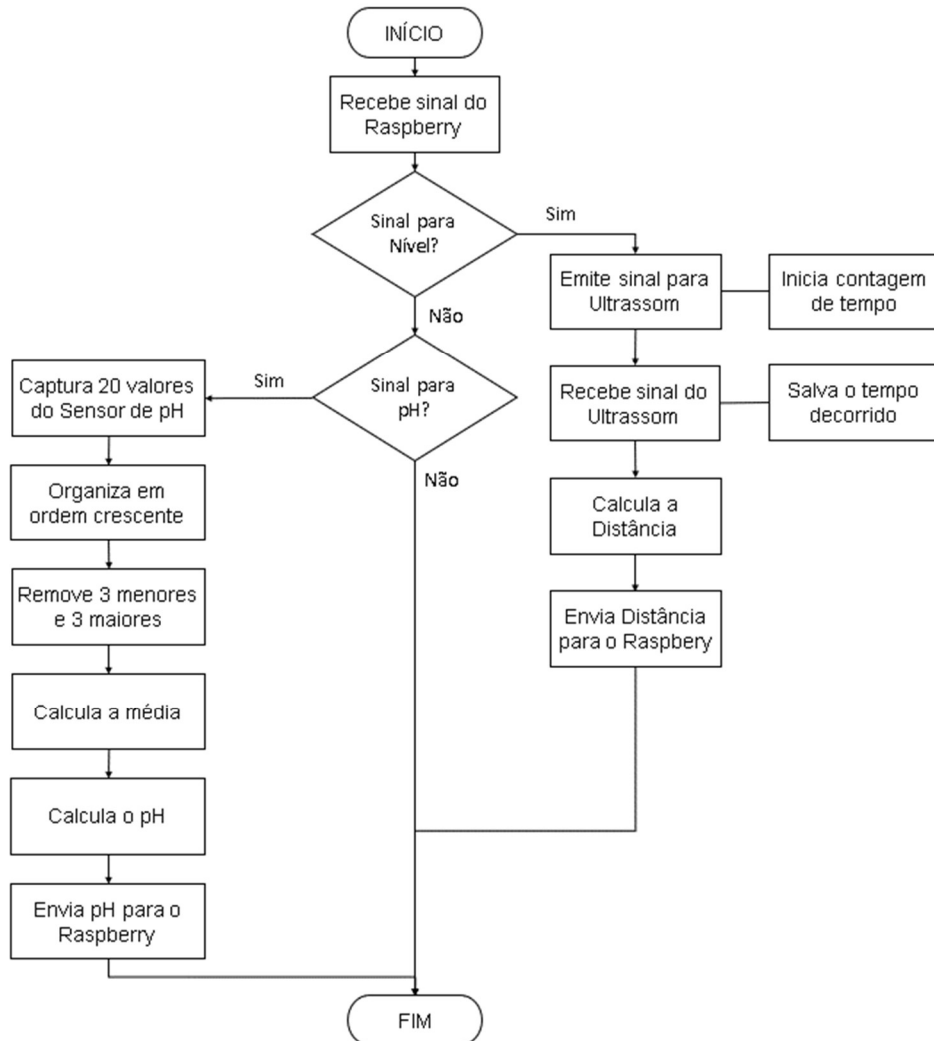
$$pH = 14 - \frac{14(1023 - MV)}{1023} \quad (3)$$

Para controle do nível do fluido no tanque, o sensor ultrassônico avalia a distância até a superfície do fluido e reduz de uma distância pré-determinada. Esta distância é o valor lido pelo sensor quando instalado fora do tanque, ou seja, a distância medida por ele até a parte inferior da sua base. Conforme o projeto mecânico, a distância de instalação do sensor foi de 350 mm, sendo subtraído do valor lido (VL) pelo sensor na Equação 4.

$$nivel = 350 - VL \quad (4)$$

A medição do nível e do pH é executada pelo microcontrolador Arduino, onde ambos processos acontecem após receber um sinal do Raspberry, sendo codificado um sinal diferente para cada avaliação. Desta forma, sempre que o microcontrolador receber um sinal ele devolve apenas a informação que foi solicitada. Na Figura 27 é apresentado um fluxograma das avaliações feitas pelo Arduino.

Figura 27 - Fluxograma para leitura de pH e Nível



Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 DIMENSIONAMENTO E MODELAMENTO DOS COMPONENTES

O dimensionamento dos componentes foi executado seguindo os sistemas definidos no item 3.2, seguindo a ordem: tanque de fluido, câmera, painel de controle, central eletrônica, enclausuramento, sensor de nível e bomba, os quais foram feitos através de *software* de modelamento 3D. Nesta etapa o tamanho total e o peso do equipamento foram levados em consideração, afim de manter fácil o manuseio e o transporte.

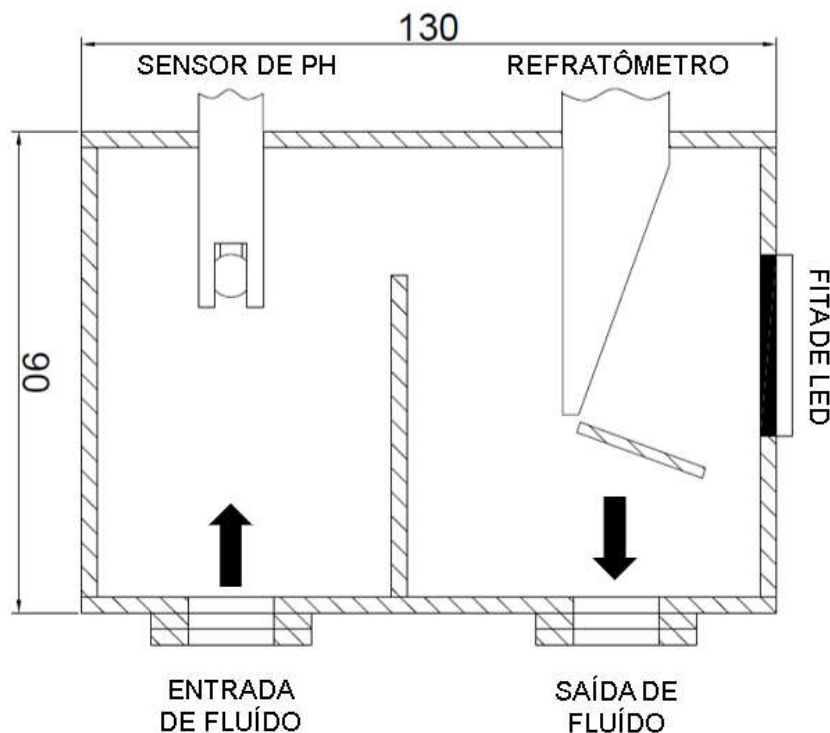
O projeto dos sistemas foi dimensionado para a confecção das peças do protótipo em acrílico cristal com 3 mm de espessura. Foi escolhido o acrílico pela facilidade de confecção através do processo de corte a laser, facilidade na montagem

através de colagem capilar e para facilitar a visualização dos componentes internos. O projeto completo do equipamento está disponível no Apêndice C.

3.5.1 Tanque de fluido

O tanque de fluido é a parte de maior importância no equipamento, sendo nele que o fluido entra em contato com o refratômetro e o sensor de pH. O seu dimensionamento foi projetado para garantir o fluxo do fluido através dos pontos de interesse, tendo um caminho definido da entrada até a saída. Na Figura 28 é apresentado o desenho esquemático do tanque, demonstrando as posições do sensor de pH, do refratômetro, da fita de LED e das conexões de entrada e saída de fluido. As dimensões são demonstradas em milímetros.

Figura 28 - Desenho do tanque de fluido



Fonte: Elaborado pelo autor

A entrada e a saída de fluido foram dimensionadas para receber conexões de engate rápido com roscas de padrão BSP – *British standard pipe* (padrão britânico para tubos), com tamanho de 3/8 de polegada. A fim de garantir a vedação e a fixação

da conexão no tanque, as paredes roscadas foram projetadas com espessura maior do que o comprimento de rosca da conexão.

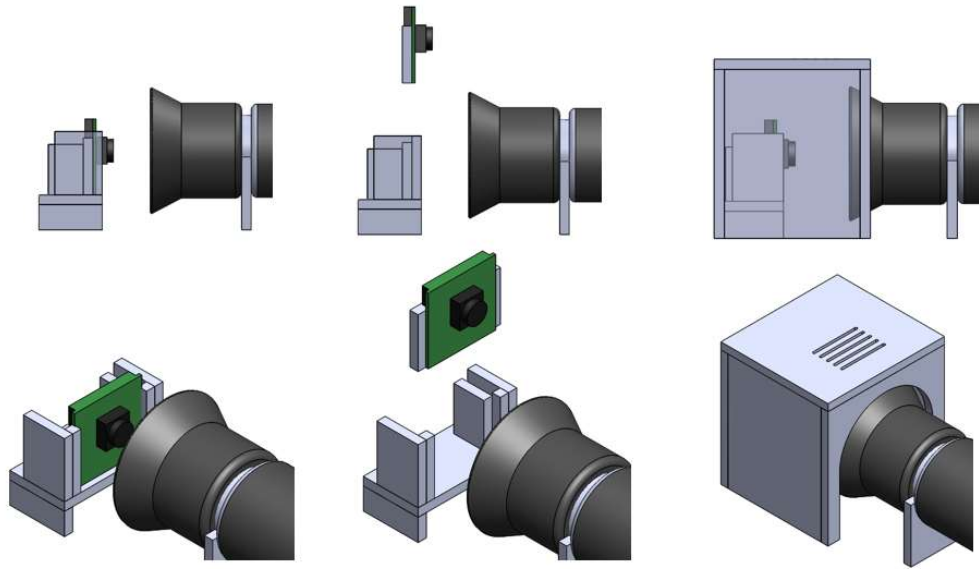
O tanque foi planejado para receber uma pintura na cor preta, a fim de impedir que a luz externa entre no tanque e influencie na iluminação da captura do refratômetro. Desta forma, a parede próxima do refratômetro recebeu uma entrada de luz artificial, provida de uma fita de led e um defletor para direcionar a luz em um ângulo favorável ao refratômetro.

3.5.2 Câmera

O sistema da câmera foi elaborado visando manter a câmera fixa, de modo que não sofra alterações entre as imagens capturadas. Outra característica necessária para este sistema é a possibilidade de remover a câmera de forma fácil, pois é necessário efetuar sua conexão e desconexão diversas vezes durante os testes. Pela característica da câmera, a incidência de luz no obturador compromete as imagens capturadas, sendo necessário um enclausuramento para impedir a entrada de luz.

Foi elaborado uma base para fixação da câmera através de parafusos, a qual pode ser removida de um trilho sempre que necessário. O trilho de fixação mantém a base da câmera na posição exata para que o obturador esteja focado na lente do refratômetro. O enclausuramento para bloquear a luz foi elaborado em um formato de caixa, podendo ser removido sempre que necessário e projetado para encaixar sobre a câmera montada ao trilho. A sua superfície foi planejada para receber uma pintura na cor preta para bloquear a luz, além de rasgos na parte superior para entrada do cabo de conexão da câmera. A Figura 29 demonstra o sistema da câmera montado alinhado ao refratômetro, a câmera removida da base e o enclausuramento.

Figura 29 - Sistema de fixação da câmera e bloqueio da luz

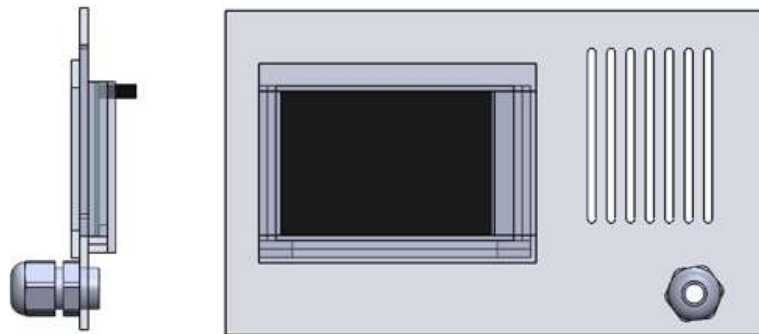


Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.3 Painel de controle

Para que o painel de controle permita que o usuário faça a configuração do equipamento, o mesmo foi projetado para ficar na frente do protótipo. A tela de LCD foi fixada a uma placa com um recorte do tamanho exato para o seu encaixe. A fixação foi feita por trilhos, permitindo o deslize e o encaixe do componente até na posição final, onde, posteriormente é travada. É possível visualizar o desenho do projeto na Figura 30, demonstrando a posição da tela, os rasgos para entrada de ar e o conector prensa cabo do cabo de alimentação.

Figura 30 - Painel de controle



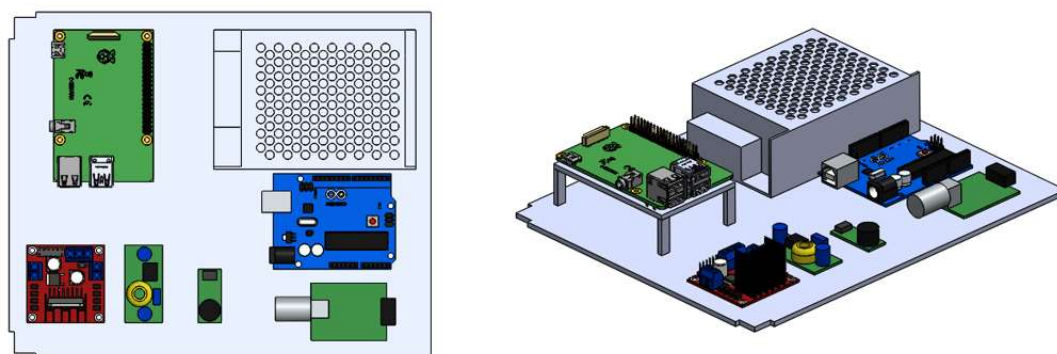
Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.4 Central eletrônica

Uma área reservada, em um nível superior, foi projetada para separar os componentes eletrônicos da área do tanque. Para este nível foi dimensionada uma placa retangular que será encaixada sobre o tanque, fixada através de parafusos em duas colunas. Cada componente foi posicionado diretamente sobre a placa de acrílico, com exceção do Raspberry, que foi projetado para ficar em um nível suspenso para facilitar a circulação de ar e seu resfriamento. As posições dos componentes na placa foram projetadas conforme a instalação elétrica necessária, de forma a reduzir a quantidade de cabos elétricos.

Toda a placa de suporte dos componentes eletrônicos foi pensada a fim de permitir sua remoção do equipamento, sendo necessária apenas a retirada de três cabos elétricos. Assim, é possível remover e isolar a parte eletrônica da parte em contato com o fluido em uma eventual manutenção. A Figura 31 ilustra os componentes eletrônicos fixados em sua base.

Figura 31 - Central eletrônica do protótipo



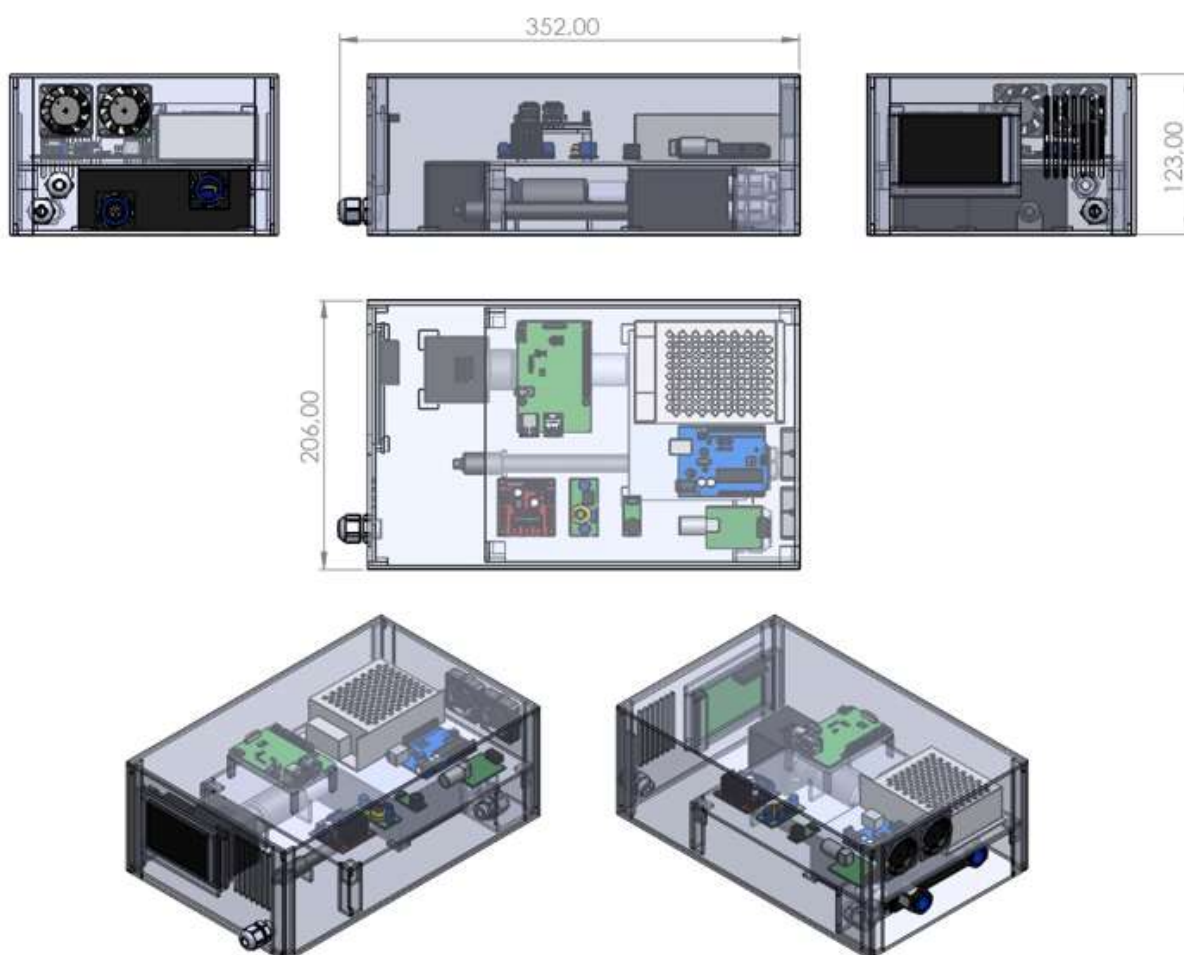
Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.5 Enclausuramento

Após dimensionado todas as partes do protótipo, elas foram integradas em um único sistema. Este, por sua vez, foi enclausurado com placas de acrílico para impedir contato do operador com os componentes internos. Como o protótipo será fechado, foi necessário implementar dois ventiladores para remover o ar quente do seu interior, sendo instalados na parte traseira e no mesmo nível dos componentes eletrônicos.

A fixação do painel de controle foi projetada para ocorrer em duas colunas, as quais estarão coladas na base do protótipo. As colunas de fixação do painel e duas das colunas de fixação da base eletrônica servem de apoio para as placas de fechamento. Para possibilitar a passagem dos cabos elétricos do sensor ultrassônico e da bomba, foi projetado uma pequena placa com dois prensa cabos ao lado do tanque de fluido. Na Figura 32 é apresentada a montagem total do equipamento, com dimensional em milímetros.

Figura 32 - Montagem total do equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor

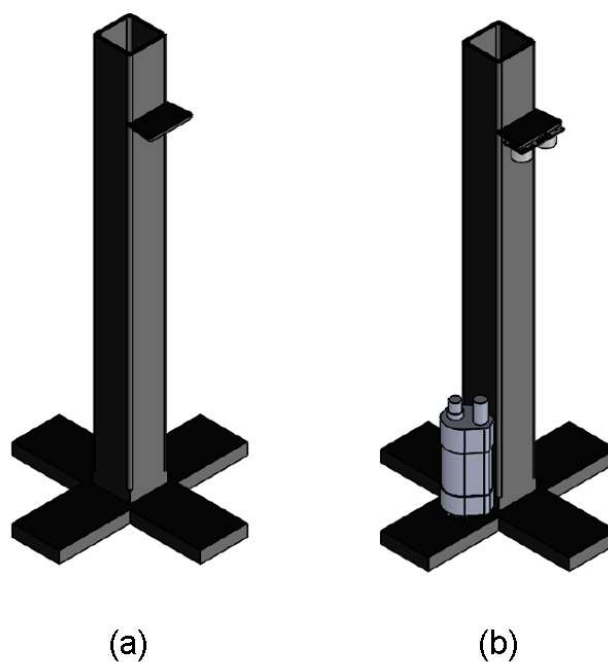
3.5.6 Sensor de nível e bomba de fluido

A bomba de fluido necessita estar dentro do tanque da máquina para bombear o fluido, assim, foi desenvolvido um suporte que permita seu posicionamento no local

desejado. Neste suporte também foi planejado a fixação do sensor ultrassônico, o qual precisa estar a uma altura de 350 mm acima da base do tanque da máquina.

Uma haste vertical com uma base foi desenvolvida para atender as necessidades da bomba e do sensor de nível. Tanto a haste quanto sua base foram projetadas em aço ABNT 1020, pois é necessário que estes se mantenham rígidos e estáveis para a operação da bomba e a leitura do sensor. Seu acabamento foi planejado para ser pintado na cor preta, visto que estará em contato direto com o fluido de usinagem e não poderá sofrer ações de corrosão e oxidação. A base será fixada à haste através de um parafuso tipo Allen, de tamanho M8 e com comprimento de 20 mm. Na Figura 33 é possível visualizar a haste e a base montadas sem os componentes (a) e a bomba e o sensor ultrassônico instalados (b).

Figura 33 - Suporte da bomba e do sensor ultrassônico



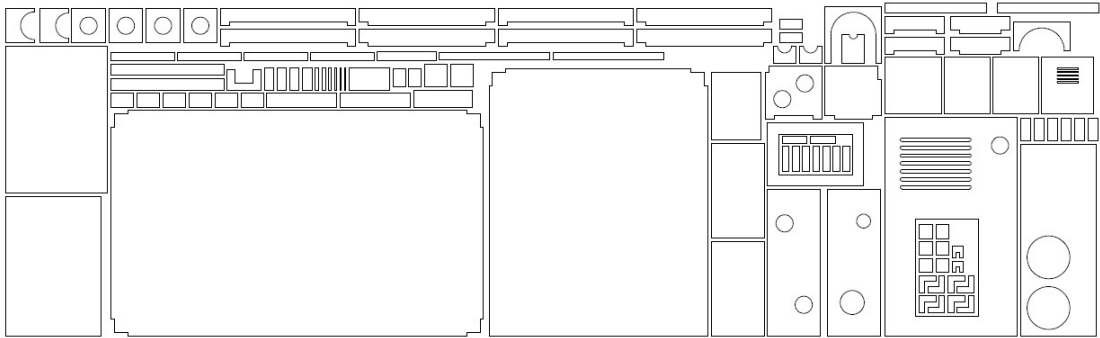
Fonte: Elaborado pelo autor

3.6 FABRICAÇÃO DAS PEÇAS

As peças que foram fabricadas em acrílico cristal foram confeccionadas através de corte a laser, com o objetivo de garantir o dimensional das peças e permitir uma fabricação rápida dos componentes. O corte a laser acontece em uma máquina programada através de softwares específicos, onde foi planejado o corte sobre uma

placa de acrílico com dimensões de 2 m de comprimento por 1 m de largura e 3 mm de espessura. A execução dos cortes foi feita em uma empresa terceirizada, sendo enviado um desenho com o plano de corte, conforme Figura 34.

Figura 34 - Plano de corte na chapa de acrílico



Fonte: Elaborado pelo autor

A parte do projeto que entra em contato com o fluido dentro do tanque da máquina foi projetada em aço. A sua fabricação foi feita através de processos metalmecânicos de corte e solda. O objetivo foi elaborar uma estrutura para manter a bomba no fundo do tanque e o sensor ultrassônico a 350 mm acima da base do tanque, podendo assim, calcular a altura de fluido presente no tanque da máquina. Na Figura 35 são demonstradas as peças antes do processo de solda e após a solda e o acabamento.

Figura 35 - Suporte para sensor ultrassônico e bomba de fluido



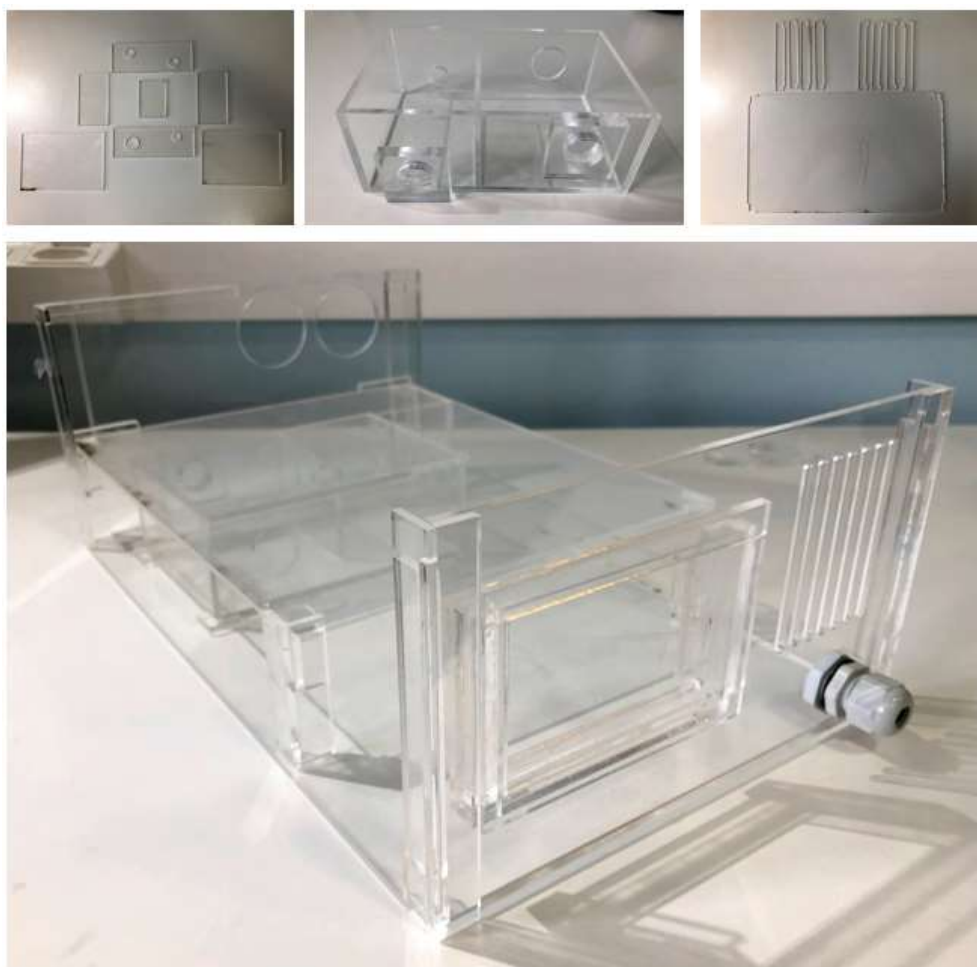
Fonte: Elaborado pelo autor

3.7 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

A montagem da parte em acrílico do protótipo foi feita através da colagem do acrílico com cola própria, do fabricante Sinteglas, modelo S-320. A colagem acontece através de um processo capilar, sendo inserida na interface entre duas peças para fluir entre as faces e garantir a colagem. O tempo de colagem para fixação em cada junção foi de 10 s e de 30 min para colagem total.

Diversas partes do protótipo foram coladas juntas, para posterior montagem como um conjunto. A sua colagem foi elaborada conforme o modelamento além de outras partes necessárias para a sua estruturação. Os conjuntos colados foram: base inferior, base superior, painel de controle, tanque e fechamento da câmera. Na Figura 36 é possível visualizar as peças antes e depois da colagem do tanque de fluido, base e do conjunto final das peças em acrílico.

Figura 36 - Estrutura em acrílico do protótipo

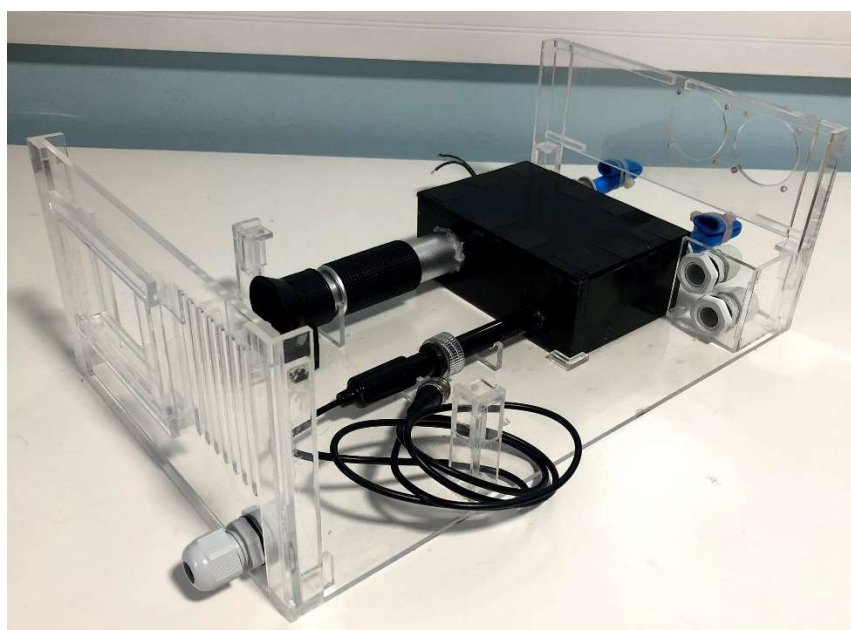


Fonte: Elaborado pelo autor

O refratômetro e o sensor de pH foram encaixados no tanque e fixados com adesivo selante a base de silicone. No tanque, também foram instaladas as conexões de engate rápido e a fita de led. Por fim, foi fixada a tampa de fechamento do tanque com o mesmo adesivo selante a base de silicone. Para apoiar, fora do tanque, o refratômetro e o sensor de pH foram fixados suportes na base inferior do projeto.

Ao lado do tanque foi fixado o suporte para os prensa cabos, que prendem os cabos da bomba e do sensor ultrassônico. O suporte para encaixe da câmera foi fixado alinhado ao refratômetro e logo a frente da sua lente. Na parte frontal foi encaixado o painel de controle sobre duas colunas e fixado com a cola S-320. O tanque foi pintado com tinta própria para acrílico na cor preta, deixando uma área sem tinta para permitir a entrada de luz provida da fita de led. Na Figura 37 é apresentado todos os componentes da base inferior fixados.

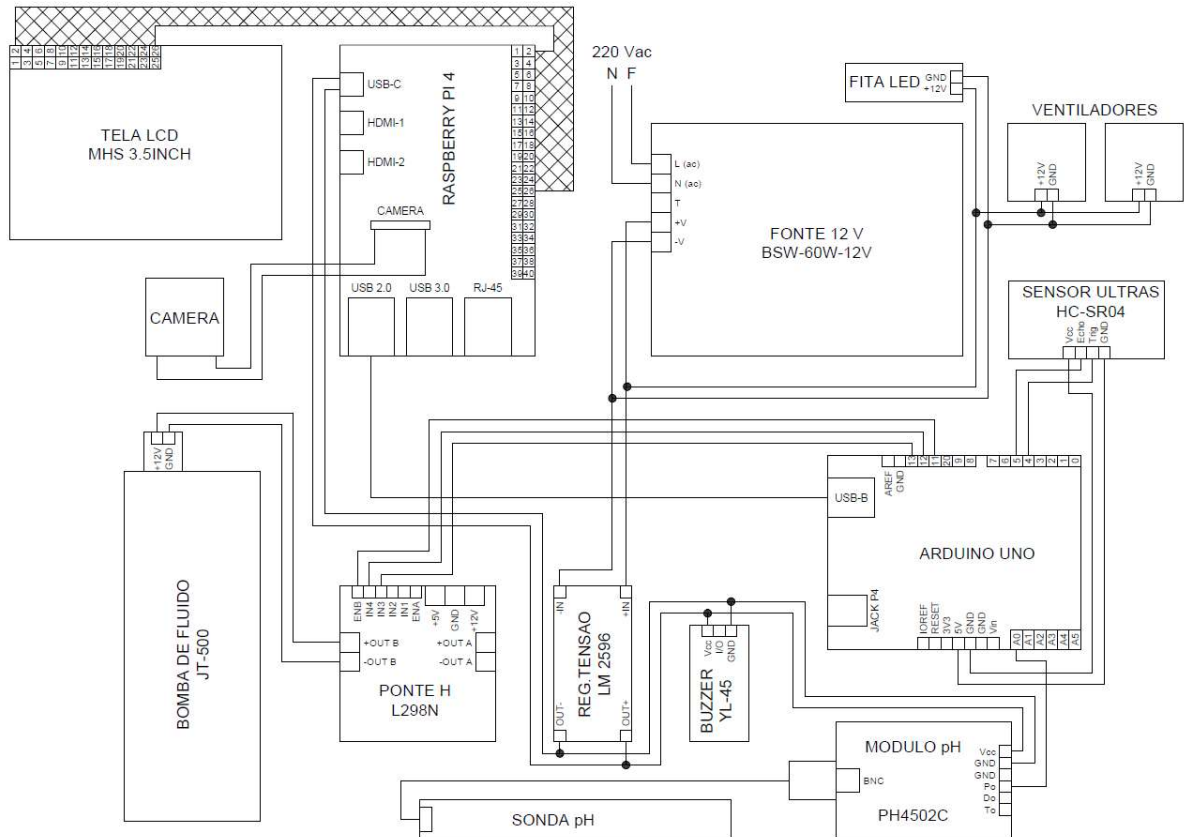
Figura 37 - Componentes da base inferior instalados



Fonte: Elaborado pelo autor

Os componentes eletrônicos foram fixados na base superior, através de parafusos e fita dupla face. No painel de controle foi fixado a tela LCD e, logo abaixo, o enclausuramento da câmera para impedir a entrada de luz. Os ventiladores foram fixados na parte traseira do protótipo, próximo a fonte. A instalação elétrica dos componentes foi executada seguindo o diagrama esquemático da Figura 38.

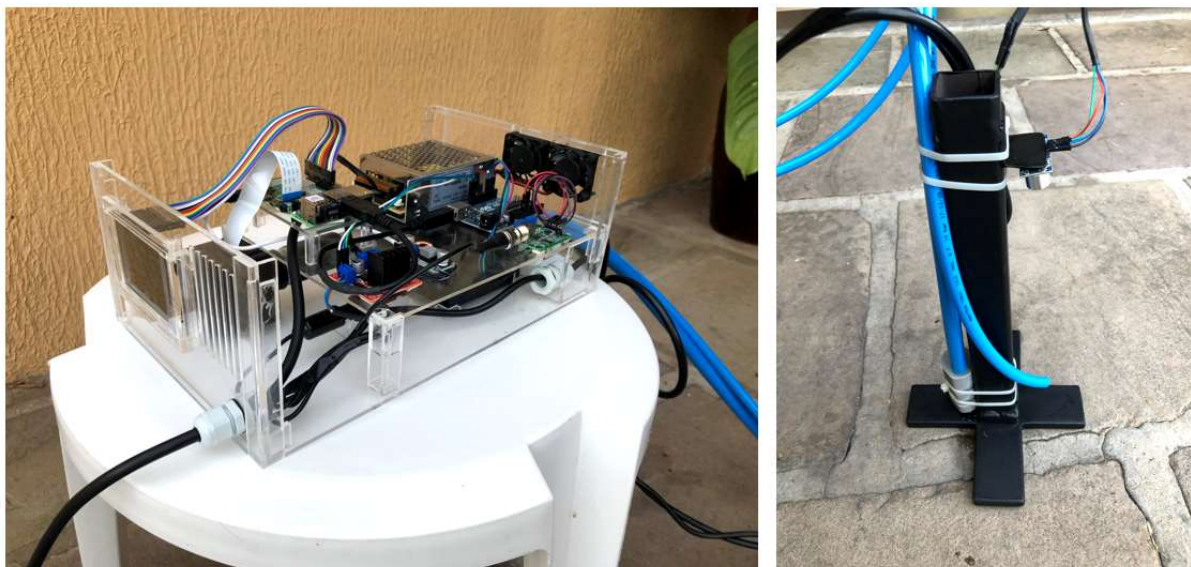
Figura 38 - Diagrama elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

Finalizada a montagem e a instalação elétrica da parte central do protótipo, foram instalados o sensor ultrassônico, a bomba de fluido e as mangueiras no suporte. Ambos foram fixados por cintas plásticas de nylon e as conexões elétricas necessárias foram feitas conforme o esquema elétrico supracitado. Na Figura 39 é demonstrada a montagem final do protótipo, sem as tampas de fechamento, e o suporte da bomba e do sensor ultrassônico.

Figura 39 - Montagem final do protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor

3.8 TESTES DE FUNCIONAMENTO

Os testes de funcionamento têm como objetivo validar os instrumentos de leitura em operação no equipamento, assim como, sua capacidade de monitorar as características de diversos fluídos de usinagem. Desta forma, os testes foram executados em cinco fluídos diferentes, sendo um deles água e os demais fluídos de usinagem.

Os fluídos escolhidos para os testes foram: Fluid B90, Fluid S40, LB10 e o Eco Fluid 50, ambos fornecidos pela empresa Bondmann Química. O Fluid B90 foi selecionado por estar presente nas máquinas da universidade e da empresa parceira que permitiu a execução dos testes em máquina. O LB10 foi selecionado por ser um fluído como segunda opção ao Fluid B90 na usinagem de metais. O Fluid S40 foi selecionado pela sua propriedade de alta lubrificação, sendo similar aos fluídos a base de óleos, e o Eco Fluid 50 é um fluído sintético simples. Todos fluídos selecionados são biodegradáveis e isentos de hidrocarbonetos saturados.

Os fluídos foram numerados de 1 a 5, sendo respectivamente água, Fluid B90, Fluid S40, LB10 e Eco Fluid 50. As amostras 3, 4 e 5 foram obtidas em estado comercial, logo, foi necessário proceder com a diluição em água. Conforme recomendação do fabricante, foi utilizada diluição de 1:10, sendo uma parte de fluído

para nove partes de água, totalizando 3 litros de fluido diluído. Ambas amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, conforme Figura 40.

Figura 40 - Fluidos testados



F1 F2 F3 F4 F5
 Agua Fluid B90 Fluid S40 LB10 Eco Fluid 50

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram executadas 10 medições em cada amostra, com intervalos de 5 min entre cada uma. Para cada medição foram computados os valores de Brix, pH e nível do equipamento e, simultaneamente, um especialista fez a medição de Brix com um refratômetro portátil, medição de pH com fitas de pH e nível com uma escala graduada. O formulário utilizado para preenchimento dos valores fluido é demonstrado na Figura 41 e a montagem do equipamento para os testes na Figura 42.

Figura 41 - Formulário para preenchimento dos valores

FLUIDO I	BRIX			pH			Nível		
	Medida	Equipamento	Especialista	Medida	Equipamento	Especialista	Medida	Equipamento	Especialista
	1			1			1		
	2			2			2		
	3			3			3		
	4			4			4		
	5			5			5		
	6			6			6		
	7			7			7		
	8			8			8		
9			9			9			
10			10			10			

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 42 - Montagem do equipamento durante os testes



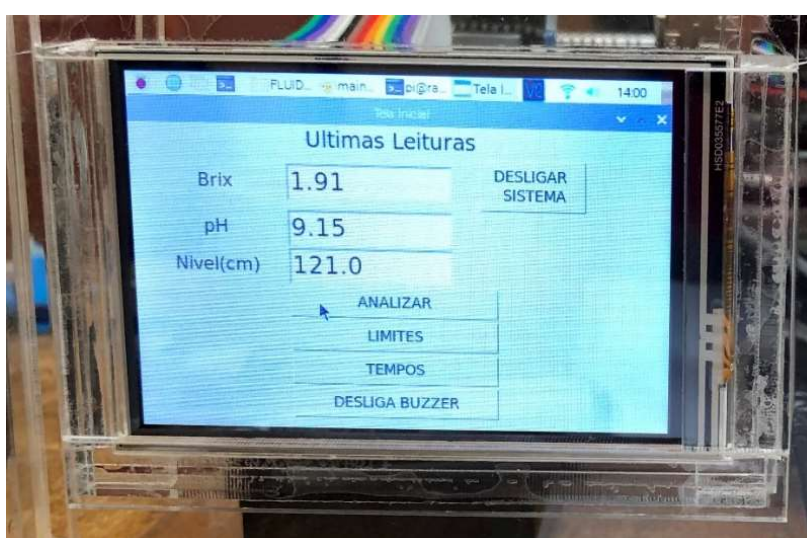
Fonte: Elaborado pelo autor

O protótipo também foi testado em operação em um centro de usinagem da empresa parceira por um prazo de cinco dias, onde ficou ligado durante todo o teste e foi programado para executar leituras do fluído a cada 1 h. A instalação foi feita diretamente no tanque da máquina, sendo submetido às operações que a máquina executava durante o período. O objetivo deste teste foi verificar se o equipamento é capaz de efetuar as medições com o intervalo de tempo configurado.

4 RESULTADOS

Embora os testes foram executados para as três grandezas simultaneamente na tela do equipamento, conforme Figura 43, a apresentação dos resultados será feita separadamente. Na abordagem será executado o cálculo da média, do desvio padrão e do erro de medida, comparando o valor obtido com o valor fornecido pelo especialista.

Figura 43 - Teste de funcionamento das leituras



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1 Brix

Cada fluido apresentou um valor diferente para o grau Brix, porém durante as 10 medições de cada fluido o valor fornecido pelo especialista se manteve o mesmo. Os valores obtidos pelo equipamento, juntamente da média, do desvio padrão e do erro de medida são apresentados na Tabela 7 para o fluido 1, na Tabela 8 para o fluido 2, na Tabela 9 para o fluido 3, na Tabela 10 para o fluido 4 e na Tabela 11 para o fluido 5.

Tabela 7 - Valores obtidos para grau Brix no fluido 1

Fluído 1 - Brix			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	0,50	0,40	0,10
2	0,42	0,40	0,02
3	0,42	0,40	0,02
4	0,50	0,40	0,10
5	0,50	0,40	0,10
6	0,50	0,40	0,10
7	0,50	0,40	0,10
8	0,50	0,40	0,10
9	0,50	0,40	0,10
10	0,50	0,40	0,10
Média	0,48	0,40	0,08
Desvio Padrão	0,03	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 8 - Valores obtidos para grau Brix no fluido 2

Fluído 2 - Brix			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	1,91	2,00	-0,09
2	1,83	2,00	-0,17
3	1,75	2,00	-0,25
4	1,75	2,00	-0,25
5	1,83	2,00	-0,17
6	1,83	2,00	-0,17
7	1,66	2,00	-0,34
8	1,83	2,00	-0,17
9	1,83	2,00	-0,17
10	1,91	2,00	-0,09
Média	1,81	2,00	-0,19
Desvio Padrão	0,08	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9 - Valores obtidos para grau Brix no fluido 3

Fluído 3 - Brix			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	1,91	2,00	-0,09
2	2,33	2,00	0,33
3	1,83	2,00	-0,17
4	1,83	2,00	-0,17
5	1,91	2,00	-0,09
6	1,66	2,00	-0,34
7	1,91	2,00	-0,09
8	1,91	2,00	-0,09
9	1,91	2,00	-0,09
10	1,91	2,00	-0,09
Média	1,91	2,00	-0,09
Desvio Padrão	0,17	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 10 - Valores obtidos para grau Brix no fluido 4

Fluído 4 - Brix			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	2,74	2,80	-0,06
2	2,66	2,80	-0,14
3	2,66	2,80	-0,14
4	2,74	2,80	-0,06
5	2,74	2,80	-0,06
6	2,74	2,80	-0,06
7	2,74	2,80	-0,06
8	2,74	2,80	-0,06
9	2,66	2,80	-0,14
10	2,74	2,80	-0,06
Média	2,72	2,80	-0,08
Desvio Padrão	0,04	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

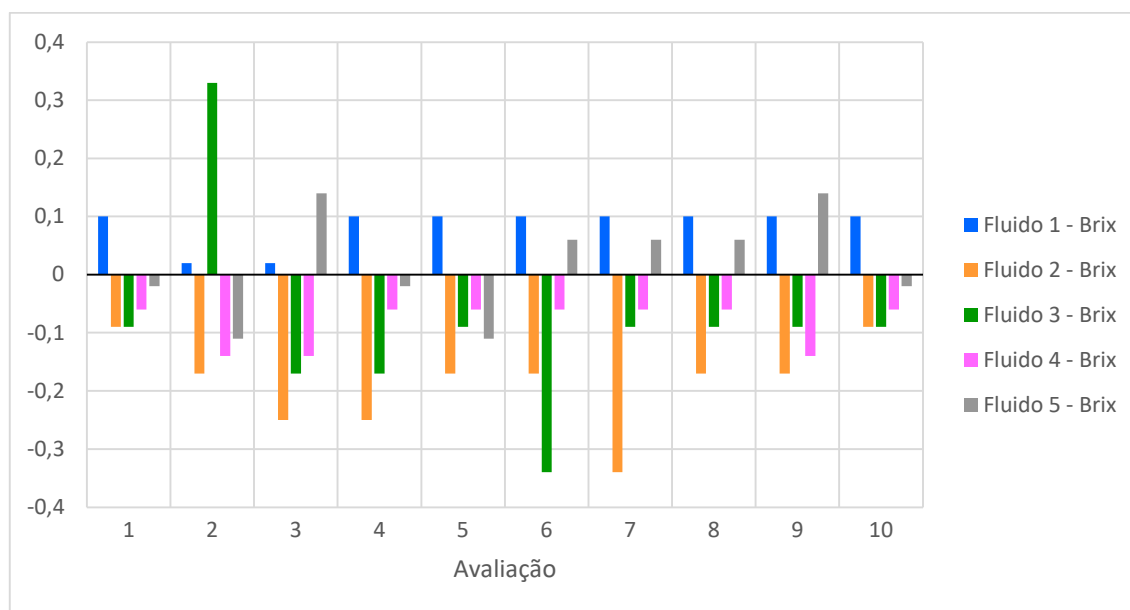
Tabela 11 - Valores obtidos para grau Brix no fluido 5

Fluído 5 - Brix			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	2,58	2,60	-0,02
2	2,49	2,60	-0,11
3	2,74	2,60	0,14
4	2,58	2,60	-0,02
5	2,49	2,60	-0,11
6	2,66	2,60	0,06
7	2,66	2,60	0,06
8	2,66	2,60	0,06
9	2,74	2,60	0,14
10	2,58	2,60	-0,02
Média	2,62	2,60	0,02
Desvio Padrão	0,09	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Em todos os fluídos os valores foram próximos do valor fornecido pelo especialista, apresentando erros abaixo de 0,40 Brix e desvio padrão abaixo de 0,10 Brix para os fluídos 1, 2, 4 e 5. No fluido 3 a medição apresentou o maior desvio padrão, chegando a 0,16 Brix. O Gráfico 2 apresenta o comparativo do erro de medida para o Brix entre os fluídos, onde o fluido 3 também performou com os valores mais significativos.

Gráfico 2 - Erros de medida - Brix



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2 pH

Os fluídos de usinagem apresentaram pH 9 ou pH 10, enquanto que na água o valor obtido pelo especialista foi de pH 6, porém durante as 10 medições de cada fluído o valor fornecido pelo especialista se manteve o mesmo. Devido às características do sensor de pH, foi necessário calibrá-lo para o valor próximo do pH do fluído analisado. Os valores obtidos pelo equipamento, juntamente da média, do desvio padrão e do erro de medida são apresentados na Tabela 12 para o fluído 1, na Tabela 13 para o fluído 2, na Tabela 14 para o fluído 3, na Tabela 15 para o fluído 4 e na Tabela 16 para o fluído 5.

Tabela 12 - Valores obtidos para pH no fluído 1

Fluído 1 - pH			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	6,00	6,00	0,00
2	6,00	6,00	0,00
3	6,08	6,00	0,08
4	6,08	6,00	0,08
5	6,08	6,00	0,08
6	6,05	6,00	0,05
7	6,11	6,00	0,11
8	6,10	6,00	0,10
9	6,11	6,00	0,11
10	6,06	6,00	0,06
Média	6,07	6,00	0,07
Desvio Padrão	0,04	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 - Valores obtidos para pH no fluido 2

Fluído 2 - pH			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	9,00	9,00	0,00
2	9,02	9,00	0,02
3	9,00	9,00	0,00
4	9,03	9,00	0,03
5	9,02	9,00	0,02
6	9,00	9,00	0,00
7	9,04	9,00	0,04
8	9,00	9,00	0,00
9	8,98	9,00	-0,02
10	9,04	9,00	0,04
Média	9,01	9,00	0,01
Desvio Padrão	0,02	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14 - Valores obtidos para pH no fluido 3

Fluído 3 - pH			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	10,00	10,00	0,00
2	9,98	10,00	-0,02
3	10,00	10,00	0,00
4	10,05	10,00	0,05
5	10,03	10,00	0,03
6	10,05	10,00	0,05
7	9,99	10,00	-0,01
8	10,00	10,00	0,00
9	10,01	10,00	0,01
10	10,02	10,00	0,02
Média	10,01	10,00	0,01
Desvio Padrão	0,02	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15 - Valores obtidos para pH no fluido 4

Fluido 4 - pH			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	10,00	10,00	0,00
2	9,99	10,00	-0,01
3	10,00	10,00	0,00
4	9,99	10,00	-0,01
5	10,01	10,00	0,01
6	10,01	10,00	0,01
7	10,02	10,00	0,02
8	10,02	10,00	0,02
9	10,00	10,00	0,00
10	10,01	10,00	0,01
Média	10,01	10,00	0,01
Desvio Padrão	0,011	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

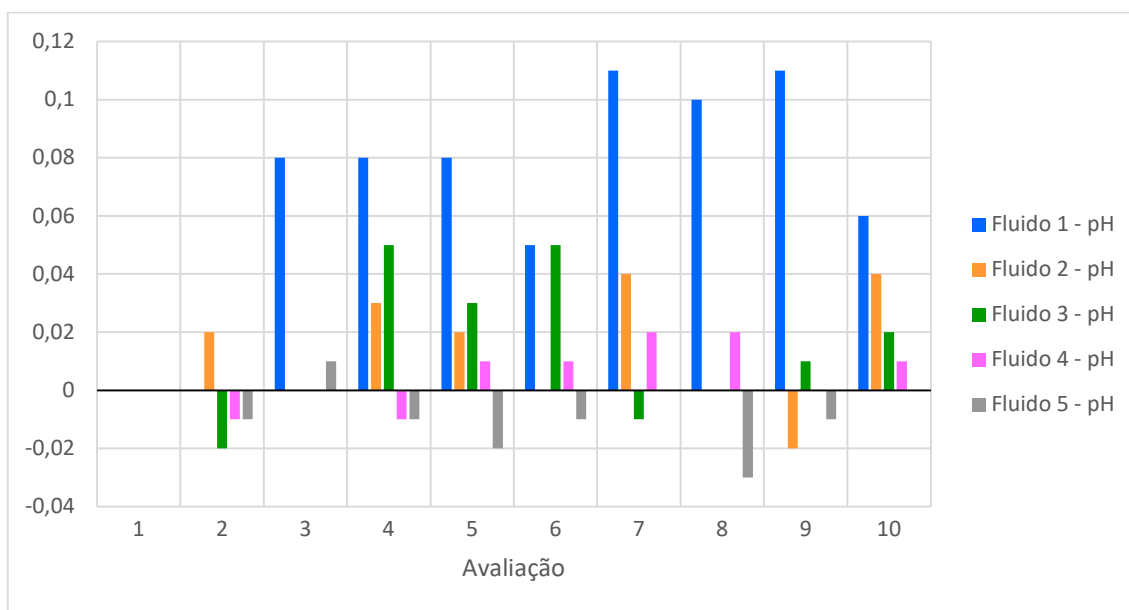
Tabela 16 - Valores obtidos para pH no fluido 5

Fluido 5 - pH			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	9,00	9,00	0,00
2	8,99	9,00	-0,01
3	9,01	9,00	0,01
4	8,99	9,00	-0,01
5	8,98	9,00	-0,02
6	8,99	9,00	-0,01
7	9,00	9,00	0,00
8	8,97	9,00	-0,03
9	8,99	9,00	-0,01
10	9,00	9,00	0,00
Média	8,99	9,00	-0,01
Desvio Padrão	0,01	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Em todos os fluidos os valores foram próximos do valor fornecido pelo especialista, apresentando erros de medida abaixo de pH 0,60 nos fluidos de usinagem e abaixo de 0,12 na água. O desvio padrão das medições apresentou valores abaixo de pH 0,40. O Gráfico 3 apresenta o comparativo do erro de medida para o pH entre os fluidos, onde o fluido 1 performou com os valores mais significativos.

Gráfico 3 - Erros de medida - pH



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3 Nível

A avaliação de nível foi executada pelo especialista medindo a altura de fluido no recipiente, conforme Figura 44, e se manteve constante para as 10 medições de cada fluido. Os fluidos 1, 3, 4 e 5 tiveram valores próximos pois foram analisadas amostras com o mesmo volume em cada um. No fluido 2 foi obtido um volume inferior, logo, o nível obtido apresentou valor menor. Os valores obtidos pelo equipamento, juntamente da média, do desvio padrão e do erro de medida são apresentados na Tabela 17 para o fluido 1, na Tabela 18 para o fluido 2, na Tabela 19 para o fluido 3, na Tabela 20 para o fluido 4 e na Tabela 21 para o fluido 5.

Figura 44 - Medição do nível pelo especialista



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 17 - Valores obtidos para nível no fluido 1

Medida	Fluído 1 - Nível (mm)		Erro de medida
	Equipamento	Especialista	
1	118,0	107,0	11,0
2	110,0	107,0	3,0
3	111,0	107,0	4,0
4	106,0	107,0	-1,0
5	106,0	107,0	-1,0
6	102,0	107,0	-5,0
7	110,0	107,0	3,0
8	103,0	107,0	-4,0
9	114,0	107,0	7,0
10	110,0	107,0	3,0
Média	109,0	107,0	2,0
Desvio Padrão	4,9	0,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 18 - Valores obtidos para nível no fluído 2

Fluído 2 - Nível (mm)			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	79,0	78,0	1,0
2	66,0	78,0	-12,0
3	79,0	78,0	1,0
4	82,0	78,0	4,0
5	74,0	78,0	-4,0
6	73,0	78,0	-5,0
7	86,0	78,0	8,0
8	78,0	78,0	0,0
9	79,0	78,0	1,0
10	79,0	78,0	1,0
Média	77,5	78,0	-0,5
Desvio Padrão	5,4	0,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 19 - Valores obtidos para nível no fluído 3

Fluído 3 - Nível (mm)			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	117,0	118,0	-1,0
2	121,0	118,0	3,0
3	122,0	118,0	4,0
4	121,0	118,0	3,0
5	122,0	118,0	4,0
6	118,0	118,0	0,0
7	121,0	118,0	3,0
8	116,0	118,0	-2,0
9	121,0	118,0	3,0
10	121,0	118,0	3,0
Média	120,0	118,0	2,0
Desvio Padrão	2,2	0,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 20 - Valores obtidos para nível no fluido 4

Fluído 4 - Nível (mm)			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	115,0	112,0	3,0
2	120,0	112,0	8,0
3	112,0	112,0	0,0
4	111,0	112,0	-1,0
5	116,0	112,0	4,0
6	120,0	112,0	8,0
7	111,0	112,0	-1,0
8	121,0	112,0	9,0
9	112,0	112,0	0,0
10	111,0	112,0	-1,0
Média	114,9	112,0	2,9
Desvio Padrão	4,1	0,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

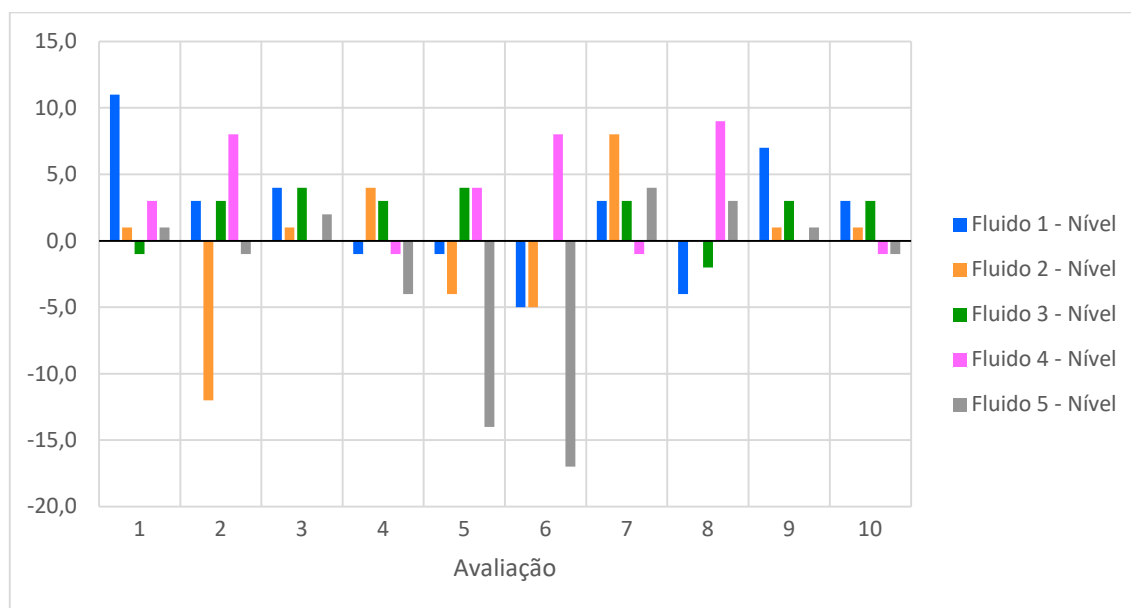
Tabela 21 - Valores obtidos para nível no fluido 5

Fluído 5 - Nível (mm)			
Medida	Equipamento	Especialista	Erro de medida
1	112,0	111,0	1,0
2	110,0	111,0	-1,0
3	113,0	111,0	2,0
4	107,0	111,0	-4,0
5	97,0	111,0	-14,0
6	94,0	111,0	-17,0
7	115,0	111,0	4,0
8	114,0	111,0	3,0
9	112,0	111,0	1,0
10	110,0	111,0	-1,0
Média	108,4	111,0	-2,6
Desvio Padrão	7,2	0,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

As medições do protótipo apresentaram desempenho diferente entre os fluídos, atingindo o menor valor de desvio padrão no fluido 2 e não passando de 7,2 mm nos demais fluídos. O erro de medida em ambos fluídos apresentou valor máximo de -17,0 mm no fluido 5. O Gráfico 4 apresenta o comparativo do erro de medida para o pH entre os fluídos, onde o fluido 5 performou com os valores mais significativos.

Gráfico 4 - Erros de medida - Nível (mm)

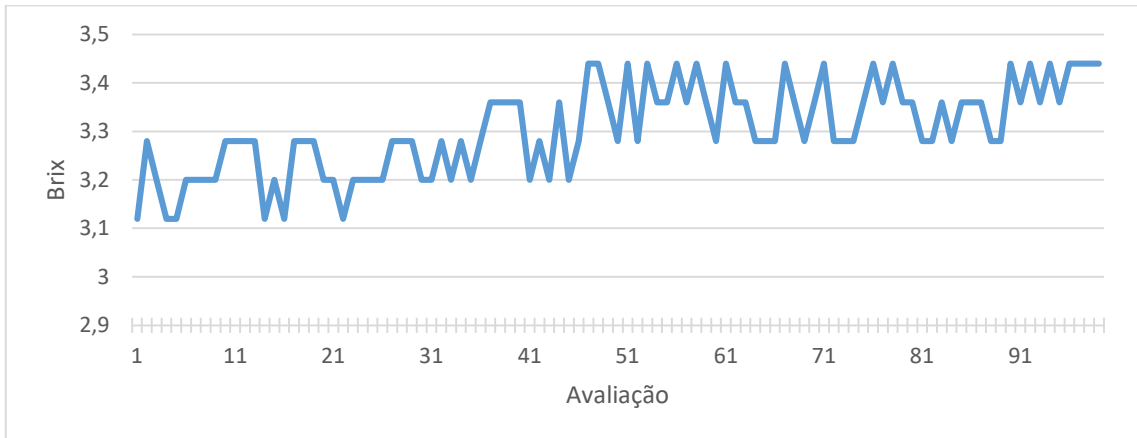


Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.4 Teste em máquina

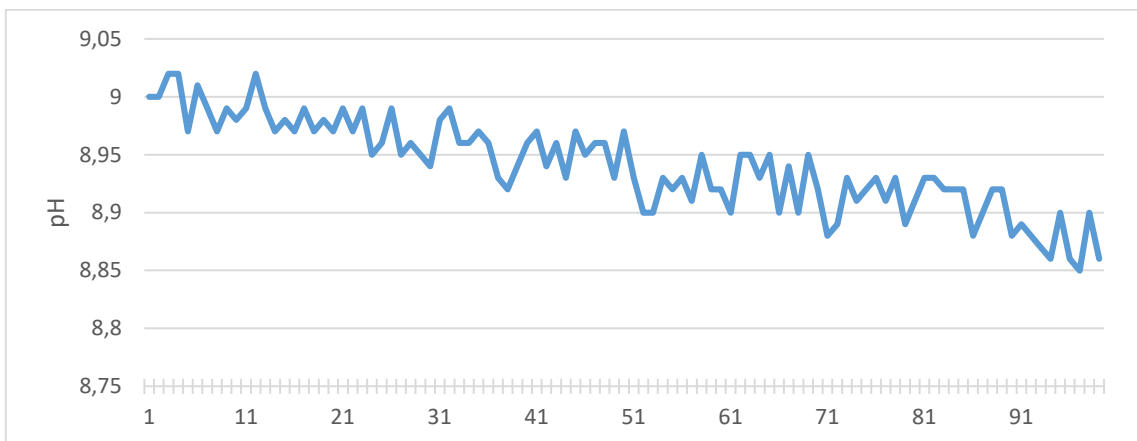
No teste em máquina o equipamento efetuou as leituras como o esperado. Foi possível a validação do modo de operação constante, que manteve as medições a cada 1 hora. Durante o tempo do experimento o fluido da máquina não sofreu grandes alterações, resultando em valores similares durante o período e não disparando o sinal sonoro de alerta. Os resultados obtidos durante os dias de teste resultaram em 99 avaliações e são apresentados no Gráfico 5 para o Brix, no Gráfico 6 para o pH e no Gráfico 7 para o nível. Na Figura 45 é demonstrada a parte inicial e final do arquivo feito pelo equipamento, apresentando os dados coletados no primeiro e no último dia do experimento.

Gráfico 5 - Valores obtidos para o Brix durante os teste em máquina



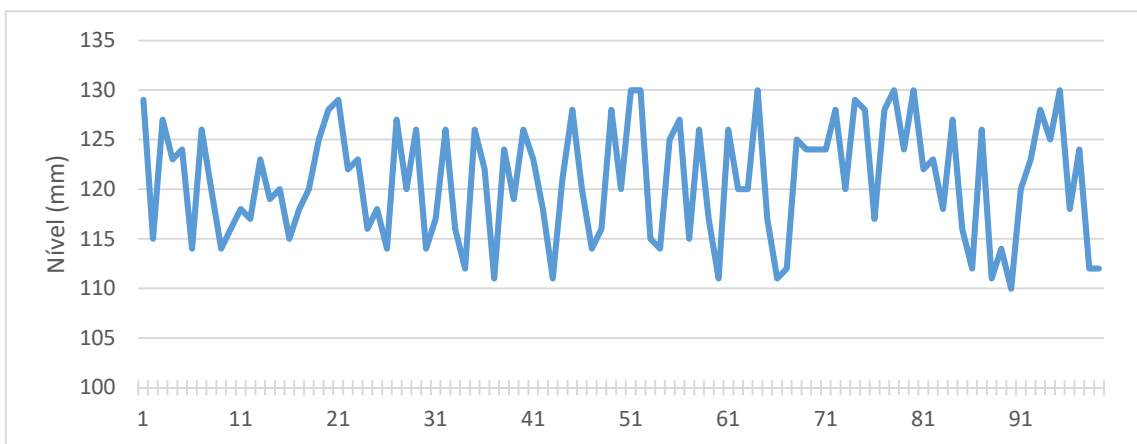
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 6 - Valores obtidos para o pH durante os testes em máquina



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 7 - Valores obtidos para o nível durante os testes em máquina



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 45 - Arquivo com valores salvos pelo equipamento

TEMPO, BRUX, PH, NIVEL
24/05/2021 14:08, 3.12, 9.00, 129.0
24/05/2021 15:09, 3.28, 9.00, 115.0
24/05/2021 16:10, 3.20, 9.02, 127.0
24/05/2021 17:10, 3.12, 9.02, 123.0
24/05/2021 18:10, 3.12, 8.97, 124.0
24/05/2021 19:10, 3.20, 9.01, 114.0
24/05/2021 20:11, 3.20, 8.99, 126.0
24/05/2021 21:12, 3.20, 8.97, 120.0
24/05/2021 22:13, 3.20, 8.99, 114.0
24/05/2021 23:14, 3.28, 8.98, 116.0
25/05/2021 00:14, 3.28, 8.99, 118.0
25/05/2021 01:15, 3.28, 9.02, 117.0
25/05/2021 02:15, 3.28, 8.99, 123.0
25/05/2021 03:16, 3.12, 8.97, 119.0
25/05/2021 04:16, 3.20, 8.98, 120.0
28/05/2021 02:54, 3.36, 8.92, 116.0
28/05/2021 03:55, 3.36, 8.88, 112.0
28/05/2021 04:55, 3.36, 8.90, 126.0
28/05/2021 05:55, 3.28, 8.92, 111.0
28/05/2021 06:55, 3.28, 8.92, 114.0
28/05/2021 07:56, 3.44, 8.88, 110.0
28/05/2021 08:57, 3.36, 8.89, 120.0
28/05/2021 09:57, 3.44, 8.88, 123.0
28/05/2021 10:58, 3.36, 8.87, 128.0
28/05/2021 11:58, 3.44, 8.86, 125.0
28/05/2021 12:59, 3.36, 8.90, 130.0
28/05/2021 13:59, 3.44, 8.86, 118.0
28/05/2021 15:00, 3.44, 8.85, 124.0
28/05/2021 16:01, 3.44, 8.90, 112.0
28/05/2021 17:01, 3.44, 8.86, 112.0

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 CUSTOS ENVOLVIDOS

O custo para confecção do protótipo levou em conta a aquisição de todos componentes eletrônicos, instrumentos necessários e matéria prima. Desta forma, a Tabela 22 apresenta os itens adquiridos com seus custos unitários e totais. O acrílico foi adquirido cortado no formato especificado para o projeto sendo contabilizado o valor da matéria prima e do serviço em apenas um item. O aço utilizado foi adquirido cedido por uma empresa parceira e os processos de corte, solda e pintura foram desenvolvidos pelo autor deste trabalho. Sendo assim, o custo das peças soldadas e acabadas foi orçado com uma empresa especializada para contabilizar nos custos.

Tabela 22 - Custos do protótipo

Item	Qty	Unidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Raspberry Pi 4 4gb	1	un	639,90	639,90
Arduino Uno	1	un	79,90	79,90
Tela LCD touch screen	1	un	123,91	123,91
Câmera para Raspberry	1	un	48,90	48,90
Ponte H	1	un	21,90	21,90
Fonte de alimentação	1	un	36,00	36,00
Modulo pH com sonda	1	un	175,99	175,99
Regulador de tensão	1	un	13,90	13,90
Campainha	1	un	7,90	7,90
Fita de led	1	un	1,99	1,99
Ventiladores	2	un	9,99	19,98
Bomba de fluido	1	un	146,70	146,70
Sensor ultrassônico	1	un	11,50	11,50
Refratômetro	1	un	119,90	119,90
Prensa Cabo	3	un	2,99	8,97
Conexão engate rápido BSP	2	un	22,90	45,80
Mangueira pneumática	3	m	15,75	47,25
Acrílico 3 mm cortado a laser	1	un	310,00	310,00
Cola para acrílico 100 ml	1	un	49,80	49,80
Tinta spray para acrílico	1	un	42,90	42,90
Kit Jumper / Cabo prototipagem	2	un	13,90	27,80
Cabo pp 4x1 mm	2	m	6,80	13,60
Cabo pp 3x1 mm	2	m	4,70	9,40
Aço cortado e soldado	1	un	80,00	80,00
			Somatório	2083,89

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

Foram selecionadas três propriedades (pH, Brix e nível) dos fluídos de usinagem que possibilitam seu acompanhamento e sua manutenção. Assim, o desenvolvimento de um equipamento com componentes eletrônicos capaz de executar o monitoramento destas três propriedades foi concluído. Os testes do protótipo demonstraram que o mesmo consegue monitorar as propriedades selecionadas, apresentando valores bastante próximos dos valores de referência.

Durante os testes de avaliação do grau Brix, o equipamento apresentou desvio padrão inferior a 0,2 °Brix. Sabendo que, os problemas nos fluídos de usinagem relacionados à concentração ocorrem quando seu valor reduz mais do que 1 °Brix do valor de referência, pode-se considerar as medições do equipamento satisfatórias para o monitoramento.

O pH do fluído de usinagem é uma das propriedades mais importantes, pois valores baixos são propícios para a proliferação de bactérias e comprometem a proteção das partes metálicas do equipamento, a qual o fluído está instalado. As medições de pH do protótipo apresentaram desvios padrões bastante baixos, permitindo que oscilações inferiores a 0,1 pH sejam identificadas. Sendo assim, a avaliação do pH do equipamento é eficiente para o controle e o monitoramento.

Devido ao princípio de funcionamento do sensor de pH, é necessário a calibração sempre que o fluído de usinagem for alterado. É importante que a calibração seja executada, também, após certo período de operação, porém com o presente estudo não foi possível determinar este tempo.

A medição de nível apresentou oscilações significativas, com desvio padrão chegando a 7,2 mm. Esta oscilação é proveniente do método de medição, pois o sensor ultrassônico sofre oscilações na recepção do pulso, devido à superfície do fluído não permanecer totalmente perpendicular ao pulso emitido pelo sensor. Porém, mesmo com estas oscilações, o equipamento é satisfatório para monitoramento de tanques de fluído com profundidades máximas de 300 mm.

Os testes executados diretamente na máquina comprovaram que o equipamento é capaz de monitorar constantemente o fluído instalado, assim como, manter o histórico das medições para análises futuras. O material escolhido para desenvolvimento do protótipo apresentou ser frágil para a utilização em um ambiente fabril, necessitando cuidados maiores no manuseio do protótipo.

Como melhorias no equipamento e sugestões para trabalhos futuros, podem ser executadas: implementação de um sensor de nível que apresente melhor exatidão nas medidas, desenvolvimento de lentes óticas específicas à aplicação para substituir o refratômetro comercial, desenvolvimento de um *hardware* único para substituir os componentes eletrônicos comerciais e a fabricação do equipamento em materiais mais robustos e adequados aos ambientes industriais.

Finalmente, para o desenvolvimento do projeto em escala comercial, seria de suma importância aplicações das melhorias citadas acima, facilitando o manuseio e tornando o equipamento mais eficiente. Referente aos custos envolvidos para confecção, não é possível sua comparação com algum modelo já comercial, pois não foi localizado um produto similar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Niza Helena. **Metodologia Para Avaliação E Qualificação De Instrumentos Medidores De pH**. 2005. 167f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Saúde) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde PUCPR, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, 2005. *E-book*.

ARDUINO. What is Arduino?. [s. l.], 2020a. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 30 abr. 2020.

ARDUINO. ARDUINO UNO REV3. [s. l.], 2020b. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 30 abr. 2020.

BALL, David W. Concentration scales for sugar solutions. **Journal of Chemical Education**, Cleveland, v. 83, n. 10, p. 1489–1491, 2006.

BIOLUB. Correta utilização do refratômetro portátil para verificar concentração de fluidos solúveis. [s. l.], [2020?]. *E-book*. Disponível em: <https://biolub.com.br/blog/correta-utilizacao-do-refratometro-portatil-para-verificar-concentracao-de-fluidos-soluveis/>. Acesso em: 11 jun. 2020.

BYERS, Jerry P. Metalworking Fluids. **Journal of Chemical Information and Modeling**, Boca Raton, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

CATAI, R. E.; BIANCHI, E. C.; DE AGUIAR, P. R. Formas de Manutenção e Métodos de Descarte dos Fluidos de Corte Utilizados na Usinagem de Metais. **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, Natal. 2002. p. 2823–2829.

DAURICIO, Juliana Schiavetto. **Algoritmos e Lógica de Programação**. Londrina: Educacional, 2015. *E-book*.

EVANS, R. Selection and testing of metalworking fluids. *In*: ASTAKHOV, V. P.; JOKSCH, S. (ed.). **Metalworking fluids for cutting and grinding: Fundamentals**

and recent advances. USA: Woodhead Publishing, 2012. p. 23-75. *E-book*.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970. *E-book*.

FREEEIMAGES. **Free Na estrada 7 Stock Photo**. [s. l.], [2020?]. Disponível em: <https://pt.freeimages.com/photo/on-the-road-7-1384791>. Acesso em: 18 maio. 2020.

GERULOVÁ, Kristína *et al.* Real Time Monitoring and Automatic Regulation System for Metalworking Fluids. **Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology**, Trnava, v. 24, n. 38, p. 27–34, 2016. *E-book*. Disponível em: https://www.mtf.stuba.sk/buxus/docs/doc/casopis_Vedecke_prace/38/4_Gerulova.pdf. Acesso em: 28 maio. 2020

GODLEVSKIY, V. Mechanisms of action of metalworking fluids in metal cutting. *In*: ASTAKHOV, V. P.; JOKSH, S. (ed.). **Metalworking fluids for cutting and grinding: Fundamentals and recent advances**. Russia: Woodhead Publishing, 2012. *E-book*. p. 1-21.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Digital image processing**. New York: Pearson, c2018. *E-book*.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals Of Physics**. 11° ed. Danvers: Wiley, 2018. *E-book*.

JURINA, F.; PETERKA, J. Options of real time monitoring metalworking fluids. **International Scientific Journal Machines. Technologies. Materials**, Trnava, v. 120, n. 3, p. 117–120, 2018. *E-book*. Disponível em: <https://stumejournals.com/journals/mtm/2018/3/117.full.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020

KINGSTA, R. Mercy; SAUMI, A. S.; SARANYA, P. Design and construction of arduino based pH control system for household waste water reuse. **Third**

International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2019, Tirunelveli, n. 3, p. 1037–1041, 2019. *E-book*. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8862752>. Acesso em: 30 maio 2020

KINSER, Jason M. **Image Operators - Image Processing in Python**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2019. *E-book*.

KOSCHAN, Andreas; ABIDI, Mongi. **Digital Color Image Processing**. Hoboken: Wiley, 2008. *E-book*.

LIPTÁK, Béla G. **Instrument Engineers's Handbook: Process Measurement and Analysis**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2003. *E-book*.

MACHADO, Alisson Rocha *et al.* **Teoria da Usinagem Dos Materiais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. *E-book*.

MANZANO, José Augusto N. G.; OLIVEIRA, Jayr Figueiredo de. **Algoritmos Lógica Para Desenvolvimento de Programação de Computadores**. 17^a ed. Tatuapé: Érica, 2005. *E-book*.

MARKSBERRY, P. W.; JAWAHIR, I. S. A comprehensive tool-wear/tool-life performance model in the evaluation of NDM (near dry machining) for sustainable manufacturing. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, [s. l.], v. 48, n. 7–8, p. 878–886, 2008. *E-book*.

MARTINS, João Pavão. **Programação em Python: Introdução à Programação Utilizando Múltiplos Paradigmas**. Lisboa: Departamento de Engenharia Informática - Instituto Superior Técnico, 2012. *E-book*.

MCMILLAN, Gregory K.; CAMERON, Robert A. **Advanced pH Measurement and Controle**. 3^o ed. Durham: Internation Society of Automation, 2004. *E-book*.

MORRIS, Alan S.; LANGARI, Reza. **Measurement and Instrumentation**. 2^o ed. San Diego: Elsevier USA, 2016. *E-book*.

NIELSEN, Suzanne S. **Food Analysis Fifth Edition**. 5° ed. West Lafayette: Springer, 2017. *E-book*.

NORMAN F. SHEPPARD, Jr.; GUISEPPI-ELIE, Anthony. pH measurement. *In*: LIPTÁK, B. G. (ed.). **Instrument Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis**, 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2003. p. 1565–1584. *E-book*.

RASPBERRY PI. Products. [S. l.], 2020a. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/products/>. Acesso em: 5 maio. 2020.

RASPBERRY PI. Raspberry Pi 4 Tech Specs. [S. l.], 2020b. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>. Acesso em: 5 maio. 2020.

RAVE, A.; JOKSCH, S. Monitoring metalworking fluids. *In*: ASTAKHOV, V. P.; JOKSCH, S. (org.). **Metalworking fluids for cutting and grinding: Fundamentals and recent advances**. Germany: Woodhead Publishing, 2012. p 317-337. *E-book*.

ROSEBROCK, Adrian. **Deep Learning for Computer Vision with Python**. 1. ed. [S. l.]: PYIMAGESEARCH, 2017. *E-book*.

SINGH, Himanshu. **Practical Machine Learning and Image Processing**. Allahabad: Apress, c2019. *E-book*.

SMITH, Graham T. **CNC Machining Technology**. Londres: Springer-Verlag, 1993. *E-book*. v. 2: Cutting, Fluids and Workholding Technologies

SOLOMON, Chris; BRECKON, Toby. **Fundamentals of digital image processing**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. *E-book*.

TASDELEN, B.; WIKBLOM, T.; EKERED, S. Studies on minimum quantity lubrication (MQL) and air cooling at drilling. **Journal of Materials Processing Technology**, [s. l.], v. 200, n. 1–3, p. 339–346, 2008.

THERMO SCIENTIFIC. **pH Measurement Handbook**. [S. l.]: Thermo Scientific, 2014. *E-book*.

WALTHER, P. Maintenance of metalworking fluids. *In*: ASTAKHOV, V. P.; JOKSCH, S. (ed.). **Metalworking fluids for cutting and grinding: Fundamentals and recent advances**. Germany: Woodhead Publishing, 2012. *E-book*.

XIAO, Perry. **Designing Embedded Systems and the Internet of Things (IoT)**. London: Wiley, 2018. *E-book*.

APÊNDICE A – FIRMWARE DO RASPBERRY

```

import time
import schedule
import threading

from tkinter import *
root = Tk()

from picamera import PiCamera

import cv2
import numpy as np

import serial
ser = serial.Serial('/dev/ttyACMo', 9600)

import os

import csv
from datetime import datetime

timeBA = 0.01
brix = 12.0
ph = 7.0
nivel = 80

phCalibrator = 1.0

brixMax = 15.00
brixMin = 10.00
phMax = 7.5
phMin = 6.5
levelMax = 100
levelMin = 50

time.sleep(3)

dataehora = datetime.now()
dataehora = dataehora.strftime('%d_%m_%Y %H-%M')
print(dataehora)

arquivoNovo = 'FluidMonitor' + dataehora + '.csv'

cabecalho = ['TEMPO', 'BRIX', 'PH', 'NIVEL']

csvArq = open(arquivoNovo, 'w', newline='', encoding='utf-8')
writer = csv.writer(csvArq, delimiter=',')
writer.writerow(cabecalho)
csvArq.close()

def analisarImagem():

    img = cv2.imread('/home/pi/Documents/FLUIDMONITOR/imagemo1.jpg')
    imgGray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    #cv2.imshow('gray', imgGray)
    #cv2.waitKey(0)
    imgBlur = cv2.GaussianBlur(imgGray, (5,5), 1)
    #cv2.imshow('blur', imgBlur)
    #cv2.waitKey(0)

    imgCanny1 = cv2.Canny(imgBlur, 20, 100)

```

```

#cv2.imshow('canny1',imgCanny1)
#cv2.waitKey(0)

#find the non-zero min-max coords of canny
pts = np.argwhere(imgCanny1>0)
y1,x1 = pts.min(axis=0)
y2,x2 = pts.max(axis=0)

tagged = cv2.rectangle(img.copy(), (x1,y1), (x2,y2), (0,255,0), 3, cv2.LINE_AA)
#cv2.imshow("tagged", tagged)
#cv2.waitKey(0)

#cortar
cropped = img[y1+5:y2-5, x1+55:x2]

cropgray = cv2.cvtColor(cropped, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
#cv2.imshow('gray', cropgray)
#cv2.waitKey(0)

cropblur = cv2.GaussianBlur(cropgray,(5,5),1)
#cv2.imshow('blur', cropblur)
#cv2.waitKey(0)

cropcanny = cv2.Canny(cropblur, 5,38)
#cv2.imshow('blur', cropcanny)

cv2.imwrite('/home/pi/Documents/FLUIDMONITOR/imagemfinal.jpg', cropcanny)
print(cropcanny.shape)

pix = cropcanny[20,0]
i=0
while pix < 150:
    pix = cropcanny[18,i]
    i+=1
i=i-1

print(i)

global brix
brix=round(float(30-(30*(366-i))/(366-5)),2)

```

class Analise():

```
def capturarImagem(self):
```

```
    from time import sleep
```

```
    camera = PiCamera()
```

```
    camera.resolution = (1024,768)
```

```
    camera.start_preview()
```

```
    sleep(8)
```

```
    camera.capture('/home/pi/Documents/FLUIDMONITOR/imagemo1.jpg')
```

```
    camera.stop_preview()
```

```
    camera.close()
```

```
def desligaBuzzer(self):
```

```
    ser.write(str.encode("5"))
```

```
    print("desligando buzzer")
```

```
    valorLido = str(ser.readline())
```

```

print(valorLido)

ultDig = len(valorLido)-5
valorLido = valorLido[2:ultDig]
print(valorLido)

valorLido = "o"

def desligaSistema(self):

    ser.write(str.encode("6"))

    os.system("sudo shutdown -h now")

def salvarDadosCSV(self):

    agora=datetime.now()
    agora=agora.strftime('%d/%m/%Y %H:%M')

    dados=[agora, brix, ph, nivel]

    arqAbrir = open(arquivoNovo,'a',newline=")

    writer = csv.writer(arqAbrir)
    writer.writerow(dados)
    arqAbrir.close()

def processoGeral(self):

    schedule.clear()

    analisa=Analise()

    valorLido = "o"

    condicao = False

    ser.write(str.encode("1"))
    print("enviado 1")

    #ler valore do nivel
    valorLido = str(ser.readline())
    print(valorLido)

    ultDig = len(valorLido)-5
    global nivel
    nivel= valorLido[2:ultDig]
    nivel= round(float(315) - float(nivel),0)
    print(str(nivel))

    valorLido = "o"

    #processo de avaliacao Brix
    analisa.capturarImagem()

    analisarImagem()

    time.sleep(3)

    ser.write(str.encode("2"))
    print("enviando 2")

```

```

valorLido = str(ser.readline())
print(valorLido)

ultDig = len(valorLido)-5
global ph
ph = round(float(valorLido[2:ultDig])+phCalibrator,2)
print(ph)

valorLido = "o"

#pausa
time.sleep(1)

ser.write(str.encode("3"))
print("enviando 3")

valorLido = str(ser.readline())
print(valorLido)

ultDig = len(valorLido)-5
valorLido = valorLido[2:ultDig]
print(valorLido)

valorLido = "o"

self.brixEnt.delete(0,END)
self.brixEnt.insert(0,brix)

self.phEnt.delete(0,END)
self.phEnt.insert(0,ph)

self.levelEnt.delete(0,END)
self.levelEnt.insert(0,nivel)

if float(brix) > float(brixMax) or float(brix) < float(brixMin):
    ser.write(str.encode("4"))
    print("alerta")
    valorLido = str(ser.readline())
    print(valorLido)

    ultDig = len(valorLido)-5
    valorLido = valorLido[2:ultDig]
    print(valorLido)

valorLido = "o"

analisa.salvarDadosCSV()

if float(ph) > float(phMax) or float(ph) < float(phMin):
    ser.write(str.encode("4"))
    print("alerta")
    valorLido = str(ser.readline())
    print(valorLido)

    ultDig = len(valorLido)-5
    valorLido = valorLido[2:ultDig]
    print(valorLido)

if (float(nivel) > (levelMax)) or (float(nivel) < float(levelMin)):
    ser.write(str.encode("4"))
    print("alerta")
    valorLido = str(ser.readline())

```

```

print(valorLido)

ultDig = len(valorLido)-5
valorLido = valorLido[2:ultDig]
print(valorLido)

schedule.every(timeBA).hours.do(self.processoGeral)

```

```
class FuncoesTempo():
```

```

def minPlus(self):
    time_now = float(self.valorTempo.get())
    time_now = time_now + 0.25
    self.valorTempo.delete(0,END)
    self.valorTempo.insert(0,time_now)
    global timeBA
    timeBA = time_now

```

```

def minMinus(self):
    time_now = float(self.valorTempo.get())
    time_now = time_now - 0.25
    self.valorTempo.delete(0, END)
    self.valorTempo.insert(0,time_now)
    global timeBA
    timeBA = time_now

```

```

def hrPlus(self):
    time_now = float(self.valorTempo.get())
    time_now = time_now + 1
    self.valorTempo.delete(0, END)
    self.valorTempo.insert(0,time_now)
    global timeBA
    timeBA = time_now

```

```

def hrMinus(self):
    time_now = float(self.valorTempo.get())
    time_now = time_now - 1
    self.valorTempo.delete(0, END)
    self.valorTempo.insert(0,time_now)
    global timeBA
    timeBA = time_now

```

```

def dayPlus(self):
    time_now = float(self.valorTempo.get())
    time_now = time_now + 24
    self.valorTempo.delete(0, END)
    self.valorTempo.insert(0,time_now)
    global timeBA
    timeBA = time_now

```

```

def dayMinus(self):
    time_now = float(self.valorTempo.get())
    time_now = time_now - 24
    self.valorTempo.delete(0, END)
    self.valorTempo.insert(0,time_now)
    global timeBA
    timeBA = time_now

```

```

def zerar(self):
    self.valorTempo.delete(0,END)
    self.valorTempo.insert(0,0.00)
    global timeBA
    timeBA = self.valorTempo.get()

```

```

class FuncoesLimite():

    def brixMaxMais(self):
        valor = float(self.vlrBrixMax.get())
        valor = valor + 1
        self.vlrBrixMax.delete(o,END)
        self.vlrBrixMax.insert(o, valor)
        global brixMax
        brixMax = valor

    def brixMaxMenos(self):
        valor = float(self.vlrBrixMax.get())
        valor = valor - 1
        self.vlrBrixMax.delete(o,END)
        self.vlrBrixMax.insert(o, valor)
        global brixMax
        brixMax = valor

    def brixMinMais(self):
        valor = float(self.vlrBrixMin.get())
        valor = valor + 1
        self.vlrBrixMin.delete(o,END)
        self.vlrBrixMin.insert(o, valor)
        global brixMin
        brixMin = valor

    def brixMinMenos(self):
        valor = float(self.vlrBrixMin.get())
        valor = valor - 1
        self.vlrBrixMin.delete(o,END)
        self.vlrBrixMin.insert(o, valor)
        global brixMin
        brixMin = valor

    def phMaxMais(self):
        valor = float(self.vlrPhMax.get())
        valor = valor + 0.5
        self.vlrPhMax.delete(o,END)
        self.vlrPhMax.insert(o, valor)
        global phMax
        phMax = valor

    def phMaxMenos(self):
        valor = float(self.vlrPhMax.get())
        valor = valor - 0.5
        self.vlrPhMax.delete(o,END)
        self.vlrPhMax.insert(o, valor)
        global phMax
        phMax = valor

    def phMinMais(self):
        valor = float(self.vlrPhMin.get())
        valor = valor + 0.5
        self.vlrPhMin.delete(o,END)
        self.vlrPhMin.insert(o, valor)
        global phMin
        phMin = valor

    def phMinMenos(self):
        valor = float(self.vlrPhMin.get())
        valor = valor - 0.5
        self.vlrPhMin.delete(o,END)

```

```

self.vlrPhMin.insert(0, valor)
global phMin
phMin = valor

def nivelMaxMais(self):
    valor = float(self.vlrNivelMax.get())
    valor = valor + 5
    self.vlrNivelMax.delete(0,END)
    self.vlrNivelMax.insert(0, valor)
    global levelMax
    levelMax = valor

def nivelMaxMenos(self):
    valor = float(self.vlrNivelMax.get())
    valor = valor - 5
    self.vlrNivelMax.delete(0,END)
    self.vlrNivelMax.insert(0, valor)
    global levelMax
    levelMax = valor

def nivelMinMais(self):
    valor = float(self.vlrNivelMin.get())
    valor = valor + 5
    self.vlrNivelMin.delete(0,END)
    self.vlrNivelMin.insert(0, valor)
    global levelMin
    levelMin = valor

def nivelMinMenos(self):
    valor = float(self.vlrNivelMin.get())
    valor = valor - 5
    self.vlrNivelMin.delete(0,END)
    self.vlrNivelMin.insert(0, valor)
    global levelMin
    levelMin = valor

class Application(FuncoesTempo, FuncoesLimite, Analise):
    def __init__(self):
        self.root=root
        self.telainicio()

        root.mainloop()

    def telainicio(self):

        self.root.title("Tela Inicial")
        self.root.geometry("480x320")
        self.root.resizable(False, False)

        self.telainicioTextos()
        self.telainicioValores()
        self.telainicioBotoes()

    def telainicioTextos(self):

        #titulos
        self.titulo = Label(self.root, text="Ultimas Leituras",font=("verdana" ,14),width=38)
        self.titulo.grid(row=0,column=0,columnspan=6)

        #nomes dos valores
        self.brix = Label(self.root, text= "Brix",font=("verdana" ,12))
        self.ph=Label(self.root, text="pH",font=("verdana" ,12))
        self.level = Label(self.root, text="Nivel(cm)",font=("verdana" ,12))

```



```

#Posicao dos nomes
self.brix.grid(row=1, column=1)
self.ph.grid(row=2, column=1)
self.level.grid(row=3, column=1)

def telaInicioValores(self):

#entradas de valores
self.brixEnt = Entry(self.root, width=10, borderwidth = 2, font=("verdana",16))
self.phEnt = Entry(self.root, width=10, borderwidth = 2,font=("verdana",16))
self.levelEnt = Entry(self.root, width=10, borderwidth=2,font=("verdana",16))

#posicao das entradas de texto
self.brixEnt.grid(row = 1, column = 2)
self.phEnt.grid(row=2,column=2)
self.levelEnt.grid(row=3, column=2)

def telaInicioBotoes(self):
#botoes
self.analise = Button(self.root, text="ANALIZAR",width=20, command=self.processoGeral)
self.limites = Button(self.root, text="LIMITES",width=20,command=self.telaLimites)
self.tempos = Button(self.root, text="TEMPOS",width=20,command=self.telaTempos)
self.buzzer = Button(self.root, text="DESLIGA BUZZER", width=20, command=self.desligaBuzzer)
self.desligar = Button(self.root, text="DESLIGAR \n SISTEMA", height=2, justify=CENTER,
command=self.desligaSistema)

#organizar botoes
self.analise.grid(row=5,column=0,rowspan=2,columnspan=6)
self.limites.grid(row=7,column=0,rowspan=2,columnspan=6)
self.tempos.grid(row=9, column=0,rowspan=2,columnspan=6)
self.buzzer.grid(row=11,column=0, rowspan=2,columnspan=6)
self.desligar.grid(row=1,column=3)

def telaTempos(self):
self.roottemp = Toplevel()
self.roottemp.title("Configuracao de Tempos")
self.roottemp.geometry("480x320")
self.roottemp.resizable(False,False)
self.roottemp.transient(self.root)
self.roottemp.focus_force()
self.roottemp.grab_set()

self.telaTemposTextos()
self.telaTemposBotoes()

def telaTemposTextos(self):
#titulo
self.textoTempo=Label(self.roottemp, text="Tempo entre analises (horas)", font=("verdana",20), width=30)
self.textoTempo.grid(row=0,column=0,columnspan=6)

self.valorTempo = Entry(self.roottemp, width=10,font=("verdana",20), borderwidth=2)
self.valorTempo.grid(row=1, column=0,columnspan=6 )
self.valorTempo.insert(0,timeBA)

def telaTemposBotoes(self):

self.minMais = Button(self.roottemp, text="+15min", width=6, command=self.minPlus)
self.minMenos = Button(self.roottemp, text="-15min", width=6, command=self.minMinus)

self.minMais.grid(row=3,column=0)
self.minMenos.grid(row=4,column=0)

```

```

self.hrMais = Button(self.roottemp, text="+1h", width=6, command=self.hrPlus)
self.hrMenos = Button(self.roottemp, text="-1h", width=6, command=self.hrMinus)

self.hrMais.grid(row=3,column=1)
self.hrMenos.grid(row=4,column=1)

self.diaMais = Button(self.roottemp, text="+1dia", width=6, command=self.dayPlus)
self.diaMenos = Button(self.roottemp, text="-1dia", width=6, command=self.dayMinus)

self.diaMais.grid(row=3,column=2)
self.diaMenos.grid(row=4,column=2)

self.zerar = Button(self.roottemp, text="Zerar", width=6, command=self.zerar)
self.zerar.grid(row=5, column=2)

#botao voltar
self.voltar = Button(self.roottemp, text="VOLTAR", width=15, command=self.roottemp.destroy)
self.voltar.grid(row=5,column=0,columnspan=2)

def telaLimites(self):
    self.rootlim = Toplevel()
    self.rootlim.title("Limites dos Parametros")
    self.rootlim.geometry("480x320")
    self.rootlim.resizable(False,False)
    self.rootlim.transient(self.root)
    self.rootlim.focus_force()
    self.rootlim.grab_set()

    self.telaLimitesTextos()
    self.telaLimitesBotoes()
    self.telaLimitesValores()

def telaLimitesTextos(self):
    #labels
    self.brix = Label(self.rootlim, text="Brix")
    self.ph=Label(self.rootlim, text="pH")
    self.level = Label(self.rootlim, text="Nivel(cm)")

    #organizar as labels nomes
    self.brix.grid(row=1, column=0,rowspan=2)
    self.ph.grid(row=3, column=0,rowspan=2)
    self.level.grid(row=5, column=0,rowspan=2)

    #maximos e minimos
    self.max1 = Label(self.rootlim, text="Max")
    self.max2 = Label(self.rootlim, text="Max")
    self.max3 = Label(self.rootlim, text="Max")
    self.min1 = Label(self.rootlim, text="Min")
    self.min2 = Label(self.rootlim, text="Min")
    self.min3 = Label(self.rootlim, text="Min")

    #organizar maximos e minimos
    self.max1.grid(row=1,column=1)
    self.min1.grid(row=2,column=1)
    self.max2.grid(row=3,column=1)
    self.min2.grid(row=4,column=1)
    self.max3.grid(row=5,column=1)
    self.min3.grid(row=6,column=1)

def telaLimitesValores(self):
    #entradas de valores
    self.vlrBrixMax = Entry(self.rootlim, width=10, borderwidth = 2)

```

```

self.vlrBrixMin = Entry(self.rootlim, width=10, borderwidth = 2)

self.vlrBrixMax.insert(o,brixMax)
self.vlrBrixMin.insert(o,brixMin)

self.vlrPhMax = Entry(self.rootlim, width=10, borderwidth = 2)
self.vlrPhMin = Entry(self.rootlim, width=10, borderwidth = 2)

self.vlrPhMax.insert(o,phMax)
self.vlrPhMin.insert(o,phMin)

self.vlrNivelMax = Entry(self.rootlim, width=10, borderwidth=2)
self.vlrNivelMin = Entry(self.rootlim, width=10, borderwidth=2)

self.vlrNivelMax.insert(o,levelMax)
self.vlrNivelMin.insert(o,levelMin)

#organizar entradas de valores
self.vlrBrixMax.grid(row = 1, column = 2)
self.vlrBrixMin.grid(row = 2, column = 2)
self.vlrPhMax.grid(row=3,column=2)
self.vlrPhMin.grid(row=4,column=2)
self.vlrNivelMax.grid(row=5, column=2)
self.vlrNivelMin.grid(row=6, column=2)

def telaLimitesBotoes(self):
    #botoes mais
    self.btMais1 = Button(self.rootlim, text="+", command = self.brixMaxMais)
    self.btMais2 = Button(self.rootlim, text="+", command = self.brixMinMais)
    self.btMais3 = Button(self.rootlim, text="+", command = self.phMaxMais)
    self.btMais4 = Button(self.rootlim, text="+", command = self.phMinMais)
    self.btMais5 = Button(self.rootlim, text="+", command = self.nivelMaxMais)
    self.btMais6 = Button(self.rootlim, text="+", command = self.nivelMinMais)

    #organizar botoes mais
    self.btMais1.grid(row=1,column=3)
    self.btMais2.grid(row=2,column=3)
    self.btMais3.grid(row=3,column=3)
    self.btMais4.grid(row=4,column=3)
    self.btMais5.grid(row=5,column=3)
    self.btMais6.grid(row=6,column=3)

    #botoes menos
    self.btMenos1 = Button(self.rootlim, text="-", command = self.brixMaxMenos)
    self.btMenos2 = Button(self.rootlim, text="-", command = self.brixMinMenos)
    self.btMenos3 = Button(self.rootlim, text="-", command = self.phMaxMenos)
    self.btMenos4 = Button(self.rootlim, text="-", command = self.phMinMenos)
    self.btMenos5 = Button(self.rootlim, text="-", command = self.nivelMaxMenos)
    self.btMenos6 = Button(self.rootlim, text="-", command = self.nivelMinMenos)

    #organizar botoes menos
    self.btMenos1.grid(row=1,column=4)
    self.btMenos2.grid(row=2,column=4)
    self.btMenos3.grid(row=3,column=4)
    self.btMenos4.grid(row=4,column=4)
    self.btMenos5.grid(row=5,column=4)
    self.btMenos6.grid(row=6,column=4)

    #botao voltar
    self.btVoltar = Button(self.rootlim, text="VOLTAR", width=10, command=self.rootlim.destroy)
    self.btVoltar.grid(row=7,column=0,columnspan=2)

def agendamento():

```

```
while True:
    schedule.run_pending()
    time.sleep(1)

def run_thread(job):
    job_thread = threading.Thread(target=job)
    job_thread.start()

run_thread(agendamento)

Application()
```

APÊNDICE B – FIRMWARE DO ARDUINO

```

//variaveis do ultrasom
float TempoEcho = 0;
const float VelocidadeSom = 344; //metros por segundo
float distancia = 0; // distancia do ultrasom

//pinos do ultrasom
int pinTrigger = 4;
int pinEcho = 5;

//pinos do motor
int pinPWM = 11;
int pinMotor1 = 12;
int pinMotor2 = 13;

//pino buzzer
int pinBuzzer = 10;

//variaveis do sensor pH
float calibrador = 0;
float phval = 0;
unsigned long int avgval;
int buffer_arr[20], temp;
float volt = 0;

//pino alimentacao senso ph
int pinpH5v = 2;

void setup(){

  Serial.begin(9600);

  pinMode(pinTrigger, OUTPUT); //TRigger Ultrasom
  pinMode(pinEcho, INPUT); //Echo ultrasom

  digitalWrite(pinTrigger, LOW); //trigger desligado

  pinMode(pinPWM, OUTPUT);
  pinMode(pinMotor1, OUTPUT);
  pinMode(pinMotor2, OUTPUT);

  analogWrite(pinPWM,120);
  digitalWrite(pinMotor1, LOW); //LIGA BOMBA
  digitalWrite(pinMotor2, HIGH);

  pinMode(pinpH5v, OUTPUT);
  digitalWrite(pinpH5v, HIGH); //alimentacao sensor ph

  delay(100);

}

void loop(){

  if(Serial.available() >0){

    int recebido = Serial.read();
    if(recebido == '1'){
      // Medicao de nivel
    }
  }
}

```

```

digitalWrite(pinTrigger, HIGH); //liga trigger
delay(10);
digitalWrite(pinTrigger, LOW); //desliga trigger

TempoEcho = pulseIn(pinEcho, HIGH); //Mede tempo do pulso

distancia = TempoEcho*VelocidadeSom/2000;

analogWrite(pinPWM,0);
digitalWrite(pinMotor1, HIGH); //desliga bomba
digitalWrite(pinMotor2, HIGH);

Serial.println(distancia);

}

if(recebido == '2'){
//LEITURA DO PH

for(int i=0; i<20; i++){
  buffer_arr[i] = analogRead(A0);
  delay(600);
}

for(int i=0; i<19; i++){

  for(int j=0; j<20; j++){

    if(buffer_arr[i]>buffer_arr[j]){

      temp = buffer_arr[i];
      buffer_arr[i] = buffer_arr[j];
      buffer_arr[j] = temp;
    }
  }
}

avgval=0;

for(int i=3; i<18; i++){
  avgval+=buffer_arr[i];
}

volt=(float)avgval/15;
phval = 14-((14*volt)/1023);

Serial.println(phval);

}

if(recebido == '3'){
//Liga a bomba

analogWrite(pinPWM, 120);
digitalWrite(pinMotor1, LOW); //liga bomba
digitalWrite(pinMotor2, HIGH);

Serial.println('3');

}

if(recebido == '4'){

```

```
//liga o buzzer

    analogWrite(pinBuzzer, 20);
    Serial.println('4');

}

if(recebido == '5'){

    //desliga o buzzer

        analogWrite(pinBuzzer, 0);
        Serial.println('5');

    }

if(recebido == '6'){
    //desliga a bomba

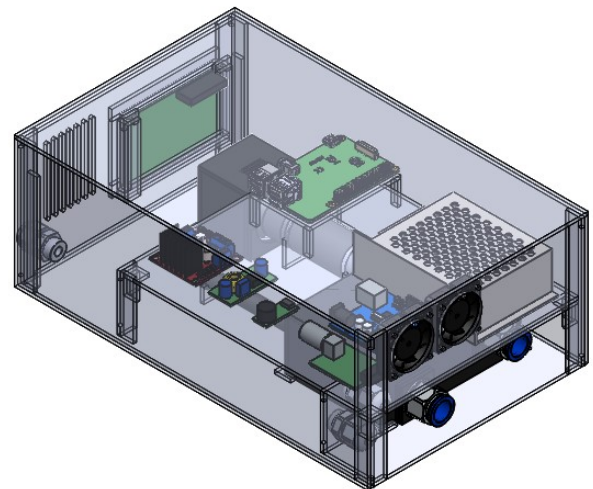
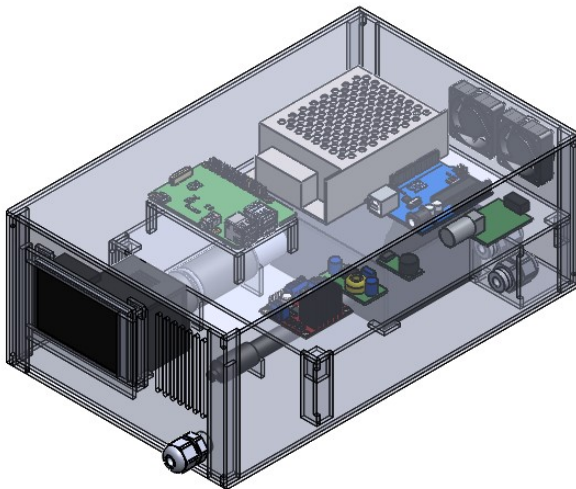
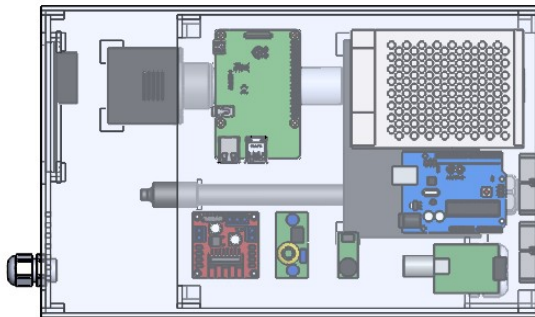
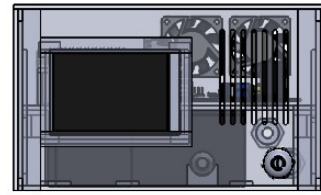
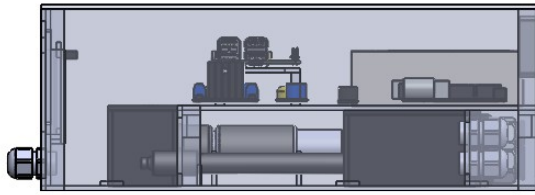
    digitalWrite(pinMotor1, HIGH); //Desliga a bomba
    digitalWrite(pinMotor2, HIGH);
    }

}

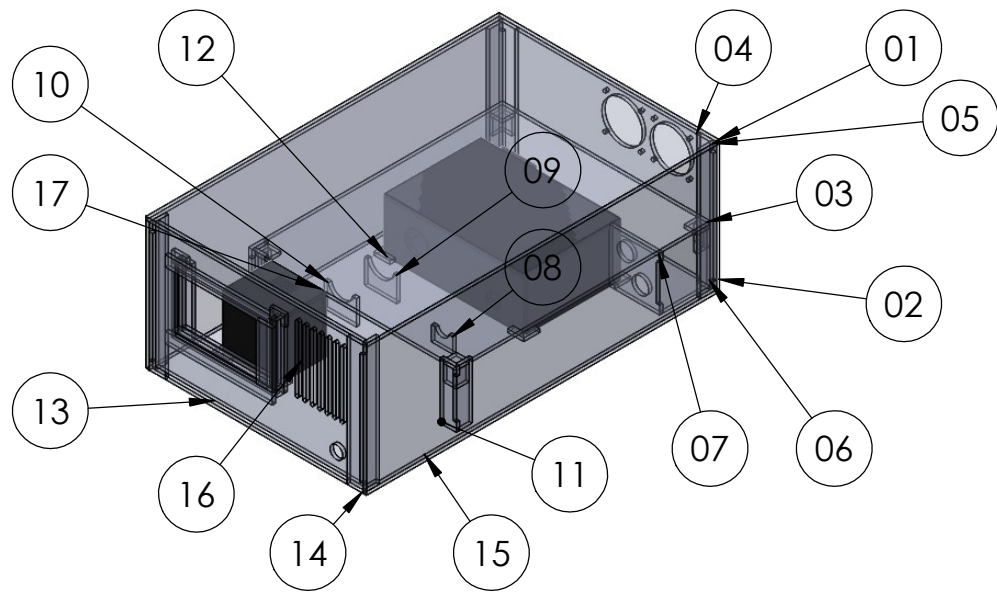
delay(100);

}
```

APÊNDICE C – PROJETO DO EQUIPAMENTO



Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:5	1/19



Nº	ITEM	DESCRIÇÃO	QTD.
1	TAMPA SUPERIOR	PEÇA UNICA	1
2	TAMPA LATERAL	PEÇA UNICA	2
3	BASE SUPERIOR	PEÇA UNICA	1
4	FECHAMENTO TRASEIRO	PEÇA UNICA	1
5	COLUNA TRASEIRA	MONTAGEM	2
6	SUORTE BASE CABO	PEÇA UNICA	1
7	SUORTE PRENSA CABO	PEÇA UNICA	1
8	SUORTE SENSOR PH	PEÇA UNICA	1
9	SUORTE 01 REFRAATOMETRO	PEÇA UNICA	1
10	SUORTE 02 REFRAATOMETRO	PEÇA UNICA	1
11	COLUNA INTERMEDIARIA	MONTAGEM	2
12	TANQUE	MONTAGEM	1
13	PAINEL FRONTAL	MONTAGEM	1
14	COLUNA FRONTAL	MONTAGEM	2
15	BASE INFERIOR	MONTAGEM	1
16	SUORTE DA CAMERA	MONTAGEM	1
17	FECHAMENTO CAMERA	MONTAGEM	1

Status: **Desenvolvimento**

Projeto:

FLUIDMONITOR

Responsável: **Daniel Klein**

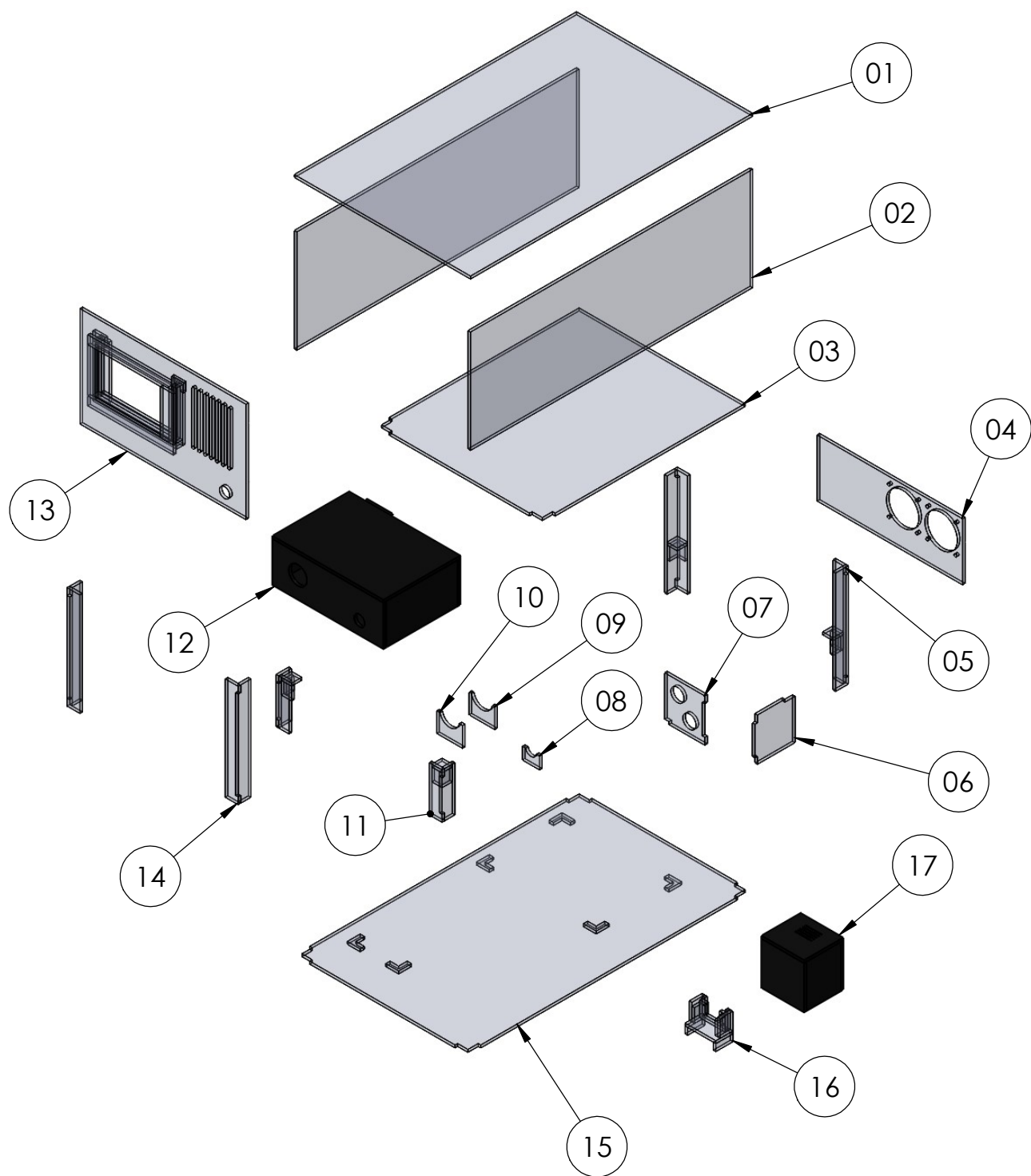
Data: **03/06/2021**

Idioma: **Pt**

Ultima Revisão: **04/06/2021**

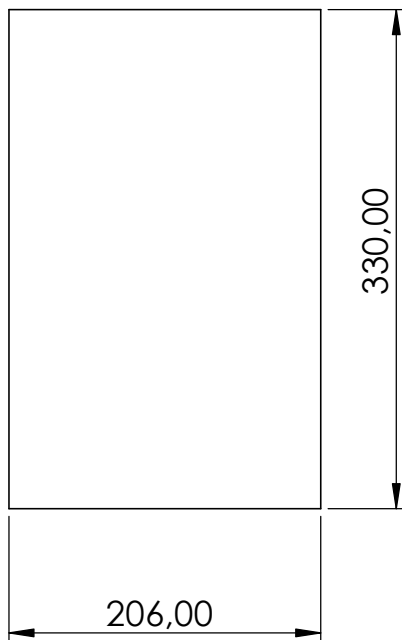
Escala: **1:5**

2/19

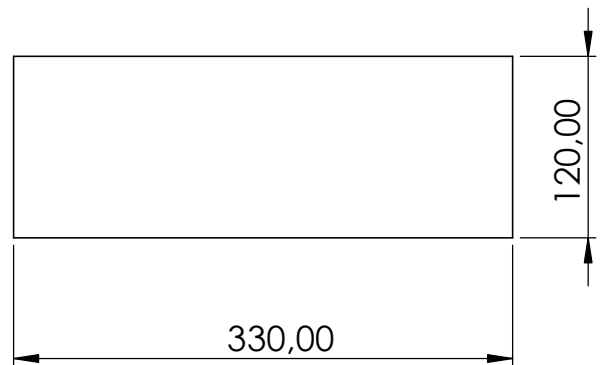


Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:5	3/19

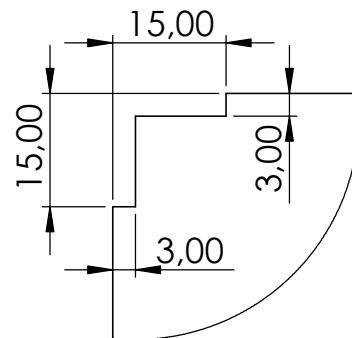
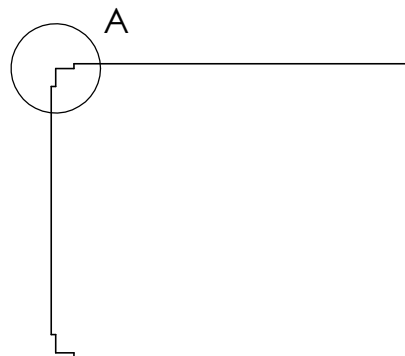
1



2



3

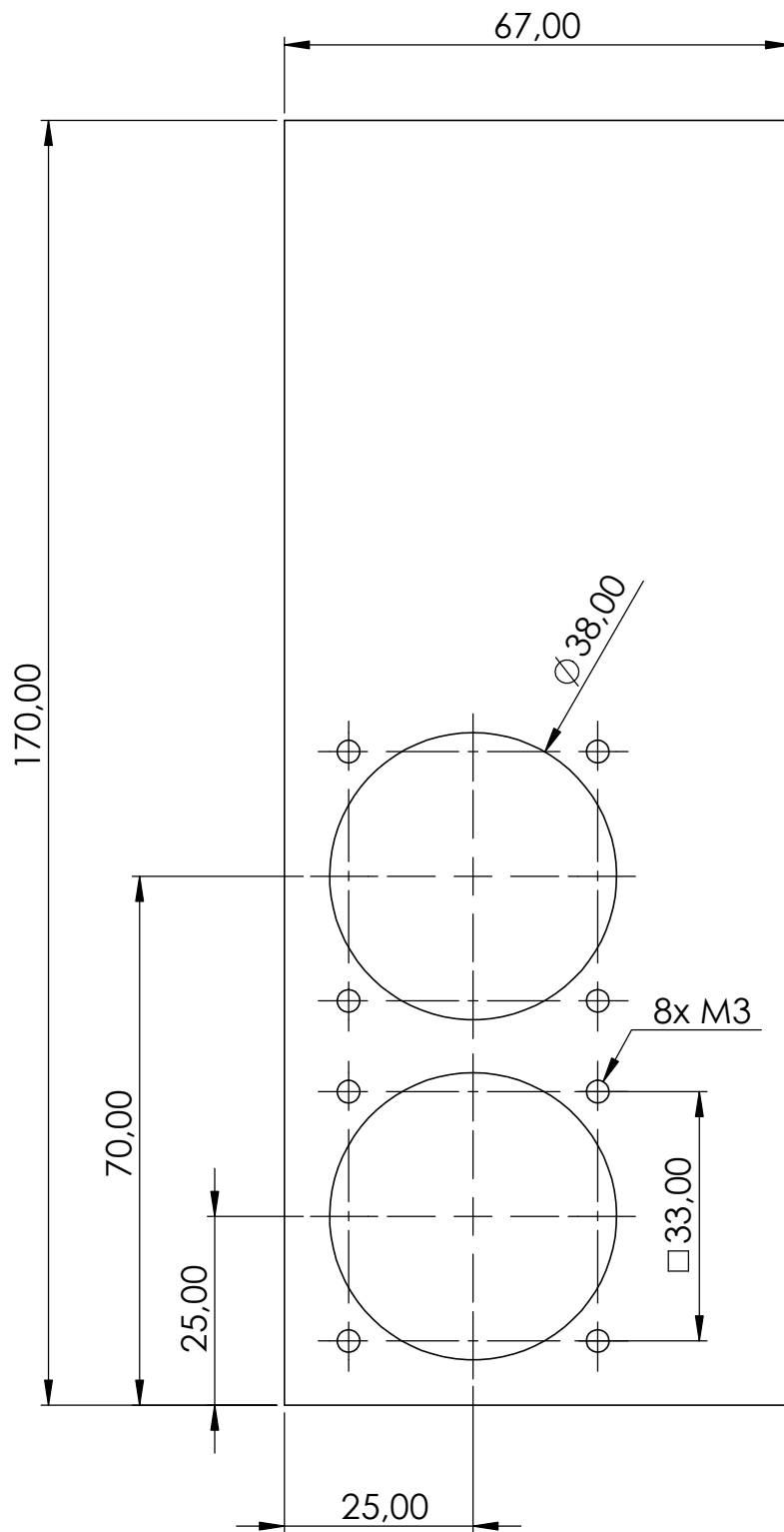


DETALHE A
ESCALA 1 : 1

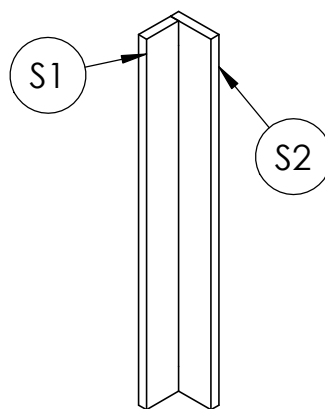
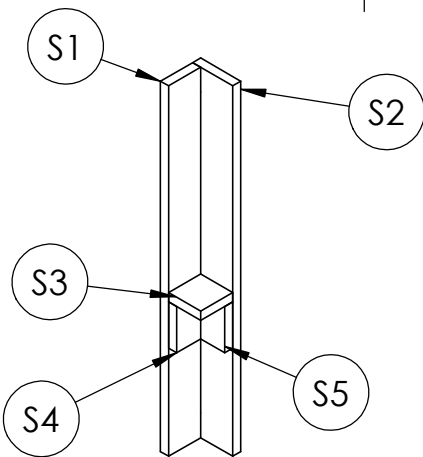
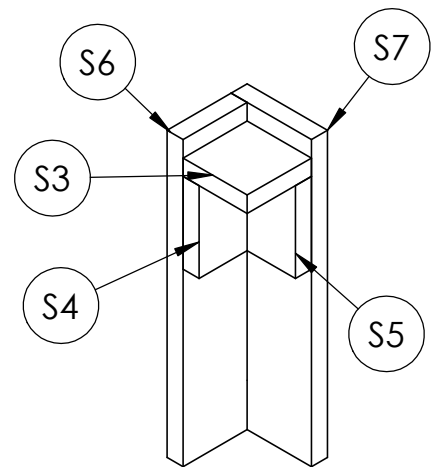
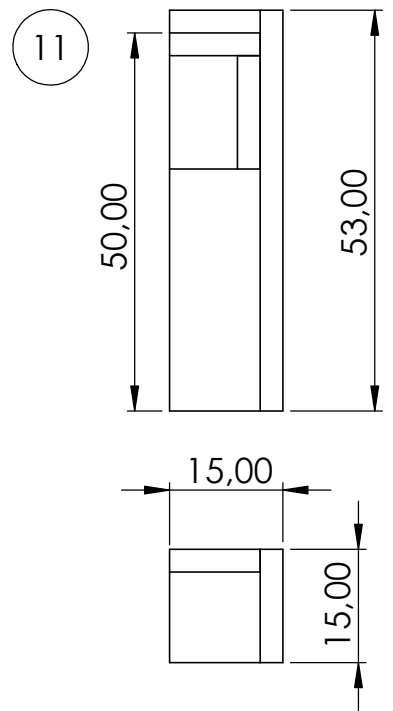
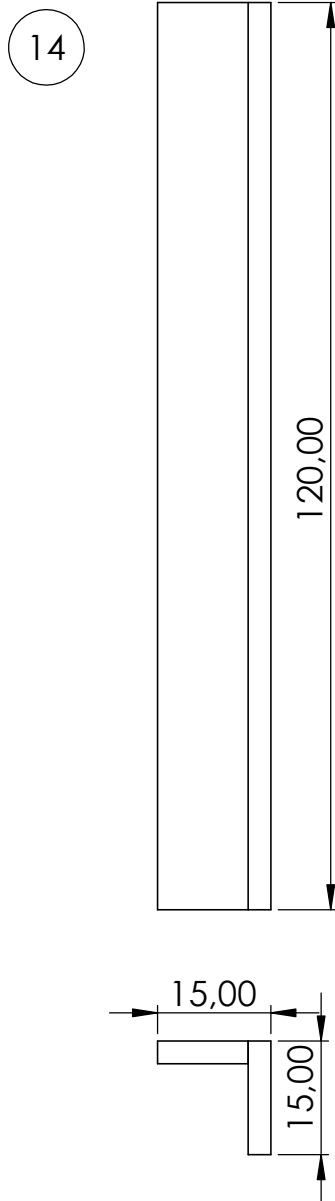
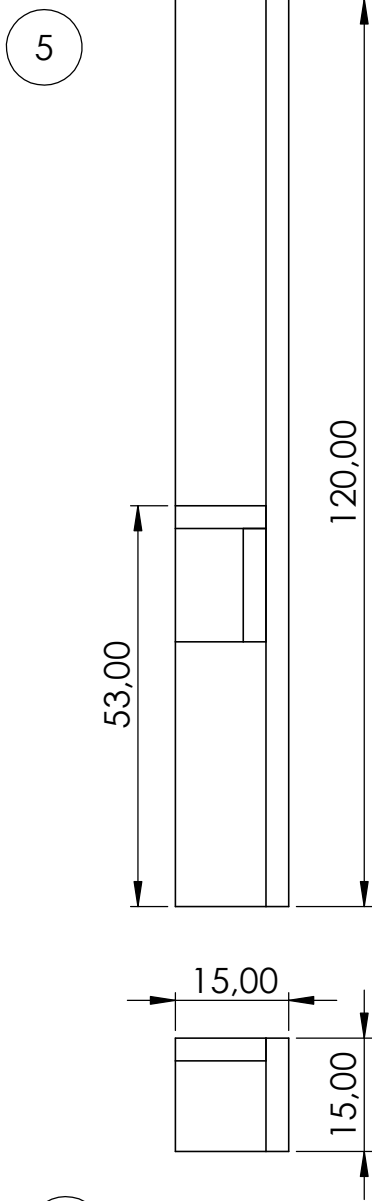
Espessura 3,0 mm

Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
1	TAMPA SUPERIOR	ACRILICO	1
2	TAMPA LATERAL	ACRILICO	2
3	BASE SUPERIOR	ACRILICO	1
Status: Desenvolvimento		Projeto:	
Responsável: Daniel Klein		FLUIDMONITOR	
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:5
			4/19

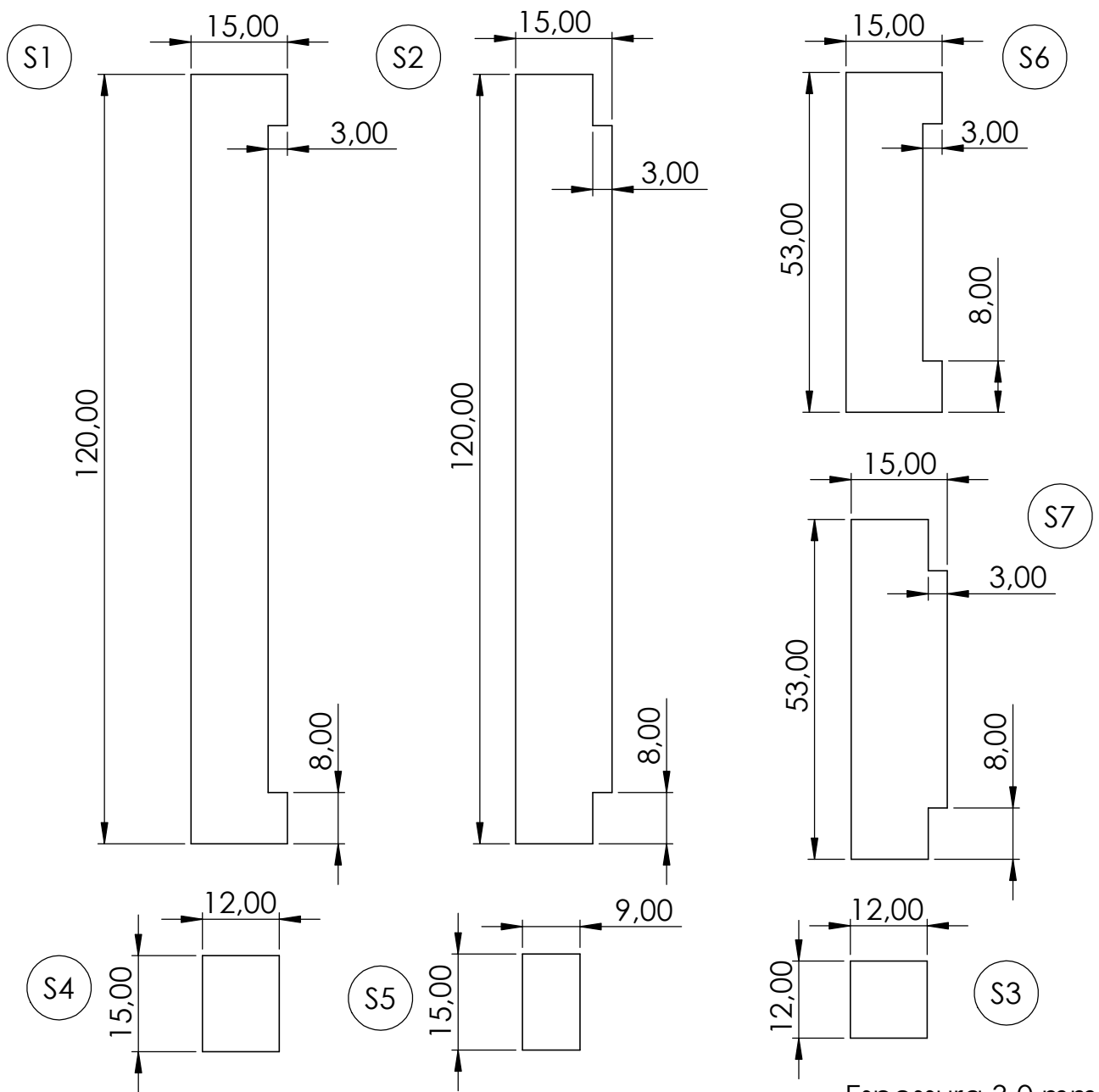
4



N°	ITEM	MATERIAL	QTD.	
1	FECHAMENTO TRASEIRO	ACRILICO	1	
Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:1	5/19



Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:1	6/19



Espessura 3,0 mm

Nº	ITEM	MATERIAL	QNT.
S1	COLUNA A	ACRILICO	4
S2	COLUNA B	ACRILICO	4
S3	BASE COLUNA	ACRILICO	4
S4	SUPORTE COLUNA A	ACRILICO	2
S5	SUPORTE COLUNA B	ACRILICO	2
S6	COLUNA C	ACRILICO	4
S7	COLUNA D	ACRILICO	4

Status: **Desenvolvimento**

Projeto:

FLUIDMONITOR

Responsável: **Daniel Klein**

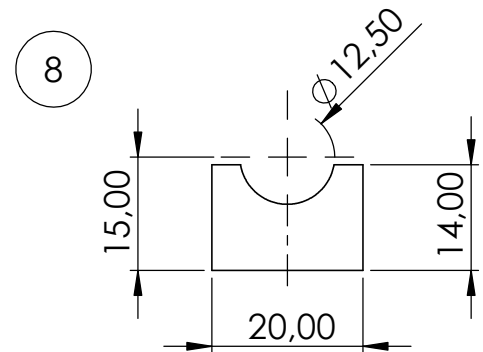
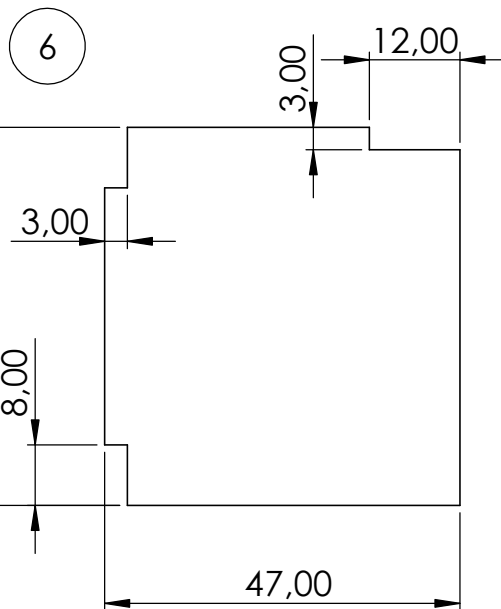
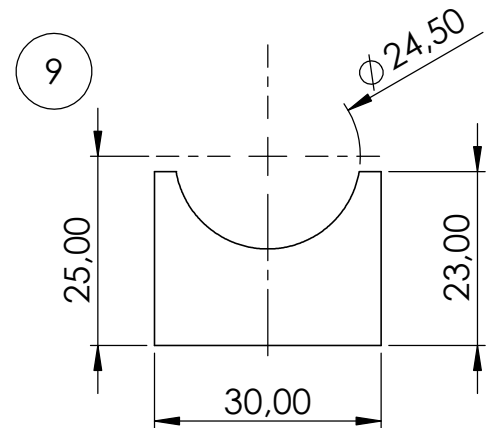
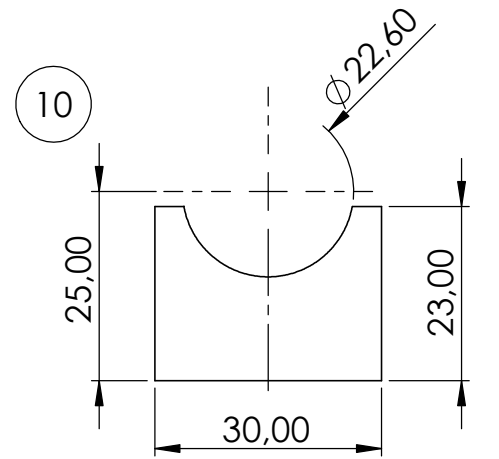
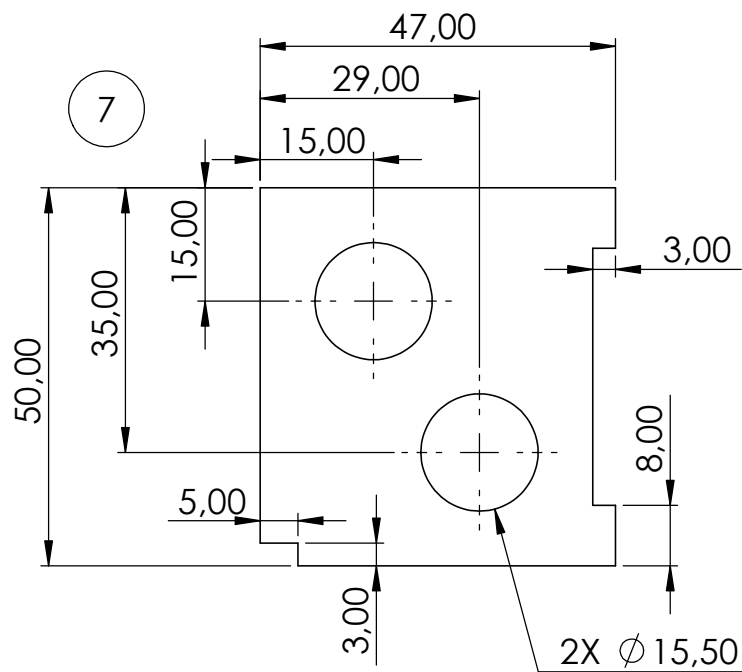
Data: **03/06/2021**

Idioma: **Pt**

Ultima Revisão: **04/06/2021**

Escala: **1:1**

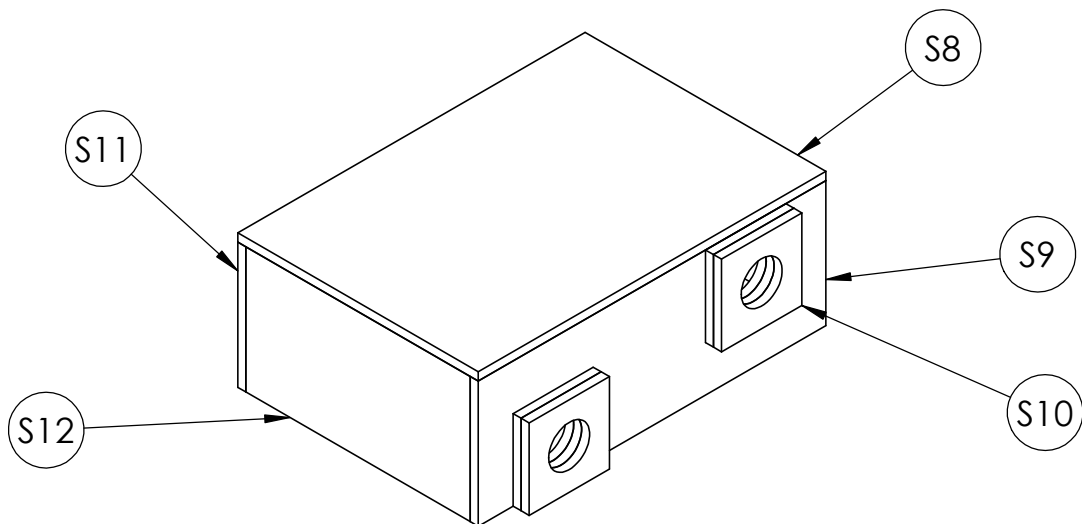
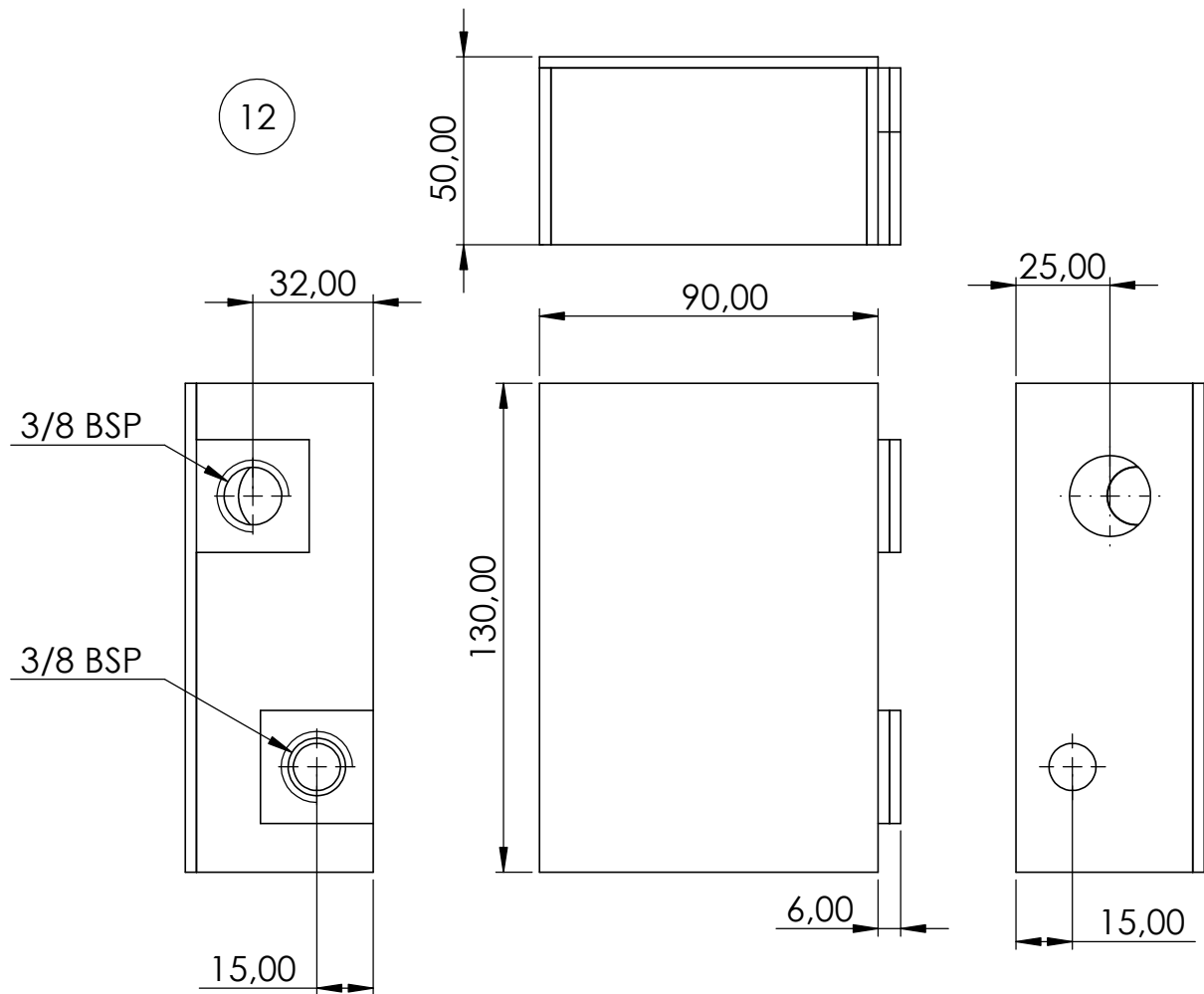
7/19



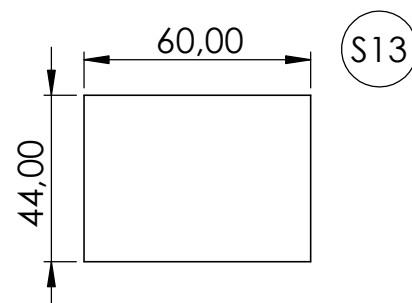
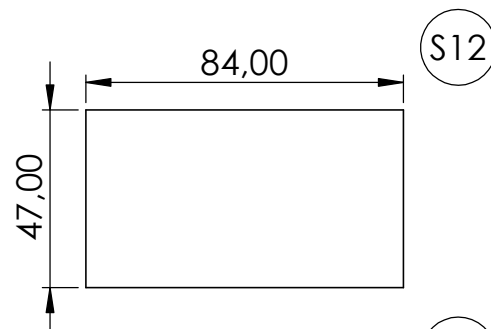
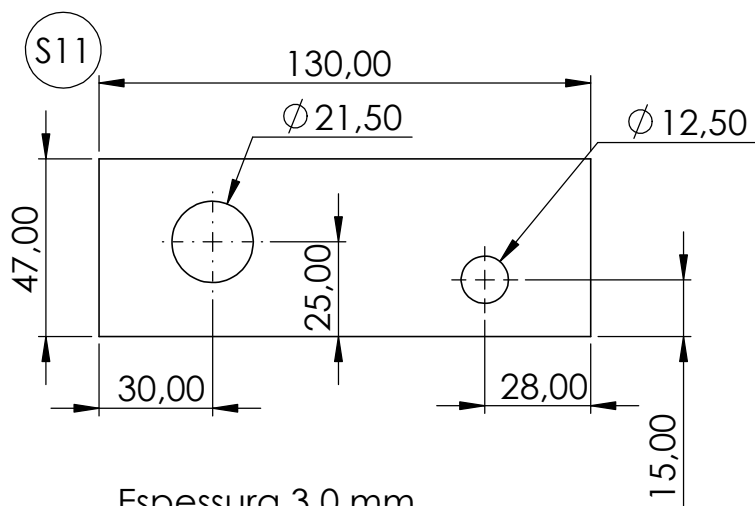
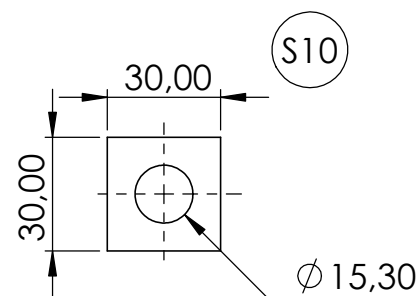
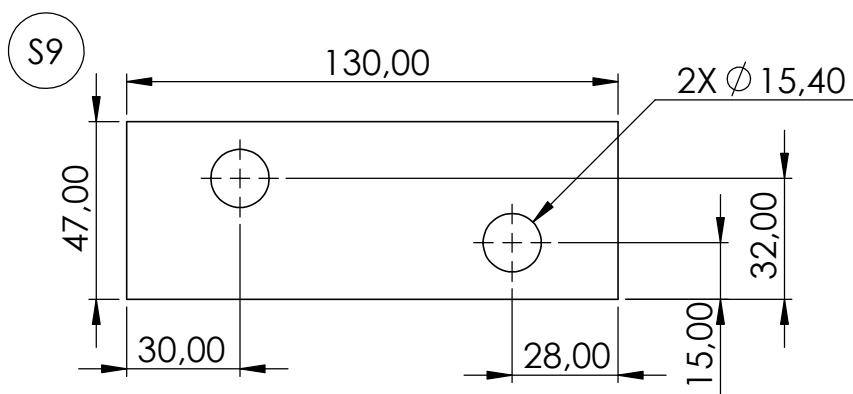
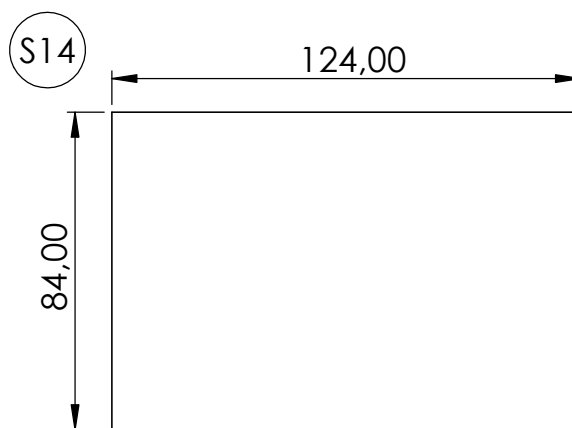
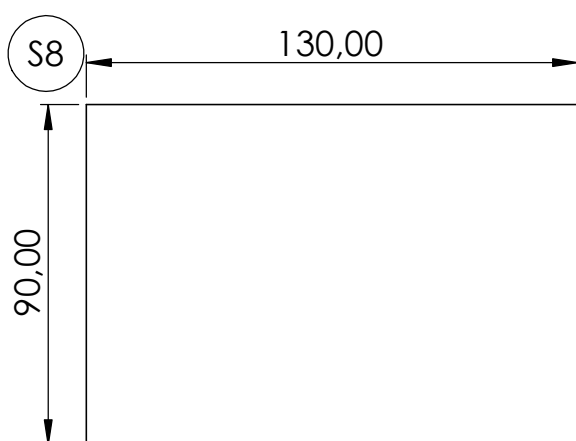
Espessura 3,0 mm

Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
6	LATERAL SUPORTE PRENSA CABO	ACRILICO	1
7	SUPORTE PRENSA CABO	ACRILICO	1
8	SUPORTE SENSOR PH	ACRILICO	1
9	SUPORTE 02 REFRACTOMETRO	ACRILICO	1
10	SUPORTE 01 REFRACTOMETRO	ACRILICO	1

Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:1	8/19



Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:2	9/19



Espessura 3,0 mm

N	ITEM	MATERIAL	QTD.
S8	TAMPA SUPERIOR	ACRILICO	1
S9	TAMPA ROSCADA	ACRILICO	1
S10	ESPESSANTE ROSCAS	ACRILICO	4
S11	TAMPA REFRACTOMETRO E SENSOR	ACRILICO	1
S12	LATERAL	ACRILICO	2
S13	DEFLETOR INTERNO	ACRILICO	1
S14	TAMPA INFERIOR	ACRILICO	1

Status: **Desenvolvimento**

Projeto:

FLUIDMONITOR

Responsável: **Daniel Klein**

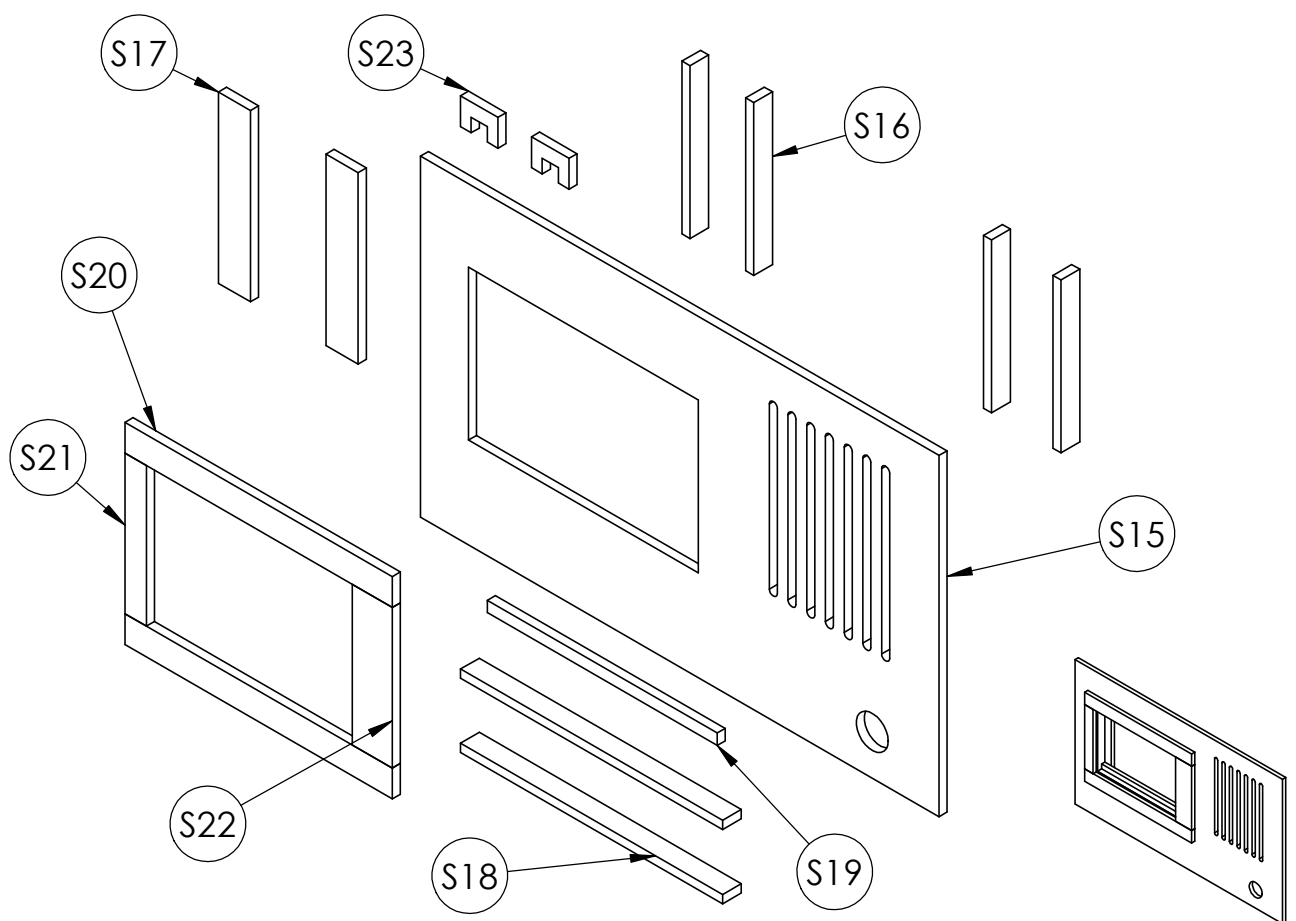
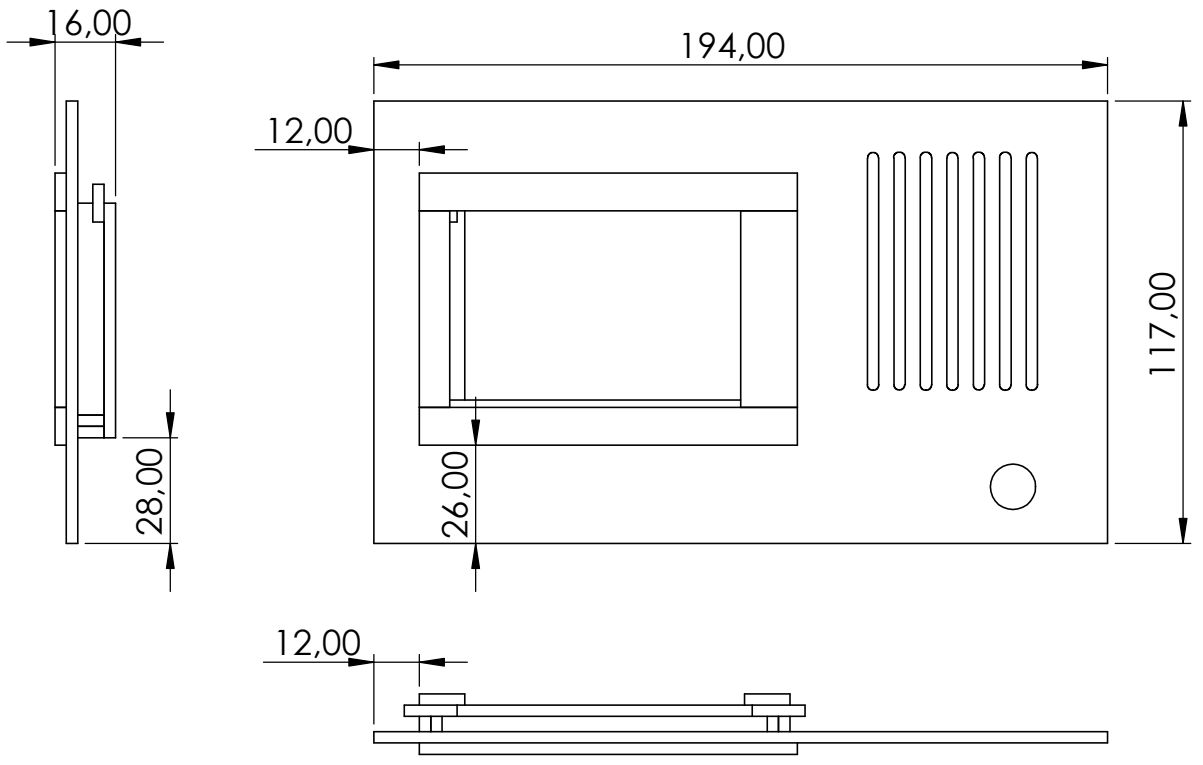
Data: **03/06/2021**

Idioma: **Pt**

Ultima Revisão: **04/06/2021**

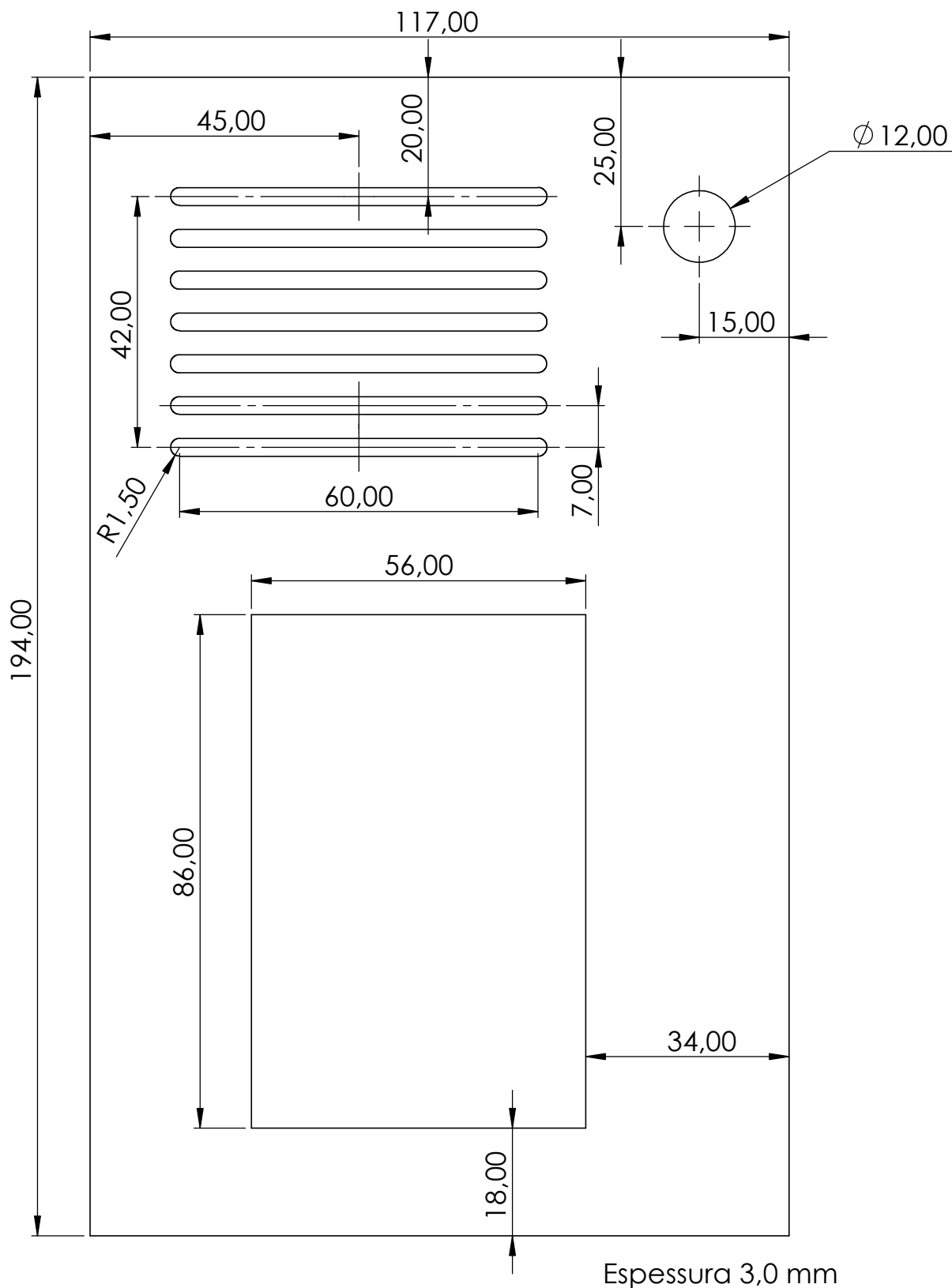
Escala: **1:2**

10/19

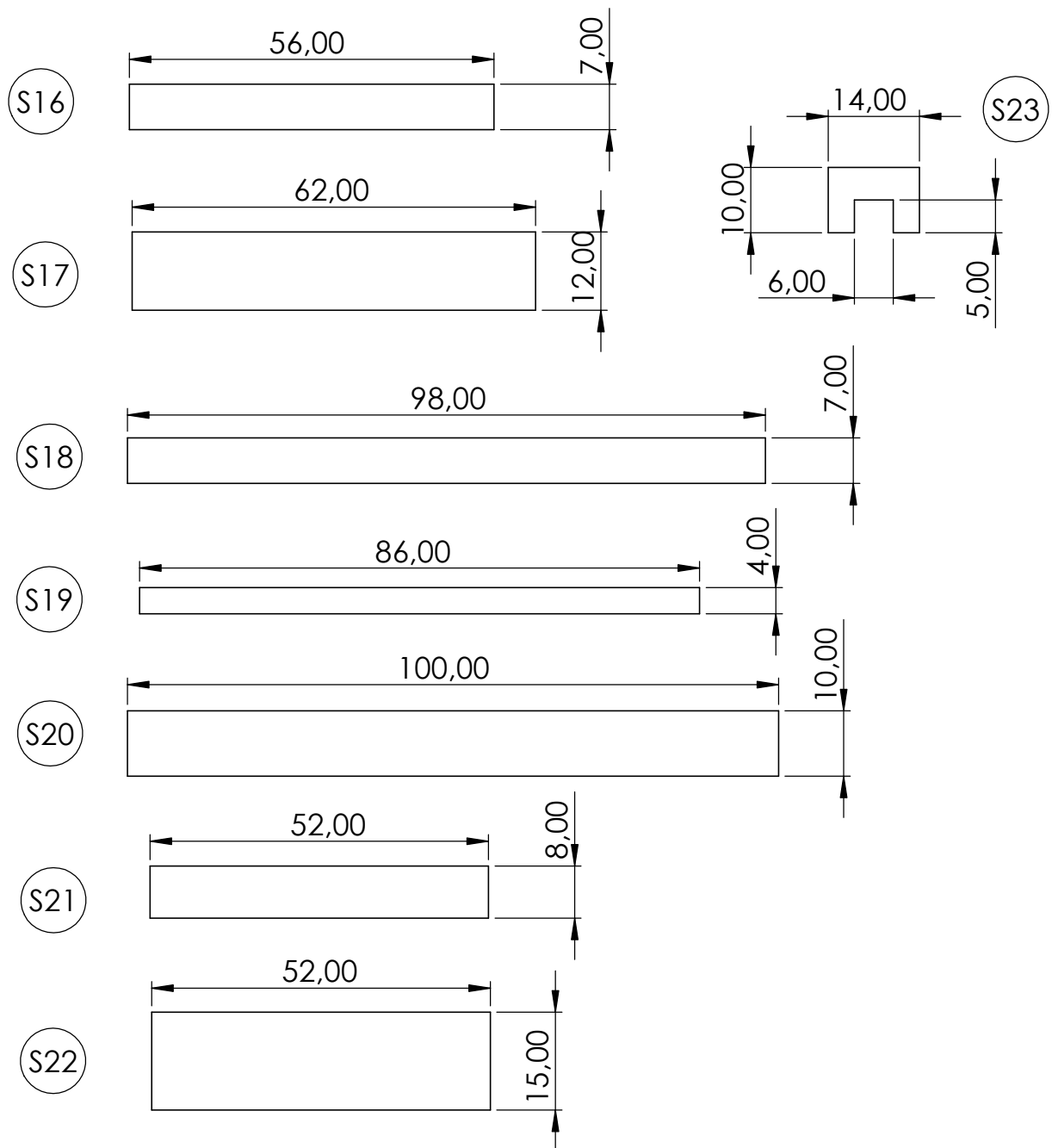


Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:2	11/19

S15



N°	ITEM	MATERIAL	QTD.	
S15	PAINEL FRONTAL	ACRILICO	1	
Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:1	12/19



Espessura 3,0 mm

Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
S16	TRILHO LATERAL	ACRILICO	4
S17	SUPORTE TRASEIRO	ACRILICO	2
S18	TRILHO INFERIOR	ACRILICO	2
S19	ESPAÇADOR INFERIOR	ACRILICO	1
S20	MOLDURA HORIZONTAL	ACRILICO	2
S21	MOLDURA ESQUERDA	ACRILICO	1
S22	MOLDURA DIREITA	ACRILICO	2
S23	FIXAÇÃO DA TELA	ACRILICO	2

Status: **Desenvolvimento**

Projeto:

FLUIDMONITOR

Responsável: **Daniel Klein**

Data: **03/06/2021**

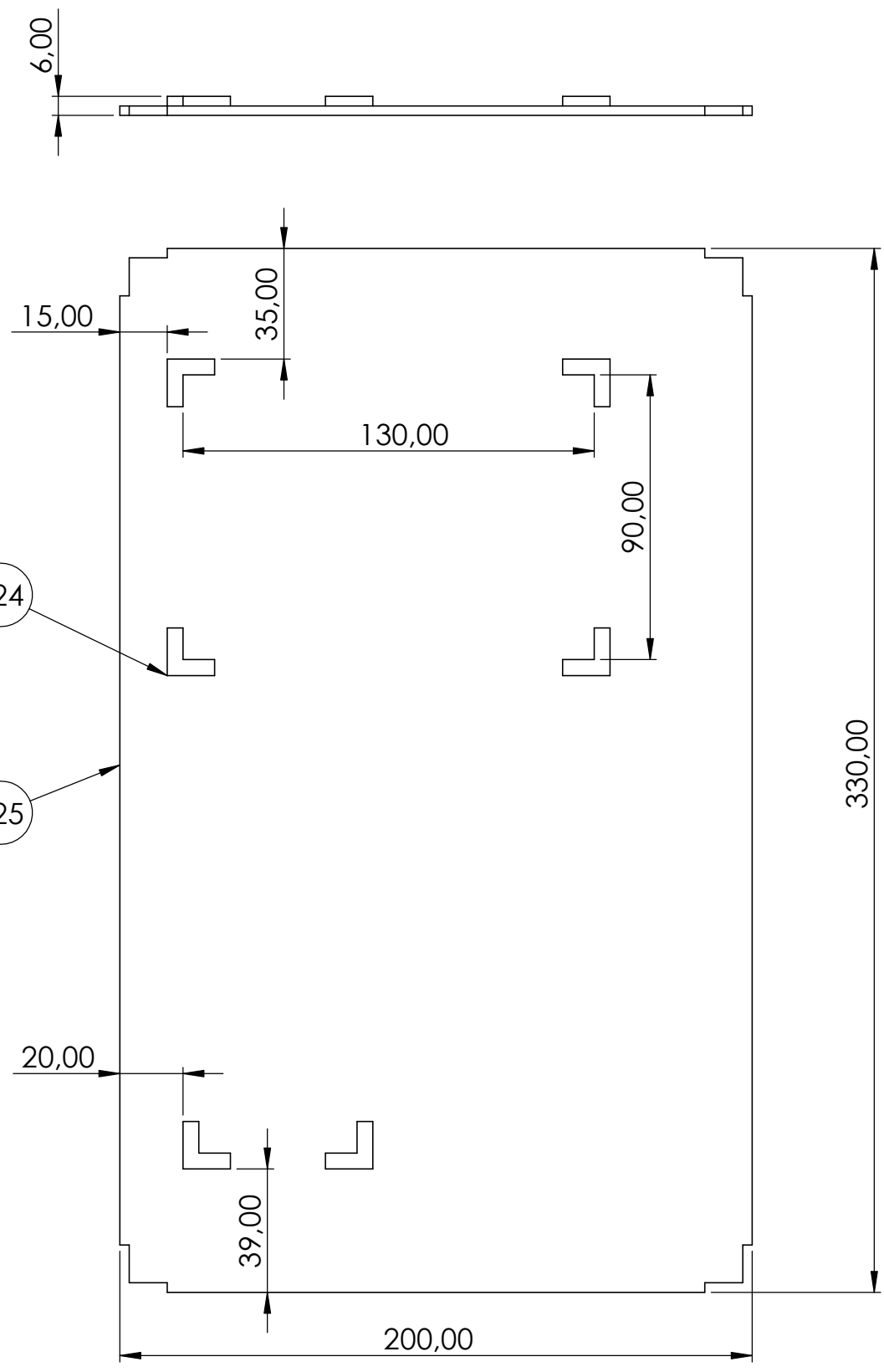
Idioma: **Pt**

Ultima Revisão: **04/06/2021**

Escala: **1:1**

13/19

15



Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:2	14/19

S24

200,00

S25

5,00

15,00

15,00

5,00

330,00

3,00

3,00

15,00

15,00

Espessura 3,0 mm

Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
S24	BASE INFERIOR	ABRILICO	1
S25	TRAVA DA BASE	ACRILICO	6

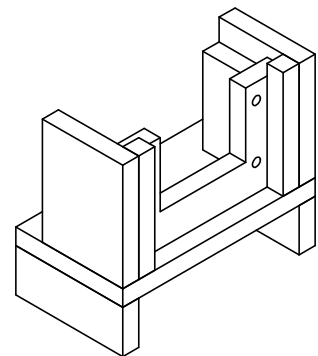
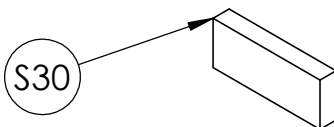
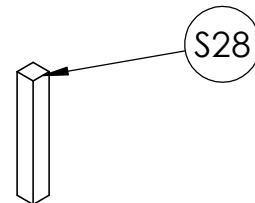
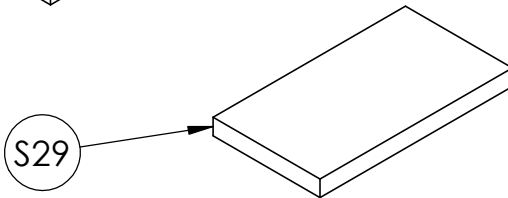
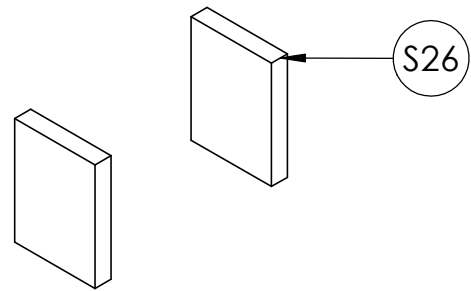
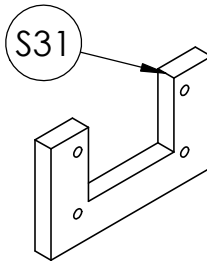
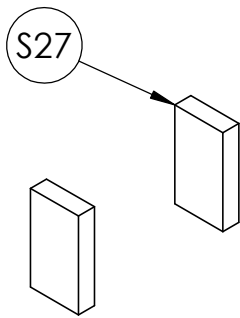
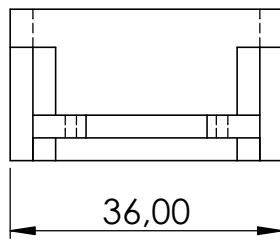
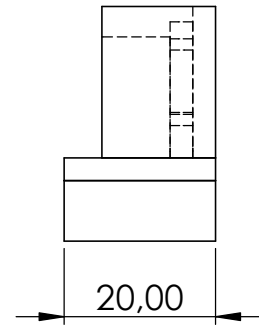
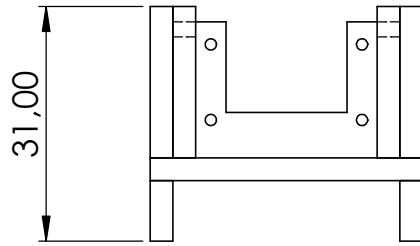
Status: **Desenvolvimento**

Responsável: **Daniel Klein**

Projeto: **FLUIDMONITOR**

Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:2	15/19
-------------------------	-------------------	-----------------------------------	--------------------	--------------

16



Status: Desenvolvimento

Projeto:

FLUIDMONITOR

Responsável: Daniel Klein

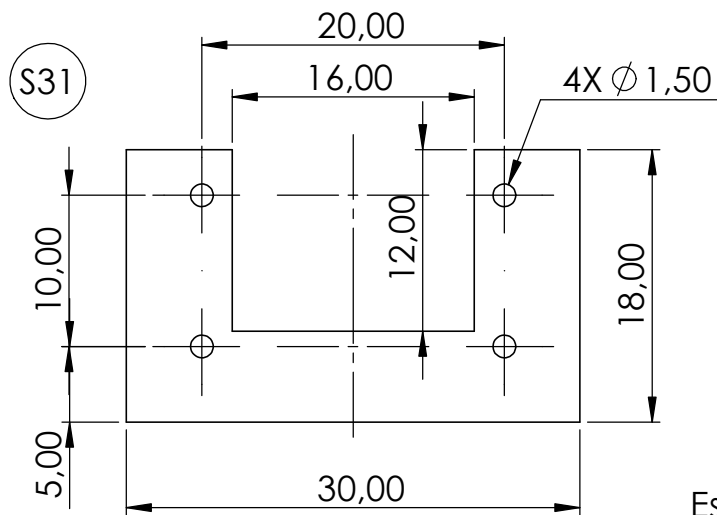
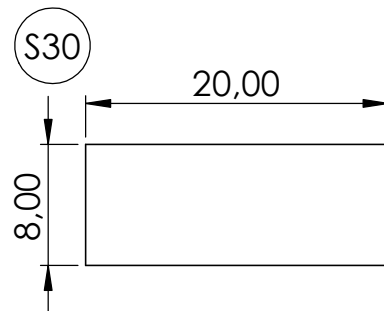
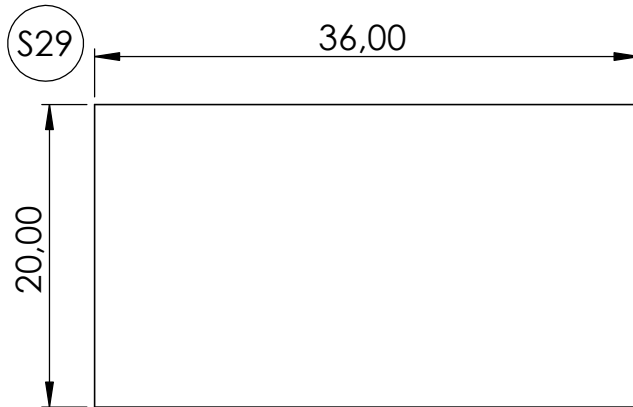
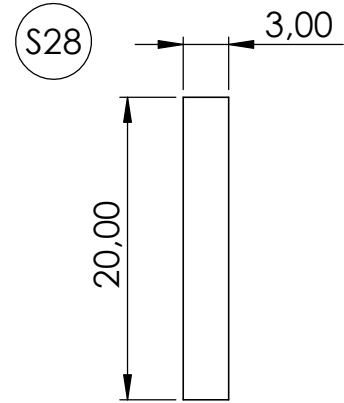
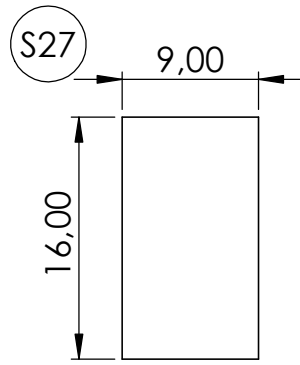
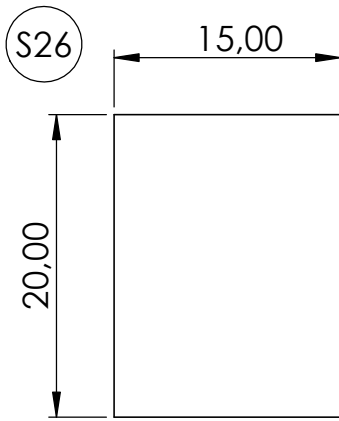
Data: 03/06/2021

Idioma: Pt

Ultima Revisão: 04/06/2021

Escala: 1:1

16/19



Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
S26	SUP.CAM.COLUNA	ACRILICO	2
S27	SUP.CAM.GUIA TRASEIRO	ACRILICO	2
S28	SUP.CAM.GUIA DIANTEIRO	ACRILICO	2
S29	SUP.CAM.BASE	ACRILICO	1
S30	SUP.CAM.PES	ACRILICO	2
S31	SUP.CAM.FIXADOR	ACRILICO	1

Status: **Desenvolvimento**

Projeto:

FLUIDMONITOR

Responsável: **Daniel Klein**

Data: **03/06/2021**

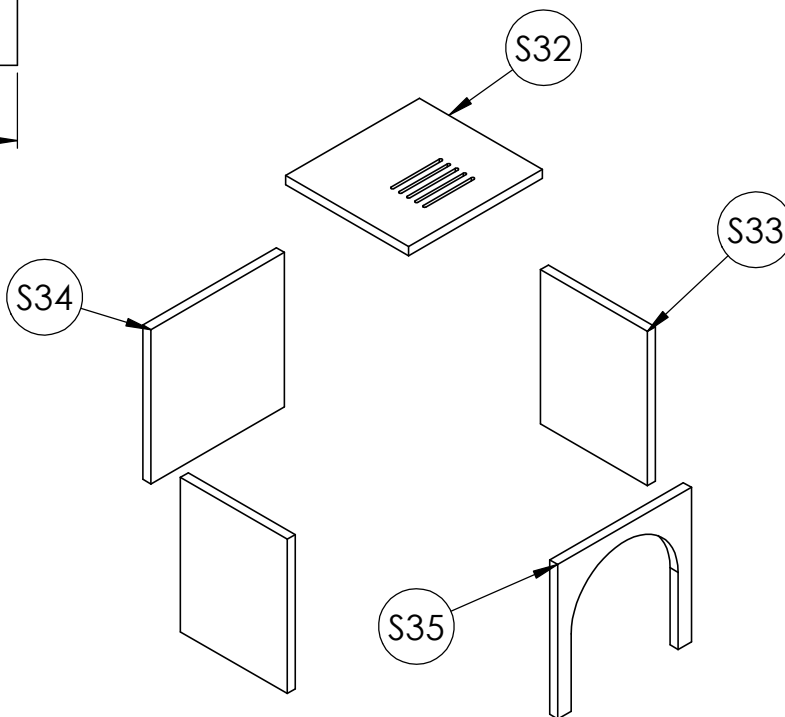
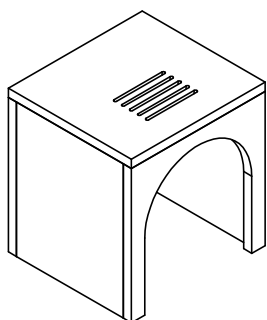
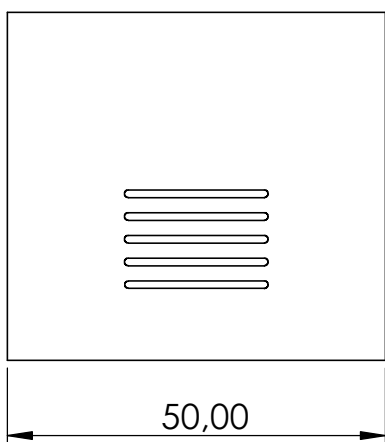
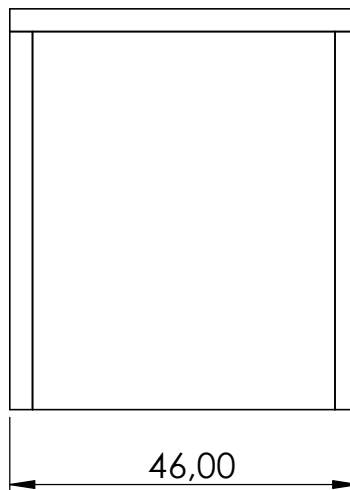
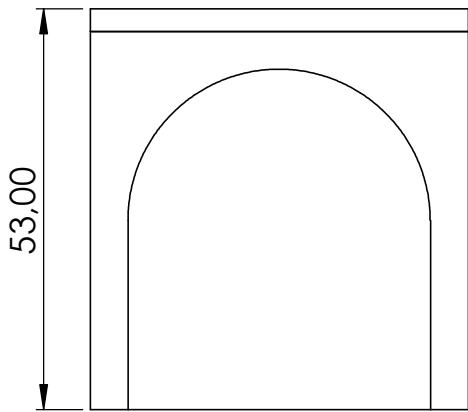
Idioma: **Pt**

Ultima Revisão: **04/06/2021**

Escala: **2:1**

17/19

17



Status: **Desenvolvimento**

Projeto: **FLUIDMONITOR**

Responsável: **Daniel Klein**

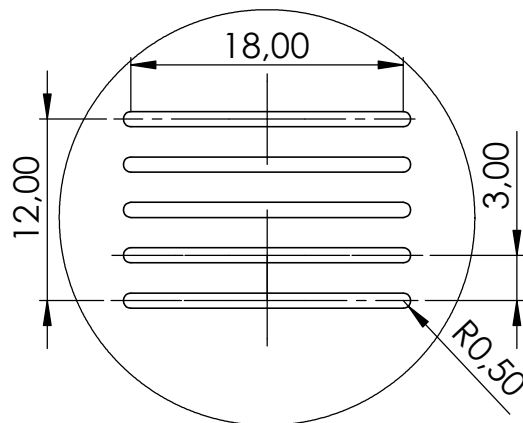
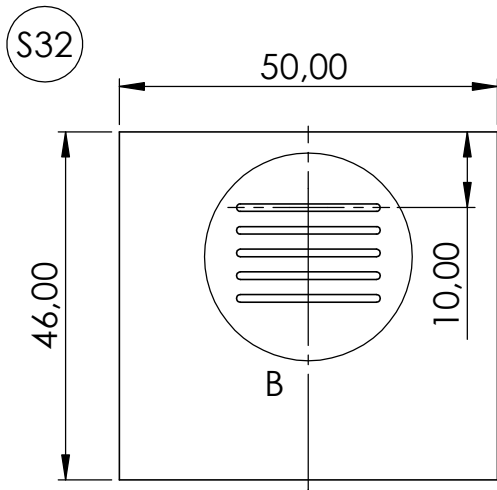
Data: **03/06/2021**

Idioma: **Pt**

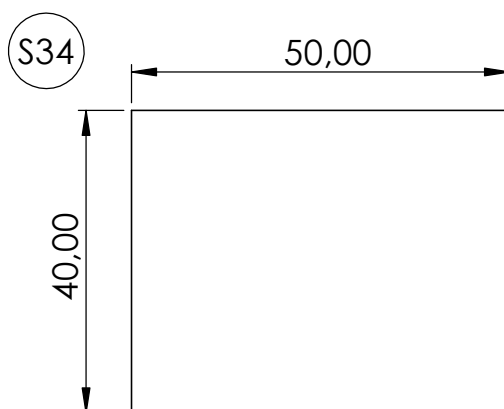
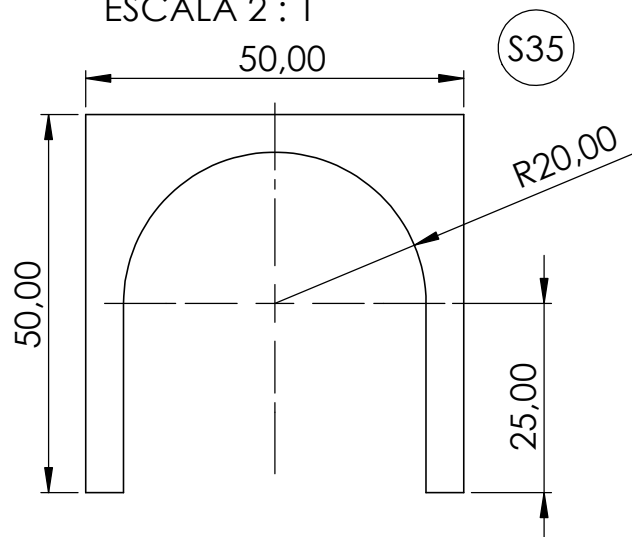
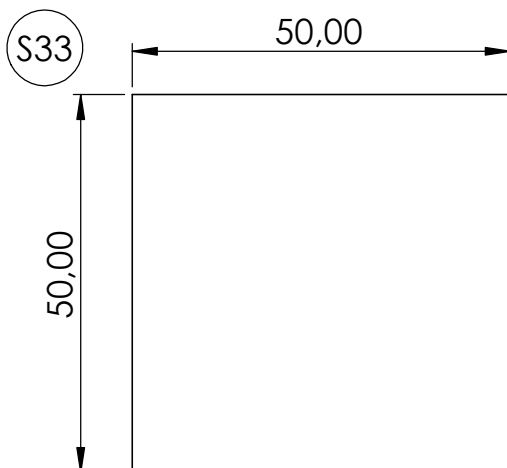
Ultima Revisão: **04/06/2021**

Escala: **1:1**

18/19



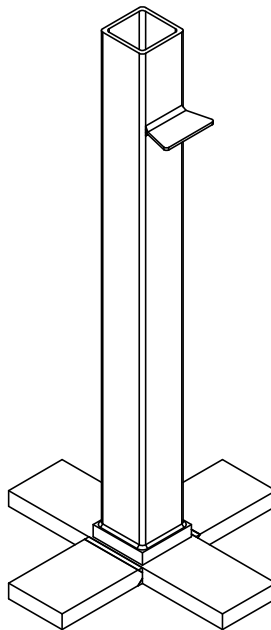
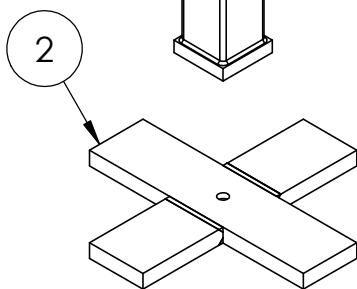
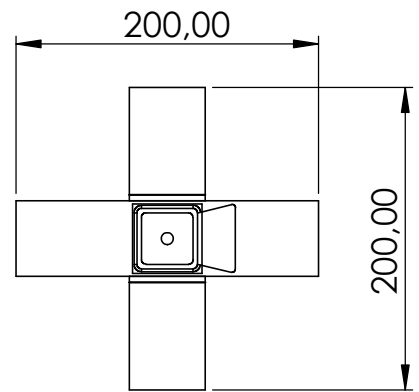
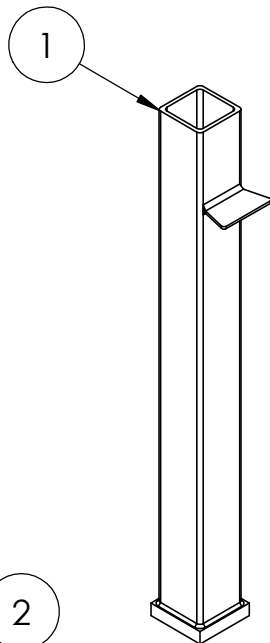
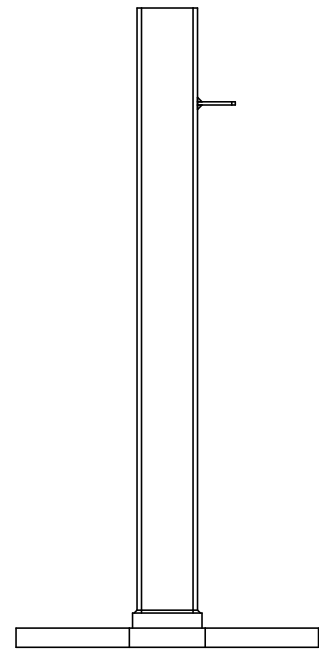
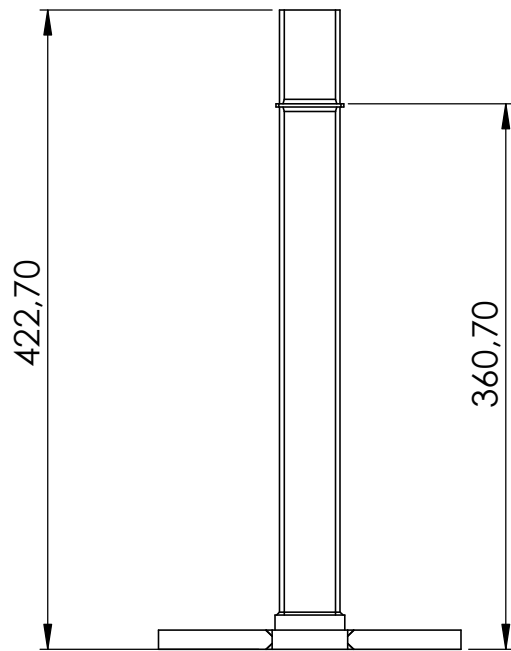
DETALHE B
ESCALA 2 : 1



Espessura 3,0 mm

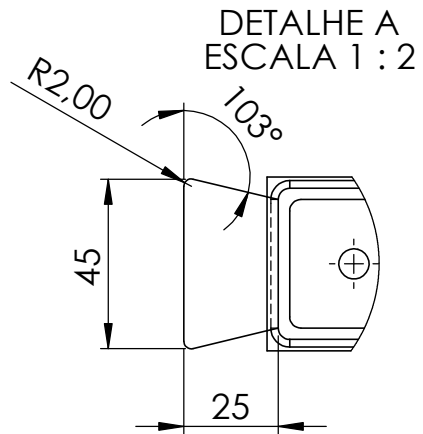
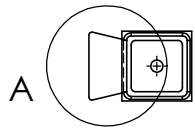
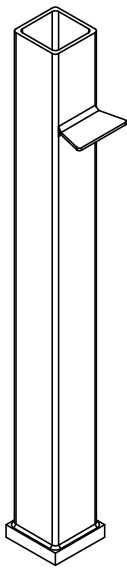
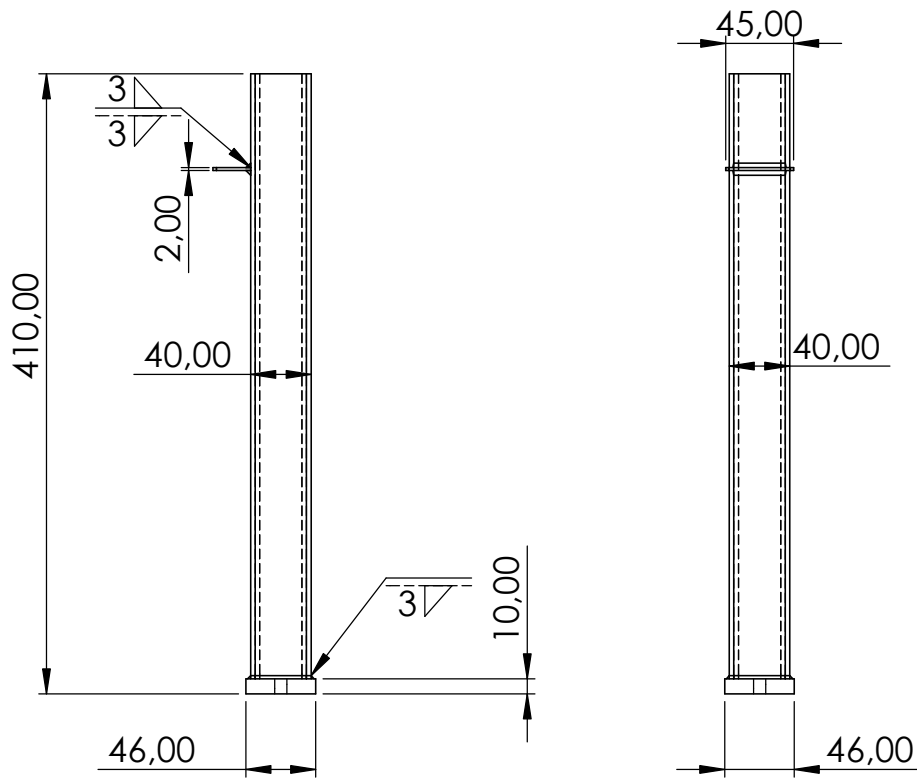
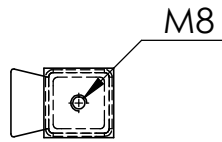
Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
S32	CAM.FEC.TOPO	ACRILICO	1
S33	CAM.FEC.FUNDO	ACRILICO	1
S34	CAM.FEC.LATERAL	ACRILICO	2
S35	CAM.FEC.FRENTE	ACRILICO	1

Status: Desenvolvimento		Projeto: FLUIDMONITOR		
Responsável: Daniel Klein				
Data: 03/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:1	19/19



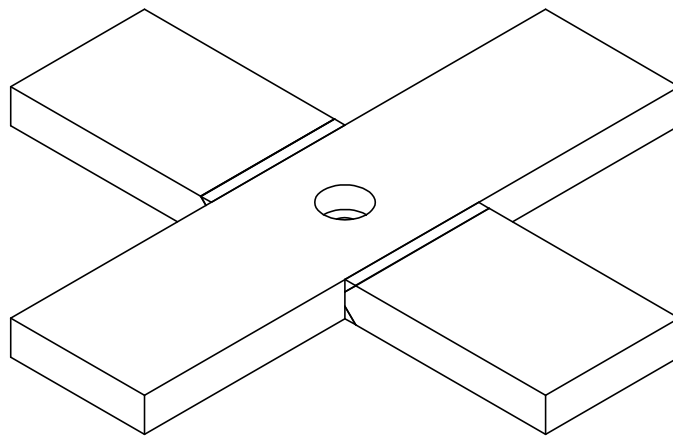
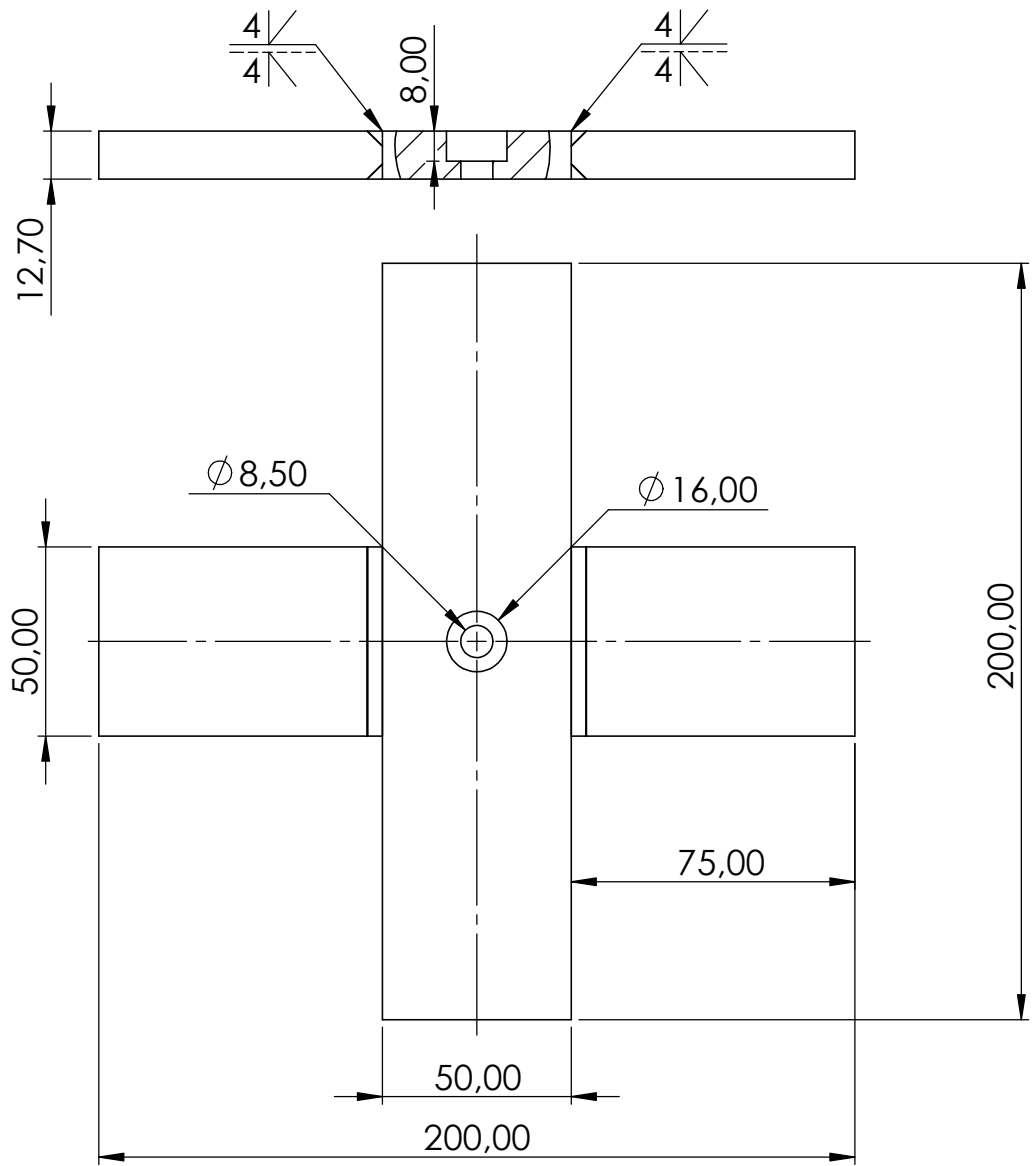
Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
1	HASTE	AÇO 1020	1
2	BASE	AÇO 1020	1

Status: Desenvolvimento		Projeto:		
Responsável: Daniel Klein		FLUIDMONITOR Suporte da Bomba e Sensor		
Data: 04/06/2021	Idioma: Pt	Ultima Revisão: 04/06/2021	Escala: 1:5	1/3



Tubo quadrado com parede de 2,5 mm

Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
1	HASTE	AÇO 1020	1
Status: Desenvolvimento		Projeto:	
Responsável: Daniel Klein		FLUIDMONITOR Suporte da Bomba e Sensor	
Data: 04/06/2021	Idioma: Pt		
			2/3



Nº	ITEM	MATERIAL	QTD.
1	BASE	AÇO 1020	1
Status: Desenvolvimento		Projeto:	
Responsável: Daniel Klein		FLUIDMONITOR Suporte da Bomba e Sensor	
Data: 04/06/2021	Idioma: Pt		
			3/3