



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Projeto Integrador 2

CleanAir - Purificador e esterilizador de ar portátil para ambiente residencial

Autor: Grupo 07

Orientadores: Prof. Dr. Alex Reis; Prof. Dr. José Felício da Silva; Prof. Dr. Jungpyo Lee; Prof. Dr. Rhander Viana; Prof. Dr. Ricardo Matos Chaim e Prof. Dr. Paolo Gessini

Gama, DF

2021



Grupo 07

CleanAir - Purificador e esterilizador de ar portátil para ambiente residencial

Relatório de projeto submetido como requisito parcial de avaliação da disciplina Projeto Integrador 2 para os Cursos de Engenharia da Faculdade UnB Gama

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientadores: Prof. Dr. Alex Reis; Prof. Dr. José Felício da Silva; Prof. Dr. Jungpyo Lee; Prof. Dr. Rhander Viana; Prof. Dr. Ricardo Matos Chaim e Prof. Dr. Paolo Gessini

Gama, DF

2021

Grupo 07

CleanAir - Purificador e esterilizador de ar portátil para ambiente residencial/
Grupo 07. – Gama, DF, 2021-

115 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientadores: Prof. Dr. Alex Reis; Prof. Dr. José Felício da Silva; Prof. Dr. Jungpyo Lee; Prof. Dr. Rhander Viana; Prof. Dr. Ricardo Matos Chaim e Prof. Dr. Paolo Gessini

Relatório de Projeto de PI2 – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2021.

1. Purificação. 2. Qualidade. 3. Saúde. I. Prof. Dr. Alex Reis; Prof. Dr. José Felício da Silva; Prof. Dr. Jungpyo Lee; Prof. Dr. Rhander Viana; Prof. Dr. Ricardo Matos Chaim e Prof. Dr. Paolo Gessini . II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. CleanAir - Purificador e esterilizador de ar portátil para ambiente residencial

Grupo 07

CleanAir - Purificador e esterilizador de ar portátil para ambiente residencial

Relatório de projeto submetido como requisito parcial de avaliação da disciplina Projeto Integrador 2 para os Cursos de Engenharia da Faculdade UnB Gama

Trabalho aprovado. Gama, DF, 26 de março de 2021:

Alex Reis

Orientador

José Felício da Silva

Orientador

Jungpyo Lee

Orientador

Rhander Viana

Orientador

Ricardo Matos Chaim

Orientador

Paolo Gessini

Orientador

Gama, DF

2021

Integrantes do Projeto

Coordenadora Geral: Daniela Ferreira de Oliveira

Diretor de Qualidade: Dérick Fernando Oliveira Fernandes

Diretora Técnica de Elétrica: Manuella Cristina Panza Ramos

Diretora Técnica de Software: Sara Conceição de Sousa Araújo Silva

Diretor Técnico de Estrutura: Caio Augusto Chaves Araújo

Demais Colaboradores

Caio Oliveira de Moraes

Eduardo Lima Ribeiro

Gabriel Martins de Castro

Ginette Cameka Schroetter

Lívia Melo de Moura

Luísa Caroline Alves Silva

Natália Vilela Guimarães

Rossicler Rodrigues Pires Júnior

Thaís Gomes de Melo

Lista de ilustrações

Figura 1 – Botão Membrana Matricial 1x3	36
Figura 2 – Display LCD TFT 2.2	36
Figura 3 – Relé de acionamento	37
Figura 4 – Transistor MOSFET IRF540	38
Figura 5 – Sensor PMSA003I	40
Figura 6 – Sensor BME680	41
Figura 7 – Sensor SPEC-SO2	41
Figura 8 – Sensor MQ-2	42
Figura 9 – Sensor MQ-131	43
Figura 10 – Sensor MICS-6814	44
Figura 11 – Botão de membrana on/off	44
Figura 12 – Módulo Relé 5V 1 canal	45
Figura 13 – Display LED indicador de bateria	45
Figura 14 – Micro Cooler	46
Figura 15 – ESP8266	47
Figura 16 – ESP32	48
Figura 17 – MSP430F5529	49
Figura 18 – Módulo <i>Wi-Fi</i> Serial ESP8266	49
Figura 19 – Arquitetura de Eletrônica	51
Figura 20 – Diagrama de distribuição de energia	52
Figura 21 – Etapas de Filtragem	53
Figura 22 – Motor e Ventilador.	56
Figura 23 – Módulo Controlador De Carga Para Bateria De Lítio Tp4056.	57
Figura 24 – Seções principais do purificador. Autoria própria.	59
Figura 25 – Estrutura externa do purificador <i>Clean Air</i> . Autoria própria.	60
Figura 26 – Grelha de ventilação. Autoria própria.	60
Figura 27 – Rodizio 25 mm de Poliuretano.	61
Figura 28 – Desenho técnico dos elementos estruturais internos. Autoria própria.	62
Figura 29 – Desenho técnico dos encaixes responsáveis por unir os módulos. Autoria própria.	62
Figura 30 – Integração do conjunto de ventilação às longarinas. Autoria própria.	63
Figura 31 – Desenho técnico dos elementos de vedação e isolamento. Autoria própria.	64
Figura 32 – CAD da (a) tira em forma de arco que formará o funil, da (b) chapa que formará o pescoço da peça, (c) referente à cuba completa. Autoria própria.	64
Figura 33 – Vista expandida do e esquema de filtros. Autoria própria.	65

Figura 34 – Estrutura externa do sensor de qualidade do ar. Autoria própria.	67
Figura 35 – Arquitetura inicial da solução de software.	73
Figura 36 – Logomarca do Produto <i>CleanAir</i>	92
Figura 37 – Organograma da EAP para o ponto de controle 1.	96
Figura 38 – Organograma da EAP para o ponto de controle 2.	97
Figura 39 – Organograma da EAP para o ponto de controle 3.	98
Figura 40 – Organograma da equipe do projeto	99
Figura 41 – Cronograma do Projeto	105
Figura 42 – Vista isométrica do purificador de ar <i>CleanAir</i>	106
Figura 43 – Vista isométrica do sensor de ar <i>CleanAir</i>	107
Figura 44 – Vista superior do purificador de ar e do sensor <i>CleanAir</i>	107
Figura 45 – Vista explodida do purificador de ar <i>CleanAir</i>	108
Figura 46 – Cotas principais do escopo do purificador de ar <i>CleanAir</i>	109
Figura 47 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 1.	110
Figura 48 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 2.	110
Figura 49 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 3.	110
Figura 50 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 4.	111
Figura 51 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 5.	111
Figura 52 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 6.	111
Figura 53 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 7.	112
Figura 54 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 8.	112
Figura 55 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 9.	112
Figura 56 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 10.	113
Figura 57 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 11.	113
Figura 58 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 12.	113
Figura 59 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 13.	114
Figura 60 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 14.	114
Figura 61 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 14.	114

Lista de tabelas

Tabela 1 – Stakeholders internos	25
Tabela 2 – Requisitos de alto-nível	29
Tabela 3 – Requisitos do Purificador	30
Tabela 4 – Requisitos <i>Mobile Sensor</i>	30
Tabela 5 – Requisitos de Energia	31
Tabela 6 – Requisitos estruturais	31
Tabela 7 – Lista é e não é do produto	34
Tabela 8 – Matriz de decisão de microcontroladores.	50
Tabela 9 – Levantamento prévio da carga do Purificador	58
Tabela 10 – Levantamento prévio da carga do Mobile Sensor	58
Tabela 11 – Matriz de decisão para o material da cuba	65
Tabela 12 – Propriedades Mecânicas do ACM	68
Tabela 13 – Propriedades Mecânicas do alumínio 6063-T5	68
Tabela 14 – Propriedades Mecânicas do Aço Inoxidável 304	69
Tabela 15 – Propriedades Mecânicas do TPU	69
Tabela 16 – Propriedades Mecânicas e Térmicas do PETG	70
Tabela 17 – Propriedades do silicone	71
Tabela 18 – Propriedades do material não curado	71
Tabela 19 – Custos do Projeto	74
Tabela 20 – Probabilidade de Risco	76
Tabela 21 – Probabilidade de Risco	77
Tabela 22 – Matriz Probabilidade e Impacto	77
Tabela 23 – Riscos do Projeto	78
Tabela 24 – Riscos Externos	78
Tabela 25 – Riscos do Produto	78
Tabela 26 – Riscos e Ações	79
Tabela 27 – Riscos Técnicos Estruturais	80
Tabela 28 – Riscos e Ações Estrutura	80
Tabela 29 – Riscos Técnicos de Eletrônica	81
Tabela 30 – Riscos e Ações Eletrônica	82
Tabela 31 – Riscos Técnicos Energéticos	83
Tabela 32 – Riscos e Ações Energia	83
Tabela 33 – Riscos Técnicos de Software	84
Tabela 34 – Riscos e Ações Software	84
Tabela 35 – Riscos na Abertura do Projeto	94
Tabela 36 – Marcos do projeto	94

Lista de abreviaturas e siglas

A	Ampere
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
ACM	<i>Aluminium Composite Material</i>
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ASA	Acrylonitrile Styrene Acrylate
atm	Atmosfera
BLP	<i>Bacteria-like particles</i>
BMS	<i>Battery Management System</i>
bps	Bits por segundo
°C	Celsius
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CDC	Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CO	Monóxido de carbono
COVs	Compostos orgânicos voláteis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
cP	centipoise
dB	Decibel
DC	<i>Direct Current</i>
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EAR	Estrutura Analítica de Riscos

EN	<i>European Norm</i>
FGA	Faculdade do Gama
GLP	Gás liquefeito de petróleo
GND	<i>Ground</i>
GPa	Giga Pascal
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
HB	Dureza Brinnell
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Index Protection</i>
IQA	Índice de Qualidade do Ar
J	Joules
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
mA	Micro ampère
MERV	<i>Minimum Efficiency Reporting Value</i>
MHz	Mega Hertz
MOSFET	<i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>
MP	Material Particulado
MPa	Mega Pascal
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
ms	Micro segundo
NA	Normalmente Aberta
NBR	Norma Brasileira
NF	Normalmente fechada
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio

O ₃	Ozônio
QAI	Qualidade do Ar Interno
Pa	Pascal
PC	Ponto de Controle
PETG	Polietilino Tereftalato de Etileno Glicol
PI2	Projeto Integrador 2
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PPM	Partículas por milhão
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRONAR	Programa Nacional de Controle do Ar
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RPM	Rotações por minuto
Sars-CoV-2	Síndrome respiratória aguda grave de coronavírus 2
SnO ₂	Dióxido de estanho
SO ₂	Dióxido de enxofre
SoC	<i>System On a Chip</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
TAP	Termo de Abertura do Projeto
TKIP	<i>Temporal Key Integrity Protocol</i>
TPU	<i>Thermoplastic Polyurethane</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
UnB	Universidade de Brasília
UR	Umidade relativa
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

UV	Ultravioleta
UV-C	Radiação Ultravioleta tipo C
V	Volts
VAC	<i>Volts Alternating Current</i>
VDC	<i>Volts Direct Current</i>
VLP	<i>Virus-like particles</i>
W	Watts
WPA	<i>Wired Equivalent Access</i>
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i>
Wh	Watts Hora
XP	<i>Extreme Programming</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
2	PROBLEMÁTICA	20
2.1	Justificativa	21
2.2	Objetivos	22
2.2.1	Objetivos Gerais	22
2.2.2	Objetivos Específicos	22
3	GERENCIAMENTO	24
3.1	Termo de Abertura do Projeto (TAP)	24
3.2	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	24
3.3	Gerenciamento de Recursos Humanos	24
3.3.1	Organização da Equipe do Projeto	25
3.3.2	Ferramentas de comunicação e gerenciamento de atividades	25
3.4	Metodologia	25
3.4.1	Scrum	25
3.4.1.1	Time Scrum	26
3.4.1.2	Eventos Scrum	26
3.4.1.3	Artefatos Scrum	27
3.4.2	Kanban	27
3.4.3	Lean Manufacturing	27
3.5	Cronograma	28
4	REQUISITOS	29
4.1	Requisitos de Alto-nível	29
4.2	Requisitos específicos	30
4.2.1	Requisitos de Elétrica	30
4.2.1.1	Eletrônica	30
4.2.1.2	Energia	30
4.3	Requisitos de Estrutura	31
4.4	Requisitos de Software	31
4.4.1	Épicos	32
4.4.2	Requisitos Funcionais	32
4.4.2.1	Requisitos do Épico E1 - Controle pelo aplicativo	32
4.4.2.2	Requisitos do Épico E2 - Monitoramento pelo aplicativo	32
4.4.2.3	Requisitos do Épico E3 - Notificações do aplicativo	32

4.4.2.4	Requisitos do Épico E4 - Controle de voz	33
4.4.3	Requisitos Não Funcionais	33
5	SOLUÇÃO	34
5.1	Escopo	34
5.2	Lista É/ Não É	34
5.3	Solução Eletrônica	34
5.3.1	Sistema de Controle	34
5.3.1.1	Purificador	35
5.3.1.1.1	Visualização	35
5.3.1.1.2	Acionamento dos Atuadores	37
5.3.1.2	Mobile Sensor	39
5.3.1.2.1	Módulo de Medição da Qualidade do ar	39
5.3.1.2.2	Visualizações e Controle	44
5.3.1.2.3	Ventilação	46
5.3.1.3	Microcontroladores	46
5.3.1.4	Arquitetura inicial	51
5.4	Energia	51
5.4.1	Fundamentos de Partículas	52
5.4.2	Sistema de Filtragem	53
5.4.2.1	Pré-filtro	54
5.4.2.2	Filtro absoluto (HEPA)	54
5.4.2.3	Filtro de Carbono Ativado	54
5.4.3	Sistema de Ventilação Forçada	55
5.4.4	Lâmpada UV	56
5.4.5	Sistema de Alimentação	56
5.4.5.1	Fonte de Alimentação Principal	56
5.4.5.2	Fonte de Alimentação Secundária	57
5.4.5.2.1	Purificador	57
5.4.5.2.2	Mobile Sensor	58
5.5	Solução Estrutural	58
5.5.1	Estruturas Principais	58
5.5.1.1	Estruturas externas	59
5.5.1.2	Estruturas internas	61
5.5.2	Filtros	65
5.5.3	Fixações rosáveis	67
5.5.4	Esterilização por Radiação Ultravioleta	67
5.5.5	Estrutura do sensor de qualidade do ar	67
5.5.6	Escolha de Materiais	67
5.5.7	Formato da estrutura e CAD Preliminar	71

5.6	Solução de Software	71
5.6.1	Serviço <i>mq-interface</i>	72
5.6.2	Serviço <i>api-clean-air</i>	72
5.6.3	Aplicativo	73
5.6.4	Arquitetura da informação	73
6	CUSTO E PRECIFICAÇÃO	74
7	ANÁLISE DE RISCOS	76
7.1	Análise Quantitativa de Riscos	76
7.2	Descrição dos Riscos	78
7.2.1	Riscos do Projeto, Externos e do Produto	78
7.3	Riscos Técnicos	80
7.3.0.1	Riscos Estruturais	80
7.3.0.2	Riscos Eletrônicos	81
7.3.0.3	Riscos Energéticos	82
7.3.0.4	Riscos Software	83
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICES	91
	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO (TAP)	92
A.1	Descrição do Projeto	92
A.2	Justificativa	93
A.3	Objetivo	93
A.4	Requisitos	93
A.5	Riscos	94
A.6	Marcos do Projeto	94
A.7	Stakeholders	94
A.7.1	Equipe	94
A.7.2	Professores	95
	APÊNDICE B – ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)	96
B.1	Ponto de Controle 1	96
B.2	Ponto de Controle 2	97
B.3	Ponto de Controle 3	98

	APÊNDICE C – GERENCIAMENTO DE RECURSOS HUMANOS	99
C.1	Papéis e Responsabilidades	99
C.1.1	Coordenador Geral	99
C.1.2	Diretor de Qualidade	100
C.1.3	Diretor Técnico	100
C.1.4	Desenvolvedores	101
	APÊNDICE D – PRINCIPAIS DECISÕES DE SOFTWARE	102
D.0.1	Kanban	102
D.0.2	<i>Extreme Programming(XP)</i>	102
	APÊNDICE E – PLANO DE GERENCIAMENTO DE COMUNICAÇÃO	104
E.1	Ferramentas	104
E.2	Diretrizes	104
	APÊNDICE F – CRONOGRAMA	105
	APÊNDICE G – CADS PRELIMINARES	106
H –	PESQUISA DE PÚBLICO	110

1 Introdução

Ao longo dos anos, as questões sobre a seriedade da gestão da qualidade do ar que se respira tornou-se incontestável. Para referir-se a tal assunto, diversas conferências foram realizadas no mundo como a Conferência de 1972 e a Eco-92, que trataram sobre assuntos referentes a ações de responsabilidade ambiental como a proteção dos recursos naturais, o desenvolvimento de tecnologias capazes de reforçar a gestão ambiental dos países, prevenção a poluição da água e do ar, entre outros ([MALHEIROS; JR; COUTINHO, 2008](#)).

No Brasil, tem-se um conselho governamental com o objetivo de estabelecer normas e padrões ambientais a serem observados pelas atividades utilizadoras de recursos ambientais, chamado CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Com isso, por meio da resolução deste conselho, foi criado o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR - e que, a partir dele, surgiram novas concepções focadas na orientação e controle da poluição atmosférica no país. Assim, estratégias de cunho normativo foram estabelecidas, como a especificação de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a implementação de uma política de prevenção de deterioração e monitoramento da qualidade do ar ([CONAMA, 1992](#)).

Por este motivo, estudos voltados para qualidade do ar interno (QAI) mostrou-se relevante devido a comprovação que indivíduos passam até 90% do dia em ambientes internos, como casas, escritórios e escolas ([SCHIRMER et al., 2011](#)). Tais dados apontam a importância da qualidade do ar dentro desses ambientes, uma vez que ela não só desempenha um papel sobre o bem-estar no cotidiano, como também influencia e se relaciona com o futuro. Dessa forma, os resultados procedentes da qualidade do ar precisam ser visto como parâmetros primordiais para saúde.

De acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, existem determinadas concentrações de poluentes do ar interno para aferir a qualidade do ar. Entre os poluentes, tem-se o material particulado (MP), denominado como um conjunto de poluentes constituídos de fumaças, poeiras e material sólido e líquido que é mantido suspenso na atmosfera devido ao seu pequeno tamanho ([CETESB, 2021](#)). É estabelecido para medição o MP2.5 (materiais particulados com diâmetro aerodinâmico de até 2.5 micrômetros) e MP10 (materiais particulados entre de 2.5 e 10 micrômetros).

A exposição de longo prazo a partículas com menos de 2.5 micrômetro de diâmetro está associada a condições crônicas, como doenças cardiovasculares e respiratórias e complicações cerebrovasculares, levando à redução da expectativa de vida ([POLLUTANTS, 2018](#)). Exposição de curto prazo a MP2.5 e MP10 também pode causar uma variedade de

impactos na saúde, incluindo exacerbação da asma e aumentos nas admissões hospitalares respiratórias e cardiovasculares, e mortalidade em casos mais graves ([POLLUTANTS, 2018](#)).

Outro poluente é o chamado COVs (compostos orgânicos voláteis), que são gases e vapores que resultam da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de demais produtos orgânicos, emitidos pelos veículos, indústrias, dentre outros. Os gases como o dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, monóxido de carbono e partículas totais em suspensão também estão presentes no padrão do CONAMA. A quantidade desses poluentes no ar podem ser várias vezes maior do que o mínimo determinado, indicando um significativo potencial para impactos prejudiciais à saúde ([CETESB, 2021](#)). Esses gases podem ser medidos por meio de alguns aparelhos com sensores específicos e assim, é possível fazer a análise da qualidade do ar, a qual pode ser determinada pelo cálculo do índice de qualidade do ar (IQA) ([ORGANIZATION et al., 2006](#)).

Um dos principais componentes da poluição é o ozônio (O_3), ele é um grande problema para as funções pulmonares. Em épocas mais quentes, o ozônio tende a ter níveis mais elevados, principalmente nos períodos de grande incidência solar, como fim da manhã e tarde. A exposição ao ozônio a curtos prazos causam alguns desconfortos respiratórios, dores no tórax, alergias e sensibilidade nas vias aéreas. Além disso, a exposição a longo prazo pode chegar a reduzir a função pulmonar de forma irreversível ([LARA, 2020](#)).

O dióxido de nitrogênio (NO_2) é um dos gases poluentes registrados pelo CONAMA. Sua formação é ocasionada durante processos de combustão, e de acordo com sua concentração pode gerar irritação nos brônquios e olhos causando grandes prejuízos à saúde ([CETESB, 2021](#)). Além do NO_2 , outro gás contaminante é o dióxido de enxofre (SO_2) que provém da queima de combustíveis fósseis utilizado para aquecimento doméstico, veículos a motor e eletricidade. Este gás possui uma alta reatividade com outros poluentes presentes na atmosfera sendo um dos principais gases precursor de doenças por irritação nas vias respiratórias. Quando em contato com outros poluentes tem seus efeitos intensificados, que pode ter aumentos de concentração de acordo com as condições do ambiente ([FERNANDES, 2017](#)).

Além do mais, os valores de pressão atmosférica, as variações de temperatura e umidade relativa do ar no ambiente apresentam uma importância na compreensão dos mecanismos da circulação do ar. As regiões de alta pressão atmosférica reduzem o movimento horizontal dos ventos, gerando uma maior concentração dos poluentes na região. As altas temperaturas que ocorrem em certas áreas acarreta baixa pressão atmosférica, o que pode provocar a concentração de material particulado na atmosfera. Logo, nota-se que a variação de temperatura ambiente e pressão do ar tem influência sobre elementos poluentes ([JARDIM, 2011](#)).

Sendo assim, ao conhecer os riscos que uma má qualidade de ar causa à saúde humana, é vista a necessidade de reter, por meio de sistema de filtragem, partículas poluentes em ambientes internos provindas de contaminantes provocados e/ou liberados no ar exterior ou produzidos no próprio local. Com este sistema, as partículas ficam contidas em um filtro fazendo com que o ar retorne ao ambiente de forma mais limpa e com uma melhor qualidade. Existem diferentes tipos de filtros com diferentes eficiências, como HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), Ultravioleta (UV), carvão ativado, ionizador e de ozônio. De acordo com a aplicação, é feita a escolha do melhor filtro para eliminar a maior quantidade de partículas do ambiente e para uma plena qualidade do ar (BASTO, 2007).

Na tentativa de amenizar a poluição do ar interno existente, o projeto nomeado *CleanAir*, é apresentado como uma solução para monitorar os poluentes, informar sobre o IQA e realizar a purificação e esterilização do ambiente por meio de um sistema de filtragem. Desse modo, com a construção de um purificador automatizado para filtrar partículas contaminantes, bactérias e germicidas e um sensor móvel para realizar o monitoramento da qualidade do ar, o equipamento integrado visa proporcionar um ar limpo e contribuir para melhores condições de saúde dentro de um ambiente seguro.

2 Problemática

Com o despertar da consciência ambiental e da crescente preocupação a cerca da saúde respiratória, a sociedade moderna e a comunidade científica voltaram a tomar atenção sobre a exposição a micro-organismos suspensos, elementos alérgenos e gases poluentes. Os estudos epidemiológicos e toxicológicos atuais demonstram uma ligação entre a poluição do ar urbano, devido fontes antropogênicas e naturais de poluentes, ao aumento da incidência e/ou da gravidade de doenças respiratórias e cardíacas (KELLY; FUSSELL, 2011).

Outros estudos articulam que a exposição a partículas MP2.5 e MP10 estão associados a alterações epigenéticas em genes envolvidos na anti-oxidação e nos mecanismos de inflamação das vias aéreas, podendo assim, modificar as respostas a poluição do ar e as infecções respiratórias (KELLY; FUSSELL, 2011). Ainda, estudos de Zoran et al. (2020) evidenciam que além da transmissão de indivíduo para outro através de gotículas ou de superfícies infectadas, a difusão viral (e de outros micro organismos) aérea transportada também se configura como possíveis meios de transmissão de doenças infecciosas.

Pode-se observar que as doenças alérgicas/inflamatórias com manifestações pulmonares aumentaram dez vezes em prevalência nos últimos 50 anos (RIZZO, 1998). Estudos demonstram que diversos fatores em conjunto estão interligados para compreender tal fenômeno, no entanto vale destacar que dentro dos já citados, o aumento da exposição continuada a alérgenos intradomiciliares está associada a manifestações de problemas respiratórios, em especial, asma e rinite. Tal aumento na exposição é reflexo, dentre vários casos, da domiciliação de animais, de ambientes mal arejados que propicia boas condições de proliferação de ácaros e da maior permanência dentro dos domicílios (RIZZO, 1998).

Além do mais, Prussin et al. (2015) quantifica a concentração de partículas semelhantes a vírus e a bactérias (abreviadas como 'VLP' e 'BLP' no artigo, respectivamente) aerotransportadas pelo ar em ambientes internos e externos. É possível observar que entre as concentrações, tanto de VLP quanto BLP, nos ambientes internos (como casas e escritórios) se mostrou superior à concentrações obtidas em creches, restaurantes e centros de saúde, localidades que a movimentação líquida de pessoas é substancialmente maior. Sabe-se também que a concentração de BLP nas casas analisadas se mostrou superior a concentração da mesma em ambientes externos.

Ademais, de acordo com o CDC (Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos) a variância que os diâmetros das partículas virais apresentam pode ser obstáculo para os diferentes equipamentos de combate. O novo coronavírus, por exemplo, é de 0,125 micrões. As gotículas em que ele viaja quando as pessoas tossem, falam ou

respiram são inicialmente maiores, em torno de 1 mícron. Isso torna-se um desafio ao atual mercado nacional de purificação de ar destinada ao pequeno/médio usuário (uso doméstico e em escritórios), por pouco possuírem, até então, equipamentos de eficiência suficiente ou comprovada na eliminação de Sars-CoV-2 (Síndrome respiratória aguda grave de coronavírus 2) em aerossol em custo acessível.

Também, uma pesquisa de público realizada de forma online por meio do formulário Google [H], à qual obteve a participação de 122 indivíduos. Seu resultado expôs que aproximadamente 45% dos entrevistados considera a qualidade do local onde reside de ruim à regular, 69,7% acredita que a qualidade do ar impacta diretamente em sua saúde e aproximadamente 70% presume ser muito importante saber a qualidade do ar que se respira e admite que um purificador de ar possa ajudar em sua saúde respiratória. Por último, 45 dos 122 entrevistados afirma que gostaria que tivesse um sistema de purificação e esterilização de ar no ambiente de trabalho.

Diante do exposto, o projeto *CleanAir* se propõe a desenvolver um purificador e esterilizador de ar com o compromisso de entregar um equipamento de custo reduzido frente aos concorrentes, portátil e com alta eficiência de filtragem que possa ser utilizado em domicílios. Além disso, possuir uma vazão de ar suficiente para suprir a renovação de ar em ambientes com até 24 pessoas e até 80 m² como forma de ampliar sua utilização à locais de trabalho, onde a preocupação com a saúde respiratória se mostrou elevada na pesquisa de público realizada pela equipe.

2.1 Justificativa

A poluição do ar doméstico é uma das áreas que precisa de atenção imediata, pois afeta principalmente o sistema respiratório e pode levar a mais problemas de saúde. Geralmente, pessoas tendem a passar a maior parte de seu tempo em ambientes fechados, como casas, escritórios, edifícios comerciais e escolas, logo, estão potencialmente expostas a agentes externos como micro-organismos, elementos alérgenos, material particulado (MP), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃). É por isso que uma tecnologia avançada na purificação do ar com um preço acessível é muito importante. O emprego de sistemas de purificação de ar tem o potencial de trazer diversos benefícios à saúde, melhorando a qualidade de vida de seus usuários.

Os purificadores de ar podem absterger ambientes com ar viciado, reduzindo as chances de problemas de saúde causados por poluentes internos, que podem desencadear infecções respiratórias, alergias, problemas neurológicos ou agravar os sintomas em pessoas com asma. Outro grupo de risco em potencial são as crianças, pois ainda não possuem seus sistemas respiratórios totalmente desenvolvidos e tendem a ter uma taxa maior de ventilação, aumentando a inalação de substâncias poluentes presentes no ar.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivos Gerais

O purificador *CleanAir* consiste em um produto que tem como principal função a limpeza e purificação do ar com o intuito de melhorar a qualidade do ar no ambiente do qual está inserido, reduzindo poluentes e microrganismos em residências. Ele também busca promover um ar impoluto para o local resguardando e auxiliando na saúde respiratória do usuário. Além disso, tem como objetivo possuir integração por meio de aplicativo e comando de voz do dispositivo Alexa para monitorar a qualidade do ar ambiente e controlar o purificador.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Reter elementos alérgenos comuns de ambiente intradomiciliares e extra-domiciliares de baixa ventilação.
- Reter elementos poluentes particulados da fração MP2.5 a MP10.
- Reter 99% dos elementos poluentes particulados em aerossóis de até 0.3 micrômetros.
- Reter elementos poluentes orgânicos.
- Eliminar odores, químicos e gases poluentes.
- Medir elementos poluentes particulados da fração MP2.5 a MP10.
- Medir gases poluentes como: Dióxido de enxofre (SO_2), Dióxido de nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3), Monóxido de carbono (CO), fumaça e COVs;
- Fornecer dados sobre a qualidade do ar ao usuário.
- Fornecer dados sobre o funcionamento do aparelho ao usuário.
- Apresentar fácil montagem e manutenção.
- Apresentar resistência a impactos.
- Permitir a locomoção dos aparelhos.
- Permitir o monitoramento simultâneo da qualidade do ar de mais de um cômodo/localidade.
- Permitir controle do purificador por aplicativo móvel.
- Permitir controle do purificador por comandos de voz.
- Autonomia de bateria de no mínimo uma hora e trinta minutos.

- Ter opções de modos de funcionamento.
- Ter diferentes velocidades de ventilação.
- Emitir ruídos não acima de 65 dB durante pleno funcionamento.
- Purificar o ar de ambientes com até 80m².
- Purificar o ar de ambientes com até 0,3 pessoas/m².
- Realizar a difusão apropriada do ar.
- Consumo energético de no máximo 100Wh.

3 Gerenciamento

Com intuito de obter um desenvolvimento incremental e progressivo, cooperação entre as equipes, entregas rápidas, adaptabilidade às mudanças e otimização de processos e recursos, adotou-se metodologias ágeis para gerir e planejar o projeto. Dentre as metodologias disponíveis foram empregadas a Scrum, a Kanban e a *Lean Manufacturing*, cada uma para certas áreas da gerência e do planejamento, com adaptações às particularidades da equipe.

Além disso, foram utilizadas práticas recomendadas no PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), são elas:

- TAP (Termo de Abertura do Projeto)
- EAP (Estrutura Analítica do Projeto)
- Plano de Gerenciamento de Tempo (Cronograma de Atividades)
- Plano de Gerenciamento Recursos Humanos
- Plano de Gerenciamento de Comunicação
- Plano de Gerenciamento de Custos e Aquisições
- Plano de Gerenciamento de Riscos

3.1 Termo de Abertura do Projeto (TAP)

O documento de Termo de Abertura do Projeto encontra-se no apêndice [A](#).

3.2 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

A EAP é o processo de decompor as entregas de trabalho do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis. Para facilitar a compreensão do projeto e facilitar os entregáveis foi utilizado o formato híbrido, separando a EAP por marcos do projeto (pontos de controle). O documento da EAP está disposto no apêndice [B](#).

3.3 Gerenciamento de Recursos Humanos

O plano de gerenciamento de Recursos Humanos encontra-se no apêndice [C](#).

3.3.1 Organização da Equipe do Projeto

A equipe do projeto é composta por 14 alunos, divididos em equipe de elétrica, estrutura e software. Na tabela 1 encontra-se os nomes dos membros da equipe, engenharia cursada e função desenvolvida:

Tabela 1 – Stakeholders internos

Membro	Engenharia	Função
Daniela Oliveira	Eletrônica	Coordenadora Geral
Derick Fernandes	Aeroespacial	Diretor de Qualidade
Manuella Ramos	Eletrônica	Diretora Técnica Elétrica
Sara Silva	Software	Diretora Técnica Software
Caio Araújo	Aeroespacial	Diretor Técnico Estrutura
Caio Moraes	Software	Desenvolvedor Software
Eduardo Ribeiro	Software	Desenvolvedor Software
Gabriel Castro	Automotiva	Desenvolvedor Estrutura
Ginette Schroetter	Energia	Desenvolvedor Elétrica
Lívia Moura	Energia	Desenvolvedor Elétrica
Luísa Silva	Eletrônica	Desenvolvedor Elétrica
Natália Guimarães	Automotiva	Desenvolvedor Estrutura
Rossicler Júnior	Software	Desenvolvedor Software
Thaís Melo	Aeroespacial	Desenvolvedor Estrutura

3.3.2 Ferramentas de comunicação e gerenciamento de atividades

O plano desenvolvido para melhor entendimento de como funcionará a comunicação e gerenciamento de atividades está no apêndice E.

3.4 Metodologia

3.4.1 Scrum

Scrum é um *framework* dentro do qual pessoas podem tratar e resolver problemas complexos e adaptativos, enquanto produtiva e criativamente entregam produtos com o mais alto valor possível (SCRUM GUIDES, 2018). É fundamentado nas teorias empíricas de controle de processo e para isso são necessários transparência, inspeção e adaptação.

- **Transparência:** Aspectos significativos do processo devem estar visíveis aos responsáveis pelos resultados.
- **Inspeção:** Os usuários Scrum devem, regularmente e de forma diligente, inspecionar os artefatos Scrum e o progresso em direção a detectar variações.

- **Adaptação:** Se o inspetor determinar que um ou mais aspectos de um processo desviou para fora dos limites aceitáveis, e que os resultados não serão satisfatórios o processo ou material deve ser ajustado.

3.4.1.1 Time Scrum

- **Product Owner**

É o responsável por maximizar o valor do produto e do trabalho do Time de Desenvolvimento ([SCRUM GUIDES, 2018](#)), além disso, é a única pessoa responsável por gerenciar o *Backlog* do Produto. Dentro do atual projeto, o diretor de qualidade tomará esta função delegando algumas de suas atribuições, contidas no manual Scrum, aos gerentes de áreas.

- **Time de Desenvolvimento**

O Time de Desenvolvimento consiste de profissionais que realizam o trabalho de entregar uma versão usável que potencialmente incrementa o produto “pronto” ao final de cada *sprint* ([SCRUM GUIDES, 2018](#)), este time é auto-organizado. Diferente do disposto no manual Scrum, os diretores também desenvolverão incrementos e o time será subdividido em sub-times de acordo com áreas específicas do conhecimento.

- **Scrum Master**

É o responsável por garantir que o Scrum seja entendido e aplicado, garantindo que o Time Scrum venha aderir à teoria, práticas e regras do Scrum. Tal atribuição será dada ao Coordenador Geral.

3.4.1.2 Eventos Scrum

Eventos prescritos são usados no Scrum para criar uma rotina e minimizar a necessidade de reuniões não definidas no Scrum ([SCRUM GUIDES, 2018](#)). São realizados periodicamente tendo uma duração máxima definida. Os eventos Scrum são oportunidades de inspecionar e adaptar os processos do projeto.

- **Sprint**

É um *time-box* definido pelo time, durante o qual uma versão final incremental potencialmente utilizável do produto é criado.

No atual projeto uma *sprint* terá duração de um ponto de controle sendo concluída um dia imediatamente anterior à entrega do ponto de controle e a próxima *sprint* iniciada

um dia imediatamente posterior à entrega do ponto de controle. A verificação diária, quando necessária, será via aplicativo *Telegram* sendo as reuniões de verificação às quartas-feiras via vídeo chamada das 16h00 às 18h00. Nestas, serão realizadas acompanhamentos e inspecionamento das atividades e alterações caso haja alguma situação indesejada.

3.4.1.3 Artefatos Scrum

- **Product Backlog**

É uma lista ordenada de tudo que deve ser necessário no produto, e é uma origem única dos requisitos para qualquer mudança a ser feita no produto ([SCRUM GUIDES, 2018](#)). Também é dinâmico e pode sofrer alterações durante o projeto. Este tem origem do plano de aula da disciplina e dos requisitos conhecidos pelos desenvolvedores.

- **Sprint Backlog**

São elementos dentro de um *Product Backlog* selecionados para serem executados e entregues ao final de uma *sprint*. São definidos de acordo com o plano de aula para um ponto de controle específico e pelos requisitos levantados pelo time de desenvolvedores.

3.4.2 Kanban

É um método de acompanhamento e organização das atividades executáveis no decorrer do projeto. Possibilita que o time Scrum visualize suas responsabilidades e progressos destas dentro de uma *sprint*. É uma ferramenta gráfica e será realizada dentro do cronograma de atividades do projeto, localizado no apêndice F, para facilitar a implementação e a sua funcionalidade. As atividades serão separadas de acordo com a seguinte posição no fluxo: *Product Backlog*, *Sprint Backlog*, e *To Do*, *Doing*, *Done*.

3.4.3 Lean Manufacturing

É uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Eliminando desperdícios a qualidade melhora e o tempo e custos são otimizados. A filosofia faz uso de diversas ferramentas, entretanto, no projeto utiliza-se apenas aquelas que fazem sentido à realidade do projeto a fim de otimizar a produtividade do time e o uso de recursos no projeto ([FERREIRA, 2018](#)). São elas:

- **Métricas Lean:** São imprescindíveis para acompanhar o desempenho da indústria. Além de ser utilizadas para medir o tempo de execução de terminadas atividades do projeto e a produtividade do time.

- **Padronização:** Padrões são utilizados para alcançar a melhoria contínua. No projeto, seu sentido vai de encontro da utilização de ferramentas e metodologias comuns entre os desenvolvedores para retirar necessidade de intercâmbio entre métodos e assim mitigar riscos.
- **5S:** O conceito remete a 5 palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Cada um dos termos representa boas práticas que estimulam a melhoria contínua. Dentre os termos do conceito, o senso de limpeza (*Seiso*) e organização (*Seiton*) são os enfatizados pelo time.
- **Redução de setup:** Redução do desperdício relacionado ao tempo de espera. Os processos interligados no projeto são organizados de modo a não gerar interrupções no fluxo de desenvolvimento.
- **Gestão visual:** Modo de organizar as informações importantes do projeto de forma clara, transparente e ágil ao time.

3.5 Cronograma

O cronograma de acordo com a metodologia escolhida encontra-se no apêndice F.

4 Requisitos

Foi utilizado a técnica MoSCoW ([PRODUCTPLAN, 2017](#)) para a priorização de cada um dos requisitos, a técnica consiste em quatro categorizações:

- **MUST**: requisitos essenciais para o funcionamento do software;
- **SHOULD**: requisitos que entregam bastante valor ao cliente, porém não essenciais;
- **COULD**: requisitos que entregam pouco valor ao cliente;
- **WON'T**: requisitos que não entregam valor ao cliente ou se encaixam no escopo do projeto.

4.1 Requisitos de Alto-nível

Os requisitos de alto-nível elencados estão apresentados na tabela 2:

Tabela 2 – Requisitos de alto-nível

ID	Requisito	Prioridade
RG001	Sensoriamento automatizado de gases e partículas infecções	MUST
RG002	Purificar o ar de ambientes fechados com metragem entre 70-80 m ² com densidade máxima de 0.3-0.5 pessoas/ m ²	MUST
RG003	Possuir material resistente à impactos e água	MUST
RG004	Autonomia energética	MUST
RG005	O produto deverá possuir menor custo que similares	SHOULD
RG006	O produto deverá ser recarregável	MUST
RG007	O produto deverá ter mobilidade e até 1 metro de altura	MUST
RG008	O produto não deverá produzir ruídos acima de 65 dB	SHOULD
RG009	O produto deverá ser de fácil manutenção e uso	MUST
RG010	O sistema deverá detectar quando não for necessário manter a purificação ligada	MUST
RG011	O sistema deverá notificar o usuário sobre a qualidade do ar e quando for necessário ter a troca do filtro	MUST
RG012	O produto deverá possuir um aplicativo para controle remoto	MUST

4.2 Requisitos específicos

4.2.1 Requisitos de Elétrica

4.2.1.1 Eletrônica

Os requisitos levantados pela subequipe de eletrônica para o equipamento portátil:

Tabela 3 – Requisitos do Purificador

ID	Requisito	Prioridade
RE001	Possuir um sistema embarcado	MUST
RE002	Ter um display para a visualização de informações	MUST
RE003	Possuir um botão liga/desliga, reset e modo automático	MUST
RE004	Processar e tratar dados vindos dos sensores para enviar para um banco de dados	MUST
RE005	Possuir no display um código de cores para identificar qualidade do ar	SHOULD
RE006	Comunicação via Wi-Fi com <i>Mobile Sensor</i>	MUST
RE007	Possuir sistema de controle da rotação do motor do ventilador	MUST
RE008	Comunicação de todo o sistema com o usuário	MUST
RE009	Possuir sistema de acionamento da lâmpada UV	MUST

Os requisitos levantados para o equipamento *Mobile Sensor* (detecção de qualidade do ar):

Tabela 4 – Requisitos *Mobile Sensor*

ID	Requisito	Prioridade
RE010	Detecção de gases poluentes	MUST
RE011	Detecção de partículas contaminantes	MUST
RE012	Detecção de compostos orgânicos voláteis	MUST
RE013	Detecção de umidade e pressão do ar e temperatura ambiente	SHOULD
RE014	Indicador de energia	SHOULD
RE015	Possuir botão de liga e desliga	MUST
RE016	Comunicação via Wi-Fi com o Purificador	MUST
RE017	Possuir sistema de ventilação para fluxo de ar	MUST
RE018	Possuir um sistema embarcado	MUST

4.2.1.2 Energia

Os requisitos levantados pela subequipe de energia para o produto foram:

Tabela 5 – Requisitos de Energia

ID	Requisito	Prioridade
RN001	Ter bateria adequada para a alimentação dos sistemas	MUST
RN002	Ter sistema de alimentação capaz de fornecer tensão e corrente adequadas para a alimentação dos subsistemas eletrônicos do produto	MUST
RN003	Atingir uma classificação padrão de filtragem eficiente	MUST
RN004	Levar em consideração as dimensões do local	MUST
RN005	Ter uma porcentagem de filtração maior que 99,5%	MUST
RN006	Possuir carregador para fornecer a bateria a quantidade de energia necessária para o carregamento completo	MUST
RN007	Apresentar um motor DC com ruído abaixo de 40 dB	SHOULD

4.3 Requisitos de Estrutura

Os requisitos levantados pela equipe de estrutura para o projeto foram:

Tabela 6 – Requisitos estruturais

ID	Requisito	Prioridade
RT001	Confinar a emissão de radiação Ultravioleta	MUST
RT002	Ter uma montagem simplificada	MUST
RT003	Ser resistente a impactos e a deformações	MUST
RT004	Ser portátil	MUST
RT005	Possuir peças que ofereçam fácil manutenção	MUST
RT006	Permitir a troca de filtros com praticidade	MUST
RT007	Pesar no máximo 10 quilogramas	MUST
RT008	Resistência a radiação eletromagnética	SHOULD
RT009	Ser ergonômico	MUST
RT010	Ser compacto	COULD
RT011	Superfícies que mitiguem a proliferação de microrganismos	MUST

4.4 Requisitos de Software

Os requisitos são divididos entre requisitos funcionais e requisitos não funcionais ([FIGUEIREDO, 2016](#)), onde cada requisito funcional está ligado a um Épico, que representa de forma macro funcionalidades dentro do software ([DUARTE, 2020](#)).

4.4.1 Épicos

ID	Épico
E1	Controle pelo aplicativo
E2	Monitoramento pelo aplicativo
E3	Notificações do aplicativo
E4	Controle de voz

4.4.2 Requisitos Funcionais

4.4.2.1 Requisitos do Épico E1 - Controle pelo aplicativo

ID	Requisito	Prioridade
E1RF001	Ter controle de ligar/desligar o purificador	MUST
E1RF002	Controlar o desligamento automático do purificador por tempo	SHOULD
E1RF003	Fazer conexão via <i>Wi-Fi</i> com os dispositivos de monitoramento	MUST
E1RF004	Mudar nome dos dispositivos de monitoramento	COULD
E1RF005	Controlar velocidades do purificador	SHOULD
E1RF006	Controlar modos de uso do purificador	SHOULD

4.4.2.2 Requisitos do Épico E2 - Monitoramento pelo aplicativo

ID	Requisito	Prioridade
E2RF001	Visualizar qualidade do ar de cada dispositivos de monitoramento	MUST
E2RF002	Visualizar qualidade do filtro do purificador	MUST
E2RF003	Visualizar <i>status</i> de purificação	MUST
E2RF004	Visualizar bateria atual do purificador	MUST
E2RF005	Visualizar bateria dos dispositivos de monitoramento	MUST

4.4.2.3 Requisitos do Épico E3 - Notificações do aplicativo

ID	Requisito	Prioridade
E3RF001	Notificar bateria baixa do purificador	SHOULD
E3RF002	Notificar bateria baixa dos dispositivos de monitoramento	SHOULD
E3RF003	Notificar a necessidade de limpar ou trocar o filtro do purificador	SHOULD
E3RF004	Notificar quando um ambiente completar a purificação	COULD
E3RF005	Notificar ambientes com a necessidade de purificação	COULD
E3RF006	Notificar a necessidade da troca da lâmpada UV	COULD

4.4.2.4 Requisitos do Épico E4 - Controle de voz

ID	Requisito	Prioridade
E4RF001	Possuir controle de ligar e desligar o purificador	SHOULD
E4RF002	Receber a porcentagem da bateria atual do purificador	COULD
E4RF003	Receber o <i>status</i> da purificação	SHOULD
E4RF004	Saber quais ambientes precisam ser purificados	SHOULD
E4RF005	Definir tempo para o desligamento automático do purificador	COULD
E4RF006	Controlar velocidades do purificador	SHOULD
E4RF007	Controlar modos de purificação	SHOULD

4.4.3 Requisitos Não Funcionais

ID	Requisito	Prioridade
RFN001	Interface colorida com um bom contraste	SHOULD
RFN002	Interface intuitiva	MUST
RFN003	Aplicativo utilizável no Android	MUST
RFN004	Visualização amigável da qualidade do ar de um ambiente	MUST
RFN005	Atualização em tempo real dos dados dos dispositivos de monitoramento	SHOULD

5 Solução

5.1 Escopo

O projeto *CleanAir* consiste na elaboração de um sistema que purifique o ar e detecte partículas e gases prejudiciais à saúde humana em habitações. No qual terá a função de filtrar poluentes do ar e retornar um ar mais puro e limpo para o ambiente.

Dividido em dois sistemas, o primeiro dito o purificador que possui o filtro e o sistema para a purificação e esterilização do local. O segundo consiste em um sistema de menor tamanho, o *Mobile Sensor*, que terá como funcionalidade a detecção de índices de partículas e gases que possam ser prejudiciais à saúde, possuindo sensores para tal fim.

Haverá uma comunicação entre os dois produtos para então notificar o usuário via aplicativo *mobile* da necessidade de purificação do ambiente em que se encontra o dispositivo menor. E ao ser notificado, o usuário pode levar o dispositivo maior ao cômodo para ali o ar ser purificado e, com base no envio dos dados armazenados em um banco de dados será gerado gráficos de evolução da purificação para melhor visualização do usuário.

5.2 Lista É/ Não É

Tabela 7 – Lista é e não é do produto

ID	É	Não é
1	Um sistema portátil	Um sistema com mobilidade automática
2	Purificador e esterilizador do ar	Umidificador e odorizador de ar
3	Um sistema com bateria recarregável	Um sistema autônomo
4	Controlado por aplicativo	Totalmente controlado de forma manual
5	Responsável por verificar a qualidade do ar	Responsável por verificar só a umidade do ar

5.3 Solução Eletrônica

5.3.1 Sistema de Controle

Ao que se diz respeito à parte eletrônica do projeto, foram elencados alguns componentes cruciais para o desenvolvimento e funcionamento do produto. Com isso, foram levantadas as seguintes soluções:

5.3.1.1 Purificador

5.3.1.1.1 Visualização

O módulo de visualização é o subsistema onde o usuário poderá visualizar algumas informações úteis de funcionamento e ter um contato com a interface usando as teclas como meio de interação. Nele estão contidos um visor e um teclado para interface com o usuário.

- **Botão Membrana matricial 3 chaves**

Para que o usuário do purificador possa interagir de forma manual com determinadas opções disponíveis, sendo essas: liga/desliga, modo automático e *reset*, é necessário utilizar 3 botões. A funcionalidade dos 3 botões seria da seguinte maneira:

- O liga/desliga funciona para ligar e desligar o purificador,
- O modo automático estabelece o nível de filtragem de acordo com os dados da qualidade do ar, ou seja, quando o IQA (índice de qualidade do ar) estiver alto (IQA ruim), a velocidade do motor irá aumentar automaticamente para um maior troca de ar no local a ser filtrado e consequentemente, um ar mais limpo. Este modo também funciona para o nível médio de ventilação (IQA médio) e um nível baixo de ventilação (IQA muito bom).
- O *reset* serve para quando houver uma troca do filtro ou da lâmpada UV, voltar para uma contagem inicial em relação a um futura troca.

Este painel de controle funciona como teclas *push-buttons* tipo membrana dispostos na configuração em um formato *Keypad*. Possui uma sequência de chaves, especificamente três, dispostas em forma de matriz. Conforme a tecla é pressionada, é feita a conexão entre a linha e a coluna correspondente. Essa informação é enviada ao microcontrolador, que por meio do programa interpreta qual tecla foi pressionada e, assim, pode realizar ações específicas de forma integrada ([ARDUINO E CIA, 2015](#)).

Dessa forma, será usado essa configuração de membrana matricial com 3 chaves, com o propósito de cumprir com as funcionalidades expostas, para que as operações de interação sejam bem simples e restritas, uma vez que o maior contato do aparelho com o usuário é majoritariamente com o aplicativo. A solução encontrada pode ser observada na Figura 1.

Características:

- Tensão/corrente máxima: 24 VDC/30 mA

- Dimensões: 55 x 36 x 105 mm
- Temperatura de funcionamento: 0 a 50° C
- Cabo flat



Figura 1 – Botão Membrana Matricial 1x3

- **Display LCD**

Para observar o IQA foi proposto um visor que indique através de índices e cores qual a condição do ar no ambiente em que está sendo purificado. Ao realizar pesquisas para o display foi disponibilizada uma gama de opções no mercado que poderia ser utilizado. Para a escolha, considerou-se a resolução, o tamanho da tela, possibilidade de criar animações, gráficos e textos de forma colorida, preço relacionado e o protocolo de comunicação compatível com o sistema microprocessado. Portanto, foi escolhido a tela tipo LCD TFT de 2.2" por possuir ótimos níveis de nitidez devido aos altos contrastes exibidos nas imagens reproduzidas na tela colorida. Tem-se as seguintes especificações:

- Interface de comunicação: SPI
- Tensão de operação: 3.3 VDC
- Resolução: 240x320 pixels
- Controlador: ILI9341
- Dimensões da tela: 40.10 x 67.20 x 6.5 mm



Figura 2 – Display LCD TFT 2.2

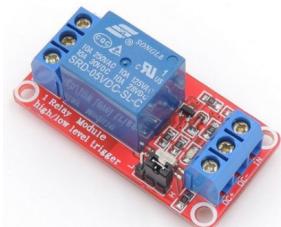
5.3.1.1.2 Acionamento dos Atuadores

Este tópico tem a funcionalidade de controlar os atuadores contidos no dispositivo. Trata-se de um sistema micro-controlado pelo sistema de controle do purificador em que é utilizado circuitos específicos para realizar esse acionamento. Os atuadores são: motor DC e lâmpada UV.

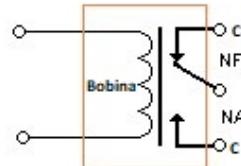
- **Relé de acionamento**

Para o acionamento da lâmpada UV foi cogitado o uso de um relé. O relé é um componente eletromecânico com a capacidade de comutar uma chave ao possuir um circuito com uma bobina, ou seja, ele funciona basicamente como um interruptor. Na outra extremidade do circuito, na maioria das vezes, tem-se duas chaves, uma normalmente fechada (NF) e outra normalmente aberta (NA) além dos contatos comum (C). Desse modo, o relé possui 5 pinos observado na Figura 3b. No projeto ele permanece ligado enquanto houver um pressionamento do botão de acionamento correspondente (os contatos C e NA ficam fechados) e permanece desligado enquanto houver pressionamento de novo do botão (os contatos C e NF ficam fechados) ([ATHOS ELECTRONICS, 2020](#)).

Desse modo, o relé teria sua conexão com o botão conectado na bateria do purificador e com a lâmpada UV, e ao pressionar o botão, o relé é acionado, e assim a lâmpada é ligada. Portanto, a conexão do equipamento com a carga é facilitada por este componente.



(a) Módulo relé 24V 1 canal



(b) Pinos do relé

Figura 3 – Relé de acionamento

Especificações:

- Tensão de operação: 24 VDC
- Corrente de operação: $15 \sim 20mA$
- Capacidade do relé: 30 VDC/10A e 250 VAC/10A
- Tempo de resposta: $5 \sim 10ms$

- **Controle de velocidade do motor DC**

De maneira a realizar a proposta de controle de velocidade do motor de 24V foi considerada a criação de um circuito que envolve um transistor MOSFET na Figura 4. Após um estudo de possíveis tipos desse transistor, analisou-se o modelo IRF540, como sendo o mais favorável por ter um maior envolvimento na contribuição em projetos para acionar cargas de alta corrente. Este MOSFET pode suportar carga máxima de até 23 A, tensão máxima de dreno de até 100 V e usa uma tecnologia de valas que o torna capaz de atingir um alto nível de capacidade de condução ([COMPONENTS INFO, 2020](#)).

Este transistor possui alguns recursos que o tornam ideal para ser usado como uma chave e é capaz de realizar comutação de alta velocidade. Ele também pode ser usado na saída de microcontroladores e plataformas eletrônicas como Raspberry Pi e ESP32 para acionar cargas de alta amperagem ([COMPONENTS INFO, 2020](#)).

A partir disso, para o seu chaveamento será utilizado o controle por modulação de pulso (PWM), presente no microcontrolador. Essa operação varia o tempo de permanência do sinal lógico em baixo e alto, isso promove uma resposta que simula uma variação de intensidade de tensão, porém variando apenas o tempo que o sinal está ligado e desse modo, a velocidade do motor corresponde com essa variação.

Especificações técnicas do transistor MOSFET:

- Tipo de transistor: canal N
- Tensão máxima de Gate: $\pm 20\text{V}$
- Tensão mínima de condução: 2V a 4V
- Dissipação máxima de energia: 100W



Figura 4 – Transistor MOSFET IRF540

- **Isolamento**

A natureza dos atuadores gera ruídos de tensão e corrente que devem ser tratados, uma vez que, caso esse ruído chegue ao sistema de controle existe a possibilidade de causar mal funcionamento das funções de todos os circuitos presentes. Portanto, deve-se isolar o sistema de atuadores do sistema de controle. Para isso são utilizados opto-acopladores,

que isolam o sistema transferindo sinais por meio de LEDs emissores e receptores e assim, separam um circuito de baixa potência com o de alta potência.

5.3.1.2 Mobile Sensor

Este módulo consiste no sistema de monitoramento da qualidade do ar com a função de realizar a captura de dados relevantes para uso no controle e automação do equipamento. Portanto, aborda um sistema micro-controlado conectado a vários componentes de detecção e medição de determinados parâmetros. Diante disso, foi feito um levantamento de componentes necessários com base nos requisitos levantados, normas estabelecidas na resolução do CONAMA ([CONAMA, 2018](#)) para a qualidade do ar, escala de medição compatível com a aplicação e apresentarem custos acessíveis com a disponibilidade no mercado.

5.3.1.2.1 Módulo de Medição da Qualidade do ar

Para que haja a verificação da qualidade do ar e quais substâncias estão presentes em maior ou menor concentração no ambiente, faz-se necessário o uso de sensores específicos para identificar cada um dos gases e partículas.

- **Sensor para Material Particulado**

Foi estabelecido para medição o MP2.5 e MP10 o sensor Adafruit **PMSA003I**, observado na Figura 5. Este sensor usa espalhamento a laser para irradiar partículas suspensas no ar e, em seguida, coleta a luz espalhada para obter a curva de mudança dessa luz com o tempo. O microprocessador calcula o diâmetro de partícula equivalente e o número de partículas com diferentes diâmetros por unidade de volume. Dessa forma, pode-se obter as concentrações de MP2.5 e MP10 em unidades padrões e ambientais.

Especificações do módulo sensor:

- Nível de interface: 3.3 V
- Comunicação: I²C
- Faixa de medição de partícula: 0.3 ~ 1.0, 1.0 ~ 2.5, 2.5 ~ 10 micrômetros
- Eficiência de contagem de partículas
- Faixa efetiva de partícula (padrão PM2.5): 0 ~ 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Tempo de resposta única: < 1 segundo



Figura 5 – Sensor PMSA003I

- **Sensor de COVs, umidade, pressão e temperatura**

Segundo a [ISO16000 \(2014\)](#), é esperado que os detectores de COVs (compostos orgânicos voláteis) sejam amplamente usados para monitoramento de concentrações internas, controle de sistemas de ventilação e assim por diante. Além do mais, fatores como a umidade, pressão e temperatura influenciam na qualidade do ar.

Sendo assim, para medir essas variáveis, o “Mobile Sensor” utilizará o sensor digital Adafruit BME680, que realiza a leitura das três variáveis meteorológicas, com boa acurácia e resolução de leitura, além de detecção de gases COVs no ar. Todos os parâmetros são deduzidos de medições e condições ambientais, que estão em conformidade com a norma ISO 16000-29 “Métodos de teste para detectores de COV” ([BOSH, 2017](#)). Logo, pode ser usado para detectar e realizar medições de gases e álcoois, como etanol, álcool e monóxido de carbono, porém, não pode diferenciá-los.

A lista abaixo resume as características técnicas do sensor:

- Comunicação: I²C e SPI
- Alimentação: 3.3 V
- Modo de operação: -40 a 85 °C, 0 a 100% UR, 300 a 1100 hPa
- Baixo consumo de corrente
- Sensores individuais de umidade, pressão e gás podem ser ativados/desativados independentemente



Figura 6 – Sensor BME680

- **Sensor de Dióxido de Enxofre**

Com o intuito de identificar a concentração do dióxido de enxofre no ambiente será utilizado, no dispositivo, o sensor DGS-SO2. Ele utiliza uma tecnologia de sensor eletroquímico impresso, combinado com algoritmos permite uma fácil integração de baixo consumo de energia, alto desempenho e mais precisão e estabilidade ao componente. Este módulo entra automaticamente em um estado de baixa energia entre as medições do *trigger* mantendo o sensor ligado para uma maior acurácia ([SPEC, 2017](#)).

A lista abaixo resume as características técnicas do sensor:

- Comunicação: UART
- Alimentação: 3.3 V
- Faixa de operação: -20 a 40°C, 15 a 95% UR, 0,8 a 1,2 atm
- Baixo consumo de corrente
- Máxima concentração medida: 5000 ppm
- Tempo de resposta < 30 segundos



Figura 7 – Sensor SPEC-SO2

- **Sensor de Fumaça**

Sabendo como a fumaça e gases inflamáveis trazem diversos riscos à saúde (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002), é necessário de detectar esses poluentes. Então, a partir da busca realizada, o sensor escolhido foi o MQ-2, esse sensor que contém em sua composição o dióxido de estanho (SnO_2), um material sensível que possui menor condutividade em ar limpo. A condutividade deste material varia de acordo com a concentração dos gases, ou seja, quanto maior a concentração menor sua resistência. Este sensor tem sensibilidade a gases GLP, Propano, Hidrogênio, Metano, Monóxido de Carbono e Álcool (FLOP, 2016). Porém, o sensor será utilizado somente para a detecção de fumaça no ar.

A lista abaixo resume as características técnicas do sensor MQ-2:

- Tensão de operação: $5.0\text{V}\pm0.2\text{V}$
- Concentração de detecção: 300-10000 ppm
- Baixo consumo de corrente
- Comunicação: Digital e analógica



Figura 8 – Sensor MQ-2

- **Sensor de Ozônio**

Sendo o ozônio um dos principais componentes da poluição (LARA, 2020), também é importante fazer a detecção deste poluente. Para isso, foi feita a busca de um sensor com características semelhantes ao MQ-2. Então, o sensor escolhido para realizar a detecção do ozônio no ambiente foi MQ-131, ele é composto por trióxido de tungstênio (WO_3) que possui menor condutividade em ar limpo. E assim, a condutividade do sensor varia de acordo com a concentração de ozônio. Este sensor também é sensível ao dicloro, dióxido de nitrogênio, entre outros óxidos fortes (WINSEN, 2014). Porém, ele será usado especificamente para detecção de ozônio.

Características:

- Tensão de operação: $5.0\text{V}\pm0.1\text{V}$

- Concentração de detecção: 0,01-1 ppm
- Baixo consumo de corrente
- Comunicação: Digital e analógica



Figura 9 – Sensor MQ-131

- **Sensor de Dióxido de Nitrogênio**

Para a medição desse gás utilizaremos um sensor que é elaborado com material semicondutor, que de acordo com a concentração do gás a sua resistência aumenta ou diminui. Essa composição o torna um sensor mais eficiente, pois há a combinação de análise de efeitos de temperatura, químicos e elétricos. O sensor escolhido MICS-6814 tem como principal vantagem a versatilidade de medição de gases, podendo medir até três gases simultaneamente, sendo eles dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e amônia.

A lista abaixo resume as características técnicas do sensor:

- Comunicação: Analógica
- Alimentação: 5 V
- Condições de operação: -30 a 85 °C, 5 a 95% UR
- Baixo consumo de corrente
- Concentração medida: 0,05 a 10 ppm

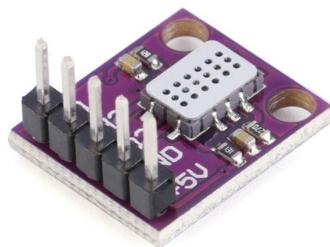


Figura 10 – Sensor MICS-6814

5.3.1.2.2 Visualizações e Controle

- **Botão Liga/Desliga**

Da mesma forma que o purificador apresenta uma interação manualmente limitada com o usuário, o Mobile Sensor possuirá um botão de ligar e desligar o respectivo dispositivo. Por meio de um botão de membrana é possível estabelecer um sistema com este painel de controle ao funcionar como um interruptor, abrindo ou fechando circuitos elétricos, pelo qual se interrompe, de forma reversível, a passagem de um sinal no circuito eletrônico do equipamento. Assim, com um toque, pode-se ligar e desligar o aparelho pela lógica de abrir e fechar o circuito por meio do botão. Este modelo, observado na Figura 11, foi escolhido devido ao seu ótimo acabamento e fácil conexão ao circuito via cabo flexível.

Características:

- Tensão/corrente máxima: 24 VDC/30 mA
- Temperatura de funcionamento: 0 a 50° C



Figura 11 – Botão de membrana on/off

- **Relé de acionamento**

Para o funcionamento de liga e desliga do Mobile Sensor com segurança será utilizado um Módulo Relé 5V 1 Canal, visto na Figura 12, visto que somente o botão escolhido não

é possível aguentar a corrente da bateria, porém é suficiente para o acionamento do relé para a alimentação do microcontrolador. Assim, o botão é conectado na bateria de 5V e no relé, e ao ser pressionado, aciona o relé no modo NA, que por sua vez estará ligado a todo sistema micro-controlado. Dessa forma, a conexão do equipamento com a carga (que será conectada nesse 1 canal) é facilitada por este componente e o circuito é alimentado com a devida tensão e corrente necessária.

Especificações:

- Tensão de operação: 5V
- Tensão máxima de carga: 240VAC
- Corrente máxima de carga: 10A
- Ativo alto (Aciona com Vcc)



Figura 12 – Módulo Relé 5V 1 canal

• **Display LED indicador de bateria**

O dispositivo menor possui bateria própria e independente, portanto para uma melhor visualização do nível de bateria do dispositivo, foi escolhido um medidor de bateria de barra gráfica 5 segmentos - FR50. Pois é capaz de medir em tempo real a quantidade de carga total, indicando a quantia de carga existente por meio de uma barra gráfica com leds. Ideal para o uso de baterias de lítio, com tensão máxima de 6.0V.

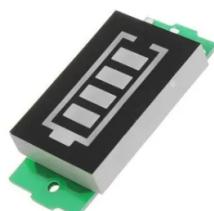


Figura 13 – Display LED indicador de bateria

5.3.1.2.3 Ventilação

- **Micro Cooler Ventoinha DC**

Para realizar uma detecção mais efetiva dos poluentes é necessário a aspiração do ar no Mobile Sensor. Com a finalidade de realizar essa ação, é apresentada uma ventoinha para a sucção de ar. O equipamento escolhido é feito de ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), um material leve, e ele será ligado automaticamente com o Mobile Sensor ([ELETRO-GATE, 2020](#)).

Abaixo são apresentadas as características técnicas do micro cooler:

- Tensão nominal: 5 V/0.2 A
- Tipo de rolamento: Sleeve
- Conector: 2Pin (2.0)



Figura 14 – Micro Cooler

5.3.1.3 Microcontroladores

Um microcontrolador consiste em um único circuito integrado que reúne um núcleo de processador, memórias voláteis e não voláteis e diversos periféricos de entrada e de saída de dados. A escolha do microcontrolador adequado ao projeto é de suma importância, visto que será a fonte principal de controle de funcionalidades do produto.

Para esse projeto será necessário o uso de dois microcontroladores que sejam capazes de se comunicar e conectar com o dispositivo do usuário via *Wi-Fi*. Também será necessário o controle de sensores com comunicação I^2C , UART e SPI, processando os dados e os enviando ao banco de dados para ser redirecionado ao usuário. Assim, foi feito o estudo de possíveis microcontroladores.

- **ESP8266**

A ESP8266 é uma placa que disponibiliza o recurso integrado de *Wi-Fi SoC (System On Chip)*, que possui 30 pinos, sendo 17 deles pinos GPIO e conta com 1 canal ADC de 10 bits. Quanto à interface de comunicação, a placa possui I^2C , SPI, UART e I2S. A tensão de operação é de 2.5V a 3.6V, que pode ser fornecida por conexão USB, e sua corrente de operação é de 80mA. Além disso, tem sua tensão lógica de 3.3V e faixa de frequência de 2.4GHz. A ESP8266 é um microcontrolador muito utilizado na indústria da IoT (Internet das coisas) por seu baixo consumo de energia, seu design compacto e sua confiabilidade, sendo ideal em aplicações de uso contínuo. ([ESPRESSIF, 2020](#))

Abaixo as especificações técnicas da placa:

- Padrões Wireless: IEEE 802.11 b/g/n
- Segurança: WEP / WPA / TKIP / AES;
- Antena Embutida
- Taxa de transmissão: 110 à 460 Mbps



Figura 15 – ESP8266

- **ESP32**

ESP32 é um chip único de 2,4 GHz *Wi-Fi* e *Bluetooth* combinado, além de projetado com baixa potência e com antena embutida. Ele é capaz de receber e enviar dados ao software por meio de um determinado protocolo, e permite também a conectividade com outros dispositivos e constante troca de informações com a rede. É planejado e otimizado para o melhor desempenho de energia, robustez, versatilidade, recursos e confiabilidade, para uma ampla variedade de aplicações como em IoT ([ESP32, 2016](#)).

A placa com este chip integrado possui 38 pinos, dentre os quais 32 podem ser empregados como GPIO, e o restante como pinos de Vcc, Enable e Gnd. Quanto aos conversores, a mesma suporta 16 canais para ADC de 12 bits e outros 2 canais para a DAC de 8 bits. Quanto a interface de comunicação, a ESP32 possui 3 interfaces SPI, 3 interfaces UART, 2 interfaces I^2C , e suporte para protocolo CAN ([ESP32, 2016](#)).

Algumas especificações técnicas da placa:

- Tensão de Operação: 2.5 V - 3.6 V;
- Corrente de Operação: 50 mA;
- Conector micro-USB;
- Tensão Lógica: 3.3 VDC;
- Taxa de transferência: 110 à 460800 bps;
- Frequência de operação máxima: 240MHz.



Figura 16 – ESP32

- **MSP430F5529**

A placa MSP430F5529 é um modelo de microcontrolador de ultra-baixa potência que é composto por diversos dispositivos e periféricos voltados para diferentes aplicações que incluem em sistemas de sensores analógicos e digitais, registradores de dados, entre outros. Essa placa também possui um conversor ADC 12 bits, 63 pinos GPIO, 4 SPIs, 2 I2Cs e 2 UARTs e trabalha em uma faixa de tensão de 1,8 V até 3,6 V. Porém, para utilizar *Wi-Fi*, tem que conectá-la a um módulo adicional, pois esse modelo de microprocessador não dispõe desse recurso embutido ([TEXAS, 2020](#)).

Características específicas da placa MSP430F5529:

- Arquitetura: RISC de 16 bits
- Clock do sistema: até 25 MHz
- Memória não volátil: 128 kB
- Memória RAM: 8 kB

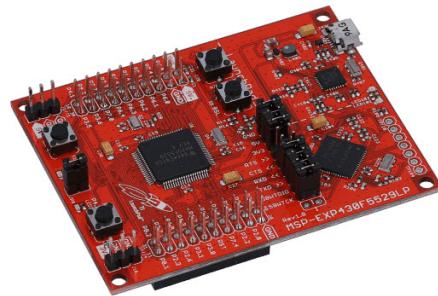


Figura 17 – MSP430F5529

- **Módulo Wi-Fi ESP8266**

Levando em conta a utilização da MSP430F5029, para que o microcontrolador tenha acesso à internet com a intenção colaborar com o requisito de comunicação proposto pela eletrônica, foi realizada uma verificação para a escolha do módulo *Wi-Fi* ser integrada a esta possível placa. Assim, foi escolhido o módulo *Wi-Fi* Serial ESP8266 que é capaz tanto de receber uma aplicação quanto transferir as funções da rede *Wi-Fi*, além de trabalhar com baixo consumo de energia, e com tensão de alimentação dos pinos de entrada/saída de 3.3 V ([ELETROGATE, 2020](#)).

Abaixo, algumas características no módulo:

- Protocolo: TCP/IP
- Comunicação: SDIO 1.1/2.0, SPI, UART
- Velocidade de operação: até 2Mbps
- Segurança: WPA, WPA2

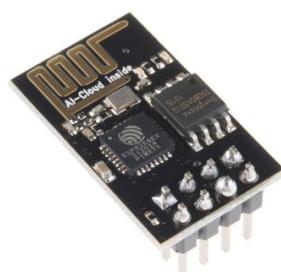


Figura 18 – Módulo *Wi-Fi* Serial ESP8266

- **Decisão de Eletrônica**

Após analisar minuciosamente cada componente necessário para o desenvolvimento da solução de eletrônica, os sensores foram escolhidos após o levantamento de referências sobre os tipos de gases e partículas que influenciam na poluição do ar e da qualidade do mesmo, com isso os quesitos para a sua escolha além das já citadas anteriormente, foi a sua comunicação com o microcontrolador. Visto isso, para a escolha deste importante componente, levantou-se uma tabela para facilitar o processo de decisão na sua escolha evidenciado na Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz de decisão de microcontroladores.

Alternativa	Tensão (V)	GPIO	ADC	Comunicação	Preço
ESP8266	3.3	30	1	I2C, SPI e UART	R\$ 44,90
ESP32	3.3 e 5	38	16	I2C, SPI e UART	R\$ 49,70
MSP430 + Módulo	3.3	63	8	I2C, SPI e UART	R\$ 169,78

Foi considerada toda a integração dos componentes com outras áreas do projeto, o custo benefício (na utilização de 2 microcontroladores), quantidade de pinos necessários para a conexão dos sensores abordados, como também o tipo de interface (I^2C , UART e SPI) e entrada/saída (ADC) estabelecida para cada componente. Além disso, a necessidade do módulo *Wi-Fi* ser integrado ao microcontrolador em razão de sua interação entre os dois dispositivos para se comunicarem entre si, é uma outra justificativa. Então satisfazendo os requisitos definidos, o microcontrolador escolhido para ambos os dispositivos é a **ESP32**.

5.3.1.4 Arquitetura inicial

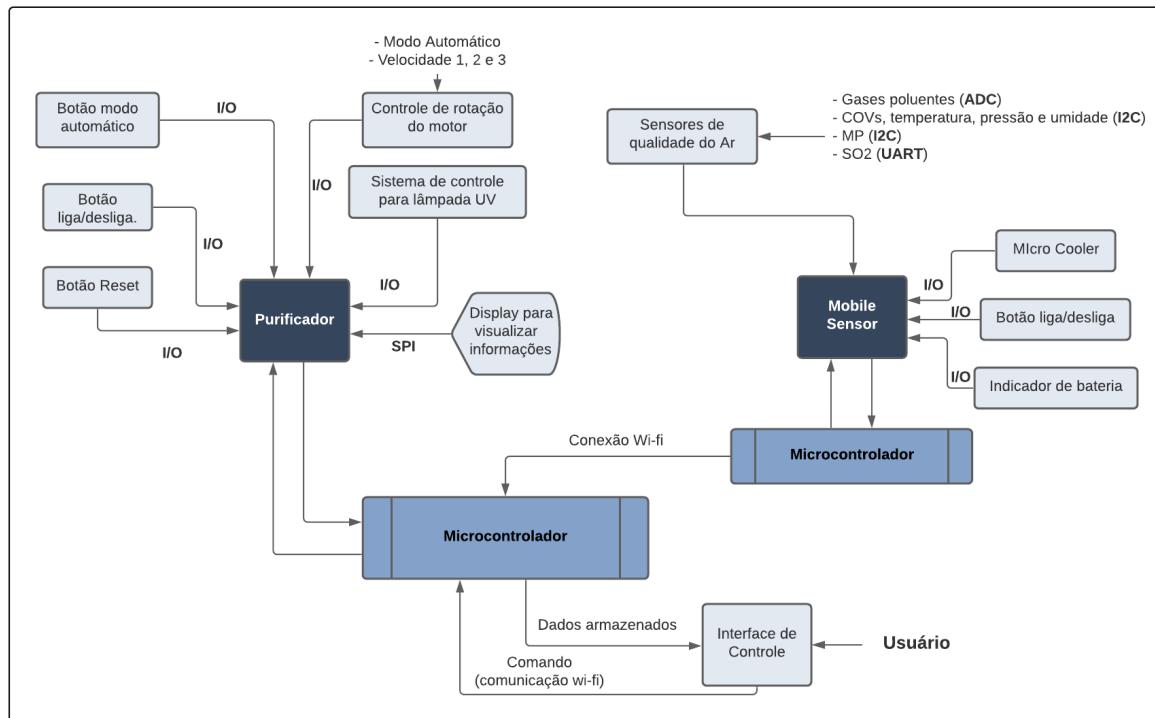


Figura 19 – Arquitetura de Eletrônica

5.4 Energia

A solução energética deste produto abrange uma fonte de alimentação principal, um sistema de ventilação com um motor DC, sistema de filtragem, uma lâmpada UV, uma bateria do purificador e bateria do *Mobile Sensor*. Estes elementos estarão inseridos no interior do equipamento, ocultados da visão do usuário. Esta solução visa a alimentação adequada de todo o sistema, eficiência energética e qualidade no sistema de filtragem. A configuração da solução do sistema de alimentação proposto está representada no diagrama de blocos na Figura 21.

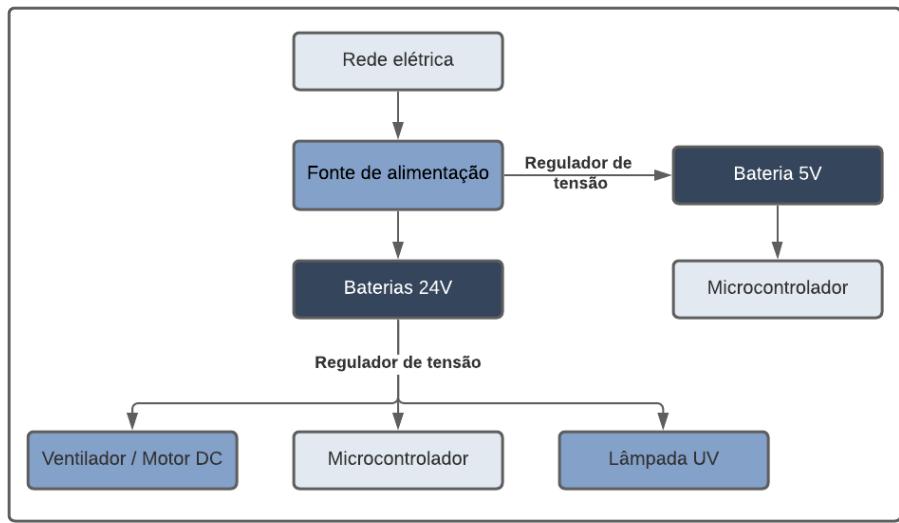


Figura 20 – Diagrama de distribuição de energia

Serão utilizados dois modos de operação para o fornecimento de energia: o primeiro, a carga será fornecida ao equipamento por meio da fonte de alimentação principal, enquanto houver energia elétrica na rede. Para o segundo modo, haverá uma fonte secundária de energia, a bateria, que será acionada quando o equipamento estiver desconectado da rede elétrica. Isso oferece o uso do equipamento sem fio de conexões, facilitando sua mobilidade, além de assegurar que o aparelho não fique sem energia em caso de falha na rede.

5.4.1 Fundamentos de Partículas

As partículas, o material do filtro e suas interações são de suma importância no desenvolvimento do sistema de filtração do purificador de ar (XU, 2014). Para um melhor desenvolvimento do sistema de filtração, foi realizado um estudo com base na literatura sobre as partículas, seus tamanhos e seus estados não estacionários e estacionários e como este último influencia na eficiência de filtragem e no sistema de ventilação forçada.

O tamanho de uma partícula viral é medida em micrôn, uma unidade métrica que é equivalente a 1000 nanômetros. O conhecimento deste tamanho determina como os indivíduos podem se proteger de diversas doenças respiratórias causadas pelos aerodispersóides, que podem ser definidos como uma dispersão dessas partículas sólidas ou líquidas no ar. Segundo Schneider et al. (2011), as propriedades físicas dos aerodispersóides são classificados em:

- **Fumos:** partículas sólidas de origem orgânica que são encontradas em dimensões entre 0,01 a 0,3 μm ;

- **Poeiras:** partículas sólidas geradas mecanicamente por manuseio, moagem, raspagem, esmerilhamento, etc. As poeiras com partículas entre 0,5 a 10 μm são as mais perigosas;
- **Organismos vivos:** bactérias em suspensão no ar com dimensões de 0,001 a 15 μm .

Tendo em vista tais informações, foi feita a seleção dos filtros necessários para o purificador de ar de acordo com as especificações do projeto.

5.4.2 Sistema de Filtragem

A eficácia do sistema de filtragem está intrinsecamente relacionado com o tamanho das partículas que podem atravessá-lo. O ideal seria um filtro com passagem de ar nanométrica para que o ar fosse completamente filtrado; porém, se o filtro possuir dimensões reduzidas, pode ocorrer comprometimento da filtragem, visto que o filtro começará a ser obstruído muito rapidamente levando a uma redução do fluxo de ar. A velocidade do ar também se torna crítica com o tamanho reduzido do filtro, fazendo com que as partículas de impureza consigam atravessar a tela de filtragem ao invés de serem retidas na mesma.

Portanto, para escolher o sistema de filtragem foi realizado um estudo levando em consideração a vazão mínima de ar necessária para prover a renovação de ar interior e a classe mínima de filtragem requerida para a aplicação (residências e escritórios de alta densidade) segundo a norma ABNT (2008). Além disso, considerou-se as características dos poluentes que se pretende reter, as propriedades e classificações dos diversos filtros presentes no mercado, potência elétrica máxima, a área útil de difusão de ar e a densidade de pessoas por m^2 previamente definida nos requisitos do projeto.

Assim, os resultados preliminares mostrou a necessidade de uma vazão de ar mínima de 0,130 m^3/s e a necessidade de aplicação de pré-filtro e filtro classe G3 e F8, respectivamente, de forma a suprir a norma ABNT (2008).

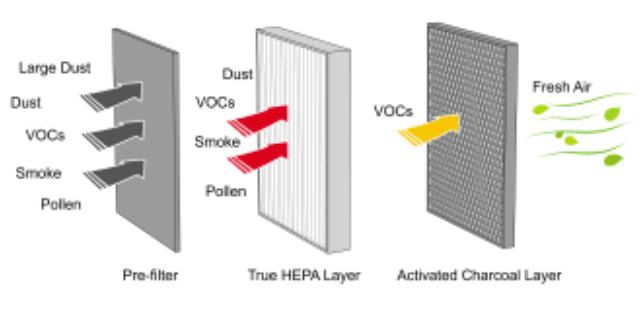


Figura 21 – Etapas de Filtragem

5.4.2.1 Pré-filtro

O pré-filtro é responsável pela captura das partículas maiores antes que cheguem ao filtro principal específico para a aplicação que se deseja. A maioria das partículas presentes no ar são partículas grandes como poeira e pelos de animais ([GUPTA et al., 2019](#)). Dessa forma, ainda que o filtro principal tenham uma grande área superficial, ele pode encher rapidamente se partículas maiores não forem pré-filtradas, reduzindo assim a sua durabilidade e eficácia.

Desta forma, será utilizado um filtro grosso classificação G4 estando ainda de acordo com a necessidade estabelecida no último parágrafo da seção anterior. Essa decisão se dá considerando a maior de retenção gravimétrica deste filtro e uma perda de carga semelhante quando comparada à filtros de classificação G3.

- Perda de carga final: 250 Pa;
- Vazão volumétrica mínima: $130\ m^3/h$.

5.4.2.2 Filtro absoluto (HEPA)

Para se atingir o grau de purificação definido tanto na norma [ABNT \(2008\)](#) quanto nos requisitos do projeto, ou seja, retenção de até 99% de partículas com $0,4\ \mu m$, julgou-se necessário o uso de um filtro absoluto. Dessa forma, para este projeto foi selecionado um filtro HEPA classe H13 que oferece uma eficiência mínima de 99,95%, segundo a norma EN 1822:2009, para partículas de $0,4\ \mu m$. À vista disso, a eficiência do filtro selecionado é considerada suficiente, visto que a utilização de um filtro HEPA classe H13 é recomendado para salas limpas, conforme observado em [ANVISA \(2013\)](#). Atenta-se ao fato de que a recomendação de utilização para salas limpas está além do escopo definido para o desenvolvimento do produto, ratificando a capacidade do filtro selecionado de suprir os requisitos aqui elucidados ([SPARKS; CHASE, 2016](#)).

- Perda de carga final: 450 Pa;
- Vazão volumétrica mínima: $130\ m^3/h$.

5.4.2.3 Filtro de Carbono Ativado

O objetivo principal do filtro de carvão ativado é filtrar gases e compostos orgânicos voláteis liberados de produtos domésticos comuns, contribuindo para a remoção de odores no ar. No entanto, eles são capazes de remover partículas finas com até 80% de eficiência, porém, no projeto em questão sua aplicação será voltada apenas para adsorção e qualquer adsorção de partícula é consequência deste.

- Perda de carga final: 200 Pa;
- Vazão volumétrica mínima: $150 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.4.3 Sistema de Ventilação Forçada

Para o dimensionamento preliminar do sistema de ventilação foi utilizado a equação de energia dos fluidos reais. Foi desconsiderado, nesta etapa, as perdas de cargas devido efeitos viscosos com as paredes dos dutos, os efeitos de compressibilidade e os efeitos de trocar de calor, com o intuito de simplificar a análise. Foram considerados como entradas para o cálculo os seguintes parâmetros: a vazão volumétrica mínima de ar calculada para o projeto, a área preliminar de face dos filtros, a área preliminar do bocal de exaustão, os parâmetros atmosféricos de Brasília na temperatura média máxima de 37.9°C e as perdas de cargas finais dos três filtros. O resultado obtido foi uma potência mínima disponível de 89 W.

Pela geometria do produto em desenvolvimento, optou-se pela aplicação do ventilador centrífugo de sucção com pás curvadas. O modelo escolhido foi o LWBD220-C0 da *LONGWELL*. A Figura 22 ilustra o ventilador utilizado no projeto. Ele possui um motor de corrente contínua sem escovas, a escolha desse se deve à maior eficiência, menor peso, baixa emissão de calor e de ruídos além da maior vida útil quando comparado ao seu equivalente com escovas.

Um outro fator importante na escolha do motor é o IP (*Index Protection*), uma classificação que mede a capacidade do motor de resistir à entrada de poeira e água. Entretanto, para o projeto foi feita a escolha de utilizar a integração do motor e ventilador dada pelo fabricante, visto que o baixo custo, a otimização de espaço do purificador, a economia de energia e a facilidade de operação são fatores determinantes para o pleno funcionamento do sistema.

- Voltagem: 24 V;
- Potência máxima: 100 W;
- Velocidade: 3100 RPM;
- Fluxo máximo de ar: $910 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Pressão de Ar: 520 Pa;
- Eficiência nominal: $82 \sim 90\%$.



Figura 22 – Motor e Ventilador.

5.4.4 Lâmpada UV

O processo de esterilização é uma etapa importante na purificação do ar. Os micro-organismos devem ficar presos nos filtros de ar e se não forem tratados podem se multiplicar. A lâmpada UV é eficaz na destruição de germes e bactérias, os raios ultravioletas são responsáveis pela redução do crescimento desses micro-organismos no filtro do purificador. Dessa forma, foi escolhida a lâmpada germicida de luz UV, devido a incapacidade de reprodução de vírus bactérias e protozoários quando expostos a essa luz.

5.4.5 Sistema de Alimentação

5.4.5.1 Fonte de Alimentação Principal

A fonte de alimentação principal foi dimensionada para fornecer energia para o purificador e o *Mobile Sensor*. Foi decidido fabricar a fonte de alimentação do equipamento, então será necessário ter um transformador abaixador de tensão da rede de 220V para 24V, uma ponte retificadora para transformar a corrente alternada para a corrente contínua e de um capacitor que servirá de filtragem da corrente contínua. Ademais, será preciso ter um regulador de tensão *step-down* para poder baixar a tensão de 24V para 5V e um módulo controlador de carga inteligente para bateria de lítio TP4056, assim será possível carregar a bateria que alimentará o microcontrolador de uma forma segura.



Figura 23 – Módulo Controlador De Carga Para Bateria De Lítio Tp4056.

5.4.5.2 Fonte de Alimentação Secundária

5.4.5.2.1 Purificador

A fonte de alimentação é um mecanismo que converte a energia elétrica em tensão, corrente e frequência necessárias para o equipamento funcionar. Assim, com a finalidade de atender a demanda energética do projeto, o purificador contará com duas baterias de íon de lítio recarregáveis, que serão fundamentais no sistema de energização do aparelho. Os fatores que motivaram essa escolha foram os seguintes:

- Carregamento rápido;
- Durabilidade;
- Intensidade de carga;
- Nenhuma descarga periódica.

Além disso, as baterias de íon-lítio causam menos danos ao meio ambiente quando descartadas, em comparação as baterias de chumbo-ácido e à base de cádmio. Sendo assim, a fonte de alimentação sugerida para o produto principal será conectada à rede elétrica e irá fornecer uma saída CC regulada igual a 24V. Será utilizado também um regulador de carga para os componentes que exigirem tensão específica. Não será necessário um inversor de corrente, visto que o sistema elétrico não possui demanda de corrente alternada.

Houve também a necessidade de um sistema de monitoramento de energia que é responsável por acompanhar o funcionamento do sistema de alimentação. Ele é um leitor de tensão contínua que entregue pelo sistema de alimentação geral e pode proteger o sistema central e seus componentes. Desta forma, a tabela 9 especifica o levantamento prévio da carga dos sistemas.

Tabela 9 – Levantamento prévio da carga do Purificador

Componente	Qnt.	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)
Display LCD	1	3.3	0.15	0.495
Botão Membrana Matricial	1	3.3	0.04	0.132
ESP32	1	3.3	0.05	0.165
Ventilador e Motor DC	1	24	4,2	100
Lâmpada UV	1	12	0,1	1.2
Total				102

5.4.5.2.2 Mobile Sensor

Em relação a alimentação do *Mobile Sensor*, será utilizado uma fonte de alimentação capaz de atender os sensores presentes no equipamento. Para isso foi escolhido uma bateria de lítio de 5 V que será recarregável. Os fatores que motivaram a escolha desse componente foram a capacidade de duração da carga, o baixo consumo de energia e o tamanho do produto. Desta forma, a tabela 10 especifica o levantamento prévio da carga dos sistemas.

Tabela 10 – Levantamento prévio da carga do Mobile Sensor

Componente	Qnt.	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)
ESP32	1	3.3	0.05	0.165
Indicador de Bateria	1	5	0.08	0.4
Micro Cooler Ventoinha	1	5	0.2	1
Sensor PMSA003I	1	3.3	0.1	0.33
Sensor BME680	1	3.3	0.012	0.0396
Sensor de SO ₂	1	5	0.004	0.0132
Sensor MQ-131	1	5	0.16	0.8
Sensor de MQ-2	1	5	0.18	≤ 0.9
Sensor NO ₂	1	3.3	0.032	0.106
Total				3.7538

5.5 Solução Estrutural

A abordagem estrutural compreende um sistema composto por um conjunto de estruturas críticas, são elas:

5.5.1 Estruturas Principais

O dispositivo será desenvolvido seccionado em duas partes, denotadas como seção de potência e seção de filtragem, conforme ilustrado na Figura 24. A seção de potência comportará os elementos de controle e de interface com o usuário, o ventilador de sucção, os dutos estabilizadores de fluxo e a grelha direcionadora de fluxo. A seção de filtragem

comportará a bateria e demais sistemas de alimentação, sistema de filtragem e o sistema de esterilização por radiação ultravioleta. É desenvolvido de tal forma para que qualquer usuário possa realizar, com facilidade, a troca periódica dos filtros e as manutenções necessárias.

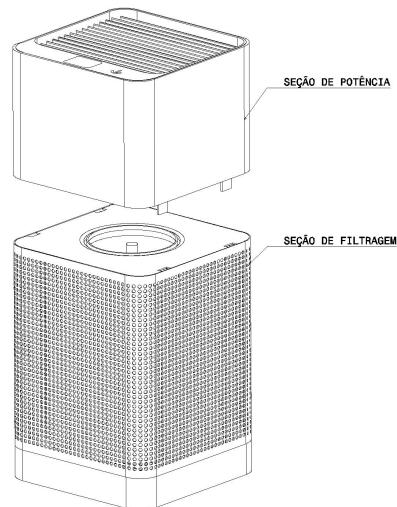


Figura 24 – Seções principais do purificador.
Autoria própria.

5.5.1.1 Estruturas externas

- **Paredes externas**

A estrutura externa será, basicamente, um tubo oco de seção quadrada com vértices redondos, afim de minimizar danos aos impactos diagonais. As paredes externas sem permeabilidade de ar será confeccionada em material composto de alumínio flexível de 3 milímetros de espessura na cor branca pelas motivações citadas posteriormente no tópico 5.5.6.

A parede vertical externa com permeabilidade de ar será confeccionada em chapa perfurada com furos de 5 mm em aço inox AISI 304, vide figura 25. A escolha do material se baseou na alta resistência à corrosão e na maior disponibilidade da chapa em AISI 304 quando comparadas à soluções em outras ligas metálicas, como o alumínio. As principais dimensões desta estrutura externa são:

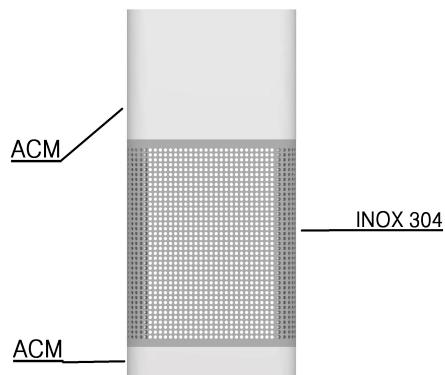


Figura 25 – Estrutura externa do purificador *Clean Air*.
Autoria própria.

- Altura total: 525 mm;
- Altura da seção de potência: 185 mm;
- Altura da seção de filtragem: 340 mm;
- Profundidade: 250 mm;
- Largura: 250 mm.
- **Grelha de ventilação**

A parte de cima será isolada do meio externo por meio de uma grelha de ventilação, figura 26, confeccionada por manufatura aditiva em Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol (PETG) devido a facilidade de se obter geometrias complexas com um custo benefício maior quando comparado à outras metodologias como a conformação de polímeros por prensa hidráulica.



Figura 26 – Grelha de ventilação.
Autoria própria.

Além da função de isolar os dois meios, interno e externo, esta terá suas aletas móveis dando ao usuário a possibilidade de direcionar o fluxo de ar na direção que deseja.

- **Jogo de rodizio**

Para que haja uma facilidade de movimentação do aparelho e deslocamento com maior rapidez do produto, foi escolhido a utilização de 4 unidades de rodizio com 25mm de diâmetro com rodas de Poliuretano serão fixadas na superfície inferior do produto.



Figura 27 – Rodizio 25 mm de Poliuretano.

5.5.1.2 Estruturas internas

A integração dos subsistemas e dos componentes deve ocorrer de tal forma que há de prevenir que certos impactos e forças externas comprometam as funcionalidades do equipamento. Por conseguinte, para garantir a segurança do projeto, o material e a configuração dos elementos estruturais foram definidos com base em matrizes de decisão.

Devido à distribuição de peso dos componentes dentro da carcaça e à orientação que o equipamento pode vir a ser colocado, a deformação da estrutura externa pode ser crítica, dado o caráter relativamente frágil do material compósito utilizado.

Para mitigar esse risco, é necessária a adição de elementos estruturais que reforcem o corpo, como longarinas ([MEGSON, 2010](#)). Além disso, essas longarinas integrariam as rodas ao restante do equipamento e suportariam as cargas do conjunto motor-ventilador. Essa configuração, apesar de aumentar a massa do veículo, há de melhorar a integridade e a confiabilidade da estrutura. A figura [28](#) mostra os elementos estruturais na estrutura interna.



Figura 28 – Desenho técnico dos elementos estruturais internos.
Autoria própria.

Dessa forma, para que o projeto estrutural mantenha a versatilidade e facilidade durante a troca de filtros e eventuais manutenções, serão incluídas quatro barras chatas de alumínio dobradas em formato U, onde duas estarão na seção de filtragem (seção inferior) conectadas através de encaixe tipo gaveta à outras duas que estarão na seção de potência (seção superior) como é sugerido na figura 29.



Figura 29 – Desenho técnico dos encaixes responsáveis por unir os módulos.
Autoria própria.

Além disso, para afixar o motor fez-se necessário a implementação de suportes transversais, também de alumínio, onde o conjunto de ventilação deverá ser parafusado, vide figura 30.

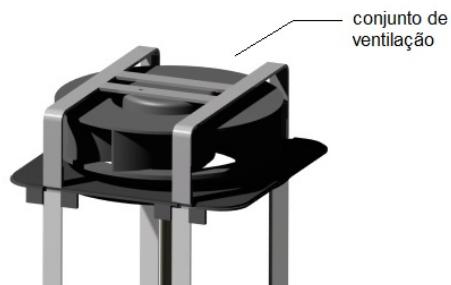


Figura 30 – Integração do conjunto de ventilação às longarinas.
Autoria própria.

Assim também, juntamente com a integridade do projeto, fez-se necessária a devida vedação e isolamento dos fluxos de ar para assegurar a eficiência de filtragem requerida. Como componentes de vedação haverão placas que servirão como tampões, dois na parte superior dos filtros e dois na parte inferior. Além disso, fita de vedação será utilizada para selar e manter a pressão operacional desejada. A figura 31 demonstra os elementos.

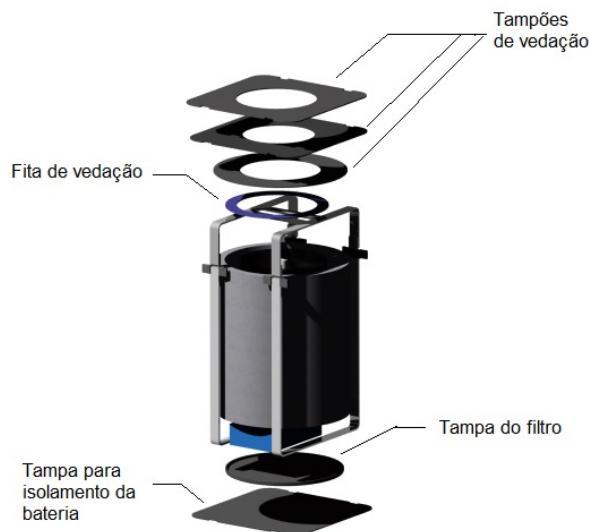


Figura 31 – Desenho técnico dos elementos de vedação e isolamento.
Autoria própria.

Com o propósito de otimizar o trabalho realizado pelo ventilador, produziu-se uma peça (cuba) que o envolverá e, com o seu formato afunilado, há de direcionar o fluido de trabalho para o bocal de exaustão do sistema de purificação. Para a elaboração da cuba, pensou-se em planificar duas peças independentes com 1 mm de espessura que deverão ser soldadas após o processo de conformação. O desenho técnico das peças supracitadas é mostrado abaixo na figura 32.

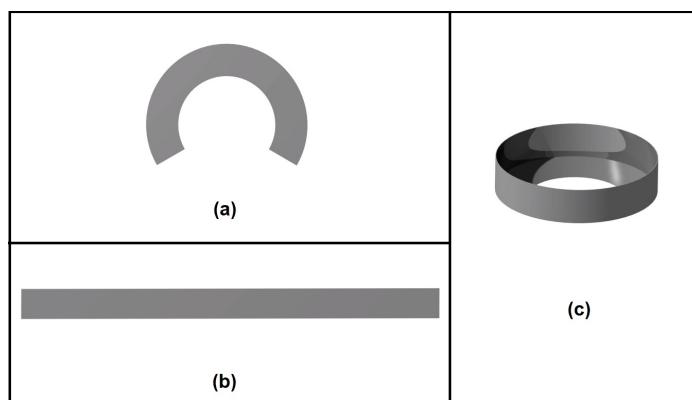


Figura 32 – CAD da (a) tira em forma de arco que formará o funil, da (b) chapa que formará o pescoço da peça, (c) referente à cuba completa.
Autoria própria.

Para o material proposto e o detalhamento técnico exigido, definiu-se que o pro-

cesso que melhor se adequaria seria a calandragem, processo de conformação de materiais através de cilindros aquecidos de uma calandra, máquina com dois ou mais rolos contrarotantes (HARDMAN, 1972). Para a definição da escolha do material, utilizou-se a matriz de decisão mostrada na tabela 11 (AHMAD, 2006).

Tabela 11 – Matriz de decisão para o material da cuba

Critérios	Peso	Materiais			
		Fibra de vidro	Aço Inox*	Filamento plástico	Alumínio
Superfície estéril/lisa	5	2	5	3	5
Peso	3	4	2	5	3
Resistência à corrosão (água do mar)	4	3	5	3	4
Facilidade de produção/conformação	4	3	4	4	4
Resistência à deformação	5	3	5	2	4
Pontuação Total	-	61	92	68	86

5.5.2 Filtros

Para maximizar o aproveitamento dos meios filtrantes e otimizar o volume do aparelho, os filtros serão desenvolvidos em moldura cilíndrica no formato de cartuchos, vide figura 33. As dimensões dos elementos filtrantes serão tais que resultam nas áreas necessárias previamente calculadas pela equipe de energia.



Figura 33 – Vista expandida do e esquema de filtros.
Autoria própria.

- **Pré-filtro**

Será desenvolvido com a utilização de manta sintética de espessura variável modelo LBX 290 da *Linter Filtros Industriais* por estar dentro da classe de filtragem definida pela subequipe de energia e por possibilitar a moldagem conforme a necessidade. As especificações de interesse são:

- Diâmetro externo: 237 mm;
 - Espessura: 17 mm;
 - Altura: 280 mm;
 - Classe de Filtragem (EN779): G4;
 - Material: Fibra sintética de poliéster.
- **Filtro absoluto (HEPA)**

Será desenvolvido com a utilização de papéis filtrantes classe H13 plissados com vincos estreitos em uma moldura cilíndrica, devido as motivações especificadas na abertura deste capítulo. As especificações de interesse são:

- Diâmetro externo: 210 mm;
 - Espessura: 25 mm;
 - Altura: 282 mm;
 - Classe de Filtragem (EN1822): H13;
 - Material: Micro fibras de vidro.
- **Filtro de carvão ativado**

Se desenvolverá com a utilização de manta impregnada com grânulos de carvão ativado modelo CA 15 da *Linter Filtros Industriais*. A escolha da manta no lugar de grãos de carvão retidos em recipiente se dá pela maior praticidade, facilidade construtiva e pelo preço reduzido. As especificações de interesse são:

- Diâmetro externo: 160 mm;
- Espessura: 15 mm;
- Altura: 282 mm;
- Classe de Filtragem (EN779): G4;
- Material: Manta sintética de poliéster impregnada com micro grânulos de carvão ativado.

5.5.3 Fixações roscáveis

Por razões de economia e limpeza padronizou que todos as fixações por rosca serão do tipo rosca M3 com exceção dos parafusos do motor que por padrão de fabrica é do tipo M4. Utilizará parafusos em inox AISI 304, para evitar corrosão, e rebites de rosca M3 de alumínio.

5.5.4 Esterilização por Radiação Ultravioleta

A eliminação de toda forma de vida microbiana que for retida no filtro absoluto e grossos ou que, eventualmente, passe por todo o sistema de filtração, será realizada por meio irradiação ultravioleta de 254 nanômetros (nm) de comprimento de onda a partir de uma lâmpada tubular UV-c disposta no interior do cartuxo de filtragem conectada por um soquete disposto em contato com a tampa de isolamento da bateria no eixo de simetria do aparelho.

5.5.5 Estrutura do sensor de qualidade do ar

O dispositivo que fará o sensoriamento dos parâmetros do ar será independente do produto principal, vide figura 34. Este terá três paredes externas produzidas em material composto de alumínio e três paredes externas produzidas em PETG por meio de manufatura aditiva. Optou-se por algumas paredes em PETG por questões estéticas e pela facilidade de confecção, em uma única peça, dos sulcos de ventilação que permitirá o fluxo de ar a ser analisado e dos encaixes e fixações internas dos hardwares de sensoreamento.



Figura 34 – Estrutura externa do sensor de qualidade do ar.
Autoria própria.

5.5.6 Escolha de Materiais

A seleção de materiais adequados a uma determinada aplicação e utilização é uma parte imprescindível de toda consideração de projetos, visto que está relacionado a características que influenciam o projeto do elemento ou, em alguns casos, o sistema inteiro (SHIGLEY; MISCHKE; R BUDYNAS, 2005). Além disso, a escolha de materiais também

implica no design do produto final e na percepção do produto pelo o consumidor. Desta forma, a etapa de seleção de materiais torna-se interdisciplinar e de suma importância para se obter êxito no desenvolvimento de projetos ([FALLER, 2009](#)).

À luz dos fatos descritos acima, os materiais apresentados a seguir tiveram suas escolhas baseadas em critérios técnicos, tais como, aplicabilidade, processos de fabricação, percepção visual do design utilizado, propriedades de engenharia e custos.

- **ACM (Aluminium Composite Material)**

A escolha deste material baseou-se em critérios técnicos, acústicos e estéticos para a aplicação no desenvolvimento do projeto. Segundo ([MOHANEY; SONI, 2018](#)), o ACM possui boa resistência química, excelentes propriedades mecânicas com baixo peso agregado a estrutura, é de fácil e rápido processamento e tem a menor necessidade de manutenção. Além disso, possui alta versatilidade de utilização, ótimo acabamento superficial e conformabilidade.

De acordo com [STACBOND \(2021\)](#), a tabela 12 demonstra as principais propriedades mecânicas encontradas para uma chapa de ACM padrão de 3 mm de espessura.

Tabela 12 – Propriedades Mecânicas do ACM

Propriedades Mecânicas	Valores
Elongação	4%
Límite de resistência à tração	240 MPa
Módulo de elasticidade	70 GPa
Temperatura de utilização	-40/+80 °C
Isolamento acústico	28 dB (0; +3)

- **Alumínio 6061-T6**

A liga ABNT 6063 de alumínio com têmpera T5 foi previamente selecionada para as longarinas devido a sua alta resistência mecânica, boa conformidade e soldabilidade e alta resistência a corrosão ([HATCH, 1984](#)). As principais propriedades mecânicas dessa liga estão ressaltadas na tabela 13 de acordo com ([ASM, 1995](#)).

Tabela 13 – Propriedades Mecânicas do alumínio 6063-T5

Propriedades Mecânicas	Valores
Massa específica	2,7 g/cm ³
Elongação	18%
Resistência à tração mínima	186 MPa
Tensão de ruptura mínima	145 MPa
Módulo de elasticidade	68,9 GPa
Dureza Brinell	60 HB

- **Aço Inoxidável 304**

O material selecionado é classificado como aço inoxidável série 300, pertencente a classe austenítica, ligado com 17 a 25% de cromo e 10 a 20% de níquel. Desta forma, eles possuem uma alta resistência a oxidação, corrosão, é amagnético e tem excelentes ductilidade e tenacidade ([NORTON, 2013](#)). Além disso, possuem boa soldabilidade e são utilizados nos mais variados âmbitos.

Segundo [Callister e Rethwisch \(2012\)](#), a tabela 14 descreve as propriedades mecânicas encontradas para o aço inoxidável 304.

Tabela 14 – Propriedades Mecânicas do Aço Inoxidável 304

Propriedades Mecânicas	Valores
Massa específica	8.00 g/cm ³
Coeficiente de Poisson	0.30
Elongação	40%
Limite de escoamento	205 MPa
Limite de resistência à tração	515 MPa
Módulo de elasticidade	193 GPa
Condição	Acabado a quente e recozido

- **TPU (Thermoplastic Polyurethane)**

Um dos materiais poliméricos utilizados no projeto é o TPU, um copolímero linear segmentado que também pode ser encontrado na forma de filamento utilizado em impressão 3D. De acordo com [Fiorio \(2007\)](#), o TPU possui uma alta versatilidade de aplicações nas mais distintas áreas. Ademais, também possui uma alta resistência ao impacto, boa resistência à abrasão e à solventes. De forma geral, os TPUs proporcionam a rigidez e resistência de plásticos com a flexibilidade e elasticidade da borracha.

De acordo com as informações obtidas na base de dados de materiais de engenharia ([MATWEB, 2021b](#)), a tabela 15 estabelece as principais propriedades mecânicas do TPU.

Tabela 15 – Propriedades Mecânicas do TPU

Propriedades Mecânicas	Valores
Massa específica	1.45 g/cm ³
Elongação	25.2%
Resistência à tração na ruptura	61.6 MPa
Módulo de elasticidade	2.53 GPa
Resistência ao impacto	5.60 J/cm ²

- **PETG (Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol)**

O PETG é um termoplástico semicristalino, sendo atualmente o copolímero mais conhecido e utilizado no universo de impressão 3D. Segundo [Silva \(2018\)](#), o PETG é mais flexível que o PLA (*Polylactic Acid*) e o ABS, e mais macio. Além disso, possui baixo empenamento da peça, boa resistência química e boa resistência a água. Desta forma, a utilização desse material no projeto está em sua capacidade de aliar a boa resistência mecânica encontrada no ABS, com a facilidade de impressão obtida com o PLA. Seguindo as informações obtida de acordo com [MatWeb \(2021a\)](#), a tabela 16 visa summarizar as principais propriedades mecânicas e térmicas do filamento de PETG.

Tabela 16 – Propriedades Mecânicas e Térmicas do PETG

Propriedades Mecânicas e Térmicas	Valores
Massa específica	1.26 g/cm ³
Elongação	124%
Resistência à tração na ruptura	42 MPa
Módulo de elasticidade	2.65 GPa
Resistência ao impacto	0.681 J/cm ²
Temperatura de transição vítreia	80.9 °C

- **ASA**

O filamento ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) é um material terpolímero amorfó termoplástico similar ao ABS criado em 1970 pelo fabricante BASF com o nome comercial Luran Séc. A diferença entre estes dois materiais a nível estrutural é que o ASA utiliza um elastómero acrílico e o ABS um elastómero de butadieno. Portanto, o ASA foi selecionado devido a sua boa resistência química, resistência a água e alta resistência térmica, suportando raios ultravioleta ([FILAMENT2PRINT, 2018](#)). Sendo assim, esse material será adequado para as peças que ficarão em contato com a luz UV utilizada para a filtragem e a impressão 3D permite a fabricação das peças com as dimensões ideais.

- **Silicone**

A principal característica dos polímeros de silicone é a cadeia polimérica de átomos de silício e oxigênio em que os átomos de silício transportam dois radicais orgânicos, preferencialmente radicais metila. Essa cadeia polimérica diferenciada confere, principalmente, excelente resistência à UV, oxidação e ozônio, resistência às intempéries, excepcional resistência ao calor (envelhecimento térmico), excelente isolamento elétrico e estabilidade e flexibilidade à baixa temperatura ([AFINKO, 2018](#)). Portanto, o presente material é uma possibilidade interessante no quesito vedação do produto. A tabela 17 mostra algumas propriedades de acordo com [Afinko \(2018\)](#).

Tabela 17 – Propriedades do silicone

Propriedade	Valores
Dureza Shore A	10 a 85
Temperatura mínima de trabalho	-60°C
Temperatura máxima de trabalho	200°C
Densidade específica	1,14 - 2,00

- **Cianoacrilato**

O adesivo de cianoacrilato é um adesivo de média viscosidade (100 cps), à base de Etil-Cianoacrilato. Projetado para juntas de alta resistência que polimerizam plásticos, borrachas e outros materiais em alta velocidade. Recomendado para a montagem de peças lisas e superfícies planas ([SL, 2018](#)). Nesse sentido, o cianoacrilato destacou-se como uma boa opção para a união de alguns componentes e as propriedades do mesmo estão apresentadas na tabela [18](#) de acordo com [SL \(2018\)](#).

Tabela 18 – Propriedades do material não curado

Propriedade	Valores
Peso específico	1,06
Viscosidade gama	80-120 cP
Resistência à tração	20 N/mm ²
Valores típicos de viscosidade	100 cP
Tempo de fixação	Depende do substrato
Cura total	24 horas
Ponto de inflamação	> 85°C
Espaço máximo para preencher	0,15 mm
Gama de temperatura adequada	-50° a +80°C

5.5.7 Formato da estrutura e CAD Preliminar

Os desenhos se encontram disponíveis no apêndice [G](#).

5.6 Solução de Software

A solução de software para o *CleanAir* é uma aplicação móvel que terá as funcionalidades que satisfaçam os requisitos descritos em [4.4](#). O *back-end* da aplicação será composto por dois serviços, o *mq-interface* e o *api-clean-air*. Já o *front-end* será um aplicativo para dispositivos móveis. As subseções seguintes explicam o funcionamento dos módulos e o diagrama da Figura [36](#) mostra um esboço inicial da arquitetura e quais são as tecnologias usadas em cada parte do sistema.

5.6.1 Serviço *mq-interface*

Esse serviço será responsável por fazer a interface de comunicação entre o microcontrolador do purificador e o serviço *api-clean-air*.

O serviço será *Publish-Subscribe* (publicar-assinar) que consiste em um padrão de troca de mensagens em que os assinantes demonstram interesse em receber mensagens e os publicadores publicam as mensagens sem especificar destinatários ([MICROSOFT, 2018](#)). Para essa troca de mensagens com o purificador será usado o protocolo de mensagem *Message Queue Telemetry Transport (MQTT)* que suporta comunicação assíncrona entre as partes ([YUAN, 2017](#)).

O serviço *api-clean-air* irá se comunicar com este utilizando *Hypertext Transfer Protocol (HTPP)* que é um protocolo de transmissão de documentos hipermídia ([MOZILLA, 2021](#)), então é preciso de um corretor de mensagens para tradução entre os protocolos MQTT e HTTP. O corretor que será utilizado é o [RabbitMQ](#) que é de código aberto e também será usado para gerenciar as filas de publicação das mensagens.

Haverá duas filas de mensagens, a primeira será para o microcontrolador publicar os dados dos sensores e terá como assinante o serviço *mq-interface* que, com ajuda do RabbitMQ, pegará esses dados e salvará no [MongoDB](#), um banco de dados não relacional. Já a segunda fila servirá para o *mq-interface* publicar comandos para o microcontrolador tratar, então este último será o assinante desta fila.

5.6.2 Serviço *api-clean-air*

O serviço *api-clean-air* será uma *Application Programming Interface (API)* com os princípios do *Representational State Transfer (REST)*, esses conceitos juntos formam um conjunto de rotinas e padrões de desenvolvimento que viabiliza uma comunicação cliente-servidor ([HAT,](#)). Este serviço vai recuperar os dados do banco, o mesmo que é alimentado pelo *mq-interface*, e vai tratá-los para servir o aplicativo que é o cliente. Os dados trocados entre o aplicativo e o *api-clean-air* serão no formato *JavaScript Object Notation (JSON)*.

O *api-clean-air* será responsável também por receber os comandos de voz feitos pela [Alexa](#), assistente virtual da empresa Amazon, e os comandos feitos através da interface do aplicativo. Ele envia esses comandos para o *mq-interface* usando o método *post* do HTTP.

Este serviço será feito usando o [FastAPI](#) que é um *framework* de código aberto para desenvolver APIs na linguagem de programação Python. Ele opera de forma assíncrona, oferecendo alta performance e facilidade na escrita dos códigos.

5.6.3 Aplicativo

O aplicativo será acessado por dispositivos móveis que possuam conexão com a internet. É através dele que o usuário poderá visualizar, de forma amigável, os dados do purificador e dos ambientes de interesse e também realizar ações sobre o purificador. Para uso completo do aplicativo é necessário que o dispositivo móvel esteja conectado na mesma rede *Wi-Fi* que o purificador.

O aplicativo irá se comunicar com o *api-clean-air* utilizando requisições HTTP. Ele será desenvolvido com [React Native](#) que é um *framework* de código aberto da empresa *Facebook* feito com a linguagem de programação JavaScript para desenvolver aplicações nativas para *smartphones*.

5.6.4 Arquitetura da informação

O fluxo das informações da aplicação será representado através de um protótipo que será apresentado no Ponto de Controle 2. O protótipo será feito utilizando o [Figma](#) e servirá como um guia para o desenvolvimento da interface e para usabilidade do aplicativo.

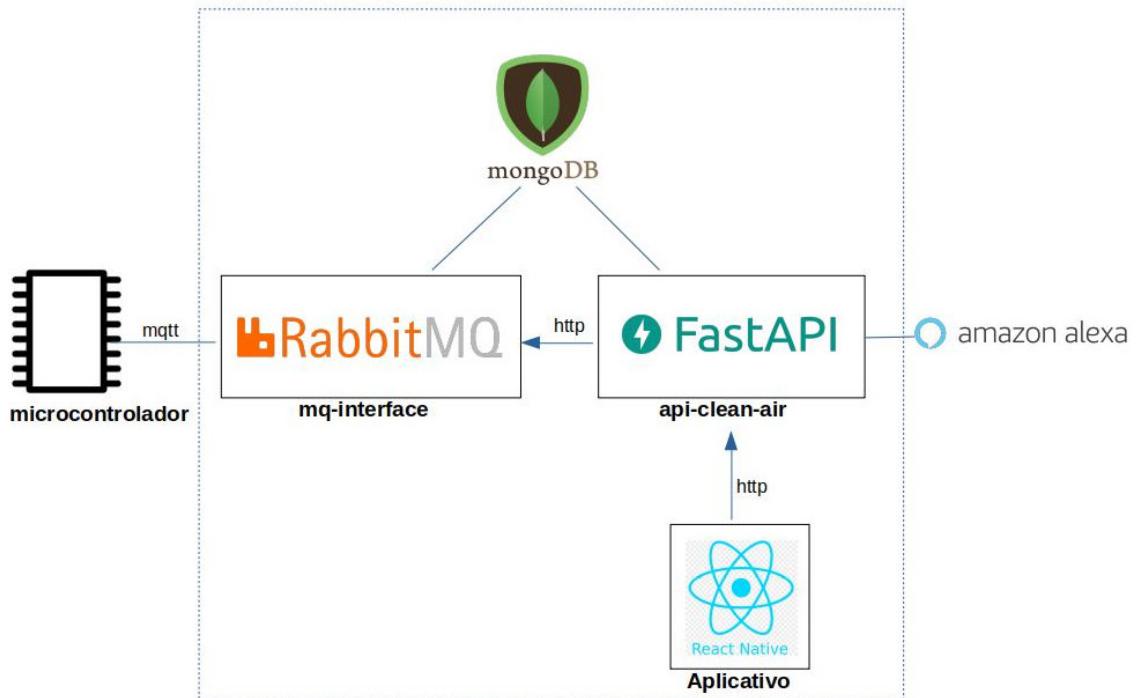


Figura 35 – Arquitetura inicial da solução de software.

6 Custo e Precificação

Tabela 19 – Custos do Projeto

ID	Componente	Quantidade	Unitário	Final
01	Fast API	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00
02	React Native	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00
03	Digital Ocean	2 meses	R\$ 55,92*	R\$ 111,85
04	MongoDB Atlas	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00
05	RabbitMQ	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00
06	Sensor PMSA003I	1	R\$ 257,11*	R\$ 257,11*
07	Sensor Adafruit BME680	1	R\$ 108,39*	R\$ 108,39*
08	Sensor DGS-SO2	1	R\$ 411,80*	R\$ 411,80*
09	Sensor de MICS-6814	1	R\$ 233,22*	R\$ 233,22*
10	Sensor MQ-2	1	R\$ 20,90	R\$ 20,90
11	Sensor MQ-131	1	R\$ 73,38	R\$ 73,38
12	Display LCD	1	R\$ 189,90	R\$ 189,90
13	Botão Liga/Desliga	1	R\$ 26,90	R\$ 26,90
14	Botão Membrana Matricial	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
15	ESP32	2	R\$ 49,70	R\$ 99,40
16	Indicador de Bateria	1	R\$ 16,06	R\$ 16,06
17	Micro Cooler Ventoinha	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
18	Estrutura externa (ACM)	0,27 m ²	R\$ 82,35	R\$ 22,50
19	Estrutura externa sensor (PETG)**	120g	R\$ 119,90	R\$ 25,00
20	Estrutura externa (Aço Inox 304 perfurado)	0,3 m ²	R\$ 1.376,20	R\$ 412,85
21	Jogo de rodizio 25 mm	4	R\$ 3,55	R\$ 14,20
22	Grelha de ventilação (PETG)**	250 g	R\$ 119,90	R\$ 35,00
23	Longarinas e junções (Barra chata de alumínio 6063-T5)	3	R\$ 25,80	R\$ 77,40
24	Vedaçao - Silicone	500g	R\$ 24,00	R\$ 48,00
25	Tampas de vedação (PETG)**	350 g	R\$ 119,90	R\$ 45,00
26	Peças plásticas em contato com a lâmpada UV - ASA WP	200 g	R\$ 138,00	R\$ 34,00
27	Parafusos allen cilíndrico M3 15 mm inox AISI 304	50	R\$ 0,22	R\$ 10,95

28	Parafusos allen cilíndrico M4 15 mm inox AISI 304	4	R\$ 0,75	R\$ 3,00
29	Moldura do filtro (PETG)**	210 g	R\$ 119,90	R\$ 32,50
30	Rebite Rosca M3 de alumínio	26	R\$ 0,98	R\$ 25,50
31	Chapa de aço inox 304 polido	0,07 m ²	R\$ 1.163,00	R\$ 81,45
32	Cianoacrilato	300g	R\$ 33,00	R\$ 99,00
33	Ventilador com Motor DC	1	R\$ 126,00*	R\$126,00
34	Bateria íon-lítio - AERDU 6S2P 24V 5Ah	2	R\$ 197,56	R\$395,12
35	Bateria lítio - INVENTO 5V 1800 mAh	1	R\$ 30,39	R\$30,39
36	Lâmpada UV-c 4w	1	R\$249,00	R\$ 249,00
37	Filtro Hepa	2,5 m ²	R\$ 6,60	R\$ 16,50
38	Módulo Controlador De Carga Para Bateria De Lítio Tp4056	1	R\$ 20,40	R\$20,40
39	Filtro Manta De Carvão Ativado	100m ²	R\$ 36,90	R\$36,90
			Total	R\$ 3.417,47

*Valor convertido em real pela cotação do dólar do dia 17/03/2021.

**Inclui o custo total de fabricação de todos os componentes feitos em PETG.

7 Análise de Riscos

O gerenciamento dos riscos do projeto tem por objetivo aumentar a probabilidade e/ou impacto dos riscos positivos e diminuir a probabilidade e/ou o impacto dos riscos negativos, a fim de otimizar as chances de sucesso do projeto ([INSTITUTE, 2017](#)).

Através da Estrutura Analítica de Riscos (EAR), pode-se dimensionar com uma estrutura hierárquica de possíveis riscos nas seguintes categorias:

- Técnicos: Envolvem os requisitos, tecnologia, ferramentas, infraestrutura e operação
- Projeto: Envolve estratégia, estrutura e prioridade de processos
- Externos: Envolvem fornecedores, legislação e condições ambientais
- Produto: Envolvem mudanças no escopo, prazo, custos, falta e/ou inadequações dos recursos humanos, interesse das partes e comunicação.

7.1 Análise Quantitativa de Riscos

A análise quantitativa de riscos utiliza duas métricas para analisar os riscos do projeto:

- Probabilidade: chances de um risco ocorrer. Portanto, para a quantificação desse parâmetro utiliza-se o intervalo: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, de acordo com a tabela 20.

Tabela 20 – Probabilidade de Risco

Probabilidade	Certeza	Peso
Muito Baixa	0 a 20%	1
Baixa	20 a 40%	2
Média	40 a 60%	3
Alta	60 a 80%	4
Muito Alta	80 a 100%	5

- Impacto: indica o quanto o risco impacta no projeto. Sendo quantificado a partir do mesmo intervalo da probabilidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, como na tabela 21.

Tabela 21 – Probabilidade de Risco

Probabilidade	Descrição	Peso
Muito Baixa	Pouco Expressivo	1
Baixa	Pouco Impacto	2
Média	Impacto Médio	3
Alta	Grande Impacto	4
Muito Alta	Impacto Limitante de Continuidade	5

Com isso, pode-se obter uma matriz de probabilidade e impacto de cada risco a partir da tabela 22.

Tabela 22 – Matriz Probabilidade e Impacto

Ip	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Muito Baixa	1	2	3	4	5
Baixa	2	4	6	8	10
Média	3	6	9	12	15
Alta	4	8	12	16	20
Muito Alta	5	10	15	20	25

Sendo que:

1. Risco ≥ 15 : Elevado
2. $5 < \text{Risco} < 15$: Médio
3. Risco ≤ 5 : Baixo

7.2 Descrição dos Riscos

7.2.1 Riscos do Projeto, Externos e do Produto

Tabela 23 – Riscos do Projeto

ID	Risco	Consequência
1	Mudança do Escopo	Alteração de cronograma e mudança de requisitos
2	Mudança de arquitetura	Necessidade de retrabalho
3	Desistência de membros	Alteração de quantidade de trabalho individual
4	Descompromisso da equipe	Falta de entregas nos prazos e baixa qualidade de projeto
5	Erro de Priorização	Não realizar atividades importantes para o desenvolvimento do projeto
6	Tamanho da equipe	Diminui a qualidade das entregas, aumenta o custo do projeto, afeta o planejamento e dificulta a comunicação entre os membros

Tabela 24 – Riscos Externos

ID	Risco	Consequência
7	Integrante ser acometido de alguma doença e/ou acidente	Sobrecarga da equipe
8	Problemas na estação de trabalho	Falta de comunicação e desenvolvimento de projeto
9	Conflito com outras atividades acadêmicas	Atraso nas entregas do projeto

Tabela 25 – Riscos do Produto

ID	Risco	Consequência
10	Falta de testes experimentais	Solução pouco assertiva
11	Falta de direcionamento por não possuir cliente real	Falta de soluções condizentes com a real necessidade
12	Alta concentração de poluentes no ambiente	Perda da efetividade dos filtros
13	Falta de conexão de internet	Funcionalidades limitadas
14	Má manutenção do produto	Perda de funcionalidades e desempenho do produto
15	Má utilização do produto	Danificação na estrutura e em conexões elétricas

Tabela 26 – Riscos e Ações

ID	Ação	Ação Reativa	Probabilidade	Impacto	Prioridades
1	Prevenir	Acompanhamento de atividades desenvolvidas constante	3	4	12
2	Mitigar	Procurar suportes com professores e pesquisa de novas soluções	3	5	15
3	Aceitar	Redistribuição de atividades	2	4	8
4	Mitigar	Responsabilização de atividades e impacto do projeto para o todo, como a aproximação de decisão da equipe	3	4	12
5	Prevenir	Utilização de metodologias de priorização e reavaliação das prioridades	3	5	15
6	Aceitar	Gerenciamento de recursos humanos e acompanhamento diário	2	3	6
7	Aceitar	Redistribuição de atividades até o retorno do membro	3	2	6
8	Aceitar	Redistribuição de atividades até reestabelecimento da estação de trabalho	2	3	6
9	Mitigar	Gerenciamento de tempo e organização de atividades acadêmicas	4	4	16
10	Aceitar	Realizar simulações procurando aproximar da realidade	5	4	20
11	Mitigar	Pesquisas de mercado com potenciais clientes	4	2	8
12	Prevenir	Alertar por meio de manual de uso	3	3	9
13	Aceitar	Controle manual do sistema com funcionalidades básicas	4	2	8
14	Prevenir	Notificações para o usuário sobre troca de componentes e instruções em manual	3	4	12
15	Prevenir	Instruções em manual de uso	4	4	16

7.3 Riscos Técnicos

7.3.0.1 Riscos Estruturais

Foram elencados os seguintes riscos para a área:

Tabela 27 – Riscos Técnicos Estruturais

ID	Risco	Consequência
1	Formação de trinca e fratura na estrutura	Mau funcionamento e instabilidade
2	Falha na integração dos compartimentos ao corpo principal	Gerar ruído, vibração e temperatura elevada
3	Travamento das peças móveis do mecanismo	O mau dimensionamento de algumas peças ou a má lubrificação pode causar travamento do mecanismo
4	Conflitos entre peças do mecanismo	O mecanismo pode atrapalhar a montagem e posicionamento do sistema eletrônico
5	Falha na vedação	Perda de eficiência do mecanismo purificador

Tabela 28 – Riscos e Ações Estruturais

ID	Ação	Ação Reativa	Probabilidade	Impacto	Prioridades
1	Mitigar	Simulações numéricas com testes de tração, de impacto e de cisalhamento	2	5	15
2	Prevenir	O design dos suportes será feito em conjunto com os componentes a serem utilizados.	1	3	10
3	Mitigar	Utilizar mecanismo previamente testados e com alta qualidade antes de integrá-lo. Lubrificação das devidas partes	3	4	12
4	Prevenir	Pré-montagem no CAD para assegurar o correto dimensionamento	2	5	10
5	Prevenir	Projetar os componentes complexos com as devidas especificações e utilizar materiais para a correta selagem	4	5	20

7.3.0.2 Riscos Eletrônicos

Foram elencados os seguintes riscos para a área:

Tabela 29 – Riscos Técnicos de Eletrônica

ID	Risco	Consequência
1	Falha de sensoriamento	Perda de dados essenciais
2	Falha no barramento de dados	Perda da comunicação dos sensores ou atuadores
3	Falha no sistema de alimentação dos componentes eletrônicos	Perda de todas funcionalidades
4	Falha no sistema de controle central	Perda de todas funcionalidades
5	Erro de dimensionamento do microcontrolador	Falta de quantidade de portas
6	Distância maior que o alcance do Wi-Fi	Perda de comunicação entre dispositivos e recursos mobile
7	Obstrução de entrada e saída de ar	Medição imprecisa dos sensores
8	Curto-circuito	Mau funcionamento de todas as funções
9	Interferência eletromagnética	Dificuldade de comunicação entre dispositivos e inconstância no funcionamento do sistema
10	Corrompimento de banco de dados	Perda de dados atualizados
11	Falha na comunicação de internet	Perda de alguns recursos do aplicativo <i>Mobile</i> .

Tabela 30 – Riscos e Ações Eletrônica

ID	Ação	Ação Reativa	Probabilidade	Impacto	Prioridades
1	Mitigar	Desenvolver testes individuais para os sensores e desenvolver um sistema de aviso	2	5	10
2	Mitigar	Desenvolver um sistema de avisos	3	5	15
3	Prevenir	Melhor disposição para o bom funcionamento do microcontrolador	2	5	10
4	Prevenir	Assegurar dimensionamento correto para os parâmetros estabelecidos	1	5	5
5	Mitigar	Escolher a melhor configuração adequada para não ter muito gasto com placas , além de definir bem a quantidade de portas necessárias para o projeto	1	4	4
6	Prevenir	Fazer recomendações ao usuário que os dois dispositivos devem estar conectados a internet	4	5	20
7	Prevenir	Alertar o usuário sobre o uso correto do sensor	1	5	5
8	Mitigar	Realizar manutenção da máquina	2	5	10
9	Prevenir	Blindar o equipamento contra interferência eletromagnética externa	1	4	4
10	Mitigar	Restaurar banco de dados do servidor	2	3	6
11	Mitigar	Armazenar dados necessários e enviar quando a conexão for restabelecida	4	3	12

7.3.0.3 Riscos Energéticos

Foram elencados os seguintes riscos para a área:

Tabela 31 – Riscos Técnicos Energéticos

ID	Risco	Consequência
1	Tensão de flutuação gerando sobrecarga	Reducir a vida útil da bateria
2	Falha no sistema de carregamento da bateria	Não acionamento da bateria
3	Falha no motor DC	Travamento do eixo da carga, causando dificuldade na partida do motor, devido a elevada queda de tensão, inércia e torque de carga muito elevados
4	Mau dimensionamento do motor	Possibilidade do motor não ser aplicável no projeto
5	Superaquecimento da bateria	Causar incêndio
6	Mau dimensionamento do local	A eficiência irá diminuir
7	Porcentagem de filtração menor que 99,95%	Passagem de partículas indesejadas
8	Passagem de partículas indesejadas	Ruído excessivo, podendo causar incômodo no usuário, poluição sonora

Tabela 32 – Riscos e Ações Energia

ID	Ação	Ação Reativa	Probabilidade	Impacto	Prioridades
1	Prevenir	Instalar um filtro de linha em sua placa de distribuição.	2	4	8
2	Prevenir	Instalar um Sistema de Gestão da bateria (BSM)	2	5	10
3	Mitigar	Realizar manutenções no motor	3	5	15
4	Prevenir	Desenvolver testes com o motor	2	4	8
5	Mitigar	Instalar um Sistema de Gestão da bateria (BMS)	3	4	12
6	Prevenir	Recomendações de uso ao usuário	1	3	3
7	Prevenir	Manutenção no filtro	2	3	6
8	Mitigar	Calibrar o motor	2	3	6

7.3.0.4 Riscos Software

Foram elencados os seguintes riscos para a área:

Tabela 33 – Riscos Técnicos de Software

ID	Risco	Consequência
1	Falha de conexão da aplicação com o purificador	Não é possível a aplicação exibir os dados e enviar notificações
2	Atraso na comunicação entre o purificador e a aplicação	A aplicação demora pra responder aos comandos. Usabilidade ruim
3	Falha na conexão com a Alexa	Usuário não pode usar as funcionalidades de comando por voz
4	Dificuldades com as tecnologias escolhidas	Atrasos nas entregas
5	Alteração das tecnologias	Refatoração e atrasos nas entregas

Tabela 34 – Riscos e Ações Software

ID	Ação	Ação Reativa	Probabilidade	Impacto	Prioridades
1	Prevenir	Usar tecnologias e protocolos que evitem essa situação	3	4	12
2	Mitigar	Dar prioridade aos processos relacionados à recuperação dos dados sensores	5	5	16
3	Prevenir	Usar tecnologias e protocolos que evitem essa situação	3	2	6
4	Prevenir	Estudo regular e rotação de conhecimento dentro da equipe	3	4	12
5	Mitigar	Incluir todos os membros na refatoração para que ela seja executada o mais rápido possível	1	5	5

8 Considerações Finais

Com o impacto de como poluentes podem afetar as nossas vidas, a preocupação com o ar que respiramos se torna cada vez mais importante, tendo em vista que em grande parte do dia a dia, indivíduos encontram-se em ambientes fechados, onde a qualidade do ar interfere diretamente a sua saúde.

O projeto *CleanAir* vem com o objetivo de reduzir este problema, através da possibilidade de monitorar a qualidade do ar em locais fechados e fazer a purificação do ambiente. Todo o processo é feito com o posicionamento de um dispositivo sensor que irá monitorar a qualidade do ar do ambiente desejado, e caso necessário, a purificação é realizada com o uso de um purificador móvel, que irá filtrar partículas contaminantes, bactérias e germicidas do ambiente. Todo este processo é gerenciável por aplicativo, onde estará disponível ao usuário a visualização da qualidade do ar do ambiente, a visualização de ambientes com o IQA abaixo do recomendado, controle do purificador e demais utilidades. As principais funcionalidades também estarão disponível por controle de voz, para uma maior praticidade de uso.

Referências

- ABNT. *Norma ABNT NBR 16401-3*. 2008. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 54.
- AFINKO. *EPDM ou Silicone? Qual a melhor borracha?* 2018. <<https://afinkopolimeros.com.br/epdm-ou-silicone/>>. Acesso em: 20 mar. 2021. Citado na página 70.
- AHMAD, Z. *Principles of corrosion engineering and corrosion control*. [S.l.]: Elsevier, 2006. Citado na página 65.
- ANVISA. *Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e Monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica*. 2013. Disponível em: <https://conforlab.com.br/legislacao/qualidade_do_ar_final.pdf>. Citado na página 54.
- ARDUINO E CIA. *Teclado matricial membrana 4x3*. 2015. Disponível em: <<https://www.arduinoecia.com.br/teclado-matricial-membrana-4x3-arduino/>>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 35.
- ASM. *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. 2. ed. [S.l.]: Metals Handbook, 1995. Citado na página 68.
- ATHOS ELECTRONICS. *Relé – O que é e como funciona*. 2020. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/rele/>>. Acesso em: 16 mar. 2021. Citado na página 37.
- BASTO, J. E. Qualidade do ar interno. *Itajaí, SC, Brasil*. [citado 2017/out/14]. Disponível em: <http://www.anest.org.br/> (Acessado em 10/09/2019), 2007. Citado na página 19.
- BOSH. Datasheet bme680. 2017. Disponível em: <<https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3660/BME680.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 40.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e engenharia de materiais:uma introdução*. 8. ed. [S.l.]: Rio de Janeiro: LTC, 2012. Citado na página 69.
- CETESB. Qualidade do ar- poluentes. 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 02 mar. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- COMPONENTS INFO. *IRF540 Pinout, Equivalent, Specs, Applications More*. 2020. Disponível em: <<https://www.componentsinfo.com/irf540-pinout-equivalent/>>. Acesso em: 16 mar. 2021. Citado na página 38.
- CONAMA. *Resoluções CONAMA: 1984 a 1991*. [S.l.]: Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República, Conselho Nacional . . . , 1992. Citado na página 17.
- CONAMA. *RESOLUÇÃO Nº 491*. 2018. <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/51058895#~:text=SO2%3D%20di%C3%B3xido%20de%20enxofre%3B%20MP10,%3B%20ppm%20%3D%20partes%20por%20milh%C3%A3o.> Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 39.
- DUARTE, J. Épico - conceitos e aplicações dentro das metodologias Ágeis. GP4US, 2020. Citado na página 31.

- ELETROGATE. *Micro Cooler Ventoinha DC - 5V*. 2020. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/micro-cooler-ventoinha-dc-5v?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjw0caCBhCIARIsAGAfMwirTAUf9UQbde0szGC0y0lGgMKNOeyFDBer7ucgULO8H3ZPzwcB>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 46.
- ELETROGATE. *Módulo WiFi Serial ESP8266 ESP-01*. 2020. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-serial-esp8266-esp-01?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=Cj0KCQjwl9GCBhDvARIAsAFunhsm0uKnrzpjDeQ-M-C-hVHXAR6NyQWprBcV8OpKWFjOYl0I8A>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 49.
- ESP32. Esp32 - datasheet. p. 43, 2016. Disponível em: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/IoT/esp32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 47.
- ESPRESSIF. *ESP8266EX Datasheet*. 2020. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 47.
- FALLER, R. R. *Engenharia e Design: Contribuição ao Estudo da Seleção de Materiais no Projeto de Produto com Foco nas Características Intangíveis*. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM) — UFGRS, Porto Alegre, 2009. Citado na página 68.
- FERNANDES, A. R. Análise da qualidade do ar e preocupações com a saúde. p. 80, 2017. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102619/2/180885.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 18.
- FERREIRA, R. *Sistemas Lean*. [S.l.: s.n.], 2018. 304 p. Citado na página 27.
- FIGUEIREDO, E. Requisitos funcionais e não funcionais. UFMG, 2016. Citado na página 31.
- FILAMENT2PRINT. *Que é o ASA na impressão 3D?* 2018. Disponível em: <https://filament2print.com/pt/blog/43_asa-impressao-3d.html>. Acesso em: 20 mar. 2021. Citado na página 70.
- FIORIO, R. *Efeitos da incorporação de Oligouretonos de Baixa Massa Molar nas Propriedades Térmicas, Mecânicas e Reológicas do Poliuretano Termoplástico*. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM) — UFGRS, Porto Alegre, 2007. Citado na página 69.
- FLOP, F. Datasheet mq-2. 2016. Disponível em: <https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_Sensor_Gas_MQ2.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 42.
- GUPTA, Y. et al. Design and fabrication of air purifier using hepa filter. *Lovely Professional University- Índia*, 2019. Citado na página 54.
- HARDMAN, K. Calendering. In: *Processing Plastics*. [S.l.]: Springer, 1972. p. 69–74. Citado na página 65.

- HAT, R. *O que é API REST?* Disponível em: <<https://www.redhat.com/pt-br/topics/api/what-is-a-rest-api>>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 72.
- HATCH, J. *Aluminum: Properties and Physical Metallurgy*. [S.l.]: ASM, 1984. Citado na página 68.
- INSTITUTE, P. M. *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos- Guia PMBOK*. [S.l.: s.n.], 2017. 726 p. Citado na página 76.
- ISO16000. Geneva, CH, 2014. v. 2014. Citado na página 40.
- JARDIM, C. H. Relações entre entre temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em área urbana: comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo-sp. *Revista Geografias*, p. 128–142, 2011. Citado na página 18.
- KELLY, F.; FUSSELL, J. Air pollution and airway disease. *Clinical & Experimental Allergy*, Wiley Online Library, v. 41, n. 8, p. 1059–1071, 2011. Citado na página 20.
- LARA, A. R. *Doenças relacionadas à poluição do ar*. 2020. <<https://www.msdmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArbios-pulmonares-e-das-vias-respirat%C3%B3rias/doen%C3%A7as-pulmonares-ambientais/doen%C3%A7as-relacionadas-%C3%A0-polui%C3%A7%C3%A3o-do-ar>>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 42.
- MALHEIROS, T. F.; JR, A. P.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. *Saúde e Sociedade*, SciELO Public Health, v. 17, p. 7–20, 2008. Citado na página 17.
- MATWEB. *Overview of materials for PETG copolyester*. 2021. Disponível em: <http://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=4de1c85bb946406a86c52b688e3810d0>. Acesso em: 16 mar. 2021. Citado na página 70.
- MATWEB. *Overview of materials for Thermoplastic Polyurethane, Elastomer, Glass Filled*. 2021. Disponível em: <<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=2fe782a31c4b4bed984b49651762b086&ckck=1>>. Acesso em: 16 mar. 2021. Citado na página 69.
- MEGSON, T. *An Introduction To Aircraft Structural Analysis*. 1. ed. [S.l.]: Elsevier, 2010. Citado na página 61.
- MICROSOFT. *Padrão Publisher-Subscriber*. 2018. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/architecture/patterns/publisher-subscriber>>. Acesso em: 16 mar. 2021. Citado na página 72.
- MOHANEY, P.; SONI, E. G. Aluminium composite panel as a facade material. *International journal of engineering trends and technology (IJETT)-Volume*, v. 55, 2018. Citado na página 68.
- MOZILLA. *HTTP Tutoriais*. 2021. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTTP>>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 72.
- NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada*. 4. ed. [S.l.]: Porto Alegre: Bookman, 2013. Citado na página 69.

OMS. *How air pollution is destroying our health.* 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>>. Acesso em: 16 mar. 2021. Citado na página 93.

ORGANIZATION, W. H. et al. Who. air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. global update 2005. *Summary of Risk Assessment*, 2006. Citado na página 18.

POLLUTANTS, C. on the Medical Effects of A. The effects of long-term exposure to ambient air pollution on cardiovascular morbidity: Mechanistic evidence. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

PRODUCTPLAN. Moscow prioritization. 2017. Citado na página 29.

PRUSSIN et al. Total virus and bacteria concentrations in indoor and outdoor air. *Environmental science & technology letters*, NIH Public Access, v. 2, n. 4, p. 84, 2015. Citado na página 20.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. d. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 16, n. 44, p. 125–148, 2002. Citado na página 42.

RIZZO, M. C. O impacto do meio ambiente no trato respiratório. *J pediatr*, v. 74, n. Supl 1, p. S12–20, 1998. Citado na página 20.

SCHIRMER, W. N. et al. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. *Ciência & Saúde Coletiva*, SciELO Brasil, v. 16, n. 8, p. 3583–3590, 2011. Citado na página 17.

SCHNEIDER, R. P. et al. *Manuseio de Produtos Químicos*. [S.l.]: Capítulo, 2011. Citado na página 52.

SCRUM GUIDES. *The Scrum Guide*. 2018. Disponível em: <<https://www.scrumguides.org/scrum-guide.html>>. Acesso em: 4 mar. 2021. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 27.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE; R BUDYNAS, R. G. C. *Projeto de Engenharia Mecânica*. 7. ed. [S.l.]: Porto Alegre: Bookman, 2005. Citado na página 67.

SILVA, M. V. B. D. *Caracterização Mecânica de Materiais Utilizados em Prototipagem Rápida por Deposição de Material Fundido para Aplicação Aeroespacial*. 112 f. Monografia (Graduação em Engenharia Aeroespacial) — Faculdade do Gama, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2018. Citado na página 70.

SL, H. I. Ficha tÉcnica cianocrilato. p. 4, 2018. Disponível em: <<http://www.heypar.eu/wp-content/uploads/2018/02/CIANOCRILATO.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2021. Citado na página 71.

SPARKS, T.; CHASE, G. *Filters and filtration handbook*. [S.l.]: Elsevier, 2016. Citado na página 54.

SPEC. Datasheet dgs-so2. 2017. Disponível em: <<https://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2017/01/DGS-SO2-968-038.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 41.

- STACBOND. *Technical data sheet ACM*. 2021. Disponível em: <<https://stacbond.es/en/paneles/stac-bond-pe/>>. Acesso em: 19 mar. 2021. Citado na página 68.
- TEXAS. *MSP430F5529*. 2020. Disponível em: <<https://www.ti.com/product/MSP430F5529#product-details>>. Citado na página 48.
- WINSEN. Mq131 - datasheet. p. 6, 2014. Disponível em: <<https://aqicn.org/air/view/sensor/spec/o3.winsen-mq131.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2021. Citado na página 42.
- XU, Z. *Fundamentals of Air Cleaning Technology and Its Application in Cleanrooms*. 1a edição. ed. [S.l.]: Springer, 2014. Citado na página 52.
- YUAN, M. *Conhecendo o MQTT*. 2017. Disponível em: <<https://developer.ibm.com.br/technologies/iot/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>>. Acesso em: 15 mar. 2021. Citado na página 72.
- ZORAN, M. A. et al. Assessing the relationship between surface levels of pm_{2.5} and pm₁₀ particulate matter impact on covid-19 in milan, italy. *Science of the total environment*, Elsevier, v. 738, p. 139825, 2020. Citado na página 20.

Apêndices

APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO (TAP)

A.1 Descrição do Projeto



Figura 36 – Logomarca do Produto *CleanAir*

O projeto é um sistema de purificação de ar que detecta moléculas de impurezas no ar, composto por duas partes um aparelho maior que filtra o ar e devolve para o ambiente e um aparelho menor responsável por averiguar se o local precisa de uma purificação.

- *What?* (O que) Purificador de ambiente portátil que seja capaz de medir a qualidade do ar e filtrar o ar de microorganismos contaminantes em casas.
- *Why?* (Por que) Aliviar a insegurança e resguardar a saúde respiratória do usuário.
- *Where?* (Onde) Residências.
- *When?* (Quando) O desenvolvimento será de fevereiro a maio de 2021.
- *Who?* (Quem) Grupo de estudantes de graduação de engenharia da Faculdade do Gama.
- *How?* (Como) Será desenvolvido um produto que faça a captação do ar e devolução do ar filtrado para o ambiente, analisando a periodicidade que deve ser feito de acordo com os níveis elencados como positivos para o índice de qualidade do ar interior.
- *How Much?* (Quanto) Custos foram estimados em R\$ 3.417,47.

A.2 Justificativa

De acordo com a [OMS \(2020\)](#), nove em cada dez pessoas estão expostas a partículas e agentes perigosos, que afetam o nosso sistema respiratório. Sendo a má qualidade do ar um dos ativos para crises de problemas respiratórios e doenças cardíacas, que afetam muitas pessoas no mundo inteiro.

E a poluição do ar doméstico é uma das áreas que precisa de atenção no combate a doenças respiratórias, visto que há a tendência que cada vez mais as pessoas passem mais tempo em suas residências. Logo, o projeto tem o intuito de reduzir as partículas infecciosas no ar para que dessa forma possa diminuir o índice de problemas respiratórios.

A.3 Objetivo

Sensorear a qualidade do ar de uma área pré-determinada, analisando o nível dos gases e partículas poluentes, visando o registro e alerta para a purificação do ar naquele ambiente, notificando o usuário. A aplicação tem o objetivo de informar, alertar e notificar de possíveis agentes que possam prejudicar a saúde do usuário. Com integração em aplicativo para o melhor monitoramento dos ambientes residenciais, o intuito do projeto é auxiliar na qualidade do ar e consequentemente diminuir a frequência de doenças respiratórias devido ao acúmulo de poluentes nas residências.

A.4 Requisitos

Os requisitos de alto-nível elencados foram:

- Sensoriamento automatizado de gases e partículas infecciosas
- Purificar o ar de ambientes fechados com metragem entre $70\text{-}80\ m^2$ com densidade máxima de $0.3\text{-}5\ \text{pessoas}/\ m^2$
- Possuir material resistente a impactos e água
- Autonomia energética
- O produto deverá possuir menor custo que similares
- O produto deverá ser recarregável
- O produto deverá ter mobilidade e até 1 metro de altura
- O produto não deverá produzir ruídos acima de 60 dB
- O produto deverá ser de fácil manutenção e uso

- O sistema deverá detectar quando não for necessário manter a purificação ligada
- O sistema deverá notificar o usuário sobre a qualidade do ar e quando for necessário ter a troca do filtro
- O produto deverá possuir um aplicativo para controle remoto

A.5 Riscos

A tabela 35, descreve os riscos elencados durante a abertura do projeto.

Tabela 35 – Riscos na Abertura do Projeto

ID	Risco	Consequência
1	Mudança do Escopo	Alteração de Cronograma e mudança de requisitos
2	Solução não atender os objetivos propostos	Mudança de produto e escopo
3	Desistência de membros	Alteração de quantidade de trabalho individual
4	COVID-19	Falta de membro e menor facilidade de comunicação pelo trabalho remoto

A.6 Marcos do Projeto

Durante a execução projeto, ocorrerão entregas principais, os Pontos de Controle (PC). Na tabela 36, é descrito os marcos e suas datas.

Tabela 36 – Marcos do projeto

Marco	Descrição	Data
PC 1	Problematização, concepção e detalhamento da solução	21/03
PC 2	Projeto e construção do subsistema da solução da proposta	18/04
PC 3	Projeto de subsistemas e integração da solução proposta	09/05

A.7 Stakeholders

A.7.1 Equipe

Engenharia Aeroespacial: Caio Araújo, Dérick Fernandes e Thaís Melo.

Engenharia Automotiva: Gabriel Castro e Natália Guimarães.

Engenharia Eletrônica: Daniela Oliveira, Manuella Ramos e Luisa Silva.

Engenharia de Energia: Ginette Schroetter e Lívia Moura

Engenharia de Software: Caio Moraes, Eduardo Ribeiro, Rossicler Junior e Sara Silva

A.7.2 Professores

Alex Reis (Engenharia de Energia)

Ricardo Matos Chaim (Engenharia de Software)

Rhander Viana (Engenharia Automotiva)

José Felício da Silva (Engenharia Eletrônica)

Paolo Gessini (Engenharia Aeroespacial)

Junpyo Lee (Engenharia Aeroespacial)

APÊNDICE B – Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

B.1 Ponto de Controle 1

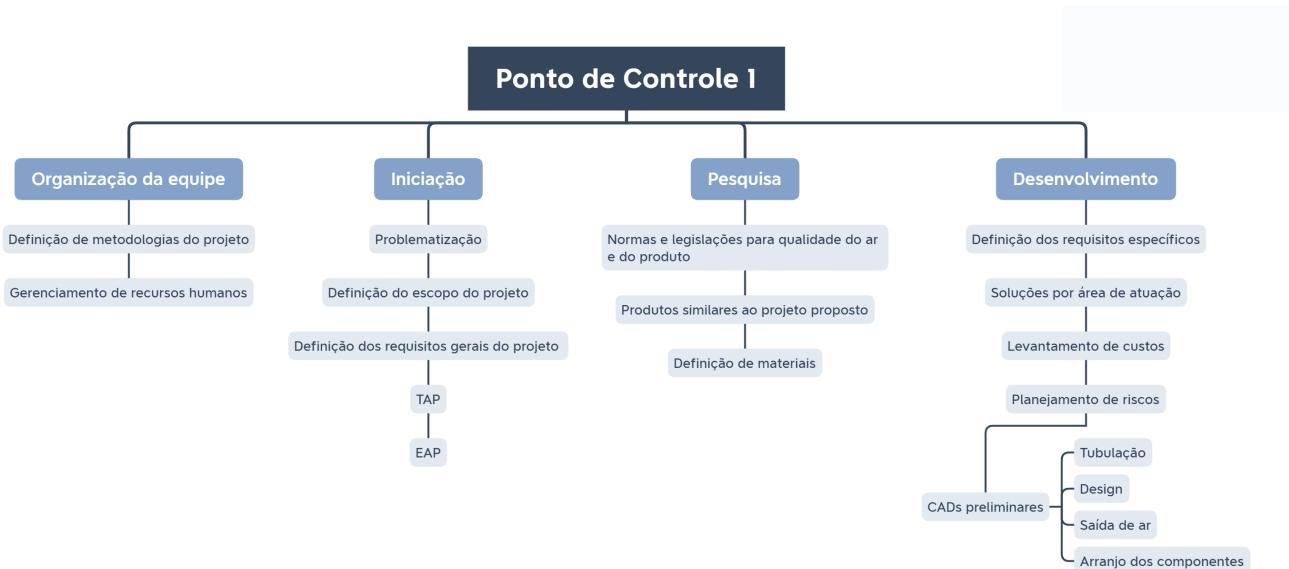


Figura 37 – Organograma da EAP para o ponto de controle 1.

B.2 Ponto de Controle 2

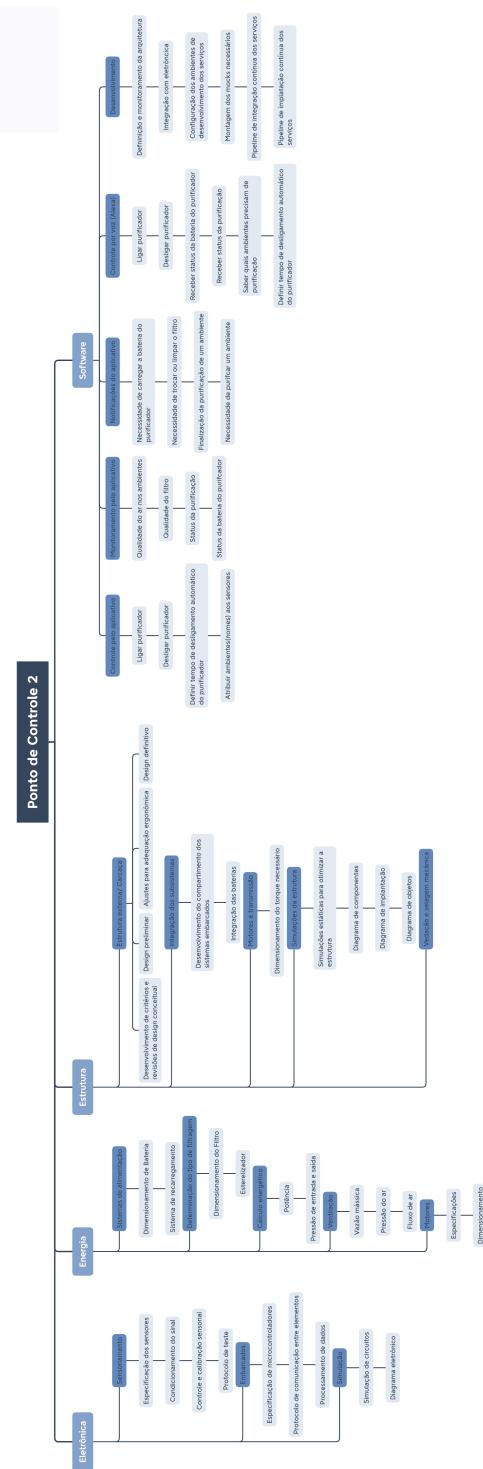


Figura 38 – Organograma da EAP para o ponto de controle 2.

B.3 Ponto de Controle 3

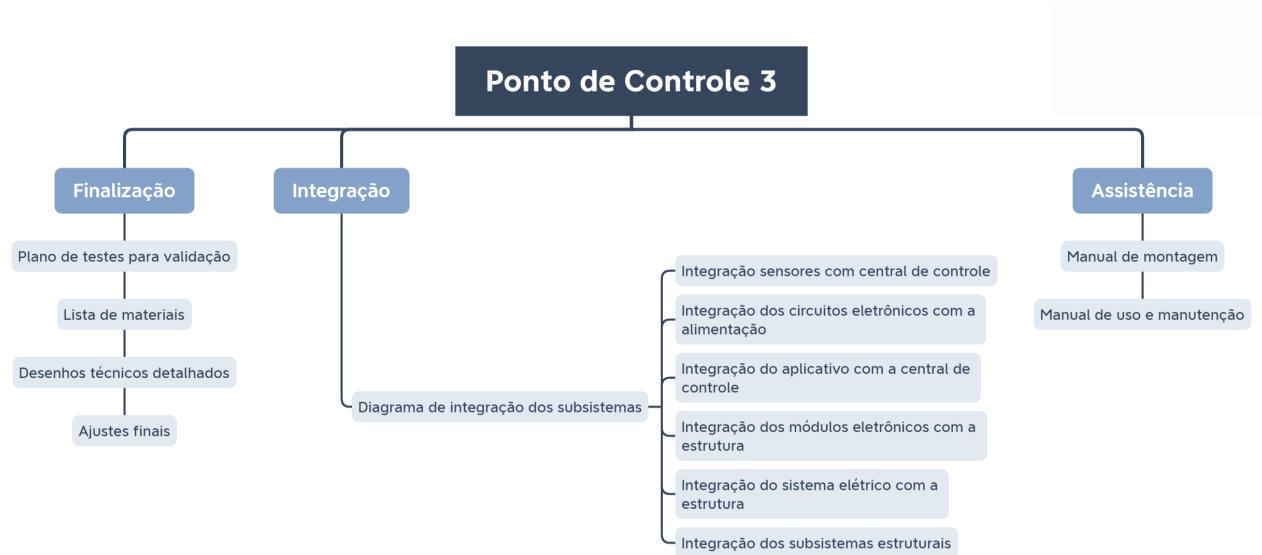


Figura 39 – Organograma da EAP para o ponto de controle 3.

APÊNDICE C – Gerenciamento de Recursos Humanos

C.1 Papéis e Responsabilidades

Segundo determinado pela disciplina, a divisão do grupo ficou em um (1) coordenador geral, um diretor de qualidade, três diretores técnicos e equipe de desenvolvedores. Segundo o grupo, ficou dividido:

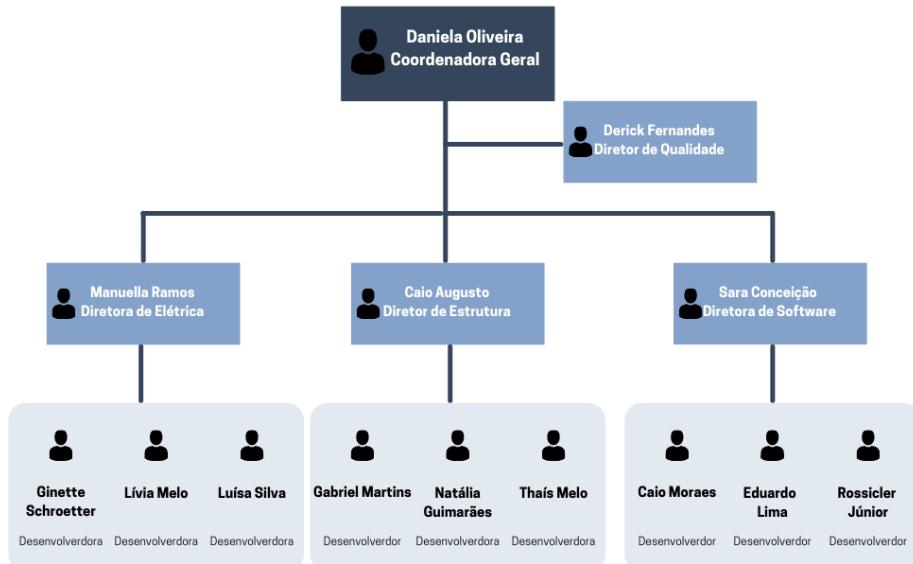


Figura 40 – Organograma da equipe do projeto

C.1.1 Coordenador Geral

O Coordenador Geral tem por objetivo assegurar a condução operacional dos trabalhos e desenvolvimentos, envolvendo o planejamento e gestão de atividades, projeção de resultados e antecipação de riscos. Além disso, tem por responsabilidade a boa condução do projeto e das equipes técnicas, possuindo uma visão geral de todas as atividades que estão em desenvolvimento, e tendo forte interação com o Diretor de Qualidade e Diretores Técnicos. Ademais, o coordenador geral também deverá contribuir na concepção e desenvolvimento de atividades técnicas.

Atividades referentes ao papel de Coordenador Geral:

- Realizar o planejamento de atividades das equipes técnicas;
- Realizar a gestão de tempo e riscos do projeto, bem como realizar o controle financeiro do projeto;
- Atuar na definição e validação de requisitos técnicos, de forma a garantir que a arquitetura da solução atenda às necessidades do cliente;
- Assegurar todos os “entregáveis”;
- Validar o plano de produção e integração dos produtos das equipes técnicas.

C.1.2 Diretor de Qualidade

O Diretor de Qualidade tem por objetivo assegurar a condução operacional dos trabalhos e desenvolvimentos, dando suporte às atividades do coordenador geral e garantindo que os produtos atendam aos requisitos técnicos do projeto. Embora tais fatos, o Diretor de Qualidade deverá contribuir na concepção e desenvolvimento de atividades técnicas.

Atividades referentes ao papel de Diretor de Qualidade:

- Suporte ao Coordenador Geral na tarefa de planejamento e gestão das atividades dos grupos técnicos;
- Atuar na definição de requisitos técnicos e na tomada de decisão sobre a arquitetura da solução;
- Garantir que os produtos desenvolvidos no projeto atendem aos requisitos técnicos;
- Garantir que os critérios de projeto adotados pelas equipes técnicas estejam em consonância com boas práticas de engenharia;

C.1.3 Diretor Técnico

O Diretor Técnico tem por objetivo garantir a condução operacional de sua equipe, a qual se constitui em um subsistema do projeto. Suas atividades envolvem o planejamento e gestão de atividades técnicas, bem como a interação com o Coordenador Geral e o Diretor de Qualidade para o desenvolvimento do projeto segundo os planejamentos.

Atividades referentes ao papel de Diretor Técnico:

- Gerenciar as atividades dos desenvolvedores e garantir a coesão do grupo;
- Atuar na definição de requisitos técnicos e tomada de decisão sobre tecnologias aplicáveis ao projeto e ao subsistema;

- Atuar na definição e aplicação de critérios de projeto, para garantir a correta especificação dos elementos;
- Atuar na validação de produtos dos desenvolvedores e garantir a interoperabilidade dos produtos entre subsistemas;
- Atuar na definição de planos de produção e integração entre produtos de diferentes equipes;
- Desenvolver e validar a documentação técnica da equipe;

C.1.4 Desenvolvedores

O Desenvolvedor tem por objetivo aplicar os conhecimentos técnicos para a produção e elaboração dos elementos que compõe o projeto. Destarte, o desenvolvedor atua na implementação das soluções concebidas pela equipe, tendo em vista os requisitos técnicos associados ao problema e a tecnologias escolhidas.

Atividades referentes ao papel de Desenvolvedor:

- Identificar os requisitos técnicos e definição de tecnologias para resolver o problema abordado no projeto;
- Desenvolver e validar as partes técnicas sob sua responsabilidade;
- Definir critérios de produção e interoperabilidade dos produtos do seu subsistema;
- Desenvolver as documentações técnicas, referentes aos itens sob seu desenvolvimento.
- Atuar na definição de planos de produção e integração entre produtos de diferentes equipes;
- Participar da integração dos elementos de seu subsistema ao restante do projeto

APÊNDICE D – Principais Decisões de Software

Considerando as necessidades do projeto e a familiaridade dos integrantes com algumas práticas, a equipe de software decidiu usar para desenvolvimento uma metodologia híbrida que une alguns aspectos das metodologias Kanban e *Extreme Programming(XP)*. Nos tópicos seguintes essas duas metodologias são descritas e são listadas quais práticas são adotadas pela equipe que, por ser pequena, considera que os aspectos escolhidos são suficientes para o gerenciamento das atividades e desenvolvimento do sistema.

D.0.1 Kanban

O Kanban é um *framework* de gestão, utilizado principalmente para uma maior produtividade e otimização da gestão do trabalho. O termo tem o significado de "tabuleiro", que é um sistema orientado através de colunas, em que cada uma dessas colunas representa o estado de uma atividade (a fazer, fazendo, feito), assim, cada uma das atividades vão sendo movidas para a coluna que represente o estado atual da mesma.

Neste projeto, são utilizadas as seguintes colunas:

- **A fazer:** Todas as atividades do projeto que estão a espera para serem executadas.
- **Fazendo:** Atividades que já estão sendo executadas.
- **Em revisão:** Atividades prontas, a espera da revisão se um outro membro.
- **Feito:** Atividades concluídas.

A utilização do Kanban no projeto é motivada essencialmente pela facilidade da visualização do andamento atual das atividades, além de uma melhor forma de gerenciar o fluxo de trabalho da equipe. Com essa visão que o Kanban proporciona, é possível observar a quantidade de tarefas em andamento, auxiliando o planejamento para que a equipe não fique sobrecarregada e nem com uma baixa carga de atividades.

A equipe utiliza o [ZenHub](#) como Kanban digital em que cada atividade é uma *issue* do [GitHub](#).

D.0.2 *Extreme Programming(XP)*

Extreme Programming(XP) é uma metodologia ágil de desenvolvimento de software, bem dinâmica e flexível. O foco da metodologia é entregar o software com a qualidade

necessária quando necessário. As práticas tem o objetivo de mitigar os riscos e aumentar as chances de sucesso do produto.

Alguns valores da metodologia adotados pela equipe são:

- Simplicidade: Fazer as coisas necessárias e manter a arquitetura do sistema o mais simples possível visando a facilidade de manutenção e de revisão.
- *Feedback Constante*: Sempre que possível, fazer comentários avaliativos sobre os esforços já investidos para melhor identificar pontos que podem ser melhorados e com isso revisar as práticas usadas pela equipe.

As práticas do XP utilizadas no projeto são:

- Programação Pareada: Programação em par em apenas um computador. A dupla costuma ser formada por um iniciante na tecnologia e outro que já tem algum conhecimento da tecnologia. Isso é feito na equipe quando for necessário e viável.
- Padronização do Código: Para facilitar a manutenção e legibilidade do código a equipe usa as folhas de estilo das linguagens de programação escolhidas como padrões a serem seguidos nos códigos.
- Refatoração: Caso alguma parte do código não esteja seguindo boas práticas de programação, tenha um potencial considerável de provocar erros no software ou possa ser simplificada, ela precisa ser refatorada.
- Integração Contínua: Sempre que uma funcionalidade estiver pronta ela é integrada à versão atual do sistema para que ele esteja sempre atualizado.

A principal motivação da equipe em usar o XP é que ele oferece condições para os desenvolvedores responderem com eficiência a mudanças no sistema.

APÊNDICE E – Plano de Gerenciamento de Comunicação

E.1 Ferramentas

Para o desenvolvimento do projeto é necessário o conhecimento e trabalho de todas as engenharias da Faculdade do Gama. Portanto, para haver uma comunicação com menos ruídos e padronizada utilizaremos as seguintes ferramentas:

Tabela 37 – Ferramentas de comunicação

Ferramenta	Descrição
Microsoft Teams	Plataforma utilizada para as reuniões semanais da equipe
Telegram	Canal de comunicação rápida e verificação de andamento de atividades
Overleaf	Utilizada para formatar e editar os relatórios de forma online
Github	Repositório de códigos desenvolvidos pelas subequipes de Software e Eletrônica

E.2 Diretrizes

Para que haja uma continuidade e alinhamento da equipe para o desenvolvimento do produto final todos os integrantes tem um horário fixo para reunião geral da equipe sendo realizada no horário da aula, as quartas-feiras às 16:00h pelo Microsoft Teams.

Além de cada subequipe ter seu próprio horário para alinhamento e desenvolvimento das soluções propostas, sendo responsabilidade do diretor técnico de cada área ajustar com os desenvolvedores.

APÊNDICE F – Cronograma

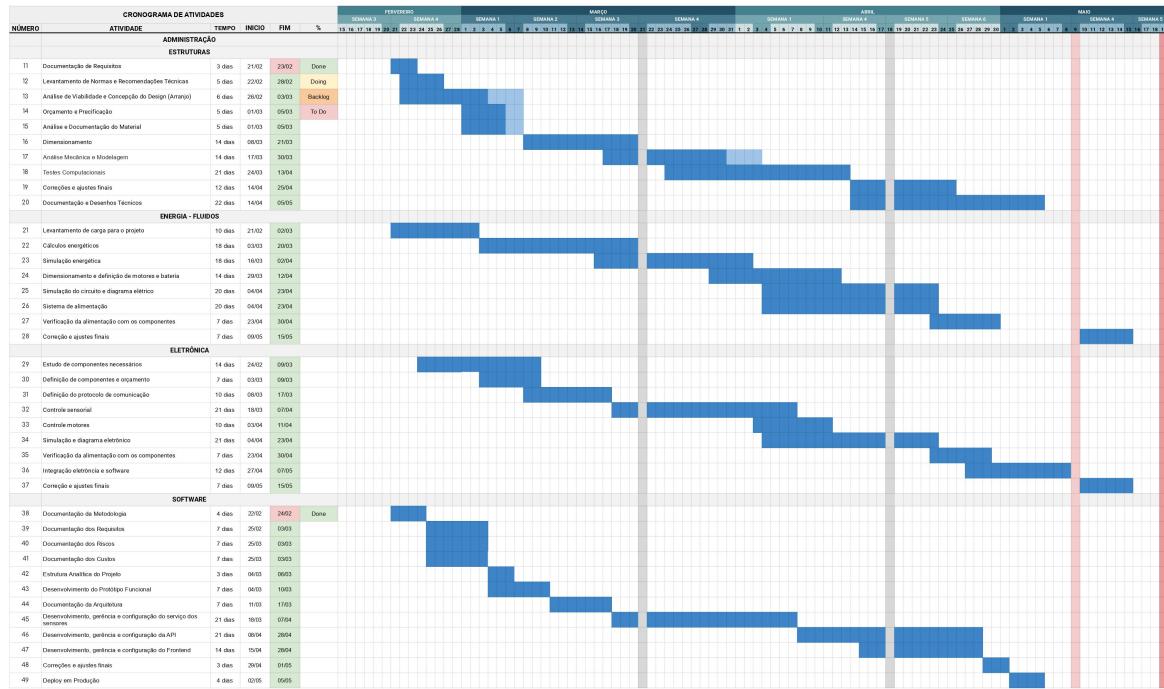


Figura 41 – Cronograma do Projeto

APÊNDICE G – CADs Preliminares



Figura 42 – Vista isométrica do purificador de ar *CleanAir*

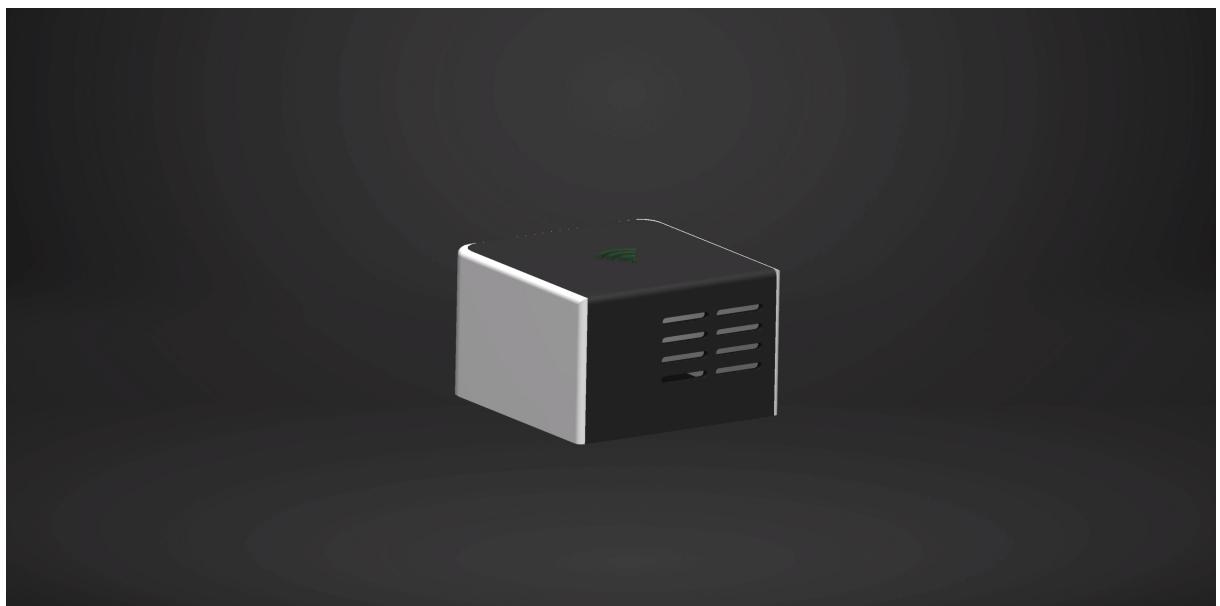


Figura 43 – Vista isométrica do sensor de ar *CleanAir*

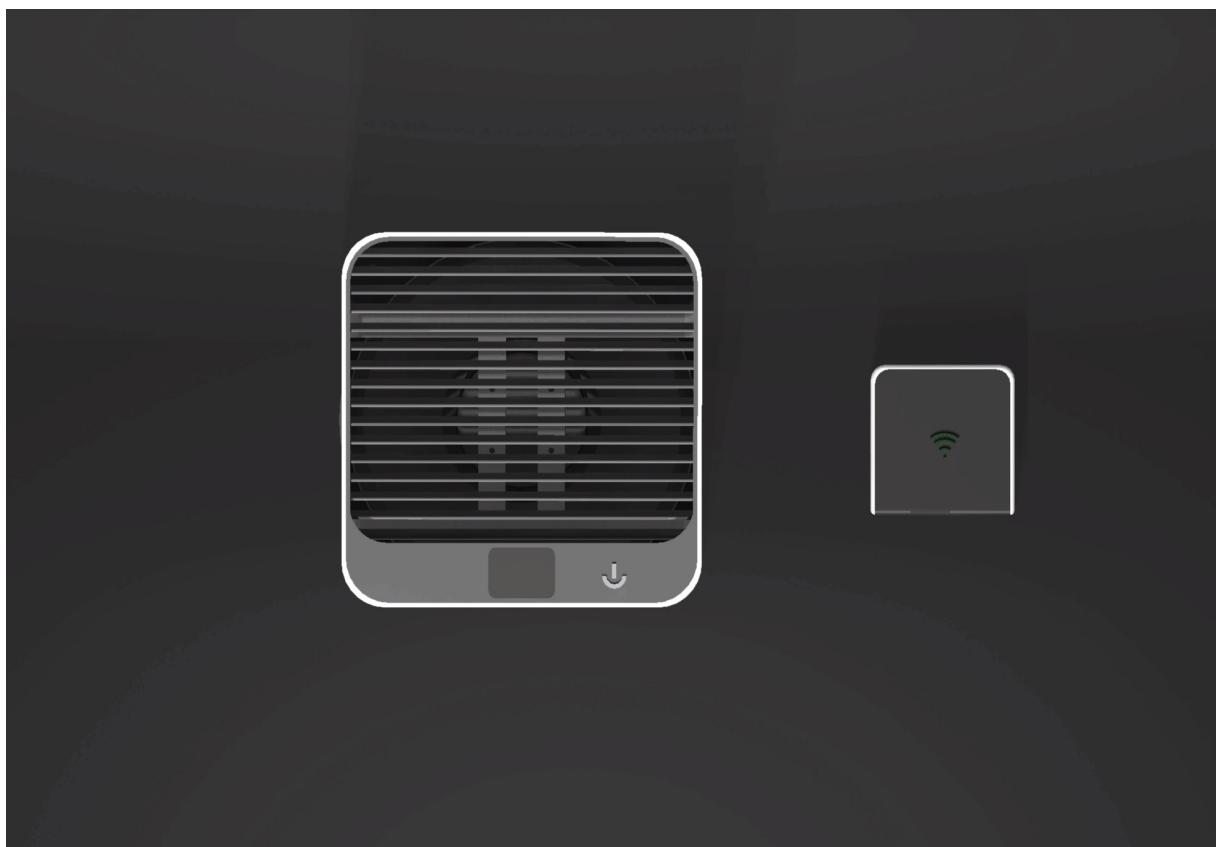


Figura 44 – Vista superior do purificador de ar e do sensor *CleanAir*



Figura 45 – Vista explodida do purificador de ar *CleanAir*

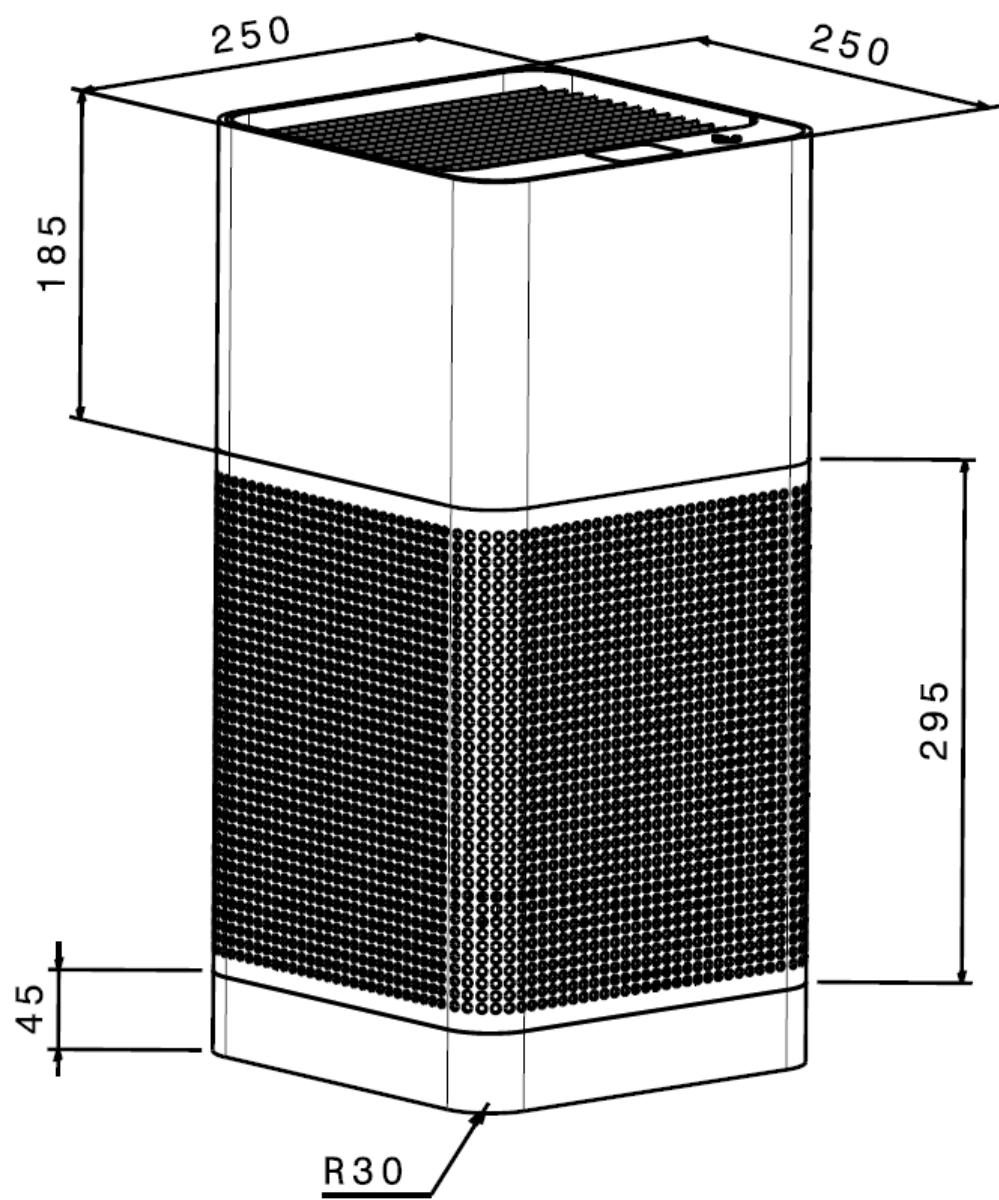


Figura 46 – Cotas principais do escopo do purificador de ar *CleanAir*

H Pesquisa de público

1. **Qual sua idade?** (Respostas disponíveis: menor de 18, 18 - 25 anos, 26 - 30 anos, +30 anos)

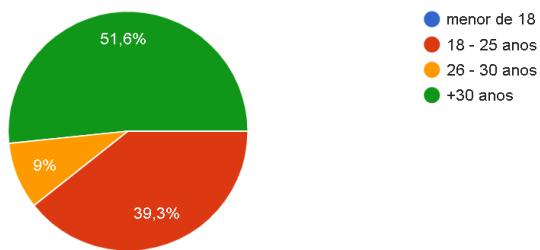


Figura 47 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 1.

2. **Você mora em?** (Respostas possíveis: Casa, Apartamento)

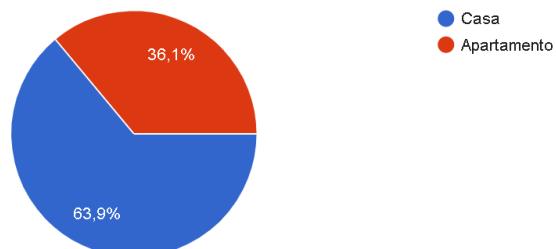


Figura 48 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 2.

3. **Quantas pessoas moram com você?** (Respostas possíveis: Apenas eu, 2 a 3 pessoas, 3 a 4 pessoas, +4 pessoas)

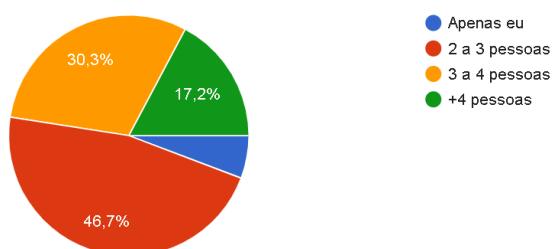


Figura 49 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 3.

4. Você considera o local onde você mora é bem ventilado? (Respostas possíveis: Sim, Não)

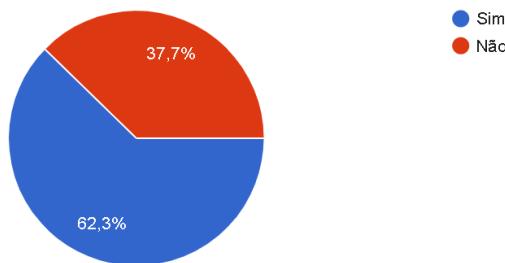


Figura 50 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 4.

5. Levando em consideração a presença de acáros, vírus, fungos, bactérias, fumaça, poeira, fuligem, pelos, umidade e odores indesejáveis como você quantifica a qualidade do ar no local onde você mora? (Respostas possíveis: 1; 2; 3; 4; 5)

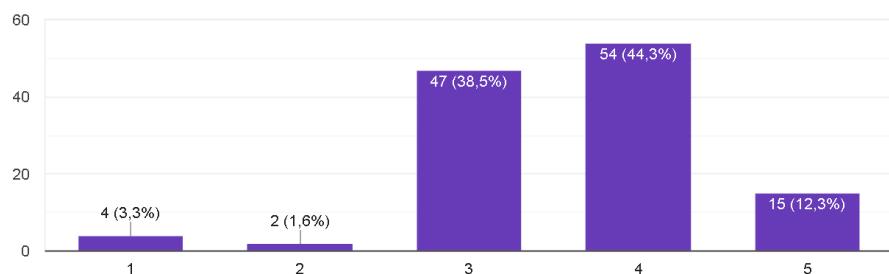


Figura 51 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 5.

6. Você possui alguma doença respiratória crônica? (Respostas possíveis: sim, não, não sei)

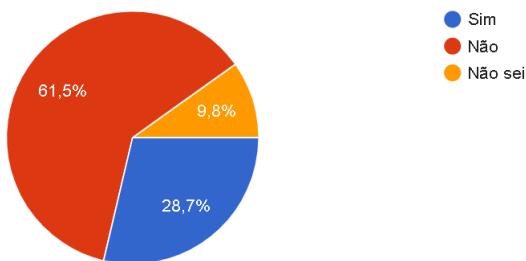


Figura 52 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 6.

7. Você acha que a qualidade do ar do local onde você mora impactam diretamente na sua saúde? (Respostas possíveis: sim, não, não sei)

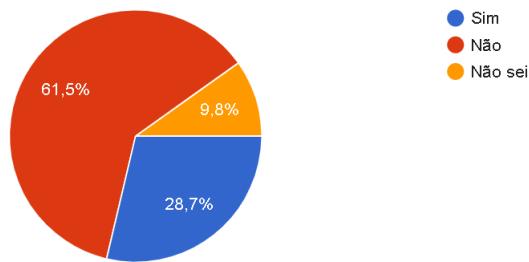


Figura 53 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 7.

8. Você costuma permitir ventilação no local em que dorme durante seu sono? (Respostas possíveis: sim, não)

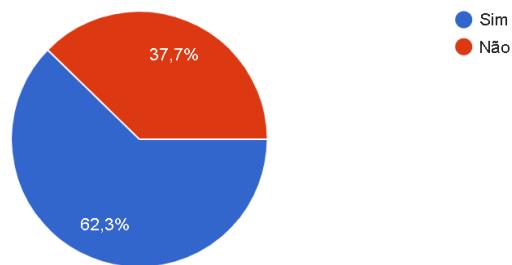


Figura 54 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 8.

9. De 1 à 5 quão importante é para você saber da qualidade do ar que respira? (Respostas possíveis: sim, não)

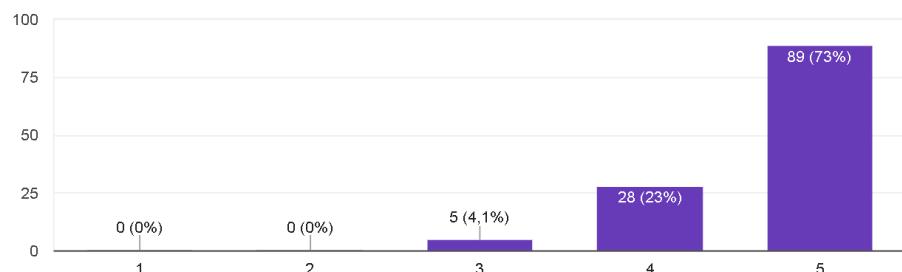


Figura 55 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 9.

10. Das necessidades que devem ser atendidas pelo Purificador/Esterilizador de ar, marque-as com a ordem de prioridade na sua opinião. (Respostas possíveis: Eliminar Vírus, Bactérias e Fungos; Eliminar elementos alérgenos(que causam alergias); Eliminar odores indesejáveis.)

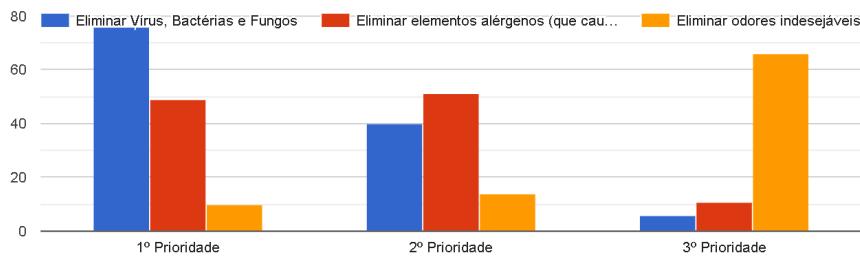


Figura 56 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 10.

11. Se você fosse comprar um Purificador/Esterilizador de ar ambiente, qual das características abaixo você levaria em conta na escolha do produto. (Respostas possíveis: Eficiência na purificação e esterilização do ar; Capacidade de purificar a maior área possível; Funcionalidades como: Controle por voz e monitoramento da qualidade do ar e do aparelho via celular; Design atraente e compacto; Durabilidade; Preço)

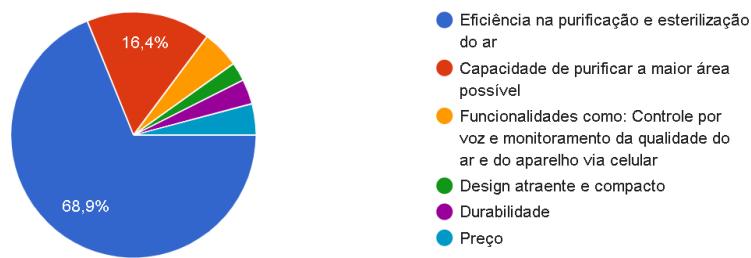


Figura 57 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 11.

12. Você acredita que um Purificador/Esterilizador de ar possa ajudar na sua saúde respiratória? (Respostas possíveis: sim, não, talvez)

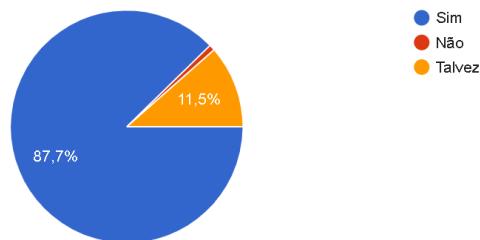


Figura 58 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 12.

13. Caso fosse acessível, você compraria um Purificador de ar com o compromisso de melhorar e resguardar sua saúde respiratória? (Respostas possíveis: sim, não, talvez)

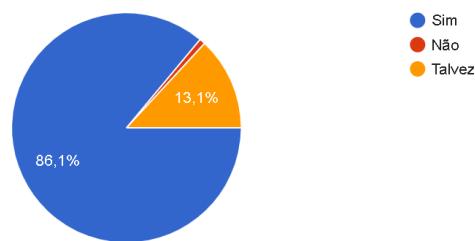


Figura 59 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 13.

- item Em uma escala de 1 à 5 quanto interessante você acha que seria ter uma aplicativo de celular que informasse a qualidade do ar na sua casa? (Respostas possíveis: 1; 2; 3; 4; 5)

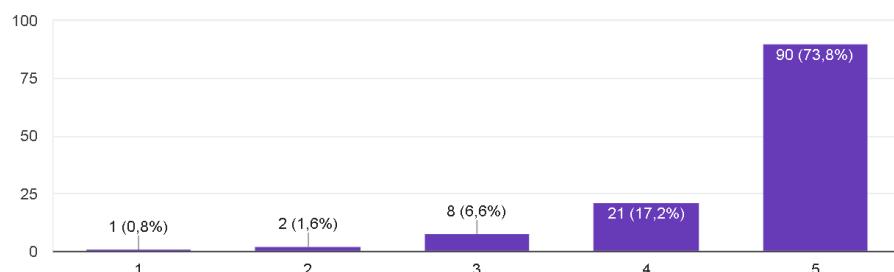


Figura 60 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 14.

14. O que você mais gostaria de saber sobre o ar que respira? (Respostas possíveis: Quantidade de poeira, fuligem e outros elementos alérgenos (que causam alergias); Quantidade de gases poluentes; Temperatura e umidade do ar; Outro)

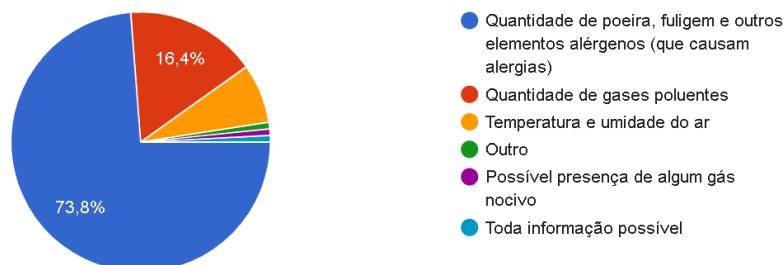


Figura 61 – Gráfico das porcentagens de respostas da pergunta número 14.

15. Qual outro local além da sua casa você gostaria que tivesse um sistema de purificação e esterilização do ar? (Resposta livre)

Das 122 pessoas que responderam à pesquisa, 45 disseram que gostaria de ter um sistema de purificação e esterilização no trabalho, 26 disseram que gostaria que tivesse um sistema em ambiente escolar/acadêmico e outras 52 pessoas responderam com locais variados, entretanto, em todas as respostas notou-se relação com grande trânsito de pessoas.