

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MACHADO DE ASSIS

Curso Técnico em Mecânica

Arielly Cypriano Lima

Enzo Teixeira Palmanhani

Geovanna Siane dos Santos

Giullia Oliveira Araújo

João Pedro Santos do Rego

JANELA AUTOMATIZADA FILTRANTE

CAÇAPAVA-SP

2025

Arielly Cypriano Lima
Enzo Teixeira Palmanhani
Geovanna Siane dos Santos
Giullia Oliveira Araújo
João Pedro Santos do Rego

JANELA AUTOMATIZADA FILTRANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da ETEC Machado de Assis, orientado pelo Prof. José Benedito Borelli Júnior, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em mecânica.

CAÇAPAVA-SP
2025

Arielly Cypriano Lima
Enzo Teixeira Palmanhani
Geovanna Siane dos Santos
Giullia Oliveira Araújo
João Pedro Santos do Rego

JANELA AUTOMATIZADA FILTRANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecânica da ETEC Machado de Assis, orientado pelo Prof. José Benedito Borelli Júnior, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em mecânica.

Banca de aprovação

Aprovado em:

Profº José Benedito Borelli Júnior, orientador

Profº _____, Membro

Profº _____, Membro

Profº _____, Membro

CAÇAPAVA-SP
2025

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por saúde e capacidade para buscarmos os meios para conclusão do trabalho, e por nos sustentar durante nossa trajetória de três anos nesta Instituição.

Agradecemos aos nossos pais por sempre nos motivarem e auxiliarem em nossos estudos, aos nossos professores pela dedicação com o trabalho e por sempre entregar uma boa qualidade de aula, em especial o professor Jânio Rodrigues que nos auxiliou sanando nossas dúvidas quanto a viabilidade do projeto e as partes essenciais para sua confecção, ao professor Paulo Rocha por nos ensinar como deve ser feita a produção de peças durante o curso, que nos ajudou a entender a essência do projeto, ao professor Nelson, o professor Miguel Inácio, a auxiliar da oficina Camily Vitória.

Também aos incentivadores professor Borelli e diretor Silvio Leal, e a cada um dos nossos colegas de classe por auxiliar-nos com ideias e incentivar o desenvolvimento do nosso projeto.

RESUMO

O projeto propõe a criação de uma janela com sistema de filtragem de ar, voltada para melhorar a qualidade do ar em ambientes internos, especialmente em regiões afetadas por poluição e queimadas. A janela utiliza filtros de carvão ativado, possui persiana automatizada através de motor tubular, podendo ser integrada a sistemas inteligentes. O objetivo é reduzir odores, poeira e partículas nocivas, promovendo saúde e conforto, principalmente para pessoas com problemas respiratórios.

Palavras-chave: Janela filtrante; filtragem de ar; automatizada; integrada.

ABSTRACT

The project proposes the creation of a window with an air filtration system aimed at improving air quality in indoor environments, especially in regions affected by pollution and wildfires. The window uses activated carbon filters, has automated blinds powered by a tubular motor, and can be integrated into smart systems. The goal is to reduce odors, dust, and harmful particles, promoting health and comfort, particularly for people with respiratory issues.

Key-words: Filter window; air filtration; automated; integrated.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração teste de fluxo de ar	24
Figura 2- Ilustração teste de retenção de poeira e sujeira.....	25
Figura 3- Ar-condicionado e aquecedor como exemplos de convecção	26
Figura 4- Desenho 1: filtro fechado	27
Figura 5- Janela de correr de 4 folhas.....	27
Figura 6- Janela integrada.....	28
Figura 7- Desenho 2: Filtro fechado	28
Figura 8- Ilustração pontos de fixação do motor e persiana.....	38
Figura 9- Seções	39
Figura 10- Impressão em andamento.....	42
Figura 11- Impressão concluída	43
Figura 12- Pintura da maquete	43
Figura 13- Persiana fechada vista interna	51
Figura 14- Folha de vidro fechada visão interna.....	51
Figura 15- Folha filtro fechada visão interna.....	52
Figura 16- Persiana fechada visão externa	52
Figura 17- Desenho Técnico Mecânico: Janela Automatizada Filtrante.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Componentes - Preços Unitários	40
Tabela 2- Instruções de manutenção.....	45
Tabela 3- Ficha de controle técnico	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Você compraria uma janela com sistema de filtragem?	29
Gráfico 2- Qual é o principal motivo?	29
Gráfico 3- Faixa de preço aceitável.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

Escola Técnica Estadual (ETEC)

High-Efficiency Particulate Air (HEPA)

Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)

Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)

Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)

Computer Aided Design (CAD)

Normas Regulamentadoras (NRs)

Compostos Orgânicos Voláteis (VOC)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)

Air Changes per Hour (ACH)

Air Changes per Second (ACS)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVO GERAL	13
3.	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
4.	JUSTIFICATIVA	14
5.	PROBLEMATIZAÇÃO	14
6.	VIABILIDADE	17
7.	FILTRAGEM DE AR	19
8.	NORMAS REGULAMENTADORAS	20
9.	METODOLOGIA	22
10.	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	22
	10.1.1 Teste de fluxo de ar	23
	10.1.2. Teste de retenção de poeira e sujeira	24
	10.2. Modelagem da janela	25
	10.3. Pesquisa de campo	28
	10.3.1 Sugestões	30
11.	MATERIAIS	31
	11.1 Liga de alumínio 6063	31
	11.2 Motor persiana integrada	31
	11.3 Vidro Temperado	32
	11.4 Puxador de alumínio	32
	11.5 Fecho alavanca Maxim-ar alumínio frontal	33
	11.6 Roldana e rolamento	33
	11.7 Filtro de ar	33
	11.8 Controle remoto	34
	11.9 Discos alinhadores	34
	11.10 Conjunto terminal esteira porta cabos Lx26	34

11.11	Limitador de abertura/sistema fim de curso	34
11.12	Perfil de vedação	35
11.13	Guia lateral para persiana	35
11.14	Tampa para palheta	35
11.15	Armação de alumínio para o filtro	35
11.16	Trilho de folha	35
11.17	Elementos de fixação	35
11.18	Presilha da persiana	36
12.	CÁLCULOS.....	36
12.1	Peso máximo da persiana.....	36
12.2	Diâmetro da persiana enrolada.....	36
12.3	Taxa de renovação de ar (ACH- <i>Air Changes per Hour</i>).....	37
12.4	Tensão de cisalhamento sobre pontos de fixação do motor.....	37
13.	CUSTOS DO PROJETO	40
14.	MAQUETE.....	42
15.	MANUTENÇÃO.....	43
15.1	Manutenção Preditiva.....	44
15.2	Manutenção Preventiva.....	45
15.3	Manutenção corretiva.....	46
15.4	Responsabilidades e Registros.....	46
16.	AUTOMATIZAÇÃO	47
17.	INSTALAÇÃO	50
18.	DESENHO TÉCNICO MECÂNICO	51
19.	CONCLUSÃO	54
20.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUÇÃO

No contexto atual da sociedade, passamos por diversos problemas com relação à qualidade do ar, principalmente nos grandes centros urbanos, em que se é crescente a inquietação às adversidades que sua qualidade baixa pode causar, sejam eles problemas de saúde e/ou bem-estar.

A ideia do grupo projeta suavizar essas dificuldades geradas pelo ar poluído nos ambientes internos, ideal àqueles que moram perto das grandes fabricas e sofram com invasão de partículas danosas em suas residências, através da criação do projeto de uma janela com um filtro de ar embutido para filtrar o ar de residências, assim, tornando o ambiente que a detém prevenido dos males que o ar poluído pode causar auxiliando na redução das doenças acarretadas por muito tempo em exposição ao ar poluído.

Após estudar cada um desses fatores optou-se por criar uma “janela automatizada filtrante” para trazer conforto, saúde e praticidade, uma janela automatizada é útil por trazer uma funcionalidade de ser controlada (abrir e fechar) remotamente facilitando a rotina e auxiliando principalmente pessoas que tenham dificuldades de mobilidade, unindo o útil ao agradável.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo é criar uma janela que filtre odores e impurezas do ar, facilitando o dia a dia de pessoas com problemas respiratórios, a filtragem melhora, principalmente, a qualidade do ar dentro do ambiente e impede impurezas presente no ar de adentrarem ambientes filtrados, no caso do filtro HEPA, já no filtro de carvão ativado tem como principal função a eliminação de odores presente do ambiente e no ar.

3. OBJETIVO ESPECÍFICO

Tem o objetivo de melhorar a vida de todos com sua capacidade de filtragem reduzindo alergia, cheiros desagradáveis e poeiras trazendo mais qualidade de vida para o usuário de uma maneira eficaz e analógica.

4. JUSTIFICATIVA

A escolha do projeto foi motivada por um problema que tem se tornado cada vez mais recorrente e preocupante: as queimadas. Esses incêndios, que podem ser causados por fatores naturais ou humanos, liberam grandes quantidades de partículas e gases poluentes na atmosfera, prejudicando significativamente o ambiente em que se vive. Além disso, as queimadas também têm um impacto negativo na saúde humana, causando problemas respiratórios graves, como asma, bronquite, rinite, entre outros. Esses problemas podem ser muito prejudiciais para pessoas que já tem alguma doença cardíaca ou respiratória.

Diante disso, o grupo decidiu desenvolver uma solução prática e analógica para reduzir os efeitos das queimadas na saúde humana. Após várias pesquisas e ideias, chegou-se à conclusão de criar uma janela filtrante. A janela filtrante é um dispositivo que visa impedir a entrada de resíduos das queimadas em ambientes fechados, além de melhorar a qualidade do ar que passa por ela através de um filtro de carvão ativado.

Com a janela filtrante, o objetivo é proporcionar uma solução eficaz e inovadora para reduzir os efeitos das queimadas no ambiente em que se vive. Acredita-se que o projeto possa fazer uma grande diferença na vida das pessoas que vivem em áreas afetadas e há o comprometimento do grupo a continuar desenvolvendo essa solução para que possa ser acessível para todos.

5. PROBLEMATIZAÇÃO

Durante a elaboração das pesquisas para o desenvolvimento deste projeto, foi identificado um ponto crucial relacionado à saúde respiratória da população: o contato direto do ar contaminado externo com o ambiente interno das residências, principalmente em áreas urbanas e regiões com altos índices de poluição atmosférica. Com o crescimento desordenado dos centros urbanos, o aumento da frota de veículos, das atividades industriais e da impermeabilização do solo, aliado à constante redução de áreas verdes, a qualidade do ar tem se deteriorado de forma alarmante. Tal cenário representa não apenas um desconforto, mas um grave risco à saúde pública, contribuindo para o aumento de doenças respiratórias, cardiovasculares e alergias.

É importante destacar que a exposição à poluição atmosférica não ocorre apenas em ambientes externos, mesmo dentro das casas, local onde as pessoas passam grande parte do seu tempo diário, a qualidade do ar continua sendo motivo de preocupação. Ambientes internos frequentemente acumulam poeira, ácaros, fungos e compostos voláteis tóxicos oriundos de produtos de limpeza, tintas, materiais de construção e até dos próprios móveis. Além disso, a falta de ventilação adequada e de sistemas eficientes de filtragem favorece a concentração de poluentes, agravando ainda mais os riscos à saúde respiratória.

Com o crescimento acelerado das cidades, o aumento da poluição do ar tem se tornado um problema de saúde pública, afetando principalmente as populações urbanas. Em ambientes internos, onde passa-se grande parte do tempo, a qualidade do ar é igualmente preocupante, especialmente quando há pouca ventilação ou ausência de sistemas adequados de filtragem. Ao mesmo tempo, muitos imóveis residenciais e comerciais utilizam persianas como forma de controlar a entrada de luz e garantir privacidade, mas tais estruturas não contribuem para a melhoria do ar interno.

Nota-se que, em áreas rurais o ar também não está em plena qualidade, por exemplo, a poeira que quando inalada pode dar origem a diversos problemas de curto e longo prazo, por exemplo:

- Irritação: Poeira pode irritar as vias aéreas, causando tosse, espirros e dificuldade para respirar;
- Reações alérgicas: Algumas pessoas podem desenvolver reações alérgicas, como asma, devido à inalação de certas partículas de poeira;
- Conjuntivite: Partículas de poeira podem causar irritação e inflamação nos olhos;
- Doenças pulmonares: Inalação contínua de poeira pode levar a doenças pulmonares como silicose (causada por poeira de sílica), pneumoconiose (causada por poeira em geral) e fibrose pulmonar;
- Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC): A inalação de poeira também pode contribuir para o desenvolvimento de DPOC, que inclui doenças como bronquite crônica e enfisema.

Com isso, percebe-se que a qualidade do ar não é apenas um luxo, mas uma necessidade, tendo em vista os inúmeros problemas associados à sua ausência, os

quais impactam diretamente a saúde, o bem-estar e até mesmo a produtividade das pessoas. Problemas respiratórios recorrentes, agravamento de quadros alérgicos, sensação constante de fadiga, irritações oculares e dores de cabeça são apenas alguns dos sintomas que podem ser intensificados pela exposição contínua a ambientes com ar contaminado. Tais condições não apenas comprometem a qualidade de vida, como também sobrecarregam os sistemas de saúde pública e privada, exigindo maiores investimentos em tratamentos que poderiam ser evitados com ações preventivas simples. Muitas vezes, esses sintomas são normalizados ou confundidos com causas externas, como estresse, má alimentação ou sedentarismo, quando na verdade podem ter origem direta na própria atmosfera interna dos locais onde se vive, trabalha ou estuda diariamente.

Esse cenário escancara uma realidade frequentemente negligenciada, mesmo em casas, escritórios ou escolas (espaços tradicionalmente vistos como seguros), a presença constante de partículas finas, gases poluentes, mofo, pó, ácaros e microrganismos pode comprometer significativamente a qualidade de vida. Em ambientes fechados, esses agentes contaminantes tendem a se concentrar e circular por longos períodos, agravando ainda mais os efeitos nocivos à saúde. A falta de ventilação adequada, aliada à inexistência de mecanismos eficazes de bloqueio ou filtragem do ar externo, faz com que o ar interno se torne um vetor invisível e silencioso de doenças e desconforto. Tal invisibilidade do problema contribui para sua subestimação, dificultando a conscientização da população quanto à gravidade dos efeitos acumulativos da má qualidade do ar.

Infelizmente, a maior parte da população não dispõe de meios eficientes, acessíveis e contínuos para promover a purificação desse ar. Muitos equipamentos disponíveis no mercado, ainda são de alto custo ou exigem manutenções frequentes, o que dificulta sua adoção em larga escala, especialmente por famílias de baixa renda ou por instituições públicas. Soma-se a isso a falta de informação técnica acessível sobre os riscos da poluição do ar interior e os meios de combatê-la de forma prática e econômica.

Diante disso, é necessário repensar de forma ampla a maneira como trata-se o ar, principalmente nos ambientes fechados, que deveriam ser espaços de recuperação e proteção à saúde. A inovação tecnológica, neste contexto, pode e deve caminhar junto com a praticidade, a estética e o conforto, buscando soluções que se

adaptem ao cotidiano das pessoas sem gerar novos obstáculos ou encargos. Ao invés de depender exclusivamente de alternativas isoladas, complexas ou de difícil implementação, é possível e desejável imaginar a integração de sistemas de filtragem do ar em estruturas já existentes e amplamente utilizadas, de modo que a purificação ou a filtragem ocorram de maneira natural, passiva ou automatizada, sem exigir grandes alterações no ambiente.

Essa abordagem não apenas torna o acesso mais viável, como também representa um passo importante em direção à construção de ambientes internos mais seguros, sustentáveis e tecnologicamente inteligentes. A busca por soluções integradas, eficazes e acessíveis reflete uma tendência crescente da engenharia, do design de interiores e da arquitetura moderna: promover o bem-estar humano por meio da funcionalidade aliada à inovação. Nesse sentido, a qualidade do ar passa a ser tratada não como uma consequência, mas como uma prioridade no planejamento e na organização dos espaços que habitamos.

6. VIABILIDADE

A viabilidade do projeto da janela filtrante precisa ser entendida através de uma análise completa que leve em conta não só os aspectos técnicos, mas também os econômicos, operacionais, ambientais e sociais que envolvem sua implementação. Esse estudo é fundamental para determinar se a proposta tem condições reais de sair do papel e se tornar uma solução viável e sustentável no contexto urbano atual. Do ponto de vista técnico, a proposta mostra boas condições para ser executada, já que os recursos necessários estão disponíveis tanto no mercado nacional quanto no internacional. Os principais componentes carvão ativado, motores tubulares, vidros laminados e estruturas de alumínio ou PVC, são facilmente encontrados e podem ser adquiridos de fornecedores especializados. Além disso, existe mão de obra qualificada para fabricar a estrutura, realizar a instalação elétrica e integrar os diferentes sistemas que compõem a janela. Todos esses fatores trazem segurança para a implementação, pois eliminam barreiras relacionadas à falta de tecnologias ou materiais. Estudos recentes também mostram que sistemas de ventilação controlada e filtragem com filtros de alta eficiência são eficazes na melhoria da qualidade do ar

interno, especialmente em áreas metropolitanas que enfrentam altos níveis de poluição atmosférica.

Quando falamos sobre a viabilidade econômica, o projeto se mostra bastante alinhado com orçamentos de médio porte, o que reforça sua aplicabilidade. A estimativa de custos inclui a compra dos materiais principais, como filtros substituíveis, motores, sensores e molduras, além das despesas com instalação e manutenção regular, e embora haja um bom investimento inicial, o retorno aparece na forma de uma melhor qualidade do ar interno, o que ajuda a reduzir problemas respiratórios, alérgicos e outras complicações de saúde ligadas à poluição. Assim, o sistema pode ter um impacto positivo na diminuição de gastos médicos e na melhoria da produtividade em ambientes corporativos, escolares e residenciais. A relação custo-benefício, portanto, é bastante favorável, especialmente considerando o crescimento do mercado de tecnologias voltadas para o bem-estar e a sustentabilidade. Pesquisas na área de engenharia civil e eficiência energética indicam que investimentos em soluções que melhorem a qualidade do ar e utilizem recursos de forma racional tendem a gerar economia a médio e longo prazo, tanto em energia quanto em custos de manutenção de sistemas convencionais de climatização.

A análise socioambiental destaca a importância da proposta. A janela filtrante desempenha um papel crucial na melhoria da saúde e do bem-estar da população, pois ajuda a reduzir a quantidade de poluentes e partículas nocivas que respira-se diariamente. Em áreas urbanas, onde a poluição do ar é um dos maiores desafios de saúde pública, a implementação desse tipo de sistema pode trazer benefícios significativos, especialmente para crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias crônicas.

Do ponto de vista ambiental, o projeto adota princípios de sustentabilidade ao utilizar filtros recicláveis e motores que consomem pouca energia, o que ajuda a minimizar os impactos do descarte de resíduos e do consumo de eletricidade. Essa combinação de benefícios sociais e ambientais confere ao projeto um forte caráter de responsabilidade socioambiental, alinhando-se às demandas atuais por um desenvolvimento sustentável e a necessidade de soluções que integrem inovação tecnológica e preservação ambiental.

Em resumo, a análise integrada mostra que o projeto da janela filtrante é viável do ponto de vista técnico, econômico, operacional e socioambiental. A disponibilidade

de materiais e tecnologias, os custos acessíveis, a facilidade de instalação e manutenção, além dos impactos positivos para a saúde e o meio ambiente, reforçam sua viabilidade e relevância prática. Assim, pode-se concluir que a proposta está bem-posicionada para ser implementada com os recursos e tecnologias disponíveis atualmente, apresentando um grande potencial para gerar benefícios significativos tanto para o indivíduo quanto para a coletividade. É, portanto, uma solução inovadora, sustentável e que atende às necessidades da sociedade contemporânea no enfrentamento dos desafios relacionados à qualidade do ar em ambientes internos.

7. FILTRAGEM DE AR

A filtragem é um processo que retém partículas e impurezas do ar devolvendo um ar mais limpo, um exemplo disso é o purificador de ar que é composto por três etapas: captação do ar, onde o ar é retirado do ambiente; filtragem, o ar passa por diversas camadas que seguram as impurezas; devolução do ar limpo, o ar purificado é devolvido livre de impurezas.

Alguns tipos de filtros:

- Filtro HEPA: Remove partículas pequenas, como pólen, ácaros e poeiras, com eficácia. É o mais comum no mercado;
- Filtro de Carvão Ativado: Tem como função a absorção de odores e gases, como fumaça e odores de cigarro.

Alguns benefícios do ar filtrado são:

- Redução de alergias e problemas respiratórios: o uso de algum método que purifique ou filtre o ar tem um impacto significativo na saúde respiratória, sendo capaz de eliminar até 99,9% dos microrganismos suspensos no ar;
- Eliminação de poluentes e odores: Os sistemas de filtragem são eficazes na remoção de partículas de fumaça, como fumaça de cigarro. Também tem a capacidade de ajudar a controlar odores corporais, de cozinhas e até de animais de estimação;
- Conforto e bem-estar: ajuda a criar um ambiente mais agradável e relaxante.

Assim pode-se concluir que um purificador de ar é um dispositivo que utiliza filtros para remover impurezas do ar trazendo conforto respiratório.

8. NORMAS REGULAMENTADORAS

A janela filtrante é uma inovação tecnológica que foca no conforto ambiental e na qualidade do ar em espaços internos, seu desenvolvimento, instalação e manutenção envolvem processos técnicos que precisam seguir normas de segurança e desempenho. Nesse sentido, é essencial cumprir as Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho, além das normas técnicas da ABNT, para garantir a segurança dos profissionais envolvidos e a confiabilidade do sistema durante toda a sua vida útil. Este tópico traz uma visão geral das principais NRs que se aplicam à janela filtrante, abordando os aspectos de segurança, manutenção e operação.

NR 1 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais:

Estabelece diretrizes para o gerenciamento de riscos ocupacionais. Deve ser aplicada na avaliação de riscos durante a instalação e manutenção da janela.

NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA):

É relevante em locais com número mínimo de funcionários, assegurando a prevenção de acidentes no manuseio e instalação da janela purificadora.

NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI):

Obrigatória a utilização de EPIs como luvas, óculos, máscaras e cintos de segurança, especialmente durante a limpeza, substituição de filtros e manutenção em altura.

NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO):

Garante o acompanhamento da saúde dos trabalhadores que atuam na manutenção e instalação do produto.

NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA):

Identifica e avalia os riscos ambientais, como poeiras e compostos químicos liberados pelos filtros, especialmente em ambientes industriais.

NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade:

Aplica-se se a janela possuir componentes elétricos, como sensores ou ventiladores.

NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos:

Pode ser aplicada à produção automatizada de componentes da janela, garantindo segurança na operação de máquinas envolvidas no processo.

NR 17 – Ergonomia:

Assegura condições adequadas de ergonomia durante a instalação e manutenção, minimizando riscos biomecânicos.

NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção:

Importante para obras e reformas que envolvam a instalação do sistema, especialmente em fachadas.

NR 20 – Inflamáveis e Combustíveis:

Aplicável quando há uso de substâncias químicas inflamáveis em produtos de limpeza e manutenção dos componentes da janela.

NR 33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados:

Importante em ambientes restritos como *shafts* e casas de máquinas onde janelas podem ser acessadas para manutenção.

NR 35 – Trabalho em Altura:

Obrigatória quando a instalação ou manutenção for realizada em altura superior a 2 metros, exigindo treinamento, EPIs e planejamento adequado.

Aplicar corretamente as Normas Regulamentadoras é crucial para assegurar a segurança dos trabalhadores e a eficiência técnica da janela filtrante. O cumprimento dessas normas não apenas protege a integridade física dos profissionais, mas também aumenta a confiabilidade e a durabilidade do sistema. Portanto, adotar essas práticas torna-se um diferencial significativo para a viabilidade e aceitação do projeto

em diferentes contextos, especialmente àqueles que exigem altos padrões de segurança, saúde e sustentabilidade.

9. METODOLOGIA

A metodologia do projeto consistiu em uma série de pesquisas bibliográficas e de campo buscando sanar as dúvidas e tornar a ideia possível de ser desenvolvida. Durante as pesquisas bibliográficas para início do projeto começou-se avaliando Trabalhos de Conclusão de Curso que tivessem alguma semelhança com a ideia “Janela Automatizada Filtrante”, e através das pesquisas montou-se um cronograma para desenvolvimento do projeto no qual dividiu-se as funções para cada um dos integrantes do grupo para desenvolver uma parte da pesquisa bibliográfica.

Coletou-se os dados fundamentais para que pudesse ser desenvolvido o projeto através da análise de documentos, sites, conversas com os professores e pesquisas de campo. Após a resolução de cada uma das pesquisas começou-se a fazer testes experimentais com os componentes do produto, analisando sua qualidade através de testes experimentais descritos no desenvolvimento do projeto. Ao término de cada uma dessas pesquisas deu-se início ao desenvolvimento de uma demonstração prática do projeto.

10. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Para realizar o Trabalho de Conclusão de Curso, o grupo já possuía uma proposta de projeto já idealizada no meio do segundo ano de curso. Com a grande incidência de queimadas na cidade durante o segundo período de 2024, uma integrante do grupo sugeriu uma solução para a má qualidade do ar, até então, uma Janela Purificadora de Ar, um projeto que inexistente no mercado, com isso, começaram-se as pesquisas.

Purificar o ar é algo muito complexo, exige um controle rígido de entrada e saída de ar, tratamento adequado e equipamentos específicos que não se adequariam à proposta do projeto, limpar o ar de maneira simples, analógica e eficaz, por isso, o projeto foi alterado para uma Janela Filtrante de Ar, uma janela veneziana analógica com uma de suas folhas composta de filtros de ar. O sistema de filtragem através de filtros funciona por meio da interceptação de partículas pequenas, o ar passa pelo

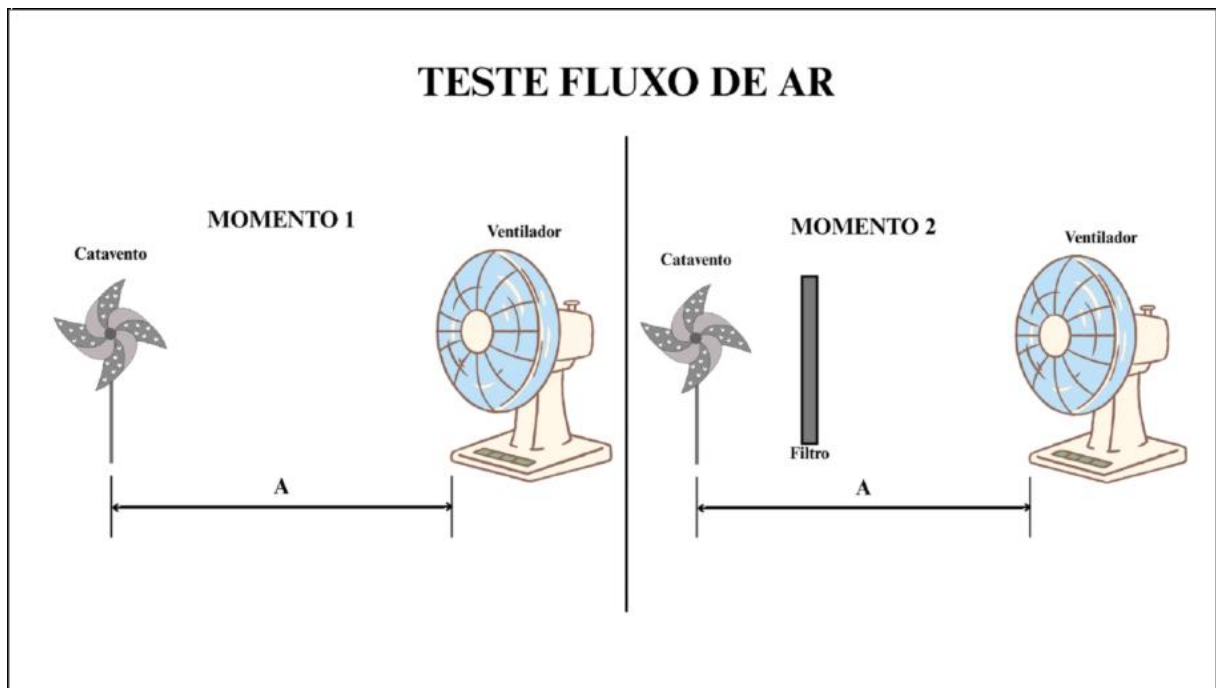
filtro, e com a atração eletroestática entre as partículas, passam pelo filtro e são atraídas pelas fibras do filtro, assim, o filtro retém as pequenas partículas de sujeira e outras impurezas presentes no ar. O filtro escolhido para isso foi o filtro de ar de carvão ativado, pois possui propriedades especiais que permitem remover compostos orgânicos voláteis (VOC), odores e outros poluentes gasosos do ar. É um filtro de ar de carbono, que prende também moléculas de gás em seu leito de carvão.

Como o filtro necessariamente é utilizado junto de purificadores de ar ou ventiladores foi-se necessário fazer testes e pesquisas para aferir sua eficiência sendo utilizado de maneira analógica, então, o grupo comprou um filtro de carvão ativado para exaustor de fumaça (12 cm x 12 cm x 10 mm) para realizar testes empíricos, ou experimentais.

10.1.1. Teste de fluxo de ar

O primeiro ponto que foi necessário analisar era a quantidade, ou força, do fluxo de ar que passaria pelo filtro, como o filtro é uma barreira física para o ar era preciso analisar o quanto seria reduzido da passagem de ar pela janela, para isso, o professor de Química e Física, Miguel Inácio, propôs um teste prático, que funcionaria da seguinte forma: com um ventilador e um catavento, medimos o RPM do catavento sem interferência do filtro, após isso, com a mesma velocidade do ventilador e a mesma distância entre o catavento e o ventilador, repetimos o mesmo processo, porém, com o filtro à frente do catavento, então, comparamos o valor do momento 1 como 100% e o segundo como x, com uma conta simples encontra-se quanto do fluxo de ar foi reduzido ou dissipado pelo filtro.

Figura 1: Ilustração teste de fluxo de ar.



Fonte: Autoria própria.

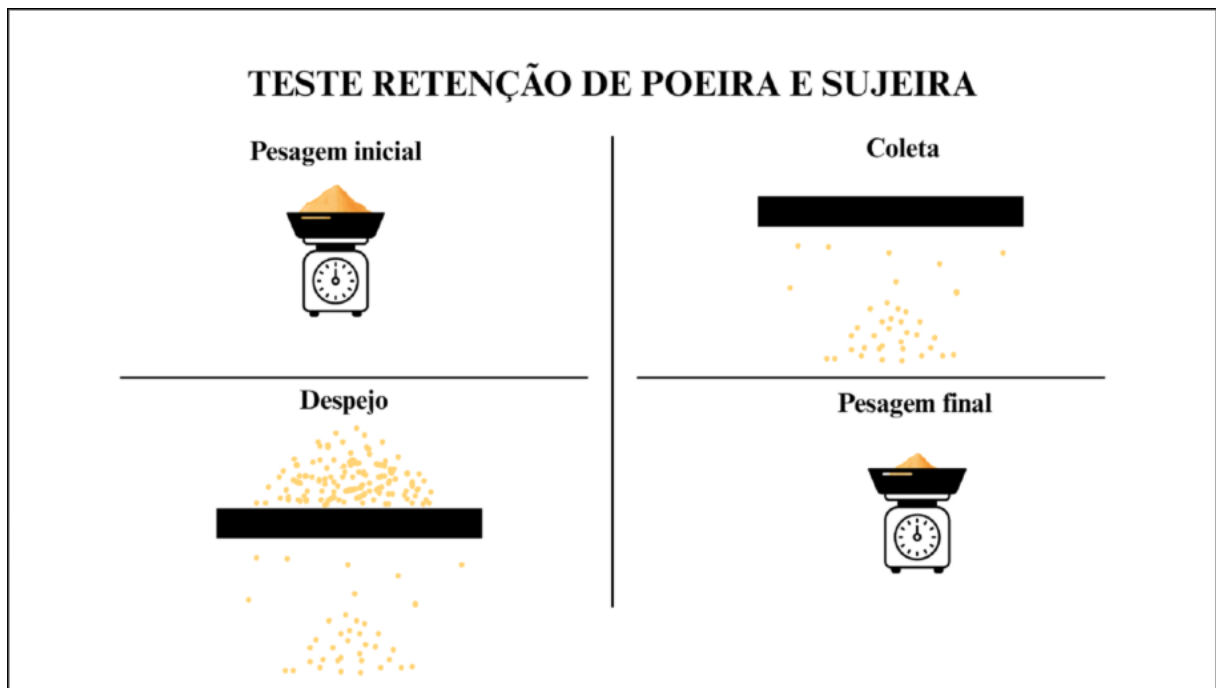
No momento 1 medimos 816 RPM no catavento, no momento 2 medimos 36 RPM no catavento, com o filtro o vento teve uma diminuição de força de, aproximadamente, 95,5%. Concluímos que há passagem de ar, porém sua força é bem reduzida pelo filtro, contudo, apresenta um fluxo de ar satisfatório para a realização do projeto.

10.1.2. Teste de retenção de poeira e sujeira

O ponto mais importante a ser analisado é a capacidade de filtragem do filtro escolhido, o filtro de carvão ativado possui uma eficiência muito grande na adsorção de poluentes gasosos, como odores desagradáveis, gases corrosivos e alguns gases tóxicos presentes no ar, já quanto a impurezas físicas foi-se necessário testar.

O teste consiste em despejar de maneira uniforme pó ou poeira sobre o filtro, a quantidade a ser despejada será pesada antes, e a quantidade que passar pelo filtro também será pesada, com isso, sabemos de maneira aproximada quanto de impurezas o filtro, fisicamente, retém.

Figura 2: Ilustração teste de retenção de poeira e sujeira.



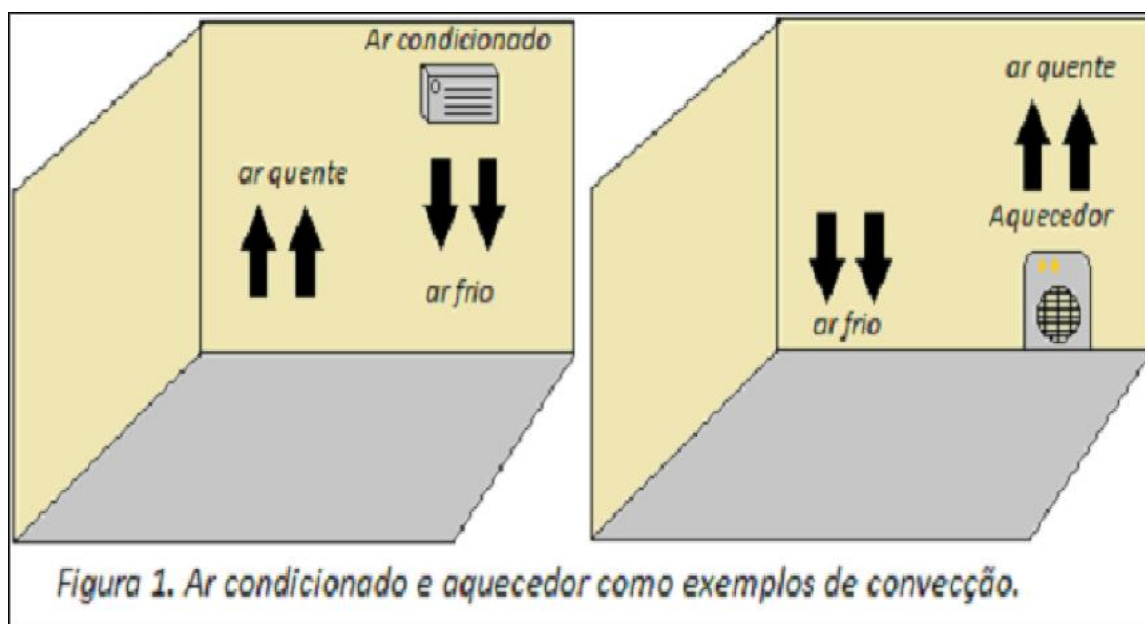
Fonte: Autoria própria.

Para o teste simulamos a poeira utilizando talco para bebês, iniciamos pesando a quantidade a ser despejada com uma balança de precisão, inicialmente pesamos 2,025 g, após o despejo coletamos 0,831 g que passaram pelo filtro, resultando assim em aproximadamente 59% de retenção do talco, considerando que o teste empírico é feito de maneira horizontal e não vertical, a porcentagem que passa através do filtro é aumentada, então, sendo utilizado de modo vertical, aumenta-se consideravelmente a taxa de retenção.

10.2. Modelagem da janela

A folha de filtragem da janela é composta por placas de filtro de 12 cm x 12 cm x 10 mm, o ar, no entanto, precisa de uma saída para o ambiente externo para que haja troca de ar quando a folha estiver fechada, com isso, o grupo baseou-se na corrente de convecção de ar. A corrente de convecção é o movimento de fluídos (vapor, gases e líquidos) que trocam de posição por conta das diferenças de temperaturas entre os fluídos, no ar quente as moléculas se movimentam de forma mais intensa, ocupando mais volume e de densidade menor que o ar frio, portanto, o ar frio é mais leve que o ar quente e tende a permanecer “em baixo”, já o ar quente “em cima”.

Figura 3: Ar-condicionado e aquecedor como exemplos de convecção.

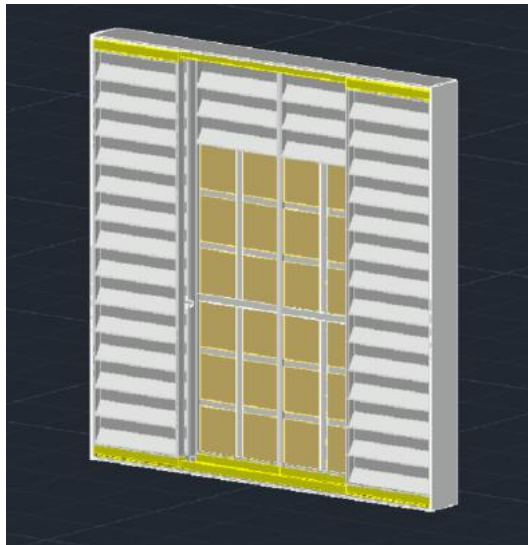


Fonte: Info Escola.

Baseando-se nisso, adicionou-se frestas ou passagens na parte superior da folha de filtro para que haja a troca de ar do ambiente, preferencialmente que o ar quente seja expulso do ambiente.

Com os princípios da janela definidos era preciso projetá-la, para que fosse um produto comum não poderia fugir dos padrões de janelas residenciais, então, o grupo baseou seu modelo a partir de uma janela veneziana de alumínio utilizada em quartos, a ideia era substituir a folha móvel de vidro por uma folha de filtro de carvão ativado, assim, quando desejado a filtragem de ar, deve-se apenas fechar a folha do filtro e mantê-la fechada pelo tempo desejado.

Figura 4: Desenho 1: filtro fechado.



Fonte: Autoria própria.

Contudo, ao analisar a praticidade e envolvimento com o conteúdo aprendido no curso de Mecânica, o grupo optou por automatizá-la e alterar seu modelo de base, agora seria feito sobre uma janela de alumínio de correr de 4 folhas, sua automatização é baseada em janelas integradas que possuem uma persiana de abertura automática, de sistema semelhante ao de portas de comércio.

Figura 5: Janela de correr de 4 folhas.



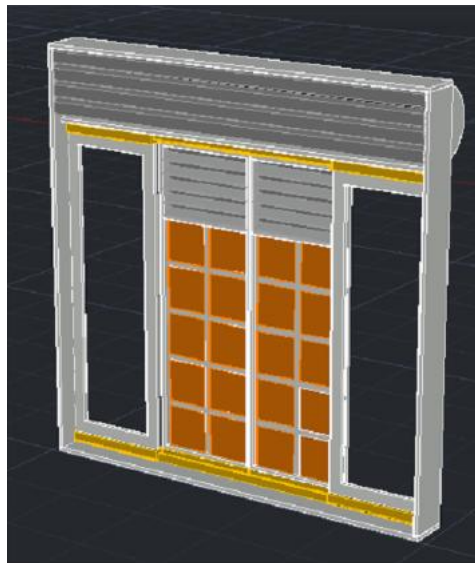
Fonte: Telha Norte.

Figura 6: Janela integrada.



Fonte: Madeira Madeira.

Figura 7: Desenho 2: Filtro fechado.



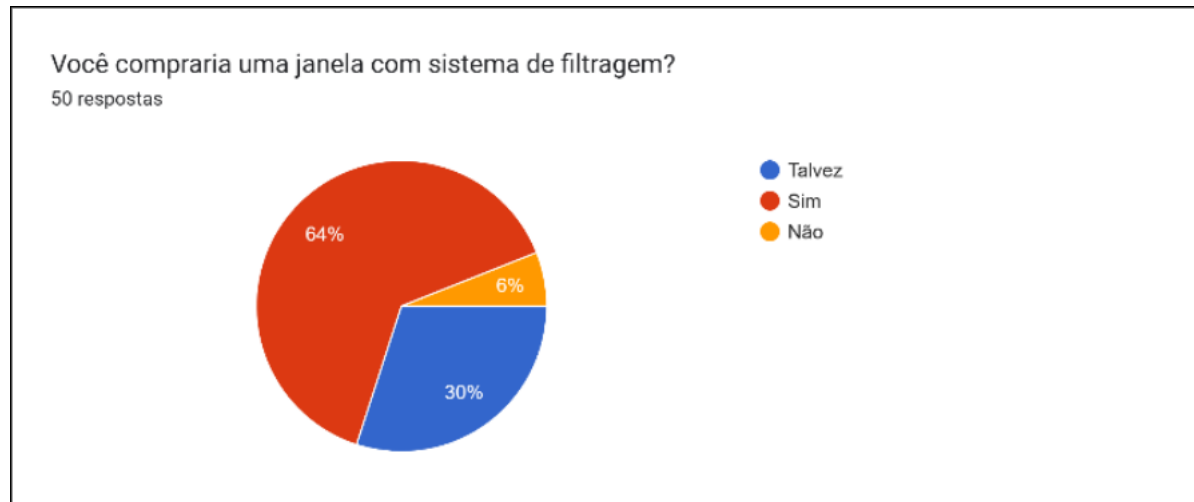
Fonte: Autoria própria.

10.3. Pesquisa de campo

A presente pesquisa trata-se de um estudo sobre de como seria a aceitação do público em relação ao projeto, foi compartilhada em redes sociais, grupos de sala e familiares. Essa pesquisa teve 50 respostas, objetivou descobrir como seria a aceitação do produto e ouvir sugestões dos possíveis “compradores”.

- Você compraria uma janela com sistema de filtragem?

Gráfico 1: Você compraria uma janela com sistema de filtragem?



Fonte: Autoria própria.

- Qual é o principal motivo pelo qual você consideraria instalar uma janela filtrante em sua casa ou escritório?

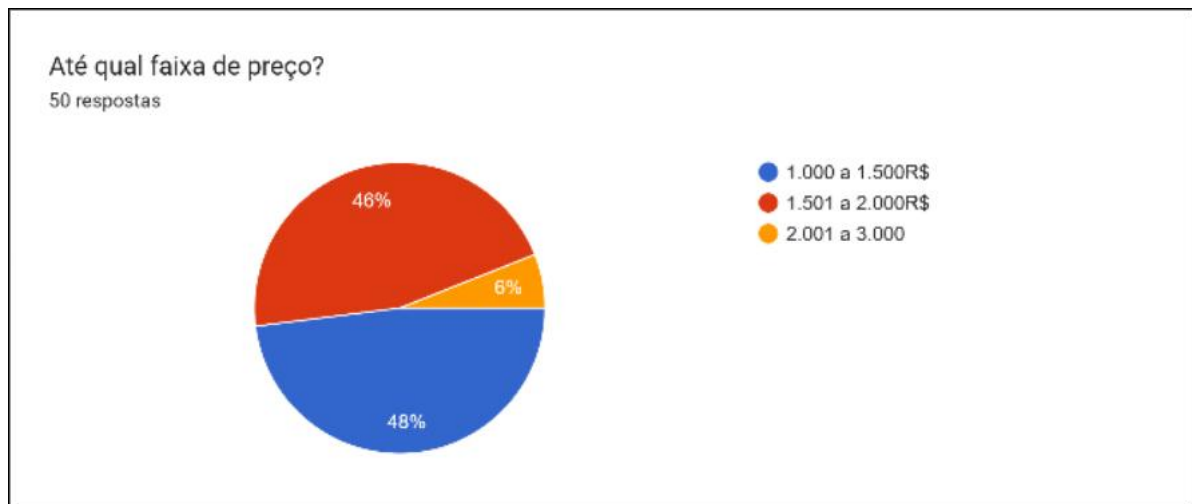
Gráfico 2: Qual é o principal motivo pelo qual você consideraria uma janela filtrante em sua casa ou escritório?



Fonte: Autoria própria.

- Até qual faixa de preço?

Gráfico 3: Faixa de preço aceitável.



Fonte: Autoria própria.

10.3.1 Sugestões

- “Ninguém gosta de reformar, sugiro que vocês façam esse projeto não especialmente a janela, e sim uma tela universal para a janela que seja purificadora de ar, assim a pessoa não precisa trocar a janela e sim a tela a cada um tempo dependendo do prazo de validade da purificação, acredito que seja um projeto mais barato e que chame atenção de quem procura um purificador de ambiente. Falo por mim, por ter pessoas em casa extremamente alérgicas, sempre procuro produtos práticos e eficientes que melhorem a purificação do ar. Espero ter ajudado!”
- “Seria legal usar na entrada da cozinha, por conta de às vezes ter muita fumaça e calor, o filtro talvez ajudaria, porém um problema que sei que irá acontecer é um acúmulo de gordura nos filtros.”
- “Achei superinteressante a ideia, porém, e se fosse criado apenas um filtro que se encaixa em todas as janelas? Isso talvez reduziria até o valor de custo.”

Pode-se concluir que a maioria das pessoas que responderam à pesquisa comprariam a janela filtrante de ar, isso ajudaria a melhorar sua qualidade de vida e o ambiente em que convivem diariamente, para algumas outras pessoas ela não seria tão útil, pelo ambiente em que moram ou algum motivo à parte, mas no geral a ideia

da janela filtrante parece ser bem recebida pelas pessoas, basta melhorar e aperfeiçoar o projeto.

11. MATERIAIS

11.1 Liga de alumínio 6063

Perfis extrudados de alumínio termo isolantes para caixilharias.

Características:

- Liga: 6063;
- Temperamento: T5-T8;
- Forma: quadrado ou redondo;
- Precisão: $\pm 0,15\text{mm}$;
- Tratamento de superfície: polimento, pintura em pó, anodização eletroforese e Polimento;
- Processamento de controle numérico de alta precisão, corte de precisão, perfuração e fresagem;
- Perfis de alumínio de isolamento térmico de alta qualidade para janelas;
- Excelente efeito de isolamento térmico e acústico;
- Não inflamável;
- Alta qualidade, resistente a riscos e deformação;
- Duradouro e durável.

11.2 Motor persiana integrada

O motor de persiana integrada serve para automatizar a abertura e o fechamento da persiana, proporcionando mais conforto, segurança e controle sobre a luminosidade e o isolamento do ambiente. Permite acionar a persiana através de controle remoto, botoeira, aplicação móvel ou comandos de voz (como Alexa e Google Home), otimizando a experiência do utilizador.

Características Técnicas:

- Tensão: 220 V;
- Torque: 6 N*M;
- Velocidade: 20 m/s;
- Potência: 70 W;

- Corrente: 0,35 A;
- Nº Máximo de Voltas: 250;
- Peso suportado: 50 Kg.

11.3 Vidro Temperado

Características:

- Resistência: É cerca de 5 vezes mais forte que o vidro comum, resistindo a impactos, choques térmicos e pressão;
- Segurança: Em caso de quebra, fragmenta-se em pequenos pedaços com bordas arredondadas, reduzindo o risco de ferimentos;
- Durabilidade: É mais resistente à quebra e a variações de temperaturas do que o vidro comum;
- Facilidade de limpeza: É fácil de limpar e manter;
- Processo de fabricação: Passa por um processo de aquecimento e resfriamento rápido num forno de têmpera, o que lhe confere a resistência e segurança;
- Não pode ser beneficiado após a têmpera, não pode ser cortado, furado ou lapidado após o processo de têmpera, sendo necessário que qualquer transformação seja feita antes da têmpera.

11.4 Puxador de alumínio

É um acessório funcional e esteticamente agradável, ideal para facilitar a abertura e o fechamento de janelas, além de complementar a decoração do ambiente. O alumínio branco oferece durabilidade resistência à corrosão e um acabamento minimalista que combina com diversos estilos de decoração

Dados Técnicos:

- Acabamento: Cilíndrico em alumínio branco;
- Peso: 32,6 gramas;
- Largura: 20mm (2,0cm) ;
- Comprimento Total: 48mm (4,8cm);
- Espessura e Diâmetro da Arruela Plástica: 0,05mmx20mm;
- Durável e resistente;
- Alta performance e precisão.

11.5 Fecho alavanca Maxim-ar alumínio frontal

Um fecho alavanca serve principalmente para travar e permitir o movimento de janelas do tipo maxim-ar e basculantes, especialmente as de alumínio. O mecanismo de alavanca transfere a força para um trinco que encaixa no batente, facilitando o ato de abrir e fechar a janela, garantindo ao mesmo tempo segurança e durabilidade.

11.6 Roldana e rolamento

É essencial para manter a funcionalidade e a estética das esquadrias de alumínio, proporcionando um movimento silencioso e sem esforço.

Características:

- Tipo de Polia: móvel;
- Material: náilon;
- Tipo de sulco: V;
- Quantidade de sulcos: 2;
- Diâmetro do rolamento: 2,1cm;
- Diâmetro da roldana: 2,1cm;
- Espessura da roldana: 1,9cm;
- Capacidade máxima de peso: 70kg.

11.7 Filtro de ar

Retém as partículas de poeira, ácaros, bactérias e outros poluentes do ar que entram no aparelho, melhorando a qualidade do ar que é refrigerado e lançado no ambiente. É um filtro de carbono ativado para exaustor de fumaça.

Especificações:

- Peso: 12g;
- Fluxo de ar: 1CFM;
- Dimensões: 12x12x1 cm;
- Esponja de filtro de ar;
- Material polímero e carvão ativado;
- Quantidade de material filtrante: 4g por esponja;
- Espessura: 9mm;
- Densidade: 28 PPI;

Aplicação:

- Exaustor de fumaça ESD;
- Extrator de fumaça de solda;
- Purificadores de ar;
- Depuradores de ar.

11.8 Controle remoto

Aciona a persiana à distância, proporcionando conveniência, praticidade e automação. Ele permite abrir, fechar ou ajustar a posição das persianas sem a necessidade de esforço físico, sendo especialmente útil para janelas altas ou de difícil acesso. Além disso, o controle remoto facilita a integração da persiana com sistemas de automação residencial, permitindo a programação de rotinas para abrir e fechar as persianas em horários específicos, como ao nascer do sol ou ao anoitecer.

11.9 Discos alinhadores para persiana integrada 60X120

Os discos alinhadores para persianas integradas servem para centralizar e alinhar as lâminas da persiana à medida que ela sobe ou desce, prevenindo o desalinhamento, enrosco nas guias e possíveis danos, além de substituir o grampeamento das palhetas, tornando a instalação e o uso mais práticos.

Aplicação em Persianas de enrolar integradas à janela ou porta. Substitui as tampas laterais em cada palheta e substitui grampeamento de palhetas.

11.10 Conjunto terminal esteira porta cabos Lx26

Fixa uma esteira porta-cabos a um equipamento ou estrutura, oferecendo uma ligação segura e organizada para cabos e mangueiras que estão em constante movimento, protegendo-os contra desgaste, emaranhamento e danos. Os terminais garantem que a esteira seja devidamente ancorada e que seus cabos e mangueiras sejam guiados de forma suave e controlada.

11.11 Limitador de abertura/sistema fim de curso

Utilizado para detectar a posição de um objeto ou o fim de um movimento, geralmente em sistemas de automação, atua como um sensor mecânico que, ao ser

acionado por contato físico, interrompe ou aciona um circuito elétrico, controlando o funcionamento de máquinas e equipamentos.

11.12 Perfil de vedação

Deve ser usado para vedar vãos entre a borda de um vidro e outro vidro, parede ou outro tipo de anteparo.

11.13 Guia lateral para persiana

Garante um bloqueio total da luz, impedindo que raios solares entrem pelas frestas nas laterais do tecido. Além disso, proporciona mais escuridão ao ambiente e um caimento mais perfeito e alinhado da persiana, resultando num acabamento mais elegante, moderno e com maior eficiência de vedação.

11.14 Tampa para palheta

É funcional para que as palhetas da persiana (janela/porta) não se movam para as laterais, e assim não desregulem ou causem travamento da abertura ou fechamento dela.

11.15 Armação de alumínio para o filtro

A armação de alumínio serve como suporte para o meio filtrante em aplicações como coifas e sistemas de ar comprimido.

11.16 Trilho de folha

Um trilho serve para guiar o movimento suave e estável de objetos deslizantes, como janelas e portas de correr, garantindo que elas abram e fechem sem esforço.

11.17 Elementos de fixação

Os elementos de fixação de uma janela de alumínio servem para unir as peças da esquadria, fixá-la na parede, dar suporte estrutural, garantir a estabilidade e segurança da janela, e proporcionar uma vedação adequada contra intempéries como vento e chuva. Parafusos, prisioneiros, arruelas, blocos de fixação e silicones são alguns exemplos de fixadores que asseguram que a janela permaneça firme, funcional e protegida ao longo do tempo, mesmo em condições climáticas adversas.

11.18 Presilha da persiana

Serve para fixar, mediante pressão, alguns modelos de Trilhos/Perfis de cortinas e persianas na parede ou teto.

12. CÁLCULOS DO PROJETO

12.1 Peso máximo da persiana

Dado o peso das palhetas ser de 2,06 Kg/m², a persiana tem aproximadamente 22 palhetas, resultando em 0,0088 m x 1 m x 1,2 m de medida. Através disso temos:

$$\begin{aligned} \text{Área}_{total} &= 1,2 \times 1 \\ \text{Área}_{total} &= 1,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Agora, calcula-se o peso:

$$\begin{aligned} \frac{1 \text{ m}^2}{1,2 \text{ m}^2} &= \frac{2,06 \text{ Kg}}{x \text{ Kg}} \\ x &= 2,06 \times 1,2 \\ x &\cong 2,472 \text{ Kg} \end{aligned}$$

12.2 Diâmetro da persiana enrolada

$$De^2 = Di^2 + \frac{L \times 4 \times e}{\pi}$$

Di= diâmetro interno.

L= comprimento de rolo.

e= espessura do material.

Sendo Di= 80 mm, L= 1000 mm, e= 8,8 mm, temos:

$$De^2 = 80^2 + \frac{1000 \times 4 \times 8,8}{\pi}$$

$$De^2 = 6400 + \frac{35200}{\pi}$$

$$De^2 = 6400 + 11204,8$$

$$De^2 = 17604,8$$

$$De = \sqrt{17604,8}$$

$$De \cong 132,6 \text{ mm}$$

12.3 Taxa de renovação de ar (ACH- Air Changes per Hour)

$$ACH = \frac{Q \times 3600}{V}$$

Q= vazão de ar (m³/s).

V= volume do ambiente (m³).

Considerando um quarto de 36 m³, o filtro possui uma vazão de 0,5 m³/s, temos:

$$ACH = \frac{0,5 \times 3600}{36}$$

$$ACH = \frac{1800}{36}$$

$$ACH = 50 \text{ m}^3/\text{h}$$

É válido mencionar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece um padrão de no mínimo 27 m³/h.

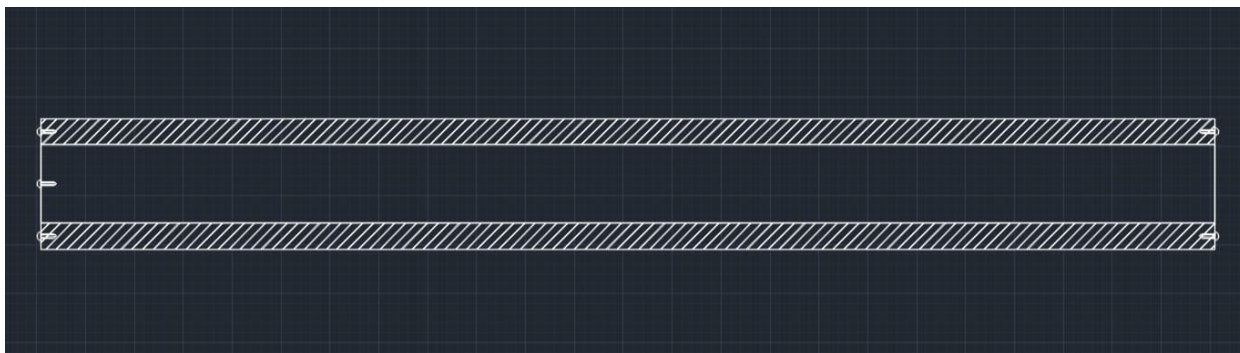
12.4 Tensão de cisalhamento sobre pontos de fixação do motor

$$\tau = \frac{V}{A}$$

V= força cortante.

A= área da seção transversal.

Figura 8: Ilustração pontos de fixação do motor e persiana



Fonte: Autoria própria

A persiana pesa, aproximadamente, 2,5 Kg e o motor 3 Kg, somando então 5,5 Kg. O parafuso utilizado para fixá-los possui 4,2 mm (diâmetro) x 16 mm e possui tensão de escoamento igual à 280 N/mm².

$$\text{Área}_{\text{parafuso}} = \text{Área}_{\text{cilindro}} = \text{Área}_{\text{base}} \times h$$

$$\text{Área}_{\text{base}} = \pi \times r^2$$

$$\text{Área}_{\text{base}} = \pi \times 2,1^2$$

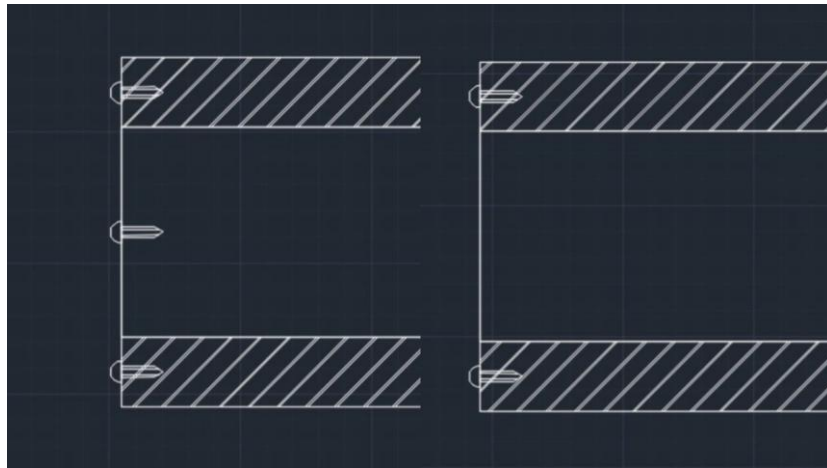
$$\text{Área}_{\text{base}} = \pi \times 4,41$$

$$\text{Área}_{\text{base}} \cong 13,85 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área}_{\text{parafuso}} = 13,85 \times 16$$

$$\text{Área}_{\text{parafuso}} = 221,6 \text{ mm}^2$$

Figura 9: Seções



Fonte: Autoria própria.

O peso suportado foi dividido igualmente entre as duas seções da figura acima (sendo numeradas da esquerda para a direita), resultando em 2,75 Kg por seção. Então, foi dividido pela quantidade de parafusos por seção:

$$Peso_{seção\ 1} = \frac{2,75}{3} \cong 0,916\ Kg\ por\ parafuso$$

$$Peso_{seção\ 2} = \frac{2,75}{2} \cong 1,375\ Kg\ por\ parafuso$$

Com isso, para obter-se a força cortante por parafuso converte-se Kg para N:

$$\frac{1\ Kg}{0,916\ Kg} = \frac{9,8\ N}{x_1\ N}$$

$$x_1 = 9,8 \times 0,916$$

$$x_1 \cong 8,976\ N$$

$$\frac{1\ Kg}{1,375\ Kg} = \frac{9,8\ N}{x_2\ N}$$

$$x_2 = 9,8 \times 1,375$$

$$x_2 \cong 13,475\ N$$

Por fim, adiciona-se as informações calculadas na fórmula de tensão de cisalhamento:

$$\tau_1 = \frac{8,976}{221,6} \cong 0,0405 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_2 = \frac{13,475}{221,6} \cong 0,0608 \text{ N/mm}^2$$

Com isso, conclui-se que cada parafuso admite tensão de 280 N/mm² e atua com 0,0405 N/mm² e 0,0608 N/mm², seções 1 e 2 respectivamente, portanto é satisfatório.

13. CUSTOS DO PROJETO

A partir da lista de materiais pesquisou-se os preços médios dos produtos para o projeto da janela filtrante de ar. Os preços médios foram coletados em sites de confiança, como o Mercado Livre, Leroy Merlin e outros especializados em materiais de construção e esquadrias, representando os valores médios no mercado brasileiro. Os custos listados são por unidade ou metro, sem considerar o transporte ou a montagem, e podem mudar dependendo do vendedor ou da localização. Abaixo, apresentam-se os materiais selecionados e seus respectivos preços médios, organizados para atender às exigências do projeto:

Tabela 1: Componentes - Preços Unitários.

Componentes - Preços Unitários	
Componente	Preço Unitário
Liga de alumínio 6063	R\$ 30,00 por metro linear
Motor persiana integrada LS/GO	R\$ 475,00 por unidade
Vidro temperado	R\$ 200,00 por m ² (8-10 mm, incolor)
Puxador de alumínio	R\$ 22,00 por unidade
Fecho alavanca Fermax FMA36	R\$ 27,00 por unidade
Roldana ROL 439	R\$ 25,00 por unidade

Filtro de ar Safiratec	R\$ 13,00 por unidade
Controle remoto	R\$ 35,00 por unidade
Discos alinhadores persiana 60x120	R\$ 15,00 por unidade
Conjunto terminal esteira porta-cabos LX26	R\$ 27,00 por conjunto
Limitador de abertura / fim de curso	R\$ 22,00 por unidade
Perfil de vedação	R\$ 15,00 por metro linear
Guia lateral para persiana	R\$ 95,00 por metro linear
Tampa para palheta	R\$ 0,90 por unidade
Armação de alumínio para filtro	R\$ 75,00 por unidade
Trilha folha filtro	R\$ 20,00 por metro linear
Elementos de fixação	R\$ 27,00 por kit
Presilha da persiana	R\$ 3,50 por unidade

Fonte: Autoria própria.

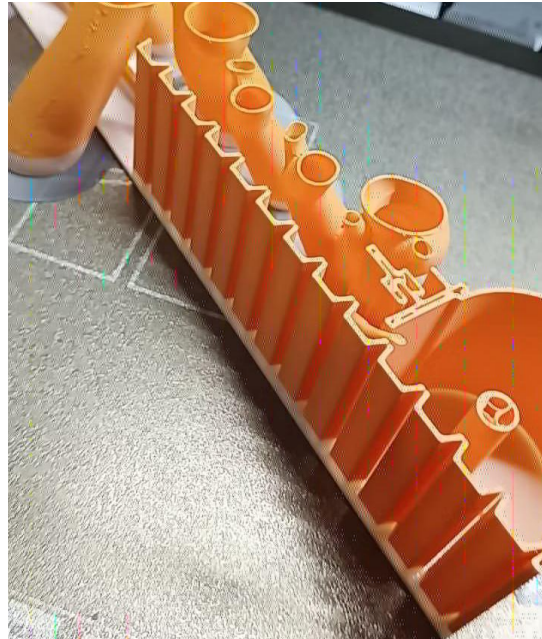
- Motor persiana integrada LS/GO (1x) → R\$ 475,00;
- Discos alinhadores persiana 60x120 (2x) → $2 \times \text{R\$ } 15,00 = \text{R\$ } 30,00$;
- Controle remoto (1x) → R\$ 35,00;
- Roldana ROL 439 (2x) → $2 \times \text{R\$ } 25,00 = \text{R\$ } 50,00$;
- Trilha folha filtro (2x) → $2 \times \text{R\$ } 20,00 = \text{R\$ } 40,00$;
- Fecho alavanca Fermax FMA36 (2x) → $2 \times \text{R\$ } 27,00 = \text{R\$ } 54,00$;
- Guia lateral para persiana (2x) → $2 \times \text{R\$ } 95,00 = \text{R\$ } 190,00$;
- Presilha da persiana (2x) → $2 \times \text{R\$ } 3,50 = \text{R\$ } 7,00$;
- Tampa para palheta (1x) → R\$ 0,90;
- Limitador de abertura/fim de curso (2x) → $2 \times \text{R\$ } 22,00 = \text{R\$ } 44,00$;
- Liga de alumínio 6063 (1x metro linear) → R\$ 30,00;
- Armação de alumínio para filtro (2x) → $2 \times \text{R\$ } 75,00 = \text{R\$ } 150,00$;
- Perfil de vedação (8x) → $8 \times \text{R\$ } 15,00 = \text{R\$ } 120,00$;
- Filtro de ar Safiratec (20x) → $20 \times \text{R\$ } 13,00 = \text{R\$ } 260,00$;
- Vidro temperado (0,40 m²) → $0,40 \times \text{R\$ } 200,00 = \text{R\$ } 80,00$;
- Puxador de alumínio branco (1x) → R\$ 22,00.

O valor total foi de R\$1.587,90, foram desconsiderados os valores da fiação e das persianas. Esses preços são baseados no mercado brasileiro em setembro de 2025, podendo variar conforme a localização e especificações.

14. MAQUETE

Para apresentação do trabalho o grupo encomendou uma maquete em escala de $\frac{1}{4}$, realizada através de impressão 3D. Possui medidas de 30 cm x 30 cm x 3 cm e custou R\$140,00.

Figura 10: Impressão em andamento.



Fonte: Paulo_Art 3D.

Por conta da altura máxima da impressora ser de apenas 25 cm foi-se necessário realizar a impressão com o modelo partido ao meio, colá-lo e realizar os acabamentos finais. O processo de impressão levou aproximadamente 18 horas.

Figura 11: Impressão concluída.



Fonte: Paulo_Art 3D.

Figura 12: Pintura da maquete.



Fonte: Paulo_Art 3D.

15. MANUTENÇÃO

A qualidade e a durabilidade de um produto inovador, como a janela filtrante, dependem muito de um plano de manutenção que seja eficiente, bem-organizado e sistemático. Esse plano tem como objetivo garantir que todos os componentes da janela mantenham sua integridade estrutural e operem de forma eficiente ao longo do tempo, assegurando conforto, segurança e uma boa qualidade do ar nos ambientes

onde são instaladas. A seguir, estão detalhados os procedimentos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, que foram criteriosamente planejados para manter as características técnicas e funcionais do sistema.

15.1 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva serve como forma de acompanhar o estado dos componentes de um objeto e evitar que algum defeito aconteça de surpresa. A ideia é observar o funcionamento do sistema e agir antes que alguma peça cause danos significativos ou perca desempenho. Isso ajuda a aumentar a vida útil do produto e diminuir o custo com reparos. No caso da Janela Automatizada Filtrante, o processo pode ser feito de forma simples, com observações rápidas e medições periódicas nos principais componentes. O plano abaixo mostra o que deve ser verificado e em qual intervalo de tempo.

- O motor tubular deve ser observado a cada seis meses. É importante ficar atento a ruídos diferentes, aquecimento, lentidão na abertura ou fechamento e vibrações. Se aparecer algum desses sinais, o ideal é checar a parte elétrica e fazer a lubrificação dos rolamentos;
- O sistema elétrico e a fiação devem ser verificados também a cada seis meses. É preciso olhar se há fios soltos, mau contato ou oxidação nos terminais. Caso seja identificado algum problema, deve-se reapertar as conexões e trocar os cabos danificados;
- Os trilhos e as partes móveis precisam ser inspecionados a cada 90 dias. Se houver ruído, travamento ou desalinhamento, o certo é aplicar uma solução lubrificante e alinhar os trilhos. Se o desgaste for grande, é necessário trocar as roldanas;
- O filtro de carvão ativado deve ser avaliado a cada três meses. Quando o ar começar a passar com mais dificuldade ou o filtro estiver com odor forte, ele precisa ser higienizado ou substituído por um novo.
- As borrachas de vedação devem ser analisadas a cada semestre. Se estiverem ressecadas, rachadas ou soltas, é preciso substituir para garantir a vedação correta;

- O controle remoto e os sensores podem ser verificados uma vez por ano. O ideal é testar o alcance do sinal e trocar as pilhas quando o mesmo começar a não funcionar.

Seguindo esse plano, é possível manter a janela funcionando bem por muito mais tempo, evitando falhas e gastos desnecessários. A manutenção preditiva deixa o produto mais confiável e garante que ele continue cumprindo seu papel com excelência.

15.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é um conjunto de ações planejadas que tem como objetivo preservar a funcionalidade da janela filtrante. Isso ajuda a evitar falhas operacionais e a aumentar a vida útil dos componentes. Essas intervenções, realizadas periodicamente, buscam garantir que o sistema mantenha seus padrões de desempenho em níveis ótimos de eficiência e segurança.

A tabela 2 traz as ações recomendadas para cada componente, levando em conta a frequência ideal de verificação e os cuidados necessários.

Tabela 2: Instruções de manutenção.

Componente	Frequência Recomendada	Procedimento
Vidro multifuncional	Semestral	Limpeza com solução neutra; inspeção visual de trincas ou manchas.
Perfis de alumínio	Anual	Verificação de oxidação, empenamento e reaperto das conexões.
Puxadores, dobradiças e rolamentos	Semestral	Lubrificação com óleo específico; verificação de desgaste e folgas.
Filtro de carvão ativado	Trimestral	Verificação do estado físico e substituição, se necessário.

Borrachas de vedação	Semestral	Verificação de ressecamento ou rachaduras; substituição, se necessário.
----------------------	-----------	---

Fonte: Autoria própria.

15.3 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é necessária sempre que surgirem falhas, danos ou problemas na performance do sistema. Essas ações são reativas e precisam ser feitas rapidamente para evitar que as condições de operação da janela se agravem. Situações como mecanismos emperrados, infiltrações, quebra de vidros ou saturação do filtro de carvão ativado exigem substituições imediatas ou ajustes técnicos para restaurar o funcionamento adequado do equipamento. É crucial que todas as intervenções corretivas sigam os parâmetros técnicos estabelecidos no projeto, garantindo que as peças trocadas sejam compatíveis e que a solução proposta mantenha sua integridade.

15.4 Responsabilidades e Registros

A responsabilidade pela execução das manutenções cabe a profissionais habilitados, preferencialmente com experiência em montagem de esquadrias e manutenção predial. Todas as atividades realizadas devem ser registradas no controle técnico específico, que contém data, tipo de intervenção, responsável técnico e outras observações pertinentes.

Tabela 3: Ficha de Controle técnico

Janela Automatizada Filtrante		Ficha de Controle Técnico	
Data:		Tipo de manutenção:	
Componente:		Sintoma:	
Possível defeito:		Possível causa:	
Descrição do serviço:			

Intervenção anterior:	
Observações:	
Técnico responsável:	Intervenção n°:

Fonte: Autoria própria.

Esse histórico técnico é de suma importância para o acompanhamento do desempenho do sistema ao longo do tempo, servindo como base para futuras melhorias e para a rastreabilidade de eventuais falhas.

A implementação de um plano de manutenção bem estruturado é indispensável para garantir o pleno funcionamento da janela purificadora, preservando suas propriedades técnicas e assegurando os benefícios esperados em termos de conforto ambiental e qualidade do ar. As ações preventivas e corretivas aqui descritas não apenas prolongam a vida útil do produto, como também reforçam o compromisso com a segurança, a sustentabilidade e a eficiência nos ambientes em que será aplicado.

Portanto, este plano de manutenção representa uma etapa estratégica do projeto, que alia o bom desempenho técnico à responsabilidade com o ciclo de vida do equipamento. Sua adoção contribuirá diretamente para a valorização da solução proposta e para a sua aceitação em contextos residenciais e comerciais.

16. AUTOMATIZAÇÃO

A mecânica proposta neste projeto é viabilizada por meio da utilização de um motor tubular de corrente alternada, amplamente empregado em sistemas de sombreamento automatizado. O componente em questão apresenta capacidade de torque adequada para movimentar lâminas com massa variável (até 70 kg, conforme especificação), sendo compatível com redes elétricas de 110 V ou 220 V a 60 Hz. O motor pode ser acionado por botoeira convencional, controle remoto ou, alternativamente, integrado a sistemas de automação predial via relés ou protocolos de comunicação, conforme a arquitetura do projeto. Essa motorização possibilita o controle programável do movimento da persiana, viabilizando ciclos automáticos de abertura e fechamento de acordo com parâmetros ambientais previamente definidos, como qualidade do ar externo, temperatura, umidade ou horário do dia.

Além de promover maior comodidade ao usuário final, a aplicação do atuador elétrico garante estabilidade operacional, reduz o esforço físico. A integração com

sensores de qualidade do ar ou microcontroladores programáveis (como Arduino ou ESP32) amplia o escopo funcional da proposta, permitindo uma resposta dinâmica a condições ambientais variáveis. Essa abordagem está alinhada aos princípios de edifícios inteligentes (*smart buildings*), eficiência energética e saúde ambiental, tornando o sistema aplicável em contextos residenciais, comerciais e institucionais de pequeno e médio porte.

O sistema de automação implementado neste projeto utiliza um atuador eletromecânico do tipo tubular, modelo “Motor Persiana Integrada LS/GO”, cuja aplicação é voltada para mecanismos de sombreamento e controle de aberturas em esquadrias leves, como persianas, venezianas ou portas em alumínio. Trata-se de um dispositivo amplamente empregado em soluções de automação residencial e predial, em virtude de sua geometria compacta, baixo nível de ruído e elevada confiabilidade operacional.

A principal característica construtiva do motor tubular é seu formato cilíndrico alongado, o qual permite sua instalação embutida no eixo da persiana. Esse arranjo proporciona um acionamento elétrico eficiente e silencioso, ao mesmo tempo em que mantém a estética arquitetônica preservada, eliminando a necessidade de mecanismos expostos. Além disso, tal configuração assegura maior proteção contra agentes externos, como poeira, umidade e impactos mecânicos.

Características Técnicas do Dispositivo:

- Fabricante: Não especificado (produto revendido por O G de Moura Junior Representações);
- Modelo comercial: Motor Persiana Integrada LS/GO;
- Tipologia: Motor tubular para persianas ou portas de até 70 kg;
- Tensão de alimentação: 220 V (modelo utilizado no projeto);
- Frequência: 60 Hz;
- Torque nominal: 6 N·m;
- Velocidade de rotação: 20 rpm;
- Potência nominal: 70 W;
- Corrente elétrica: 0,35 A;
- Número máximo de voltas: 250 ciclos;
- Carga suportada: até 70 kg;

- Tipo de acionamento: Controle remoto (*wireless*), botoeira com fio ou interface com sistemas de automação via relé.

O motor apresenta capacidade de movimentação adequada para persianas de médio porte, garantindo estabilidade mesmo sob cargas mais elevadas, como em casos de painéis de maior comprimento ou espessura. A velocidade de 20 rpm favorece um acionamento contínuo e controlado, evitando oscilações bruscas e contribuindo para a preservação da integridade do sistema mecânico.

A potência nominal de 70 W, associada à baixa corrente elétrica de 0,35 A, caracteriza o equipamento como energeticamente eficiente. Essa característica é vantajosa em cenários nos quais o consumo energético é fator crítico, incluindo aplicações com fontes renováveis, como sistemas fotovoltaicos ou estruturas com gerenciamento de cargas.

A especificação de até 250 voltas completas amplia a faixa de aplicação do motor, tornando-o compatível com diferentes alturas e geometrias de instalação, o que viabiliza a adoção do componente em projetos personalizados. Sua construção tubular, por sua vez, permite compatibilidade com perfis-padrão de mercado, facilitando o *retrofit* em estruturas já existentes ou sua incorporação em novas obras.

Quanto à versatilidade de controle, o motor é compatível com botoeiras tradicionais, controles remotos sem fio e com sistemas inteligentes de automação residencial ou predial. Sua integração pode ser realizada por meio de módulos de relé ou plataformas de automação como Arduíno, ESP32, *Raspberry Pi*, além de protocolos de comunicação como *Zigbee*, KNX ou *Z-Wave*, ampliando significativamente as possibilidades de personalização do sistema conforme as necessidades do usuário.

Dessa forma, a escolha pelo modelo LS/GO se justifica por sua robustez, eficiência energética, facilidade de instalação e compatibilidade com soluções de automação sustentável. Essas características estão em consonância com os objetivos do projeto, que busca desenvolver uma solução tecnicamente viável, economicamente acessível e integrada ao ambiente, promovendo conforto, funcionalidade e eficiência operacional.

17. INSTALAÇÃO

Para a instalação o processo geral envolve a instalação do motor, a ligação elétrica e a configuração do sistema para controle remoto ou aplicativo.

Passos para a instalação:

- Preparação:

Certifique-se de que a janela e a área de instalação estejam limpas e niveladas.

- Escolha do motor:

Selecione o tipo de motor adequado para sua persiana, considerando se é tubular ou de fita.

- Instalação do motor:

Motor tubular: desça totalmente a persiana, abra a caixa das persianas e solte a fita do eixo e desmonte o enrolador, garantindo que eles se encaixem corretamente e esteja bem fixado. Retire o eixo da persiana, veja onde estão os suportes, podem estar na parede, numa estrutura de ferro ou madeira ou nas próprias paredes da caixa. Coloque o motor tubular na caixa do estore, dentro dos dois suportes laterais.

- Conexão elétrica:

Conecte o motor à fonte de alimentação, seguindo as instruções do fabricante e utilize braçadeiras para juntar os cabos. Desligue antes a eletricidade.

- Configuração:

Controle remoto: Se estiver usando um controle remoto, siga as instruções do fabricante para pará-lo com o motor.

- Testes:

Teste o funcionamento da janela automatizada em diferentes posições para garantir que tudo esteja funcionando corretamente. Verifique o sentido do enrolamento da persiana.

Com a persiana descida, coloque as fitas de segurança. Se quiser regular o ponto onde parar, utilize a chave sextavada incluída no kit e depois coloque a tampa na caixa.

- Ajustes:

Faça os ajustes necessários no sistema, como a posição dos limites de abertura e fechamento.

18. DESENHO TÉCNICO MECÂNICO

Figura 13: Persiana fechada vista interna.



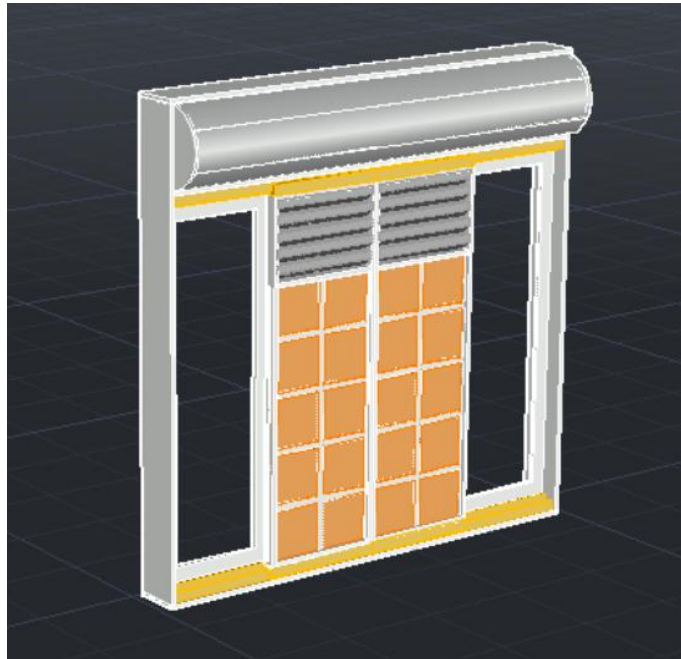
Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Folha de vidro fechada visão interna.



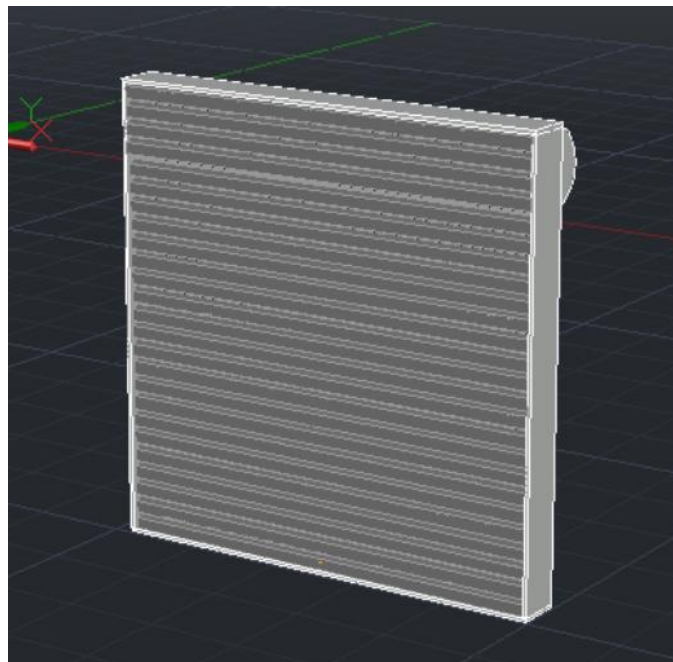
Fonte: Autoria própria.

Figura 15: Folha filtro fechada visão interna.



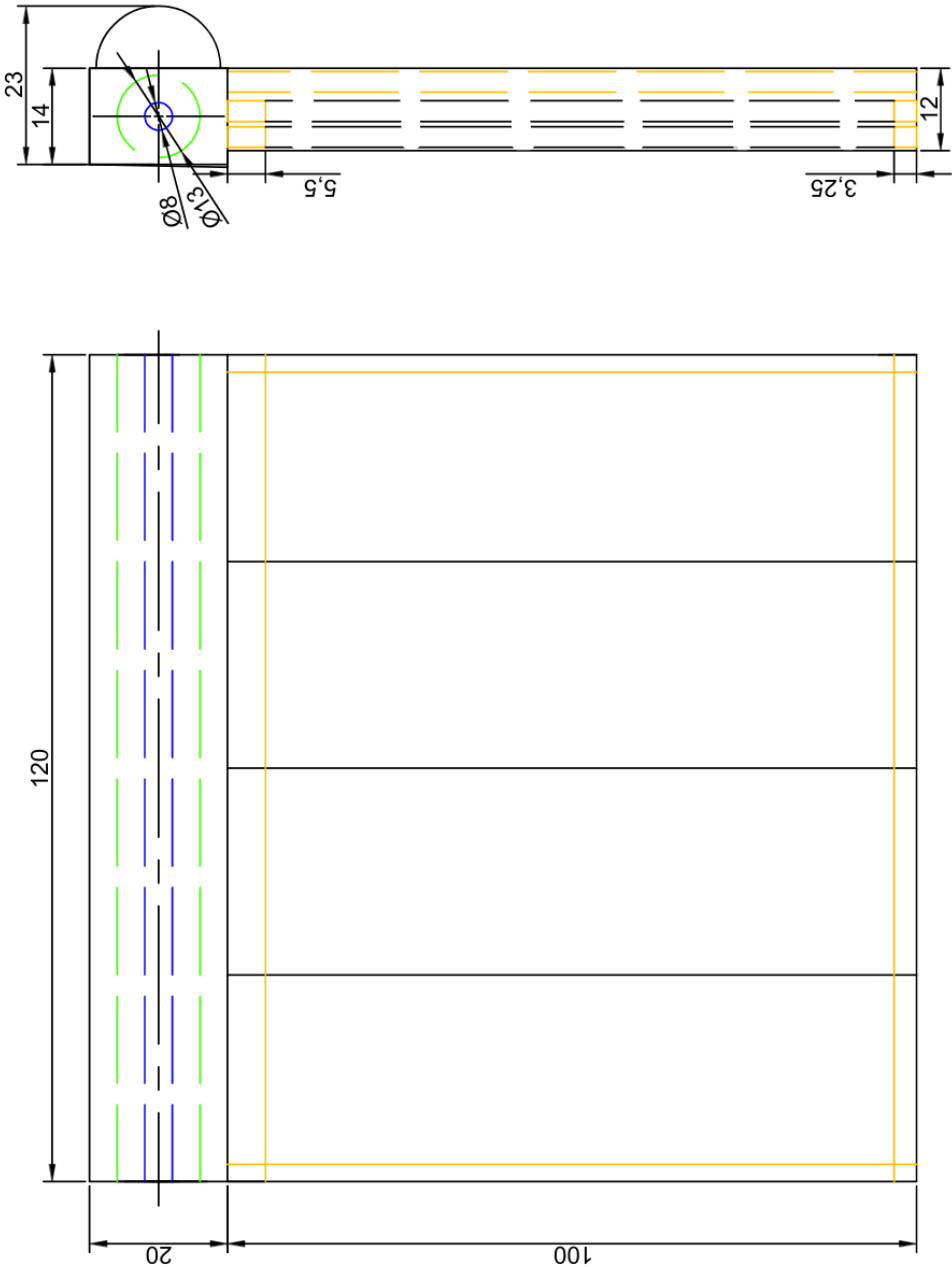
Fonte: Autoria própria.

Figura 16: Persiana fechada visão externa.



Fonte: Autoria própria.

Figura 17: Desenho Técnico Mecânico: Janela Automatizada Filtrante.



	ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MACHADO DE ASSIS			A4
	CURSO TÉCNICO EM MECÂNICA			ESCALA: 1:100
	GEOVANNA SIANE DOS SANTOS			AGOSTO/2025
	JANELA AUTOMATIZADA FIL TRANTE			

Fonte: Autoria própria.

No desenho acima, estão sendo representadas as principais medidas do projeto, as linhas em azul representam o motor tubular junto do tubo; em laranja, sistemas de trilhos laterais, superiores e inferiores; em verde, a persiana enrolada.

19. CONCLUSÃO

Diante dos desafios enfrentados pela sociedade moderna em relação à qualidade do ar, especialmente em áreas urbanas e regiões afetadas por queimadas, o projeto da Janela Automatizada Filtrante se apresenta como uma solução inovadora, acessível e funcional. Ao integrar tecnologias de filtragem com sistemas automatizados, é um produto que alia conforto, saúde e sustentabilidade, atendendo às necessidades de pessoas com problemas respiratórios e promovendo ambientes internos mais seguros.

A viabilidade técnica e econômica do projeto foi comprovada por meio de pesquisas, testes experimentais e análises de mercado, demonstrando que é possível implementar essa solução com materiais disponíveis e custo razoável. A aceitação positiva do público, evidenciada pela pesquisa de campo, reforça o potencial de aplicação prática do produto.

Este projeto coloca em prática diversas áreas da mecânica industrial, desenvolve o trabalho em grupo, pensamento crítico e organização, foram postas em prática áreas como de criação de projetos, cálculos mecânicos, desenho técnico, resistência dos materiais, segurança do trabalho, automação, tecnologia mecânica, entre outras. Foi de extrema importância para aplicar e conciliar diversos assuntos aprendidos durante o curso, desenvolver autonomia e senso de coletividade entre os participantes.

20. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 17.037:2023. Qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente- Padrões referenciais. Rio de Janeiro: ABNT,2023. Disponível em: <https://portal.crea-sc.org.br/nbr-17-037-2023-passa-a-regulamentar-atividades-no-setor-de-qualidade-dor-ar-interior-e-pmoc/>. Acesso em:8 abr. 2025.

MEIO FILTRANTE. Cuidado adequado com os filtros HEPA é fundamental para um resultado eficiente. Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Artigo/6081/cuidado-adequado-com-os—filtros-hepa-e-fundamental—para-um-resultado-eficiente>. Acesso em 8 abr. 2025.

REVISTA PEQUEUNAS EMPRESAS & GRANDES NEGÓCIOS. Estudante cria janela que usa luz solar para purificar o ar quer entra em casa. Disponível em: <https://revistapegn.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/01estudante-cria-janela-que-usa-luz-solar-para-purificar-o-ar-que-entra-em-casa.html> . Acesso em: 8 abr. 2025

AKIOS. Qualidade do ar interior: Resolução 09/2003 da ANVISA x ABNT 17.037:2023.2024. Disponível em: <https://akios.com.br/legislacao/qualidade-do-ar-interior-resolucao-09-de-2003-anvisa-abnt-17-037/> . Acesso em: 8 abr. 2025.

SANTOS, Vanessa Sardinha. Poluição do ar. **Mundo Educação.** Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/poluicao-ar.htm>. Acesso em: 12 abril 2025.

CNN Brasil. Poluição do ar pode estar relacionada a sinais de Alzheimer, diz estudo. **CNN Brasil.** Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/poluicao-do-ar-pode-estar-relacionada-a-sinais-de-alzheimer-diz-estudo/>. Acesso em: 12 abril 2025.

Sinusite atinge uma em cada cinco pessoas. **Hap Vida.** Disponível em: <https://www.clinicadevacinas.com.br/poeira-acumulada-afeta-a-qualidade-de-vida-de-pessoas-que-tem-alergia-respiratoria/>. Acesso em: 12 abril 2025.

Alergias afetam 40% da população mundial. **Secretaria de Saúde do Distrito Federal.** Disponível em: <https://www.saude.df.gov.br/web/guest/w/alerbias-afetam-40-da-populacao-mundial>. Acesso em: 12 abril 2025.

PASSARINHO, Nathalia. Brasil é 4º no mundo em ranking de emissão de gases poluentes desde 1850. **Ministério Público do Estado de Mato Grosso.** Disponível em: <https://mpmt.mp.br/portalcao/news/731/107556/brasil-e-4-no-mundo-em-ranking-de-emissao-de-gases-poluentes-desde-1850/>. Acesso em: 12 abril 2025.

Poluição do ar causou 8,1 milhões de mortes em 2021. **Organização das Nações Unidas.** Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/06/1833321>. Acesso em: 12 abril 2025.

KLUIZAC, Maria. Calculadora de peso de alumínio. **MNI Calculator.** Disponível em: <https://www.omnicalculator.com/pt/construcao/peso-aluminio>. Acesso em: 22 abril 2025.

HARRISON, Noah. Guia de materiais: os diferentes tipos de graus de alumínio na prototipagem rápida. **Rapid Direct.** Disponível em:

<https://www.rapiddirect.com/pt/blog/types-of-aluminum/>. Acesso em: 22 abril 2025.

Fundamentos da filtragem do ar. **SMACNA Brasil.** Disponível em: <https://smacna.org.br/artigos-tecnicos/fundamentos-da-filtragem-do-ar/>. Acesso em: 19 maio 2025. em:

Filtros de ar de carvão ativado: tudo o que você precisa saber. **Hipper Química.** Disponível em: <https://hipperquimica.com.br/carvao-ativado/>. Acesso em: 19 abril 2025.

EVANGELISTA, Carla Reis. Corrente de convecção. **Info Escola.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/termodinamica/corrente-de-conveccao/>. Acesso em: 20 abril 2025.

Como funciona um filtro de ar de carvão ativado? **UC FilTech.** Disponível em: <https://www.airfiltech.com/pt/blog/How-does-an-activated-carbon-air-filter-work/>. Acesso em: 20 abril 2025.

MERCADO LIVRE. Disco alinhador para persiana integrada 60 x 120 mm – 1 peça. **Mercado Livre, s.d.** Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/disco-alinhador-para-persiana-integrada-60x120mm-1-peca/up/MLBU1537394095>. Acesso em: 23 set. 2025.

MERCADO LIVRE. Disco alinhador para persiana integrada 60 x 120 mm – 1 peça. **Mercado Livre, s.d.** Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/disco-alinhador-para-persiana-integrada-60x120mm-1-peca/up/MLBU1537394095>. Acesso em: 23 set. 2025.

SAN RAFAEL FECHADURAS. Dobradiças de alumínio. **San Rafael Fechaduras.** Disponível em: <https://www.sanrafaelfechaduras.com.br/dobradicas/dobradicas-de-aluminio>. Acesso em: 23 set. 2025.

PORTACABOS. O que são e para que servem as esteiras porta cabos. **Portacabos.** Disponível em: <https://portacabos.com.br/pc/pt/o-que-sao-e-para-que-servem-as-esteiras-porta-cabos/>. Acesso em: 23 set. 2025.

CITEX. Fim de curso. **Citex.** Disponível em: <https://www.citex.com.br/medicao-sensores/fim-de-curso.html>. Acesso em: 23 set. 2025.

BOLTINOX. Parafuso para esquadrias de alumínio: descubra como utilizar e onde encontrar. **Boltinox.** Disponível em:

<https://www.boltinox.com.br/blog/parafusos/parafuso-para-esquadrias-de-aluminio-descubra-como-utilizar-e-onde-encontrar/>. Acesso em: 23 set. 2025.

WESTWING. Trilho de Cortina: o elemento essencial para decoração e praticidade.

Westwing Home & Living. Disponível em: <https://www.westwing.com.br/guiar/trilho-de-cortina/>. Acesso em: 23 set. 2025.

DIFUSAR. Filtro de alumínio. **Difusar.** Disponível em: <https://www.difusar.com.br/filtro-de-aluminio.php>. Acesso em: 23 set. 2025.

MERCADO LIVRE. Trilho de alumínio quadrado 06 mm 1,50 m para rodízio janela (3 unidades). **Mercado Livre, s.d.** Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3502536763-trilho-de-alum-quadrado-06mm-150m-p-rodizio-janela3unid- JM>. Acesso em: 23 set. 2025.

CLASSIC PERSIANAS. Persiana rolo com guia lateral. **Classic Persianas.** Disponível em: <https://www.classicpersianas.com.br/persiana-rolo-com-guia-lateral/>. Acesso em: 23 set. 2025.

CAETANO, Mário J.L. Diâmetro da correia transportadora enrolada. **CTB.** Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/diametro-da-correia-transportadora-enrolad/>. Acesso em: 8 out. 2025.

BECKINS. Filtros de ar carvão ativado. **BECKINS Filtros Industriais.** Disponível em: <https://beckins.com.br/filtros-de-ar-carvao-ativado/>. Acesso em: 8 out. 2025.

MERCADO LIVRE. Kit Tubo 40 para motorização janela persiana enrolar. **Mercado Livre.** Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/kit-tubo-40-para-motorizacao-janela-persiana-enrolar/>. Acesso em: 14 out. 2025.

MERCADO LIVRE. Parafuso inox 4,2 x 16 cabeça panela Philips 4,2 x 16 50un. **Mercado Livre.** Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-313472984-parafuso-inox-42-x-16-cabeca-panela-philips-42-x-16-50un/>. Acesso em: 8 out. 2025.

QUORA. *How many newtons are in 1 Kg?* **QUORA.** Disponível em: <https://www.quora.com/how-many-newtons-are-in-1-Kg/>. Acesso em: 8 out. 2025.

CISER. Informações Técnicas. **CISER Parafusos e Porcas.** Disponível em: <https://www.parafusosjr.com.br/web/pdf/informacoes.pdf>. Acesso em: 8 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462. Confiabilidade e manutenção – Terminologia. **ABNT.** Disponível em: <https://www.abnt.org.br>. Acesso em: 19 out. 2025.

SENAI-SP. Tipos de manutenção: preventiva, corretiva e preditiva. **SENAI-SP.** Disponível em: <https://www.sp.senai.br/noticias>. Acesso em: 19 out. 2025.

PORTAL DA INDÚSTRIA. Manutenção preditiva: o que é e quais são as vantagens. **Portal da Indústria.** Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br>. Acesso em: 19 out. 2025.

ENERGIA E MECÂNICA. Como funciona o motor tubular de persianas automatizadas. **Energia e Mecânica.** Disponível em: <https://www.energiaemecanica.com.br>. Acesso em: 19 out. 2025.

TARKA, R. Filtros de carvão ativado: funcionamento e aplicações. **Manutenção e Suprimentos.** Disponível em: <https://www.manutencaoesuprimentos.com.br>. Acesso em: 19 out. 2025.

GUIA DO CONSTRUTOR. Ventilação e qualidade do ar em ambientes internos. **Guia do Construtor.** Disponível em: <https://www.guiadoconstrutor.com.br>. Acesso em: 19 out. 2025.