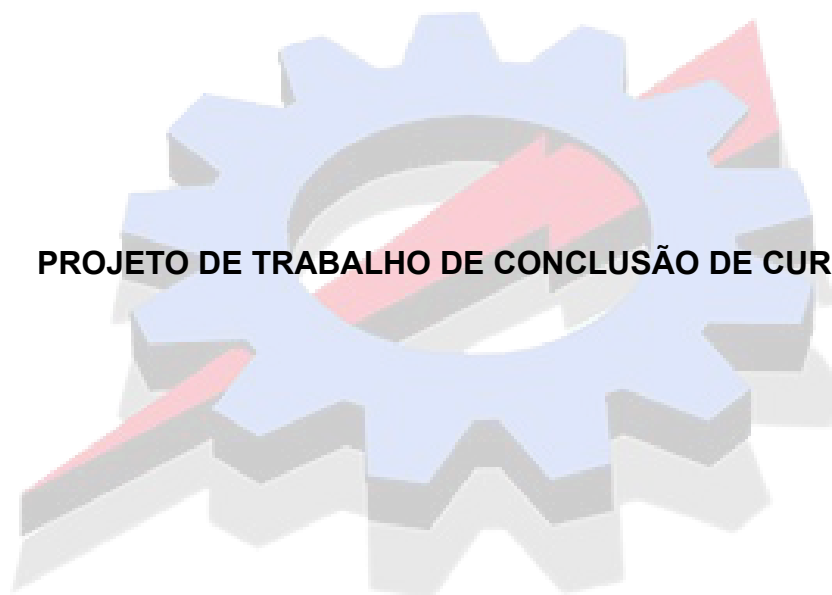


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA



PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO

**QUADRO ERGONÔMICO PARA PESSOAS DE BAIXA ESTATURA E
PARAPLÉGICOS**

Cauê Dmytryk Mendonça dos Santos

Elaine Calita Novais

Julia Lara Cassel

São Leopoldo

2025

Cauê Dmytryk Mendonça dos Santos
Elaine Calita Novais
Júlia Lara Cassel

QUADRO ERGONÔMICO PARA PESSOAS DE BAIXA ESTATURA E PARAPLÉGICOS

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
Técnico apresentado ao Curso de
Eletromecânica da Escola Técnica Estadual
Frederico Guilherme Schmidt como requisito
para aprovação nas disciplinas do curso sob
orientação do professor André e
coorientação da professora Letícia.

São Leopoldo
2025

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um quadro ergonômico regulável, criado para promover inclusão e bem-estar de pessoas com deficiências físicas, alunos e professores de baixa estatura ou com problemas posturais. O objetivo do estudo é projetar um equipamento que permita ajuste de altura e inclinação, garantindo conforto, segurança e acessibilidade. A justificativa se baseia na necessidade de reduzir barreiras físicas e posturais em ambientes escolares, assegurando a autonomia e participação ativa dos usuários. A metodologia envolveu revisão bibliográfica sobre ergonomia, acessibilidade e normas técnicas, análise de projetos semelhantes e definição de um protótipo funcional. Espera-se como resultados a diminuição de dores e desconfortos posturais, maior inclusão de usuários com diferentes necessidades físicas e adequação às normas de ergonomia e acessibilidade. Conclui-se que o quadro regulável representa uma solução prática, inovadora e socialmente relevante, promovendo saúde, conforto e igualdade no ambiente escolar.

Palavras-chave: ergonomia, acessibilidade, inclusão, quadro regulável, saúde ocupacional.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Vista Posterior	25
Figura 2 – Vista Frontal	26
Figura 3 – Vista Roldana	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
LER	Lesões por Esforços Repetitivos
DORT	Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	7
1.2 PROBLEMA	7
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 Objetivo Geral	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 JUSTIFICATIVA	8
2 ESTADO DA ARTE	9
2.1 PLATAFORMA VEICULAR PARA CADEIRANTES	9
2.2 MOBILIÁRIO ADAPTADO PARA INCLUSÃO ESCOLAR	10
2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA ACESSIBILIDADE	10
2.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROJETOS	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 ERGONOMIA APLICADA AO AMBIENTE ESCOLAR	13
3.1.1 A Realidade Enfrentada Por Professores	13
3.1.2 Postura Inadequada E Consequências Físicas	13
3.1.3 Ergonomia Como Ferramenta De Prevenção E Produtividade	14
3.2 ACESSIBILIDADE E INCLUSÃO NO ESPAÇO ESCOLAR	14
3.2.1 Inclusão De Pessoas Com Deficiência, Baixa Estatura E A Diversidade Corporal	15
3.2.2 NBR 9050: Normas Para Acessibilidade E A Relevância Prática	15
3.2.3 A Lei Brasileira De Inclusão E O Combate Às Barreiras Arquitetônicas	15
3.3 MOBILIDADE VERTICAL E ADAPTAÇÃO FUNCIONAL	16
3.3.1 Fundamento Técnico Da Mobilidade Vertical E O Princípio Da Personalização	16
3.3.2 Aplicação No Ambiente Escolar E O Ganho Pedagógico	16
3.3.3 Segurança Estrutural E Estabilidade: Pilares Do Design	17
3.4 SAÚDE OCUPACIONAL E BEM-ESTAR DO DOCENTE	17
3.4.1 Doenças Mais Comuns Entre Professores E O Custo Social	17
3.4.2 A Ergonomia Como Política Preventiva E Investimento Educacional	18

3.4.3 Valorização Do Professor Por Meio Da Estrutura E O Impacto Na Qualidade Do Ensino	
3.5 VIABILIDADE TÉCNICA E APLICAÇÕES PRÁTICAS.	18
3.5.1 Escolha Dos Materiais E Durabilidade	18
3.5.2 Mecanismo De Acionamento: Flexibilidade E Acessibilidade	19
3.5.3 Implantação Em Escolas Públicas E Privadas: Um Modelo Replicável	19
3.6 NORMAS, LEIS E DIRETRIZES TÉCNICAS	19
3.6.1 NR-17 – Ergonomia: O Pilar Da Saúde Ocupacional	20
3.6.2 NBR 9050 – Acessibilidade: O Guia Para O Design Inclusivo	20
3.6.3 LEI 13.146/2011–Estatuto Da Pessoa Com Deficiência: A Garantia Legal Da Inclusão	20
3.7 COMPONENTES	20
3.7.1 Trilho	21
3.7.2 Roldana	21
3.7.3 Contrapeso	21
3.7.4 Corda/cabo	21
4 METODOLOGIA	22
4.1 TIPO DE PESQUISA	22
4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	22
4.3 PROTÓTIPO	24
5 CRONOGRAMA	27
6 RECURSOS	28
7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXOS	31

1 INTRODUÇÃO

Este projeto foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para a inclusão e o bem-estar de pessoas com deficiências físicas no ambiente de trabalho, especialmente cadeirantes e indivíduos com problemas de coluna. A proposta consiste na instalação de um quadro ajustável em uma parede, permitindo que a altura e a inclinação sejam modificadas conforme a necessidade de cada usuário. Dessa forma, o uso se torna mais prático, acessível e confortável, evitando posturas inadequadas e esforços desnecessários.

Além de facilitar o dia a dia dessas pessoas, o projeto também leva em consideração a NR-17(2022), que trata da ergonomia no trabalho. Essa norma busca adaptar o ambiente às condições físicas dos trabalhadores, garantindo mais segurança, saúde e eficiência durante a realização das atividades.

Com essa ideia, busca-se criar uma solução simples, funcional e acessível, colocando-se quadros móveis nas escolas onde possa fazer a diferença na rotina de quem precisa de mais apoio, promovendo inclusão e igualdade no ambiente profissional.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Este projeto tem como tema o desenvolvimento de um quadro regulável, pensado especialmente para auxiliar pessoas com deficiências físicas e de baixa estatura, como cadeirantes e pessoas com problemas na coluna. A ideia é criar um quadro ajustável que atenda às necessidades ergonômicas desses usuários, com foco na acessibilidade e conforto durante o uso. O projeto será limitado ao uso em ambientes de trabalho ou estudo, considerando as normas de ergonomia.

1.2 PROBLEMA

Como desenvolver um quadro que atenda às necessidades de pessoas com limitações físicas, garantindo conforto, acessibilidade e segurança durante o uso?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um quadro regulável que proporciona mais acessibilidade e conforto para pessoas com deficiências físicas, especialmente cadeirantes e pessoas com problemas na coluna.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Projetar um quadro que permita ajustar a altura e a inclinação de forma prática;
- Utilizar materiais leves e resistentes para garantir segurança e durabilidade;
- Seguir as diretrizes da NR-17 para garantir boas condições ergonômicas;
- Tornar o ambiente de trabalho mais inclusivo e acessível.

1.4 JUSTIFICATIVA

A acessibilidade é um direito fundamental garantido pela lei nº13146/2015 é uma condição essencial para a inclusão plena de pessoas com deficiências físicas em todos os âmbitos da vida social, educacional e profissional. No entanto, muitos ambientes ainda não oferecem estruturas adequadas às necessidades específicas desses indivíduos, o que limita sua autonomia e participação ativa.

Busca-se com este projeto oferecer mais autonomia e conforto para pessoas com deficiências físicas. Muitas vezes, essas pessoas enfrentam dificuldades para utilizar equipamentos comuns, como quadros fixos que normalmente são feitos para a média de altura masculina, deixando muitas mulheres de baixa estatura com alguns problemas como doenças osteoarticulares. Ao criar um quadro ajustável e acessível, estamos promovendo inclusão e melhorando a qualidade do ambiente de trabalho ou estudo. Além disso, o uso de normas de ergonomia ajuda a prevenir dores e lesões, beneficiando diretamente a saúde dos usuários.

2 ESTADO DA ARTE

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Plataforma veicular para cadeirantes	HBZ, MKS Marksell, e SM Adaptações	2016
Mobiliário Adaptado para Inclusão Escolar	Elias Augusto Pila, Aline de Campos Zanchetta e Dóris Cristina Rocha	2019
Tecnologias Assistivas e o Uso de Dispositivos Móveis para Acessibilidade	Ana Carolina Rodrigues de Almeida Silva, Ana Carolina de Araujo Ribeiro e Claudia Rosane da Silva Tavares	2021

2.1 PLATAFORMA VEICULAR PARA CADEIRANTES (HBZ, MKS Marksell, e SM Adaptações)

Este projeto, frequentemente encontrado em veículos adaptados para transporte de pessoas com cadeiras de rodas, foca na mobilidade e no acesso a ambientes que antes seriam intransponíveis. A solução consiste em plataformas elevatórias ou rampas acionadas eletricamente que permitem o embarque e desembarque de usuários de cadeiras de rodas em vans ou ônibus. O desenvolvimento desses sistemas envolve engenharia mecânica, eletrônica e, crucialmente, o cumprimento de normas de segurança e acessibilidade (como a NBR 9050 no Brasil) para garantir a estabilidade e o bom funcionamento. A relevância para o seu projeto reside na aplicação de mecanismos ajustáveis e automatizados para superar diferenças de altura, um princípio fundamental para um quadro que se ajusta às necessidades do usuário.

2.2 MOBILIÁRIO ADAPTADO PARA INCLUSÃO ESCOLAR (Elias Augusto Pila, Aline de Campos Zanchetta e Dóris Cristina Rocha)

Este tipo de projeto foca na criação de mobiliário especificamente projetado para atender às necessidades de estudantes com deficiência, promovendo sua inclusão e participação ativa no ambiente educacional. A pesquisa e o desenvolvimento nessa área buscam superar barreiras físicas, como a altura fixa de mesas e cadeiras, que podem limitar a autonomia e causar desconforto. Um exemplo relevante é a "construção de mobiliário adaptado para facilitar a inclusão escolar de uma estudante com paralisia cerebral", que demonstra a aplicação prática de princípios de design universal e ergonomia para criar soluções personalizadas. Embora o foco seja em estudantes, os princípios de ajustabilidade e adaptação são diretamente aplicáveis ao seu projeto de um quadro ajustável, que visa beneficiar usuários de diferentes estaturas e com diversas necessidades. Este tipo de projeto foca na criação de mobiliário especificamente projetado para atender às necessidades de estudantes com deficiência, promovendo sua inclusão e participação ativa no ambiente educacional. A pesquisa e o desenvolvimento nessa área buscam superar barreiras físicas, como a altura fixa de mesas e cadeiras, que podem limitar a autonomia e causar desconforto. Um exemplo relevante é a "construção de mobiliário adaptado para facilitar a inclusão escolar de uma estudante com paralisia cerebral", que demonstra a aplicação prática de princípios de design universal e ergonomia para criar soluções personalizadas. Embora o foco seja em estudantes, os princípios de ajustabilidade e adaptação são diretamente aplicáveis ao seu projeto de um quadro ajustável, que visa beneficiar usuários de diferentes estaturas e com diversas necessidades.

2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA ACESSIBILIDADE (Ana Carolina Rodrigues de Almeida Silva, Ana Carolina de Araujo Ribeiro e Claudia Rosane da Silva Tavares)

Projetos nesta área exploram o potencial das tecnologias assistivas (TA) e dos dispositivos móveis (smartphones, tablets) para promover a acessibilidade e a autonomia de pessoas com deficiência. Embora muitas vezes focados em deficiências visuais, o conceito de adaptar interfaces e ferramentas para melhor

interação com o ambiente digital ou físico é amplamente aplicável. Pesquisas como "Recursos de Acessibilidade e o Uso dos Dispositivos Móveis como Tecnologia Assistiva por Pessoas com Baixa Visão" demonstram como aplicativos podem simular lupas eletrônicas ou auxiliar na geolocalização, superando limitações impostas por barreiras físicas. Para o seu projeto, isso sugere a possibilidade de integrar sistemas de controle digitais ou aplicativos que permitam o ajuste do quadro de forma remota ou por comandos de voz, ampliando a autonomia do usuário e modernizando a interação com o equipamento.

2.4. COMPARAÇÃO ENTRE OS PROJETOS

O projeto do quadro ajustável para inclusão escolar se destaca significativamente quando comparado a outras iniciativas voltadas à acessibilidade educacional, como a adaptação de mobiliários escolares, o uso de tecnologias assistivas móveis ou a ergonomia aplicada ao ambiente de trabalho. Enquanto os projetos referenciados priorizam carteiras, cadeiras e dispositivos digitais para alunos com deficiência, o presente projeto propõe uma solução inovadora ao focar em um elemento essencial e frequentemente negligenciado no processo de ensino-aprendizagem: o quadro escolar.

Um dos principais diferenciais deste projeto está na sua dupla adaptabilidade: o quadro ajustável é pensado tanto para alunos quanto para professores com diferentes estaturas ou limitações motoras, garantindo o uso acessível por todos os envolvidos no ambiente educacional. Essa abordagem amplia o alcance da inclusão, indo além da perspectiva do aluno e contemplando também as necessidades dos profissionais da educação.

Outro diferencial importante é a possibilidade de integração com tecnologias assistivas inteligentes, como sistemas de ajuste motorizado, controle via aplicativo ou comandos de voz. Essa característica propicia maior autonomia ao usuário, permitindo que o próprio indivíduo adapte o quadro conforme sua necessidade, sem depender de auxílio externo. Ao contrário dos projetos mais passivos, que apenas adaptam móveis fixos, o quadro ajustável propõe uma interação ativa e personalizada.

Além disso, o projeto se alinha aos princípios do design universal, pois sua funcionalidade não se limita a pessoas com deficiência. Qualquer usuário – independentemente de altura, mobilidade ou condição física – pode se beneficiar da regulação do equipamento, o que reforça sua versatilidade e aplicabilidade em contextos educacionais diversos.

Por fim, o projeto também incorpora os princípios da ergonomia, promovendo o conforto, a segurança e a prevenção de lesões osteoarticulares durante o uso prolongado do quadro, beneficiando não apenas pessoas com deficiência, mas todos os usuários.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ERGONOMIA APLICADA AO AMBIENTE ESCOLAR

A ergonomia, segundo Itiro Iida (2005), é a ciência que busca a adaptação das condições de trabalho às características físicas e psicológicas do ser humano. Ela tem como objetivo principal promover bem-estar, segurança e desempenho eficiente nas atividades humanas. Em ambientes escolares, esse conceito se torna essencial, pois os profissionais da educação, como os professores, são submetidos diariamente a tarefas que exigem esforço físico contínuo e posturas forçadas, como o uso prolongado de quadros de escrita em altura padronizada e fixa. A aplicação dos princípios ergonômicos no contexto educacional não apenas salvaguarda a saúde do corpo docente, mas também otimiza o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que um professor com bem-estar físico pode dedicar-se plenamente às suas funções pedagógicas.

3.1.1 A Realidade Enfrentada Por Professores

Muitos professores, especialmente os de baixa estatura ou que já possuem problemas posturais ou na coluna, enfrentam dificuldades ao utilizar os quadros fixos convencionais. Para alcançar a parte superior do quadro, é comum que esses profissionais se coloquem na ponta dos pés ou ergam excessivamente os braços e o pescoço, mantendo essa postura por longos períodos. Esse comportamento repetitivo, somado à jornada extensa de aulas, favorece o desenvolvimento de Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). A sobrecarga postural não se restringe apenas aos ombros e pescoço; a região lombar é frequentemente afetada pela compensação da inclinação do tronco, exacerbando condições preexistentes ou criando novas disfunções. A fadiga gerada por estas posturas inadequadas pode, inclusive, impactar a capacidade de concentração do professor e, conseqüentemente, a qualidade de sua interação em sala de aula.

3.1.2 Postura Inadequada E Consequências Físicas

A postura incorreta durante o uso do quadro, como inclinação para frente, torções e elevação dos ombros, pode afetar diversas regiões do corpo, em especial

a região lombar, cervical e os ombros. Segundo Grandjean (1998), a repetição desses movimentos não naturais no cotidiano profissional compromete a saúde física e, ao longo dos anos, pode acarretar dores crônicas, hérnias de disco, tendinites e, em casos mais graves, incapacidade funcional temporária ou permanente. Além das manifestações físicas diretas, a dor crônica resultante dessas condições pode levar a distúrbios do sono, estresse e até mesmo depressão, impactando a qualidade de vida do docente para além do ambiente de trabalho. A prevenção, portanto, não é apenas uma questão de saúde ocupacional, mas de bem-estar integral.

3.1.3 Ergonomia Como Ferramenta De Prevenção E Produtividade

A introdução de equipamentos ergonômicos no ambiente escolar, como quadros com ajuste de altura, representa uma medida preventiva extremamente eficaz. Além de proporcionar conforto, esse tipo de equipamento contribui para a diminuição do adoecimento da categoria, a redução do absenteísmo e a melhoria da qualidade de vida no trabalho. O quadro ergonômico proposto neste projeto visa justamente preencher essa lacuna, adaptando-se às características do usuário, e não o contrário. Ao minimizar o desconforto e a dor, os professores podem manter um nível mais elevado de energia e foco, resultando em maior produtividade e engajamento no processo educacional. A ergonomia, neste sentido, transcende a mera prevenção de lesões e se torna um investimento estratégico na capacidade humana e no desempenho institucional.

3.2 ACESSIBILIDADE E INCLUSÃO NO ESPAÇO ESCOLAR

A acessibilidade é um direito garantido por lei e deve estar presente em todos os ambientes sociais, especialmente nas instituições de ensino. Ela se refere à possibilidade de qualquer pessoa, independentemente de suas condições físicas, sensoriais ou cognitivas, utilizar um espaço, serviço ou equipamento de forma autônoma, segura e eficaz. O conceito de inclusão, por sua vez, vai além da acessibilidade física, abrangendo o respeito às diferenças e a adaptação do ambiente para promover igualdade de oportunidades. Em uma sociedade que preza pela equidade, a eliminação de barreiras arquitetônicas e atitudinais é um pilar

fundamental para a construção de um ambiente educacional verdadeiramente democrático e inclusivo.

3.2.1 Inclusão De Pessoas Com Deficiência, Baixa Estatura E A Diversidade Corporal

O quadro ergonômico proposto tem como público-alvo não apenas os professores com limitações físicas, mas também alunos ou visitantes com deficiência motora, usuários de cadeira de rodas e pessoas com baixa estatura. O sistema de ajuste de altura torna o equipamento acessível e funcional, promovendo a inclusão desses grupos que, muitas vezes, são marginalizados devido à inadequação dos espaços físicos. É crucial expandir a compreensão de "acessibilidade" para além das pessoas com deficiência, englobando a diversidade corporal em sua totalidade. Isso inclui indivíduos de diferentes estaturas, biotipos e com necessidades temporárias (como uma lesão que restringe movimentos), garantindo que o ambiente escolar seja acolhedor para todos e promova a autonomia e dignidade.

3.2.2 NBR 9050: Normas Para Acessibilidade E A Relevância Prática

A norma técnica brasileira ABNT NBR 9050/2020 estabelece critérios e parâmetros técnicos para a promoção da acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Ela define, por exemplo, que equipamentos como quadros de uso público devem ter altura ajustável ou posicionamento adequado ao alcance de pessoas sentadas. O quadro ergonômico atende diretamente a essa exigência normativa, sendo um exemplo concreto de aplicação da acessibilidade de forma funcional. A conformidade com a NBR 9050 não é apenas uma questão de cumprimento legal, mas um indicativo de qualidade e responsabilidade social do projeto. Ao aderir a essas diretrizes, o projeto demonstra um compromisso com as melhores práticas de design inclusivo, assegurando que o produto final seja verdadeiramente utilizável por um espectro amplo de indivíduos.

3.2.3 A Lei Brasileira De Inclusão E O Combate Às Barreiras Arquitetônicas

A Lei nº 13.146/2015, também conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência, determina que todos os espaços públicos e privados devem ser adaptados para garantir o acesso e uso pleno das pessoas com deficiência. No

artigo 28, a lei estabelece que a educação deve ocorrer em ambientes inclusivos, com infraestrutura e recursos acessíveis. Portanto, o uso de quadros fixos e altos pode ser interpretado como uma barreira arquitetônica que fere esse direito legal. O projeto deste quadro busca eliminar essa barreira, transformando um elemento estático em um instrumento dinâmico de inclusão. A legislação brasileira, neste contexto, não apenas obriga a adaptação, mas também serve como um catalisador para a inovação em design de produtos e ambientes que promovam uma sociedade mais justa e equitativa.

3.3 MOBILIDADE VERTICAL E ADAPTAÇÃO FUNCIONAL

A proposta central do quadro ergonômico é a possibilidade de movimentação vertical. Isso significa que o quadro poderá subir e descer conforme a necessidade do usuário, o que representa uma inovação funcional dentro do contexto escolar brasileiro, onde predominam equipamentos fixos e padronizados. Essa característica é fundamental para garantir que a superfície de escrita esteja sempre na altura ideal para cada indivíduo, minimizando a necessidade de adaptação corporal e as tensões resultantes.

3.3.1 Fundamento Técnico Da Mobilidade Vertical E O Princípio Da Personalização

A mobilidade vertical já é aplicada em diversos setores, como na indústria, na medicina e em escritórios, com o uso de bancadas e mesas ajustáveis. Esses mecanismos utilizam roldanas, pistões a gás, contrapesos ou motores para permitir que o usuário altere a altura de trabalho com facilidade. Ao aplicar esse conceito ao quadro escolar, busca-se garantir o mesmo princípio: adaptação personalizada, sem exigir esforço excessivo. Este princípio da personalização é um pilar da ergonomia moderna, reconhecendo que não existe um "tamanho único" para todos e que o ambiente de trabalho deve ser moldado às características individuais do usuário.

3.3.2 Aplicação No Ambiente Escolar E O Ganho Pedagógico

Com um sistema simples de acionamento (manual ou elétrico), o quadro pode ser movimentado por qualquer pessoa, inclusive cadeirantes. O movimento vertical permite que o professor mantenha uma linha de escrita confortável e constante,

evitando a sobrecarga dos músculos superiores e da coluna. Além do benefício físico, a mobilidade vertical abre novas possibilidades pedagógicas. Um professor pode baixar o quadro para trabalhar mais próximo dos alunos com dificuldades visuais, ou elevá-lo para otimizar a visualização em grandes salas. Alunos com diferentes estaturas podem interagir com o quadro em sua altura ideal, incentivando a participação ativa e o protagonismo no aprendizado.

3.3.3 Segurança Estrutural E Estabilidade: Pilares Do Design

Para garantir segurança, o projeto prevê a utilização de trilhos fixos com guias laterais reforçadas e sistema de travamento. Isso impede o deslizamento involuntário e garante estabilidade durante o uso. O quadro poderá ser montado com estrutura metálica leve, superfície de vidro temperado ou lousa tradicional, conforme a disponibilidade da instituição. A segurança estrutural é inegociável, e o design deve assegurar que, independentemente da altura em que o quadro esteja posicionado, ele permaneça estável e seguro para uso, evitando riscos de acidentes e garantindo a durabilidade do equipamento.

3.4 SAÚDE OCUPACIONAL E BEM-ESTAR DO DOCENTE

O conceito de saúde ocupacional está diretamente relacionado às condições físicas, mentais e sociais em que o trabalho é executado. No caso do magistério, a precarização das condições de trabalho é uma realidade, e muitas escolas não oferecem estrutura mínima para preservar a saúde dos seus profissionais. Um ambiente de trabalho inadequado não apenas gera doenças físicas, mas também contribui para o esgotamento mental e a desmotivação, impactando a qualidade do ensino.

3.4.1 Doenças Mais Comuns Entre Professores E O Custo Social

Estudos mostram que os professores apresentam altos índices de doenças como lombalgia, bursite, cervicalgia e tendinite, causadas por posturas inadequadas e longas jornadas em pé. Muitas vezes, esses profissionais continuam lecionando mesmo com dor, o que compromete sua performance e sua qualidade de vida. O custo social dessas doenças é imenso, abrangendo desde o sofrimento individual do docente até o impacto no sistema de saúde e na qualidade da educação oferecida.

A prevenção, portanto, não é apenas um benefício para o indivíduo, mas um investimento na saúde pública e na força de trabalho educacional.

3.4.2 A Ergonomia Como Política Preventiva E Investimento Educacional

A implantação de práticas ergonômicas nas escolas deve ser encarada como uma política de saúde pública. Evitar o adoecimento é mais eficiente, humano e barato do que tratar lesões já instaladas. O quadro ajustável é um exemplo prático de ação preventiva que reduz o impacto físico da atividade docente. Adicionalmente, a promoção da ergonomia no ambiente escolar pode ser vista como um investimento no capital humano da educação, contribuindo para a retenção de talentos, a diminuição da rotatividade de professores e a criação de um ambiente de trabalho mais saudável e produtivo para todos.

3.4.3 Valorização Do Professor Por Meio Da Estrutura E O Impacto Na Qualidade Do Ensino

Oferecer equipamentos ergonômicos também é uma forma de valorização profissional. Mostra que a instituição reconhece as dificuldades enfrentadas pelos professores e se compromete com seu bem-estar, o que pode refletir diretamente na qualidade do ensino oferecido. Professores que se sentem valorizados e cuidados tendem a ser mais engajados, motivados e criativos, o que, por sua vez, impacta positivamente a experiência de aprendizagem dos alunos. A qualidade do ambiente de trabalho é um fator determinante para a satisfação profissional e, consequentemente, para a excelência educacional.

3.5 VIABILIDADE TÉCNICA E APLICAÇÕES PRÁTICAS

O quadro ergonômico foi pensado para ser tecnicamente viável, de fácil instalação e uso intuitivo. Seu projeto contempla tanto a simplicidade de montagem quanto a resistência estrutural e a adaptabilidade ao ambiente escolar brasileiro. A ênfase na viabilidade prática assegura que o projeto não se limite ao conceito, mas possa ser implementado de forma eficaz e sustentável.

3.5.1 Escolha Dos Materiais E Durabilidade

A estrutura pode ser construída com perfis de alumínio leve ou aço galvanizado, garantindo resistência à corrosão e à umidade. A superfície de escrita pode ser em vidro, lousa melamínica ou acrílico branco, compatível com marcadores apagáveis. Trilhos e guias metálicas laterais asseguram o deslocamento suave e seguro. A seleção de materiais deve considerar não apenas o custo e a funcionalidade, mas também a durabilidade e a facilidade de manutenção, aspectos cruciais para a aplicação em ambientes de uso intensivo como as escolas.

3.5.2 Mecanismo De Acionamento: Flexibilidade E Acessibilidade

O sistema pode ser manual, com auxílio de contrapesos internos, pistões hidráulicos ou molas a gás, como os usados em cadeiras de escritório. Caso haja verba disponível, também é possível acoplar um sistema elétrico com motor silencioso e botões de controle, aumentando a acessibilidade. A flexibilidade na escolha do mecanismo de acionamento permite que o projeto se adapte a diferentes orçamentos e necessidades, garantindo que a acessibilidade não seja um luxo, mas uma característica fundamental do produto.

3.5.3 Implantação Em Escolas Públicas E Privadas: Um Modelo Replicável

Devido ao baixo custo dos materiais e à facilidade de adaptação, o quadro pode ser instalado em escolas públicas com orçamento limitado. Sua versatilidade permite também a implantação em universidades, bibliotecas, salas multifuncionais e espaços de aprendizagem coletiva. A concepção do quadro ergonômico como um modelo replicável e adaptável a diversas realidades orçamentárias e institucionais é um de seus maiores pontos fortes, potencializando seu impacto em larga escala no sistema educacional.

3.6 NORMAS, LEIS E DIRETRIZES TÉCNICAS

O projeto do quadro ergonômico está em consonância com as principais diretrizes legais e técnicas brasileiras relacionadas à ergonomia, acessibilidade e segurança no trabalho. A aderência a estas normativas reforça a legitimidade e a importância do projeto.

3.6.1 NR-17 – Ergonomia: O Pilar Da Saúde Ocupacional

Estabelece que o mobiliário e os equipamentos devem estar adequados às características do trabalhador, garantindo conforto e saúde. A NR-17 é um marco regulatório essencial para a segurança e saúde no trabalho no Brasil, e sua aplicação ao ambiente escolar é fundamental para proteger os docentes e demais profissionais.

3.6.2 NBR 9050 – Acessibilidade: O Guia Para O Design Inclusivo

Define as medidas necessárias para que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida possam acessar e utilizar edificações e equipamentos com autonomia. A NBR 9050 é a referência técnica para a implementação da acessibilidade, e a conformidade com suas diretrizes assegura que o quadro ergonômico seja verdadeiramente inclusivo.

3.6.3 LEI 13.146/2015 – Estatuto Da Pessoa Com Deficiência: A Garantia Legal Da Inclusão

Determina a obrigatoriedade da remoção de barreiras que impeçam a plena participação de pessoas com deficiência em ambientes educacionais. O Estatuto da Pessoa com Deficiência reforça o caráter mandatório da acessibilidade e da inclusão, elevando o projeto do quadro ergonômico de uma boa prática a uma necessidade legal.

3.7 COMPONENTES

O desenvolvimento do quadro ergonômico móvel teve como ponto de partida a seleção de componentes que garantem a otimização de sua usabilidade. Cada parte foi escolhida com base em sua capacidade de adaptar o equipamento às necessidades do usuário, reduzindo o esforço físico e o risco de lesões. Os componentes essenciais são descritos a seguir:

3.7.1 Trilho

O trilho é o elemento estrutural que guia e restringe o movimento do quadro, assegurando que este se desloque em uma trajetória linear e previsível. A utilização de um trilho minimiza o risco de oscilações e movimentos laterais indesejados, o que é fundamental para a segurança do usuário.

3.7.2 Roldana

A roldana foi incorporada ao sistema com a função de alterar a direção da força. Esta máquina simples, ao redirecionar a força aplicada, facilita a elevação e a descida do quadro. A sua inclusão no projeto demonstra um princípio ergonômico ao reduzir significativamente o esforço necessário para a movimentação.

3.7.3 Contrapeso

O contrapeso é um componente crucial para a ergonomia do sistema. Ele atua para equilibrar o peso do quadro, compensando a maior parte da carga gravitacional. Com isso, a força que o usuário precisa aplicar para mover o quadro é substancialmente reduzida, protegendo as articulações e a coluna de sobrecargas e lesões.

3.7.4 Corda/cabo

A corda ou cabo é o elemento de transmissão de força. Ela conecta o quadro ao contrapeso, permitindo a movimentação coordenada de ambos. A escolha por um material de alta resistência e de baixo atrito assegura um movimento suave e contínuo, contribuindo para a fluidez da operação.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

A metodologia deste projeto de pesquisa e desenvolvimento foi delineada a partir da constatação de uma problemática real e amplamente documentada na literatura: a alta prevalência de lesões musculoesqueléticas, em especial na região lombar, entre profissionais da educação. A necessidade de se curvar ou esticar para alcançar o quadro durante a escrita é um dos principais fatores que contribuem para essa condição.

Com base nessa problemática, a abordagem adotada foi de natureza qualitativa, com o objetivo de desenvolver um protótipo funcional que atenda a uma demanda específica. A pesquisa, portanto, não buscou quantificar o número de casos, mas sim criar uma solução prática e ergonômica para o problema.

O processo de desenvolvimento foi dividido nas seguintes etapas:

1. **Análise da Problemática:** Compreensão aprofundada da ergonomia do trabalho de professores e identificação dos movimentos que geram sobrecarga física.

2. **Concepção e Projeto:** Desenvolvimento da solução, considerando os princípios de biomecânica e a seleção dos componentes (trilho, roldana, contrapeso, etc.) para garantir a usabilidade e a segurança do usuário.

3. **Prototipagem e Testes:** Construção do quadro ergonômico móvel e realização de testes de funcionalidade para verificar se o protótipo atende aos requisitos de ergonomia e segurança.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

Trilho: Serve para guiar e restringir o movimento do quadro, garantindo que ele se desloque em uma trajetória linear e controlada, sem desvios laterais. É o elemento que estabelece o caminho a ser seguido, assegurando a estabilidade durante a movimentação.

Roldana: Tem a função de mudar a direção da força aplicada, permitindo que o movimento seja realizado de forma mais eficiente. Ela não faz a movimentação sozinha, mas sim facilita a ação, minimizando o esforço necessário para levantar ou abaixar o quadro, pois converte a força vertical (da corda) em horizontal, ou vice-versa.

Contrapeso: É um peso adicional, posicionado em um local estratégico, cuja função principal é equilibrar o peso do quadro. Ao fazer isso, ele reduz drasticamente a força necessária para movimentar o quadro, tornando o sistema mais seguro e fácil de operar, pois a pessoa ou o motor precisa superar apenas a diferença de peso entre o quadro e o contrapeso.

Corda/Cabo: É o elemento de conexão que transmite a força do contrapeso para o quadro. Através da roldana, o cabo liga o quadro ao contrapeso, formando um sistema onde a descida de um causa a subida do outro, e vice-versa. É o elo que permite a movimentação coordenada dos dois componentes.

4.3 PROTÓTIPO



Figura 1: Vista Posterior

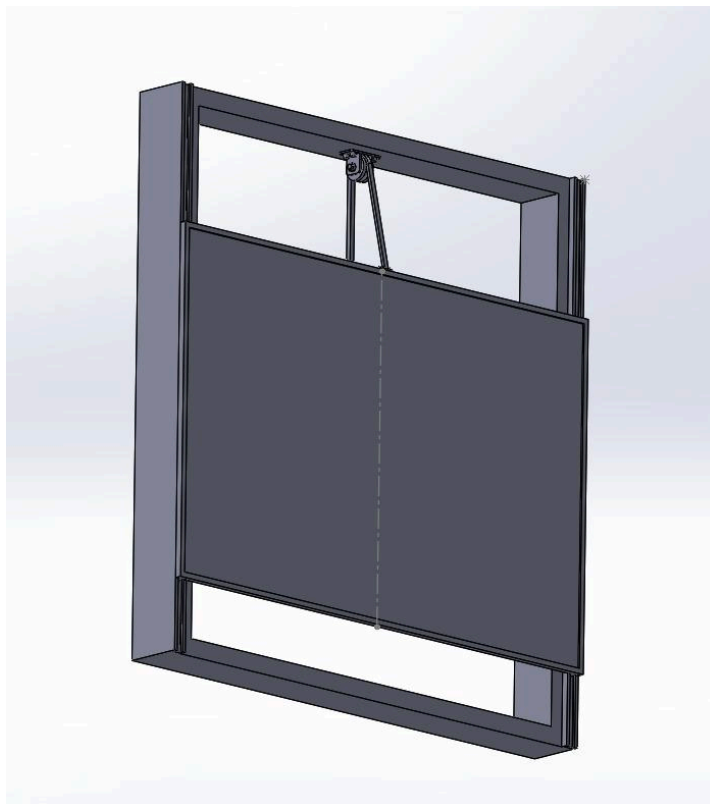


Figura 2: Vista Frontal

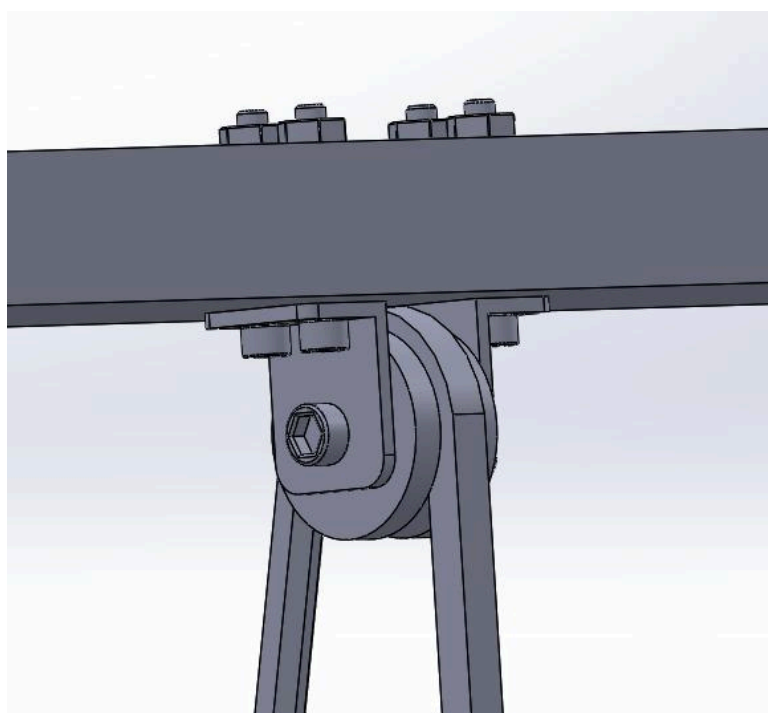


Figura 3: Vista da Roldana

A montagem inicia-se com a instalação das quatro partes exteriores dos trilhos, fixadas em cada extremidade das duas vigas que serão posicionadas na vertical. Cada viga terá aproximadamente 1,50 m de altura, sendo dispostas com o distanciamento correspondente ao comprimento desejado para o quadro.

Na parede posterior ao quadro, será instalada uma roldana centralizada entre as vigas, na altura das extremidades superiores. Em seguida, uma corda será presa à parte superior do quadro e passada pela roldana. A outra extremidade da corda receberá um contrapeso de mesmo peso que o quadro, garantindo equilíbrio, segurança e suavidade no manuseio da estrutura.

2024	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Produção do Banner									
26ª Exposchmidt									

6 RECURSOS

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Roldana	R\$16,10	1	R\$16,10	Mercado Livre	05/09
Quadro	R\$115,18	1	R\$115,18	Mercado Livre	05/09
Corda	R\$5,31	3m	R\$16,00	Mercado Livre	05/09
Viga	R\$132	2	R\$264,00	Mercado Livre	05/09
Parafusos	R\$0,25	15	R\$3,75	Ferragens Feldmann	05/09
Bucha	R\$0,15	10	R\$1	Ferragens Feldmann	05/09
Cotrapeso	R\$32,88	1 de 5 kg	R\$32,88	Mercado Livre	05/09
Trilho de gaveta	R\$26,35	4	R\$105,39	Mercado Livre	05/09
Valor final:R\$554,3					

7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS

Com a implementação do quadro ergonômico regulável, espera-se alcançar melhorias significativas no ambiente escolar e de trabalho, promovendo inclusão, acessibilidade e bem-estar para todos os usuários. A primeira expectativa é a redução de dores e desconfortos posturais frequentemente relatados por professores e alunos que utilizam quadros convencionais em altura fixa, prevenindo problemas como lombalgia, tendinite e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Além disso, o projeto deverá garantir maior autonomia a pessoas com deficiência física, usuários de cadeira de rodas e indivíduos de baixa estatura, possibilitando que participem de forma ativa e igualitária nas atividades pedagógicas e profissionais.

Outro resultado esperado é a conformidade com normas de acessibilidade e ergonomia, como a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), a NBR 9050/2020 e a NR-17/2022, assegurando que o produto esteja em sintonia com as legislações vigentes. Espera-se também que a adoção do quadro contribua para a diminuição de afastamentos de professores por doenças ocupacionais, gerando impacto positivo tanto na saúde dos profissionais quanto nos índices de produtividade escolar.

Além dos benefícios ergonômicos e legais, o projeto pretende gerar um impacto pedagógico, uma vez que o quadro regulável possibilitará maior interação de alunos com diferentes estaturas ou condições físicas, incentivando a participação em atividades de escrita e exposição de conteúdos. Do ponto de vista técnico, espera-se ainda a criação de um protótipo funcional, com ajustes de altura e inclinação práticos e seguros, desenvolvido a partir de materiais resistentes, leves e de fácil manutenção, de modo a viabilizar sua aplicação em instituições de ensino e ambientes de trabalho diversos.

Em síntese, os resultados esperados envolvem não apenas a melhoria das condições de saúde ocupacional, mas também o fortalecimento da inclusão social, da acessibilidade e da qualidade do processo de ensino-aprendizagem, consolidando o quadro ergonômico como uma solução inovadora, prática e socialmente relevante.

REFERÊNCIAS

IIDA, Itiro. Ergonomia: projeto e produção. Edição. 3ª Editora. Blucher; 14 março 2016.Itiro

SOUZA, R. O papel da ergonomia na prevenção de lesões. **Ergonomia & Engenharia**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 45-52, 2023.

OLIVEIRA, D. A. As condições de trabalho docente: um estudo sobre professores da educação básica no Brasil. *Educação & Sociedade*, v. 31, n. 113, p. 1107-1126, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Lesões por Esforços Repetitivos (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT): prevenção e assistência à saúde do trabalhador. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Estatuto da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União, Brasília, 7 jul. 2015.

FUNDACENTRO. Ergonomia aplicada ao ambiente de trabalho. São Paulo: Fundacentro, 2018.

ANEXOS