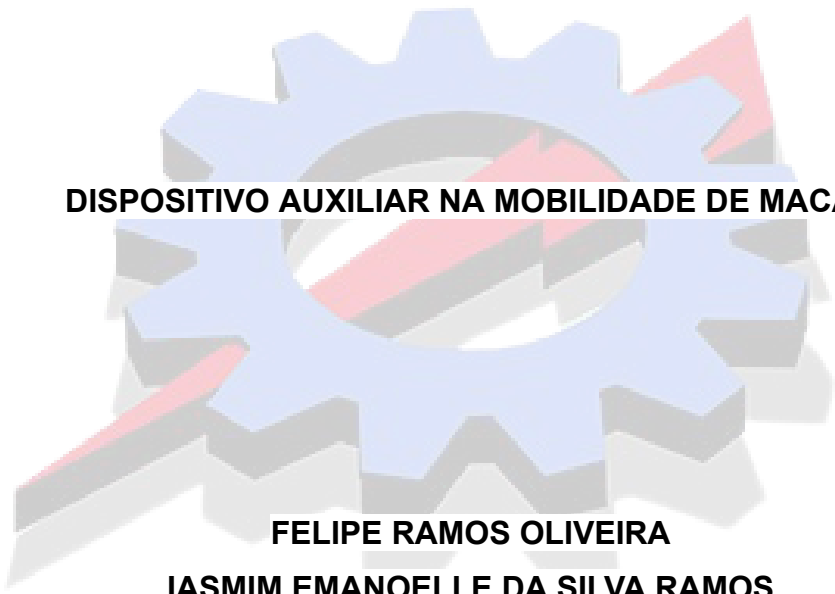


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA

PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO



DISPOSITIVO AUXILIAR NA MOBILIDADE DE MACAS

FELIPE RAMOS OLIVEIRA

IASMIM EMANOELLE DA SILVA RAMOS

THOMAZ ADREAN RIBEIRO DE CASTRO

SÃO LEOPOLDO

2025

FELIPE RAMOS OLIVEIRA
IASMIM EMANOELLE DA SILVA RAMOS
THOMAZ ADREAN RIBEIRO DE CASTRO

DISPOSITIVO AUXILIAR NA MOBILIDADE DE MACAS

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 Adriano dos Santos e coorientação da professora Cristiana Martinez Duarte.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

Em ambientes hospitalares, atendimentos ágeis e eficientes dependem da capacidade dos funcionários da saúde no transporte de pacientes em macas hospitalares, sendo necessárias alternativas tecnológicas para otimizar o tempo e a mobilidade dentro dos hospitais. Neste contexto, criar um dispositivo auxiliar para a mobilidade de macas pode aumentar a agilidade e reduzir o esforço necessário para movê-las. Analisando as dificuldades associadas à movimentação de macas hospitalares, busca-se otimizar o tempo e a eficiência, proporcionando um atendimento mais eficaz ao paciente e melhor qualidade ergonômica para os funcionários responsáveis pelo manuseio das macas, que é um dos principais fatores para que profissionais da saúde desenvolvam LER e DORT (Saúde Santa Maria, 2016). O transporte rápido e seguro pode ser crucial para o bem-estar dos pacientes, e adequar-se a essas necessidades torna-se cada vez mais necessário diante dos avanços tecnológicos atuais, além de prevenir problemas ergonômicos ou de esforço repetitivo aos funcionários. Para desenvolver uma solução viável, será realizada uma pesquisa exploratória com a criação de um protótipo em escala reduzida, que consiste em uma maca com rodas automatizadas capazes de movimentá-la de forma eficiente, simulando um dispositivo que auxiliará na mobilidade das macas hospitalares. A pesquisa adotará uma abordagem quali-quantitativa, avaliando o uso de macas hospitalares, a segurança ergonômica e a integração do dispositivo para aprimorar esses aspectos no ambiente hospitalar. O dispositivo, com suas rodas multiarticulares, obteve movimentação em até 180°, suficiente para deslocamentos em hospitais, além do controle de peso feito pela célula de carga, que permite compreender o peso aplicado e limitar a velocidade, evitando acidentes. Compreende-se que sua aplicação agregaria benefícios aos ambientes hospitalares, trazendo alternativas e incentivos e evidenciando a carência tecnológica no Brasil, principalmente na área de cuidado e bem-estar.

Palavras-chave: macas hospitalares; mobilidade; transporte; eficiência; saúde.

ABSTRACT

In hospital environments, agile and efficient care depends on the ability of healthcare workers to transport patients on hospital stretchers, making technological alternatives necessary to optimize time and mobility within hospitals. In this context, creating an auxiliary device for stretcher mobility can increase agility and reduce the effort required to move them. By analyzing the difficulties associated with moving hospital stretchers, the aim is to optimize time and efficiency, providing more effective patient care and better ergonomic quality for the staff responsible for handling stretchers, which is one of the main factors leading healthcare professionals to develop RSI and WMSDs (Saúde Santa Maria, 2016). Fast and safe transport can be crucial for patient well-being, and adapting to these needs has become increasingly necessary in light of current technological advances, in addition to preventing ergonomic or repetitive strain problems for staff. To develop a viable solution, an exploratory study will be conducted with the creation of a reduced-scale prototype, consisting of a stretcher with motorized wheels capable of moving efficiently, simulating a device that will assist in the mobility of hospital stretchers. The research will adopt a quali-quantitative approach, evaluating the use of hospital stretchers, ergonomic safety, and the integration of the device to improve these aspects in the hospital environment. The device, with its multi-joint wheels, achieved movement of up to 180°, sufficient for hospital displacements, in addition to weight control performed by the load cell, which makes it possible to understand the applied weight and limit the speed, avoiding accidents. It is understood that its application would bring benefits to hospital environments, offering alternatives and incentives while highlighting the technological gap in Brazil, especially in the area of healthcare and well-being.

Keywords: hospital stretchers; mobility; transport; efficiency; health.

RESUMEN

En los entornos hospitalarios, la atención ágil y eficiente depende de la capacidad de los trabajadores de la salud para transportar pacientes en camillas hospitalarias, lo que hace necesarias alternativas tecnológicas para optimizar el tiempo y la movilidad dentro de los hospitales. En este contexto, crear un dispositivo auxiliar para la movilidad de camillas puede aumentar la agilidad y reducir el esfuerzo necesario para moverlas. Al analizar las dificultades asociadas al movimiento de camillas hospitalarias, se busca optimizar el tiempo y la eficiencia, proporcionando una atención más eficaz al paciente y mejor calidad ergonómica para el personal encargado de manipular las camillas, lo que constituye uno de los principales factores por los cuales los profesionales de la salud desarrollan LER y TME (Saúde Santa Maria, 2016). El transporte rápido y seguro puede ser crucial para el bienestar de los pacientes, y adaptarse a estas necesidades se ha vuelto cada vez más necesario ante los avances tecnológicos actuales, además de prevenir problemas ergonómicos o de esfuerzo repetitivo para los trabajadores. Para desarrollar una solución viable, se realizará una investigación exploratoria con la creación de un prototipo a escala reducida, que consiste en una camilla con ruedas motorizadas capaces de moverla de manera eficiente, simulando un dispositivo que ayudará en la movilidad de las camillas hospitalarias. La investigación adoptará un enfoque cuali-cuantitativo, evaluando el uso de camillas hospitalarias, la seguridad ergonómica y la integración del dispositivo para mejorar estos aspectos en el entorno hospitalario. El dispositivo, con sus ruedas multiarticulares, logró un movimiento de hasta 180°, suficiente para los desplazamientos en hospitales, además del control de peso realizado por la celda de carga, que permite comprender el peso aplicado y limitar la velocidad, evitando accidentes. Se comprende que su aplicación aportaría beneficios a los entornos hospitalarios, ofreciendo alternativas e incentivos y evidenciando la carencia tecnológica en Brasil, especialmente en el área de atención y bienestar.

Palabras clave: camillas hospitalarias; movilidad; transporte; eficiencia; salud.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bateria 24 V.....	35
Figura 2 – Motor 24V.....	35
Figura 3 – Controlador de velocidade elétrico.....	36
Figura 4 – CLP Siemens.....	36
Figura 5 – Potenciômetro.....	37
Figura 6 – Joystick de alta precisão.....	37
Figura 7 – Célula de carga.....	38
Figura 8 – Motor 5V e caixa redutora.....	43
Figura 9 – Jumpers.....	43
Figura 10 – Servo motor.....	44
Figura 11 –Protoboard.....	44
Figura 12 – Driver ponte H.....	45
Figura 13 – Arduino Uno.....	45
Figura 14 - Célula de carga (balança).....	46
Figura 15 – Joystick.....	47
Figura 16 - Joystick e botões.....	47
Figura 17 - Esquema elétrico.....	48
Figura 18 - Diagrama da célula de carga.....	51
Figura 19 - Fluxograma.....	52
Figura 20 - Esquematização visual do protótipo.....	52
Figura 21 - Protótipo (elétrico com motores).....	62
Figura 22 - Teste 1 dos equipamentos.....	63
Figura 23 - Teste 2 dos equipamentos.....	63
Figura 24 - Mobilidade das rodas 1.....	64
Figura 25 - Mobilidade das rodas 2.....	64
Figura 26 - Célula de carga no protótipo.....	66
Figura 27 - Desenho 1 do acessório.....	67
Figura 28 - Desenho 2 do acessório.....	67
Figura 29 - Acessório acoplado 1.....	68
Figura 30 - Acessório acoplado 2.....	68
Figura 31 - Modelagem da representação da maca.....	69
Figura 32 - Protótipo.....	69

Figura 33 - ODS 3.....	70
Figura 34 - ODS 8.....	70
Figura 35 - ODS 9.....	71
Figura 36 - ODS 12.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da arte.....	18
Tabela 2 - Distribuição dos trabalhadores da clínica cirúrgica de um hospital segundo seus dados biopsicossociais.....	25
Tabela 3 – Distribuição dos profissionais de enfermagem segundo sintomas, dor e tratamento de LER/DORT e afastamento do trabalho.....	26
Tabela 4 - Valores do centro de gravidade.....	55
Tabela 5 – Comparação de força exercida pelo funcionário.....	57
Tabela 6 - Valores estimado de componentes do mercado.....	59
Tabela 7 – Estimativa de manutenção dos equipamentos.....	61
Tabela 8 - Cronograma 2024.....	72
Tabela 9 - Cronograma 2025.....	73
Tabela 10 - Recursos.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abrev.	Abreviada
LER	Lesões por Esforço Repetitivo
NBR	Norma Brasileira
FATEC	Faculdade de Tecnologia
CLP	Controlador Lógico Programável
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NR	Norma Regulamentadora
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
RSI	Repetitive Strain Injury (LER)
WMSDs	Work-Related Musculoskeletal Disorders (DORT)
TME	Trastornos Músculo-Esqueléticos (DORT)
AINEs	Anti-inflamatórios não esteroides
POP	Procedimento Operacional Padrão
PWM	Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)
IDE	Integrated Development Environment (ambiente de programação do Arduino)
DC	Direct Current (Corrente Contínua)

LISTA DE SÍMBOLOS

N – Newton

Nm – Newton-metro

m/s – Metro por segundo

m/s² – Metros quadrados por segundo

g – Gravidade

m – Massa

P – Peso

T – Torque

F – Força

r – Raio

θ – Ângulo

v – Velocidade

d – Deslocamento

t – Tempo

V – Volts

W – Watts

CG_x – Centro de Gravidade no eixo X

CG_y – Centro de Gravidade no eixo Y

CG_z – Centro de Gravidade no eixo Z

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	15
1.2 PROBLEMA	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICATIVA	16
2 ESTADO DA ARTE	18
2.1 TRANSPORTE DE PACIENTES POR MACAS HOSPITALARES	18
2.2 PROPOSTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE CAMA HOSPITALAR	19
2.3 PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA MOVIMENTAÇÃO DE CAMA HOSPITALAR	19
2.4 DISPOSITIVO AUXILIAR NA MOBILIDADE DE MACAS	21
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.1 MACAS HOSPITALARES	22
3.1.1 Dimensionamento de uma Maca Hospitalar	22
3.1.2 Transporte de Pacientes	23
3.1.3 Procedimentos Médicos e Emergenciais	23
3.1.4 Ergonomia e Eficiência	24
3.2 LER E DORT EM PROFISSIONAIS DA SAÚDE	24
3.3 NORMAS REGULAMENTADORAS	28
3.3.1 Norma Regulamentadora 17	28
3.3.2 NBR IEC 60601-2-52- Equipamento Eletromédico	29
3.3.3 ABNT NBR ISO 14971 Dispositivos Médicos — Aplicação de Gerenciamento de Risco a Dispositivos médicos	30
3.3.4 Norma Regulamentadora 12	30
3.4 IMPORTÂNCIA DO TEMPO DENTRO DOS HOSPITAIS	32
3.5 DINÂMICAS NO ATENDIMENTO EM MACAS HOSPITALARES	33
3.6 INCENTIVOS TECNOLÓGICOS EM EQUIPAMENTOS HOSPITALARES	33
3.7 CONCEITOS FÍSICOS	34
3.7.1 Peso	34
3.7.2 Movimento Linear	35
3.7.3 Torque	35
3.7.4 Força	35
3.7.5 Velocidade	35
3.8 COMPONENTES	36
3.8.2 Motor 24V DC 350 W + Controlador de Motor	36
3.8.3 Controlador de velocidade elétrico	37
3.8.4 Controlador Lógico Programável	37

3.8.5 Potenciômetro	38
3.8.6 Joystick 2 eixos de alta precisão	38
3.8.7 Célula de carga GL	39
3.9 AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM AMBIENTES HOSPITALARES	39
4.0 ERGONOMIA E SAÚDE OCUPACIONAL NO TRANSPORTE DE PACIENTES	40
4.1 TECNOLOGIA ASSISTIVA E HUMANIZAÇÃO HOSPITALAR	40
4 METODOLOGIA	42
4.1 TIPO DE PESQUISA	42
4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	44
4.2.1 Motor 5V e Caixa Redutora para Arduino	44
4.2.2 Jumper Macho/Fêmea	44
4.2.3 Servo Motor	45
4.2.4 Protoboard	45
4.2.5 Driver Ponte H	46
4.2.6 Arduino Uno	46
4.2.7 Potenciômetro	47
4.2.8 Célula de Carga e Módulo HX711	47
4.2.9 Joystick + Botões	48
4.3 ESQUEMA ELÉTRICO	49
4.4 PROGRAMAÇÃO	49
4.5 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	52
4.5.1 Fluxograma de Funcionamento	52
4.5.2 Visualização do Dispositivo	53
4.6 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	54
4.6.1 Cálculos Relacionados a Viabilidade do Projeto e seu Dimensionamento em Escala Real	54
4.6.1.1 Torque do Motor	54
4.6.1.2 Ponto Gravitacional e Equilíbrio da Maca	55
4.6.1.3 Análise Comparativa com Macas Hospitalares Convencionais	56
4.6.2 Viabilidade Econômica da Aplicação do Dispositivo em Escala Real	59
4.6.2.1 Manutenção do Dispositivo	61
4.7 TESTES	62
4.7.1 Testes dos Equipamentos	62
4.7.2 Testes de Amplitudes de Mobilidade	65
4.7.3 Célula de Carga Aplicada	66
4.8 DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIO	67
4.8.1 Aplicação do Acessório	68
4.9 CONSTRUÇÃO VISUAL DO PROTÓTIPO EM ESCALA REDUZIDA	69
4.10 OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)	70

5 CRONOGRAMA	73
6 RECURSOS	75
7 RESULTADOS PARCIAIS	77
7.1 LIMITAÇÕES DO PROTÓTIPO EM ESCALA REDUZIDA	78
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

Nos hospitais, a locomoção de pacientes em macas enfrenta desafios significativos. A movimentação é dificultada por corredores estreitos, portas pesadas e mudanças de superfície, o que pode aumentar o tempo necessário para o transporte de pacientes. Estudos mostram que cerca de 30% do tempo total de movimentação é gasto apenas no processo de empurrar as macas (Smith, 2023).

Fora isso, os profissionais de saúde enfrentam um esforço físico considerável ao mover macas, que pode representar até 70% da sua capacidade máxima. Isso não só causa fadiga, mas também aumenta o risco de lesões musculoesqueléticas, com cerca de 35% dos trabalhadores relatando dores nas costas relacionadas ao esforço físico (K. Ngan, 2010).

Além disso, a composição demográfica da profissão de enfermagem acrescenta uma camada adicional de complexidade a esses desafios. A enfermagem é uma profissão predominantemente feminina, com cerca de 60% a 80% dos profissionais de enfermagem sendo mulheres (Hassmiller, 2022). Além disso, o trabalho na enfermagem é frequentemente marcado por sobrecarga e altos níveis de esforço físico, especialmente devido à escassez de pessoal e à demanda intensa por cuidados (Gaines, 2023). Esses fatores podem tornar tarefas como o transporte de pacientes ainda mais desgastantes, especialmente para profissionais que, em média, possuem menor força física, como as mulheres.

Este trabalho pretende apresentar o desenvolvimento e a avaliação de um dispositivo auxiliar na mobilidade de macas, com foco na economia de tempo em situações críticas. A proposta inclui a análise das tecnologias que permitem um transporte mais rápido e seguro. Espera-se que a implementação deste dispositivo possa reduzir consideravelmente o tempo necessário para o transporte de pacientes em emergências, contribuindo para a melhoria dos resultados clínicos, melhorar a qualidade no serviço dos profissionais da saúde e a eficiência operacional dos hospitais.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Dispositivo auxiliar na mobilidade em macas hospitalares, visando auxiliar no momento do transporte dos pacientes, diminuindo o esforço necessário para movê-los, e consequentemente aumentando tanto a agilidade quanto a mobilidade.

1.2 PROBLEMA

É possível desenvolver um dispositivo auxiliar para a mobilidade de macas, visando facilitar o transporte de pacientes, potencializar a celeridade no meio hospitalar e melhorar a ergonomia para os funcionários?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Facilitar a movimentação e transporte de pacientes em macas hospitalares, visando a otimização do tempo e eficiência para os funcionários. Sendo assim, os pacientes usufruirão de um melhor atendimento e cuidado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evidenciar as dificuldades presentes no meio hospitalar em função da movimentação de macas hospitalares;
- Desenvolver um mecanismo automatizado visando a confiabilidade e eficiência em sua aplicação em macas hospitalares;
- Viabilizar tecnicamente o dispositivo elaborado para que ele ofereça o melhor desempenho ergonômico para os funcionários.
- Fomentar o desenvolvimento tecnológico para equipamentos em ambientes hospitalares.

1.4 JUSTIFICATIVA

A eficiência na mobilidade de macas hospitalares é um fator determinante em ambientes de saúde, especialmente em situações críticas nas quais o tempo representa um elemento decisivo para a sobrevivência e recuperação dos pacientes. Em emergências médicas, cada segundo pode significar a diferença entre a vida e a morte, o que torna imprescindível que o transporte interno dos pacientes ocorra de forma ágil, estável e segura. No entanto, a realidade observada em muitas instituições hospitalares evidencia uma série de limitações logísticas. Profissionais da saúde frequentemente enfrentam dificuldades ao manobrar macas por corredores estreitos, elevadores e ambientes congestionados, exigindo atenção constante, agilidade e esforço físico elevado. Esse cenário é agravado pela sobrecarga funcional a que esses profissionais estão expostos, tanto física quanto mentalmente.

Além disso, destaca-se o impacto ocupacional negativo relacionado ao transporte manual de macas. O esforço necessário para empurrar ou frear esses equipamentos está diretamente associado ao desenvolvimento de Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). Essas doenças ocupacionais, resultantes da repetição constante de movimentos e de posturas inadequadas, comprometem a qualidade de vida dos trabalhadores, reduzem sua produtividade e geram custos significativos ao sistema de saúde.

Os dois problemas citados – a lentidão no transporte de pacientes e a sobrecarga física dos profissionais – estão interligados e exigem soluções integradas. Nesse contexto, propõe-se o desenvolvimento de um dispositivo auxiliar acoplado à maca hospitalar, capaz de automatizar parte do deslocamento e reduzir o esforço físico necessário dos operadores. A implementação de tal tecnologia pode contribuir significativamente para a diminuição de lesões ocupacionais, além de elevar a eficiência operacional dos hospitais, favorecendo a segurança e o bem-estar tanto dos pacientes quanto dos trabalhadores da saúde.

De acordo com a Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17) do Ministério do Trabalho, as atividades que exigem esforço físico intenso, postura inadequada ou movimentação manual de cargas devem ser minimizadas ou mecanizadas, a fim de

preservar a saúde dos trabalhadores. Em ambientes hospitalares, onde é comum o transporte manual de pacientes por meio de macas e cadeiras de rodas, essa norma se aplica diretamente, pois tais tarefas exigem força contínua e estão associadas ao surgimento de distúrbios osteomusculares e lesões por esforço repetitivo. A adoção de um dispositivo automatizado contribui para o cumprimento dessa norma, promovendo um ambiente de trabalho mais ergonômico e seguro. Assim, este trabalho se torna relevante socialmente, propondo uma alternativa viável, visando o baixo custo, aplicável à rotina hospitalar e capaz de melhorar os fluxos internos de atendimento, promovendo avanços na ergonomia, no desempenho logístico e na humanização do cuidado.

2 ESTADO DA ARTE

Com base no repertório científico pesquisado, foram encontrados projetos que possuem características, estudos e abordagens compatíveis com o presente projeto, que serviram de fonte de inspiração, consulta e repertório para ele.

Tabela 1 - Estado da arte

Pesquisa	Autoria	Tipo de Trabalho	Ano de publicação
Transporte de Pacientes por macas Hospitalares	Adriana Heemann Maria Okimoto Yago Rodrigues	Artigo	2014
Proposta para Automatização de Cama Hospitalar	Ana Cristina Ferreira Caio Rafael Oliveira Renato dos Santos	Artigo	2023
Projeto de Equipamento para Movimentação de Camas Hospitalares	Nuno Miguel Senra Faria	Tese	2020

Fonte: os autores (2024)

2.1 TRANSPORTE DE PACIENTES POR MACAS HOSPITALARES

Este artigo, escrito por Adriana Heemann, Maria Okimoto e Yago Rodrigues, foi apresentado no Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design (11° P&D DESIGN - 2014). O estudo traz um levantamento bibliográfico dos aspectos ergonômicos do transporte de pacientes em macas hospitalares no Brasil, avaliando de forma sistemática por meio de estudos, mapeando as alternativas de metodologia, problematização e abordagem. O estudo também enfatiza os problemas enfrentados pelos funcionários da saúde e exige um maior aprofundamento no estudo da ergonomia no transporte com macas hospitalares.

O dispositivo auxiliar na mobilidade de macas hospitalares tem como foco a melhora na ergonomia para funcionários da saúde, como técnicos de enfermagem e enfermeiros, durante o transporte de pacientes. O projeto leva em consideração a

força exercida pelos funcionários e o peso aplicado pelo paciente, criando uma força auxiliar e minimizando a sobrecarga para o funcionário, além de aumentar a eficiência nos atendimentos.

2.2 PROPOSTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DE CAMA HOSPITALAR

O artigo foi elaborado por Ana Cristina Ferreira, Caio Rafael Oliveira e Renato dos Santos como trabalho de conclusão de Curso Superior de Tecnologias em Sistemas Biomédicos da Faculdade de Tecnologia (FATEC) Bauru, em 2023. A proposta do projeto é automatizar os movimentos de uma cama hospitalar, visando um planejamento de baixo custo para atender hospitais da rede pública em regiões com recursos precários.

A proposta feita pelos integrantes tem como foco camas hospitalares e automação das articulações e a troca de posições. Entretanto, o dispositivo auxiliar na mobilidade de macas hospitalares visa melhorar o deslocamento de pacientes dentro dos hospitais, aprimorar a ergonomia para os funcionários e tornar os atendimentos mais ágeis, favorecendo o bem-estar dos pacientes.

2.3 PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA MOVIMENTAÇÃO DE CAMA HOSPITALAR

O projeto foi desenvolvido por Nuno Miguel Senra Faria como tese de mestrado em Engenharia Mecânica no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) em 2020. O objetivo do projeto é eliminar a necessidade de os funcionários moverem os pacientes da cama para a maca hospitalar, permitindo que os pacientes sejam movimentados apenas com a cama hospitalar, sem que seja necessário e exercer força para movimentá-la.

Assim, o projeto para o equipamento de movimentação de camas hospitalares tem a alternativa de substituir a função da maca hospitalar para a cama hospitalar e eliminar qualquer força necessária para sua movimentação dentro do ambiente hospitalar. Porém, o dispositivo auxiliar na mobilidade de macas hospitalares visa melhorar a movimentação e reduzir a força exigida pelos funcionários da saúde ao manusear as macas hospitalares.

2.4 DISPOSITIVO AUXILIAR NA MOBILIDADE DE MACAS

O Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas Hospitalares visa melhorar a mobilidade no meio hospitalar, proporcionando atendimentos mais ágeis para os pacientes, facilitando o trabalho dos funcionários responsáveis pelo seu transporte, além de evitar problemas ergonômicos.

Todos os artigos acima se diferenciam de alguma forma entre si, mas buscam evidenciar ou resolver o problema em questão de diferentes formas, seja propondo soluções técnicas para tal, ou realizando o levantamento bibliográfico de aspectos importantes ao desenvolvimento de uma solução viável. Esta proposta de dispositivos se diferencia dos projetos acima no quesito da metodologia e na finalidade, onde além de melhorar a qualidade de trabalho dos funcionários, procuramos viabilizar uma resposta mais rápida e prática para estados de emergência, trazendo um equipamento com uma construção mais ergonômica e tendo uma elaboração acessível.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente trabalho visa melhorar o uso das macas em ambientes hospitalares, abordando a mobilidade, a ergonomia dos funcionários da saúde e o atendimento dos pacientes. A pesquisa enfoca o uso das macas hospitalares, a segurança ergonômica, as dinâmicas nos atendimentos hospitalares e a criação de um dispositivo integrado às macas para aprimorar esses aspectos no ambiente hospitalar.

3.1 MACAS HOSPITALARES

Macas hospitalares são dispositivos móveis projetados para transportar pacientes com segurança e conforto. Elas geralmente consistem em uma superfície plana, acolchoada e ajustável, montada em uma estrutura com rodas para facilitar o movimento (Felgains, 2023). Existem macas que possuem funcionalidades adicionais, como ajustes na altura e inclinação, adaptando-se às necessidades de cada paciente (Hillrom, 2023).

3.1.1 Dimensionamento de uma Maca Hospitalar

Uma maca hospitalar padrão geralmente tem um comprimento que varia de 1900 a 2100 mm, projetada para acomodar a maioria dos pacientes de forma confortável (MariMed, 2024). A largura das macas normalmente varia entre 60 e 75 cm, oferecendo um equilíbrio entre o conforto do paciente e a capacidade de manobrar a maca por corredores e portas estreitas nos hospitais (MariMed, 2024).

A altura das macas hospitalares é ajustável, com uma faixa típica entre 500 e 800 mm do chão. Este ajuste é crucial para facilitar o trabalho dos profissionais de saúde, permitindo que a maca seja posicionada de maneira ergonômica e segura para o transporte do paciente e a realização de procedimentos (Felgains, 2023). Em relação ao peso, uma maca hospitalar padrão pesa entre 70 e 130 kg, dependendo dos materiais de construção e dos recursos adicionais, como mecanismos de ajuste e sistemas de suporte avançados (MariMed, 2024).

3.1.2 Transporte de Pacientes

Macas são usadas para mover pacientes de diferentes áreas do hospital, como de emergência para cirurgia, ou de um quarto para exames. Elas são fundamentais para garantir a segurança e o conforto durante o atendimento. O transporte é geralmente realizado por funcionários da saúde como técnicos de enfermagem, enfermeiros, médicos, paramédicos, socorristas, fisioterapeutas e auxiliares no transporte.

De acordo com Ringdal, Chaboyer e Warrén Stomberg (2015), o transporte intra hospitalar de pacientes, especialmente daqueles em estado crítico, é uma atividade complexa e potencialmente arriscada, que exige preparo técnico, comunicação eficiente e trabalho em equipe. Os autores destacam que enfermeiros e outros profissionais de saúde frequentemente percebem o processo como estressante, devido aos riscos relacionados à instabilidade clínica do paciente, às falhas de equipamentos e à falta de recursos adequados durante o deslocamento.

3.1.3 Procedimentos Médicos e Emergenciais

Durante procedimentos que não exigem uma mesa de operação completa, as macas oferecem uma superfície ajustável e estável. Elas podem ser ajustadas para diferentes posições, facilitando o acesso e o trabalho dos profissionais de saúde. Em situações de emergência, macas são usadas para transportar pacientes rapidamente e com eficiência. Elas são projetadas para facilitar o acesso rápido e a mobilidade em situações críticas.

De acordo com o Departamento de Fiscalização do Conselho Federal de Medicina (DEFIS-CFM, 2014), o transporte e a acomodação de pacientes devem ser realizados em condições que garantam segurança, estabilidade e conforto, utilizando equipamentos adequados às necessidades clínicas de cada caso. As macas hospitalares, nesse contexto, são projetadas para permitir ajustes de altura e inclinação, favorecendo tanto o atendimento quanto a ergonomia dos profissionais de saúde. Já Basile-Filho, Pereira Júnior e Nunes (2001) destacam que o transporte de pacientes em situação crítica requer agilidade, planejamento e uso de dispositivos apropriados, de modo a reduzir riscos durante o deslocamento e assegurar a manutenção das funções vitais durante todo o percurso.

3.1.4 Ergonomia e Eficiência

Macas ajustáveis e de fácil manuseio reduzem o esforço físico necessário dos profissionais de saúde, prevenindo lesões e fadiga. A altura ajustável facilita a transferência de pacientes e a realização de procedimentos. Macas eficientes e bem projetadas contribuem para um fluxo de trabalho mais eficaz no hospital, permitindo que os pacientes sejam movidos rapidamente e de maneira organizada. Isso é crucial em situações de alta demanda ou emergência (Heemann, Rodrigues, & Okimoto, 2014).

3.2 LER E DORT EM PROFISSIONAIS DA SAÚDE

Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) são condições que afetam muitos profissionais da saúde, especialmente aqueles que trabalham com tarefas repetitivas e exigem esforços físicos contínuos, como o manejo de macas hospitalares. Em geral, a enfermagem é uma das formas mais tradicionais e diretas de assistência no atendimento de pacientes, desempenhando suas funções de uma forma única. Pinho (2002 apud APPOLINÁRIO, 2008, p. 84) afirma que:

Além disso, a equipe de enfermagem traz consigo outra especificidade, a profunda fragmentação do seu trabalho, sendo a única equipe no ambiente hospitalar dotada de diferentes profissionais, entre eles o auxiliar de enfermagem, o técnico de enfermagem e o enfermeiro, divisão esta iniciada em meados do século XIX, ainda na formação das primeiras enfermeiras em escolas da França e Inglaterra, chegando ao Brasil no início do século XX.

LER e DORT podem ser causados por tarefas repetitivas que exigem um esforço físico elevado, sendo esse um dos principais fatores. No entanto, posturas incorretas durante o manejo de pacientes também contribuem para lesões e sobrecarga nos músculos e articulações. Outro fator a ser considerado é a qualidade dos equipamentos fornecidos pelo sistema de saúde, hospitais e similares. Macas que não possuem articulações ou regulagem de altura e inclinação podem reduzir o conforto tanto para o funcionário quanto para o paciente.

Para fundamentar e enriquecer o presente estudo, considerou-se como referência uma pesquisa exploratória de abordagem quantitativa e caráter descritivo realizada no setor de internação cirúrgica de uma instituição de saúde (Sinais e Sintomas Osteomusculares Relacionados ao trabalho em Profissionais de Enfermagem, 2016). Essa investigação previa o levantamento de informações

acerca das atividades assistenciais desempenhadas por enfermeiros, técnicos e auxiliares de enfermagem, bem como a identificação de fatores relacionados ao esforço físico e ao aparecimento de lesões musculoesqueléticas. O estudo forneceu dados detalhados sobre a rotina laboral, tipos de atividades, composição da equipe e metodologia de coleta de dados, servindo como parâmetro para compreender melhor as demandas físicas enfrentadas pelos profissionais de saúde e reforçando a relevância do desenvolvimento de soluções tecnológicas e do presente projeto.

Tabela 2 - Distribuição dos trabalhadores da clínica cirúrgica de um hospital segundo seus dados biopsicossociais (n=25).

Variáveis		TOTAL	
		F	%
Faixa Etária	18-27 Anos	8	32
	28-37 Anos	10	40
	38-47 Anos	5	20
	48-47 Anos	2	8
	Total	25	100
Sexo	Maculino	5	20
	Feminino	20	80
	Total	25	100
Anos de Trabalho	1-3 anos	11	44
	4-6 anos	6	24
	7-9 anos	4	16
	Acima de 10 anos	4	16
	Total	25	100
Carga Horária	48 horas (12/36)	23	92
	36 horas	1	4
	48 horas	1	4
	Total	25	100
Possui outro vínculo empregatício	Sim	7	28
	Não	18	72
	Total	25	100

Legenda: f = Frequência

Fonte: saúde santa maria (2016)

Tabela 3 - Distribuição dos profissionais de enfermagem segundo sintomas, dor e tratamento de LER/DORT e afastamento do trabalho (n=25).

Variáveis		TOTAL	
		F	%
Sintomas de LER/DORT	Sim	19	76
	Não	6	24
	Total	25	100
Localização dos sinais e sintomas	Braço	12	63,2
	Punho	8	42,1
	Pescoço	8	42,1
	Ombro	7	36,8
	Lombar	6	31,6
	Outras localizações	7	36,8
Tratamento além do farmacológico ou sob prescrição médica	Acupuntura	6	24
	Fisioterapia convencional	1	4
	Hidroterapia	1	4
	Sem tratamento	11	44
	Não se aplica	6	24
	Total	25	100
Afastamento do trabalho	Sim	4	16
	Não	15	60
	Não se aplica	6	24
	Total	25	100

Legenda: f = Frequência

Fonte: saúde santa maria (2016)

A sobrecarga física em profissionais da enfermagem é um problema recorrente no ambiente hospitalar. Estudos demonstram que as Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) afetam uma parcela significativa desses trabalhadores, comprometendo sua saúde e produtividade.

Em pesquisa realizada na Clínica Ortopédica do Hospital Regional de Cáceres – MT, Almeida e Lima (2014) constataram que 78 % dos profissionais de enfermagem eram do sexo feminino e 22 % do sexo masculino, reforçando a predominância feminina na área. Além disso, 81 % relataram dores musculares decorrentes da atividade laboral, sendo as regiões mais afetadas a coluna lombar (25 %), pernas (25 %), ombros (13 %) e pescoço (8 %). A maioria dos entrevistados descreveu as dores como recorrentes (69 %), associadas principalmente ao transporte manual de pacientes e equipamentos, à postura incorreta e ao ritmo intenso de trabalho. As autoras ressaltam que as LER não se relacionam apenas à constituição física feminina, mas sobretudo à organização do trabalho, que expõe as mulheres a tarefas repetitivas e sobrecarga física contínua. Essa constatação demonstra que a ergonomia hospitalar ainda é um desafio e evidencia a necessidade de soluções tecnológicas que reduzam o esforço físico e previnam doenças ocupacionais.

Nesse contexto, o Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas busca automatizar o processo de transporte hospitalar, aliviando a força exigida dos profissionais e minimizando os riscos de LER e DORT. A proposta alinha-se às recomendações ergonômicas da NR-17, priorizando a saúde ocupacional e a segurança no trabalho hospitalar.

3.3 NORMAS REGULAMENTADORAS

3.3.1 Norma Regulamentadora 17

A NR 17, em seu item 17.5, aborda especificamente o levantamento, transporte e descarga de cargas, destacando que não deve ser exigido ou admitido o transporte manual de cargas cujo peso seja suscetível de comprometer a saúde ou segurança do trabalhador. Além disso, a norma estabelece que a carga suportada deve ser reduzida quando se tratar de trabalhadora mulher ou trabalhador menor,

conforme as atividades permitidas por lei. Essas diretrizes visam minimizar os riscos de lesões musculoesqueléticas e distúrbios relacionados ao esforço físico excessivo.

Em relação ao transporte de pacientes, a NR 17 recomenda que os locais para pega e depósito das cargas sejam organizados de modo que não obriguem o trabalhador a efetuar flexões, extensões e rotações excessivas do tronco, além de evitar outros posicionamentos e movimentações forçadas e nocivas dos segmentos corporais. Cargas e equipamentos devem ser posicionados o mais próximo possível do trabalhador, resguardando espaços suficientes para os pés, de maneira a facilitar o alcance e não atrapalhar os movimentos

A aplicação dessas diretrizes é essencial para a prevenção de lesões por esforço repetitivo (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), comuns entre profissionais da saúde envolvidos no transporte manual de pacientes. Portanto, é imprescindível que hospitais e instituições de saúde adotem práticas que estejam em conformidade com a NR 17, promovendo ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis para seus colaboradores.

3.3.2 NBR IEC 60601-2-52- Equipamento Eletromédico

A NBR IEC 60601-2-52 é uma norma brasileira que define requisitos de segurança e desempenho para camas hospitalares. Ela cobre aspectos como segurança elétrica, resistência mecânica, proteção contra riscos biológicos, e compatibilidade eletromagnética, garantindo que as camas sejam seguras e eficazes para uso em ambientes de cuidados médicos. A conformidade com essa norma é essencial para a certificação e comercialização de camas hospitalares no Brasil, e é usada por fabricantes, profissionais de saúde e engenheiros clínicos para assegurar que os equipamentos atendam aos padrões exigidos. De acordo com a norma, "as camas hospitalares devem ser projetadas para garantir a segurança do paciente, incluindo proteções laterais ajustáveis que minimizem o risco de quedas durante o uso" (NBR IEC 60601-2-52, 2010).

3.3.3 ABNT NBR ISO 14971 Dispositivos Médicos — Aplicação de Gerenciamento de Risco a Dispositivos médicos

A ABNT NBR ISO 14971 é uma norma brasileira que orienta o gerenciamento de risco em dispositivos médicos. Ela visa garantir a segurança dos pacientes e usuários ao longo do ciclo de vida dos dispositivos. A norma cobre a identificação e análise de perigos, avaliação e controle de riscos, e exige documentação rigorosa de todo o processo. Também enfatiza a importância do monitoramento contínuo após a comercialização para ajustar o gerenciamento de risco conforme necessário. A conformidade com esta norma é essencial para fabricantes de dispositivos médicos, assegurando a segurança, eficácia e conformidade regulatória dos produtos. “É destinado a auxiliar os fabricantes de produtos para saúde a identificar os perigos associados com o produto para saúde, estimar e avaliar os riscos associados, controlar esses riscos e monitorar a eficácia dos controles.” (ABNT NBR ISO 14971).

3.3.4 Norma Regulamentadora 12

A Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), estabelecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), define os princípios fundamentais e as medidas de proteção destinadas a garantir a segurança no trabalho com máquinas e equipamentos em todo o território nacional. Sua atualização mais recente, publicada em 2023, reforça a necessidade de integrar aspectos técnicos, ergonômicos e organizacionais no ciclo de vida das máquinas — desde o projeto até a operação, manutenção e descarte. O objetivo principal da NR-12 é prevenir acidentes e doenças ocupacionais decorrentes da interação entre trabalhadores e sistemas mecânicos, elétricos ou automatizados. A norma abrange requisitos técnicos de segurança, métodos de proteção coletiva e individual, dispositivos de comando, sinalização, sistemas elétricos e medidas administrativas voltadas à capacitação dos operadores.

Conforme o item 12.4, todos os equipamentos devem possuir sistemas de comando seguros e confiáveis, projetados para evitar partidas inesperadas, falhas perigosas e movimentos não controlados. A norma determina que esses sistemas incluam dispositivos de parada de emergência e que as funções críticas sejam

projetadas com redundância e bloqueios de segurança. O item 12.38 estabelece que as partes móveis de máquinas e equipamentos — como eixos, correias, polias e engrenagens — devem ser devidamente protegidas por carenagens, grades ou barreiras físicas, para impedir o contato acidental. Tais proteções devem ser fixas, resistentes e de fácil remoção apenas mediante o uso de ferramentas adequadas.

A norma também trata das instalações elétricas (item 12.45), exigindo que as máquinas possuam circuitos isolados, dispositivos de proteção contra sobrecorrente, aterramento eficaz e sinalização de tensão. O objetivo é eliminar riscos de choques elétricos e incêndios, além de garantir a integridade dos operadores e do equipamento. Outro ponto fundamental é a sinalização visual e sonora prevista no item 12.130. Esse requisito orienta que as máquinas disponham de indicadores de funcionamento, alarmes e avisos de risco, permitindo a comunicação imediata de situações de perigo. A norma ainda prevê que símbolos, cores e legendas sigam o padrão definido pela NR-26 (Sinalização de Segurança).

Além dos aspectos técnicos, a NR-12 dedica parte de seu conteúdo à capacitação e treinamento dos trabalhadores (item 12.153). O texto estabelece que somente pessoas devidamente instruídas, qualificadas ou autorizadas possam operar, instalar ou realizar manutenção em máquinas e equipamentos. Essa formação deve abordar não apenas os procedimentos operacionais, mas também os riscos envolvidos e as medidas preventivas associadas. De forma complementar, a norma enfatiza a importância da documentação técnica de segurança, que deve conter desenhos, especificações, memorial descritivo e instruções de uso e manutenção. Esse conjunto de informações garante a rastreabilidade e o controle das condições de segurança ao longo do tempo.

Portanto, a NR 12 constitui um dos pilares da segurança industrial e da automação no Brasil, promovendo a integração entre tecnologia, ergonomia e prevenção de acidentes. Seu cumprimento é obrigatório e representa um passo essencial para assegurar a proteção física, à integridade psicológica e a saúde ocupacional dos trabalhadores que interagem com máquinas e sistemas automatizados.

3.4 IMPORTÂNCIA DO TEMPO DENTRO DOS HOSPITAIS

O tempo é um dos recursos mais preciosos em um ambiente hospitalar, impactando diretamente a qualidade do atendimento, a eficiência dos processos e, consequentemente, a vida dos pacientes. Em um hospital, onde a demanda por serviços de saúde é constante e as necessidades dos pacientes variam de acordo com a gravidade dos casos, a gestão do tempo torna-se essencial para o sucesso dos tratamentos e a satisfação dos pacientes. Cada minuto dentro de um hospital pode ser decisivo, representando a diferença entre a vida e a morte, recuperação rápida ou agravamento de uma doença.

No contexto de emergências médicas, o tempo é um fator crítico. Quando um paciente chega ao pronto-socorro com uma condição grave, como um infarto ou AVC, a resposta rápida da equipe médica pode salvar vidas. Processos como triagem rápida e precisa são fundamentais para identificar quais pacientes precisam de atendimento imediato e quais podem esperar um pouco mais. Quando esses procedimentos são bem executados, os recursos são direcionados para os pacientes mais críticos, otimizando o uso das instalações hospitalares e melhorando os desfechos clínicos. Segundo Boersma (1996), cada minuto de atraso na administração do tratamento adequado para infarto agudo do miocárdio pode aumentar o risco de morte em aproximadamente 7,5%, ressaltando a importância crucial do tempo na prática hospitalar. Isso ilustra o valor do tempo nesse contexto.

Além disso, o tempo afeta diretamente o diagnóstico e o tratamento dos pacientes. A rapidez na realização de exames e na interpretação dos resultados permite que os médicos iniciem os tratamentos mais cedo, aumentando as chances de sucesso. Em muitas situações, um diagnóstico precoce é vital para evitar complicações graves. Por exemplo, no tratamento do câncer, a detecção precoce pode aumentar significativamente as chances de cura, enquanto atrasos podem resultar em estágios mais avançados da doença, tornando o tratamento mais complexo e menos eficaz. A eficiência no uso do tempo também influencia a duração das internações hospitalares; Quanto mais rápido for estabelecido um diagnóstico correto e iniciado o tratamento, menor será o tempo de permanência do paciente no hospital, liberando leitos para novos pacientes e reduzindo os custos hospitalares. Para Gordilho (2020) “A gestão eficaz do tempo é fundamental para

uma organização de saúde que busca melhorar a eficiência, a qualidade do atendimento e o bem-estar de sua equipe”.

A gestão do tempo também é crucial para a experiência do paciente e para a satisfação com os serviços de saúde. Quando os profissionais de saúde conseguem administrar seu tempo de forma eficaz, eles podem dedicar mais atenção e cuidado a cada paciente, proporcionando um atendimento mais humanizado e de qualidade. Uma interação atenciosa entre médico e paciente, com tempo suficiente para explicar diagnósticos, tratamentos e ouvir preocupações, é fundamental para uma experiência positiva

3.5 DINÂMICAS NO ATENDIMENTO EM MACAS HOSPITALARES

A dinâmica no atendimento em macas hospitalares é vital para garantir a segurança, conforto e eficiência no transporte de pacientes dentro das unidades de saúde. Segundo o Procedimento Operacional Padrão (POP) do Serviço de Maqueiro (2022), “Os maqueiros devem verificar a identificação do paciente e assegurar que todos os dispositivos médicos estejam devidamente conectados e seguros.” (POP Serviço de Maqueiro, 2022, p. 3). Este cuidado inicial é fundamental para prevenir erros de identificação e garantir que o paciente receba os cuidados necessários durante o deslocamento.

Como destacado por Tedesco, Castanheira e Rodrigues (2023), “A capacitação contínua dos maqueiros é preciso para manter a qualidade no atendimento hospitalar, assegurando que práticas atualizadas sejam seguidas rigorosamente” (TEDESCO; CASTANHEIRA; RODRIGUES, 2023, p. 50). Esse treinamento constante contribui para a humanização do cuidado com os pacientes. A dinâmica desse atendimento reflete a importância de combinar segurança, eficiência e comunicação para oferecer um transporte seguro e confortável dentro do ambiente hospitalar.

3.6 INCENTIVOS TECNOLÓGICOS EM EQUIPAMENTOS HOSPITALARES

O setor de equipamentos médicos no Brasil apresenta desafios significativos relacionados à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, conforme apontam

estudos recentes da ABIMED (2023) e da KPMG (2018). Apesar de o país possuir um mercado promissor e em expansão, observa-se um déficit de investimentos destinados à modernização de equipamentos e à implementação de novas tecnologias nos hospitais, impactando diretamente a eficiência dos serviços prestados e a qualidade do atendimento aos pacientes. Essa carência tecnológica limita a produtividade dos profissionais de saúde e reduz a capacidade de adoção de soluções inovadoras que poderiam otimizar processos críticos, como o transporte de pacientes em macas hospitalares. A ABIMED evidencia que políticas públicas e incentivos financeiros direcionados à pesquisa e ao desenvolvimento de dispositivos médicos são essenciais para reduzir essas lacunas e promover ambientes hospitalares mais eficientes e seguros.

Complementarmente, o estudo da KPMG (2018) destaca que a ausência de investimentos estruturados em pesquisa e desenvolvimento constitui um dos principais obstáculos para o avanço do setor de dispositivos médicos no país. Enquanto países desenvolvidos mantêm programas de inovação e financiamento voltados para novos equipamentos, o Brasil depende majoritariamente da importação de tecnologias prontas, o que limita a adaptação das soluções às necessidades locais. A falta de incentivos fiscais e programas de apoio a startups de tecnologia médica dificulta ainda mais a criação de soluções inovadoras e acessíveis. Dessa forma, a integração entre universidades, escolas, empresas e hospitais, aliada a políticas de fomento à inovação, é fundamental para superar essas lacunas, elevar a competitividade do setor e garantir a atualização tecnológica necessária para aprimorar o cuidado ao paciente e a ergonomia dos profissionais de saúde.

3.7 CONCEITOS FÍSICOS

3.7.1 Peso

Segundo Helerbrock (2024), o peso é a força com que a gravidade puxa um objeto em direção ao centro da Terra. Ele é calculado pela fórmula $P = m \cdot g$, onde P

é o peso, m é a massa do objeto e g é a aceleração da gravidade, que é aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$ na terra. A unidade do peso é o Newton (N).

3.7.2 Movimento Linear

O movimento linear refere-se ao deslocamento de um objeto ao longo de uma linha reta. Para Helerbrock (2024, p. 1):

Momento linear, também conhecido como quantidade de movimento, é uma grandeza física vetorial, pois apresenta módulo, direção e sentido. É definido pelo produto da massa do corpo, em kg , por sua velocidade, em m/s . Dessa forma, sua unidade do Sistema Internacional é o $kg \cdot m/s$.

3.7.3 Torque

Como diz Helerbrock (2024), o torque é a medida da força que pode causar um objeto girar em torno de um eixo. A fórmula para calcular o torque é $t = F \cdot r \cdot \sin(\theta)$, onde t é o torque, F é a força aplicada, r é a distância do eixo de rotação ao ponto onde a força é aplicada, e θ é o ângulo entre a força e a linha que conecta o ponto de aplicação da força ao eixo de rotação. A unidade do torque é o Newton-metro (Nm).

3.7.4 Força

Raphaella Melo (2024) diz que a força é uma interação que pode mudar o estado de movimento de um objeto. A fórmula para calcular a força é $F = m \cdot a$, onde F é a força, m é a massa do objeto e a é a aceleração. A unidade da força é a mesma do peso, ou seja, Newton (N).

3.7.5 Velocidade

Helerbrock (2024) fala que a velocidade é a taxa de variação do deslocamento de um objeto com o tempo e inclui a direção do movimento. É calculada pela fórmula $v = d/t$, onde v é a velocidade, d é o deslocamento e t é o tempo. A unidade da velocidade é Metro por segundo (m/s)

3.8 COMPONENTES

Componentes teóricos para a aplicação em escala real, apenas para visualização do dispositivo. Levantamento necessário para análise de possíveis equipamentos a serem utilizados.

3.8.1 Bateria 24V Recarregável com Carregador

A bateria tem como função alimentar o circuito elétrico no qual for integrado.

Figura 1 - Bateria 24 V



Fonte: Aliexpress (2024)

3.8.2 Motor 24V DC 350 W + Controlador de Motor

É usada para gerar a força de rotação, movimento linear ou processo similar, usando alguma fonte de energia em seus funcionamento. E o controlador embutido fica responsável por ajustar o torque gerado, assim controlando a velocidade.

Figura 2 - Motor 24V

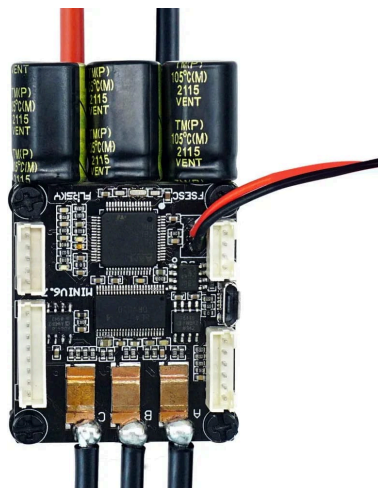


Fonte: Stepper Online (2025)

3.8.3 Controlador de velocidade elétrico

Função da Ponte H.

Figura 3 - Controlador de velocidade elétrico



Fonte: Marker hero (2024)

3.8.4 Controlador Lógico Programável

Usado na criação de protótipos por meio de código aberto, além de na automação, programação, robótica, experimentos científicos, entre outros.

Figura 4 - CLP Siemens



Fonte: Amazon (2024)

3.8.5 Potenciômetro

Um potenciômetro é um resistor ajustável que permite variar a resistência em um circuito, controlando a corrente e ajustando parâmetros como volume em dispositivos eletrônicos.

Figura 5 - Potenciômetro



Fonte: Casa da Robótica (2024)

3.8.6 Joystick 2 eixos de alta precisão

Responsável por controlar movimentações de eixos, como de servo motores, eixos mecânicos programáveis, automações móveis de alta precisão e direcionamentos em dispositivos de 2 eixos.

Figura 6 - Joystick de alta precisão



Fonte: Ardushop Eletrônica (2025)

3.8.7 Célula de carga GL

A Célula de Carga Tipo GL é ideal para medições precisas de peso em sistemas de balança, automação industrial, projetos de engenharia e controle de processos.

Figura 7 - Célula de carga



Fonte: E-Commerce Gest (2025)

3.9 AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM AMBIENTES HOSPITALARES

A automação vem se consolidando como uma das principais estratégias de modernização em ambientes hospitalares, promovendo maior eficiência, precisão e segurança nos processos. Segundo Fiocruz (2023), o avanço de tecnologias aplicadas à saúde possibilita o desenvolvimento de sistemas de transporte automatizado, controle de medicamentos, rastreamento de equipamentos e monitoramento remoto de pacientes, reduzindo falhas humanas e aumentando a produtividade operacional.

Em hospitais de referência, como o Albert Einstein e o Sírio-Libanês, a automação já está presente em sistemas de movimentação interna, distribuição de materiais e controle de macas e leitos inteligentes (ALVES et al., 2024). Esses sistemas permitem que o transporte de pacientes ocorra com menor esforço físico e maior previsibilidade, otimizando rotinas e minimizando riscos ergonômicos.

No contexto do Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas, a aplicação da automação busca reduzir o esforço manual dos profissionais de saúde, melhorar a ergonomia e aumentar a segurança durante o deslocamento de pacientes. Dessa

forma, o projeto contribui diretamente para a eficiência hospitalar e para a valorização das boas práticas de gestão e humanização do cuidado.

4.0 ERGONOMIA E SAÚDE OCUPACIONAL NO TRANSPORTE DE PACIENTES

A ergonomia é a ciência que estuda a adaptação do trabalho ao ser humano, visando à eficiência e à prevenção de distúrbios físicos. No ambiente hospitalar, o transporte manual de pacientes em macas é uma das atividades mais críticas do ponto de vista ergonômico. Segundo o Ministério da Saúde (DATASUS, 2024), aproximadamente 63% dos afastamentos de profissionais de enfermagem estão relacionados a Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT).

A NR-17 (Ergonomia) estabelece diretrizes para adequar condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, buscando conforto, segurança e desempenho eficiente. O uso de dispositivos automatizados reduz a carga física e postural imposta aos profissionais, conforme estudos de Lida (2023), que demonstram que a mecanização de tarefas repetitivas pode diminuir em até 70% o esforço físico durante o transporte hospitalar.

Portanto, o dispositivo proposto atende diretamente às recomendações ergonômicas da NR-17, contribuindo para a saúde ocupacional e prevenindo danos musculares a longo prazo. Além disso, o controle por joystick elimina a necessidade de empurrar ou frear manualmente, promovendo uma postura neutra e segura para o operador.

4.1 TECNOLOGIA ASSISTIVA E HUMANIZAÇÃO HOSPITALAR

Conforme a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), considera-se tecnologia assistiva qualquer produto, equipamento, dispositivo ou sistema que visa melhorar a funcionalidade e a autonomia de pessoas, incluindo profissionais em ambientes laborais. Nesse contexto, o Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas enquadra-se como uma tecnologia assistiva de uso ocupacional, pois facilita o trabalho de enfermagem e reduz barreiras físicas impostas pelo esforço manual.

Além da função técnica, o dispositivo promove a humanização hospitalar, conceito amplamente defendido pela Política Nacional de Humanização (PNH) do

SUS (BRASIL, 2022). Essa política incentiva o uso de tecnologias que respeitem os limites humanos e valorizem o bem-estar dos trabalhadores e pacientes. Assim, o projeto alia inovação tecnológica e empatia, reforçando a dignidade do trabalho em saúde. De acordo com Bersch (2021), o uso de tecnologias assistivas na saúde amplia a inclusão, melhora a qualidade do atendimento e favorece a sustentabilidade dos processos, princípios que estão plenamente presentes neste projeto.

4 METODOLOGIA

A realização do presente projeto visa encontrar a solução mais adequada e coerente com a realidade, utilizando uma abordagem quali-quantitativa e pesquisas exploratórias e experimentais, compreendendo problemas na área hospitalar como a ergonomia e suas consequências quando não respeitada. Aplicando conceitos científicos para evidenciar um problema pouco abordado, no qual impacta diretamente o sistema de saúde.

4.1 TIPO DE PESQUISA

Para elaborar o nosso projeto, foi utilizada uma abordagem de pesquisa quali-quantitativa. O objetivo da pesquisa qualitativa foi entender a importância do investimento em tecnologia para os equipamentos hospitalares, pois uma pesquisa qualitativa busca o aprofundamento da compreensão de um determinado grupo social (GOLDENBERG, 1997, p. 34). Analisando a perspectiva dos funcionários responsáveis pelo manuseio de macas hospitalares e o esforço físico envolvido. As entrevistas abordadas destacam as dificuldades e as consequências do esforço físico necessário para executar essas tarefas, utilizando a pesquisa citada na fundamentação teórica que se refere a frequência de Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) no manuseio de macas hospitalares e outros esforços em seus serviços, o que se tornou um dos pilares para a criação do projeto. Além disso, foi analisado um estudo publicado na revista *Disciplinarum Scientia* analisou a prevalência de sintomas musculoesqueléticos e o uso de anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs) por profissionais acometidos por Lesões por Esforços Repetitivos e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (LER/DORT). A pesquisa evidencia que trabalhadores da saúde, devido à intensidade e repetitividade de suas atividades, apresentam altos índices de dor e desconforto, frequentemente recorrendo à automedicação para manejo dos sintomas. Esses estudos destacam a necessidade de estratégias preventivas, como a aplicação da NR 17, para reduzir a sobrecarga física e promover condições ergonômicas adequadas.

No contexto hospitalar, tarefas como o transporte manual de pacientes em macas representam atividades de risco para o desenvolvimento de LER/DORT. A

carência de inovação evidencia uma lacuna tecnológica significativa no setor, tanto no Brasil. A implementação de soluções tecnológicas, como macas automatizadas, pode minimizar esforços físicos, aumentar a segurança do paciente e melhorar a eficiência do trabalho dos profissionais de enfermagem, atendendo simultaneamente às normas de ergonomia e às demandas do ambiente hospitalar. Esses dados comprovam a ineficiência atual e o déficit tecnológico no meio hospitalar, causando diversos problemas aos funcionários de forma direta e indireta.

No âmbito da pesquisa quantitativa, foi necessária uma análise da estrutura das macas hospitalares, dimensionamento do espaço de locomoção interna em hospitais, viabilidade do uso de equipamentos eletromecânicos integrados em equipamentos médicos e cálculos de peso e força que serão aplicados no equipamento.

Para definir uma solução para o problema, foi realizada uma pesquisa exploratória de caráter bibliográfico, observando dados sobre a importância da locomoção de pacientes acamados em macas, as dificuldades enfrentadas pelos funcionários responsáveis pelo transporte e as consequências a longo prazo do excesso de repetições desse processo para esses profissionais. A pesquisa também aborda os benefícios que os pacientes podem obter com a adoção de tecnologias mais avançadas em equipamentos hospitalares, especialmente aqueles que exigem força manual dos funcionários.

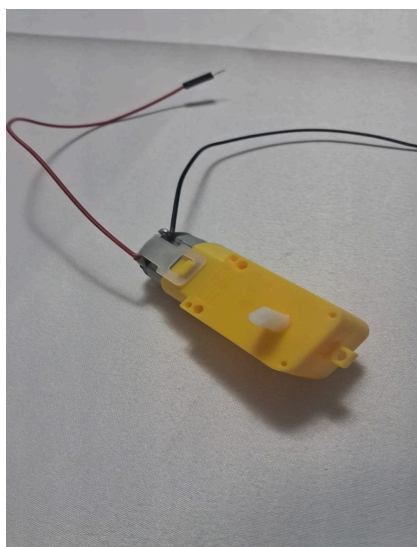
A fim de desenvolver uma solução viável, será realizada uma pesquisa experimental com a montagem de um protótipo em escala reduzida, simulando a utilização de um dispositivo que auxilie na mobilidade de uma maca hospitalar de tamanho real. Com base nos resultados dos testes e nos cálculos teóricos realizados, será feito um dimensionamento preciso para ampliar o protótipo até sua forma definitiva e eficaz para uso.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.2.1 Motor 5V e Caixa Redutora para Arduino

Será integrado ao eixo de rotação das rodas, fazendo com que seja automatizado o controle de seu movimento. Além de ampliar o torque do protótipo, simulado com mais similaridade ao tamanho real.

Figura 8 - Motor 5V e caixa redutora

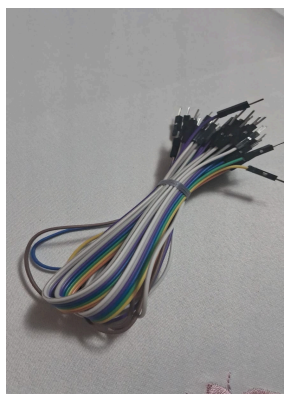


Fonte: os autores (2025)

4.2.2 Jumper Macho/Fêmea

Os jumpers tem como função fazer as conexões da protoboard, a ponte H, arduino e o servo motor.

Figura 9 - Jumpers

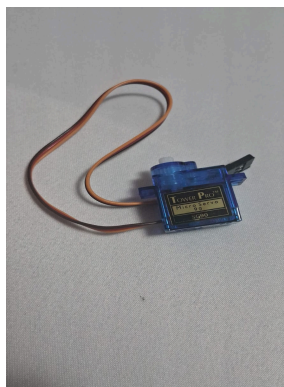


Fonte: os autores (2025)

4.2.3 Servo Motor

Para que o motor funcione de forma ordenada no sistema, o servo motor será integrado ao seu respectivo motor, controlando-o, responsável também pelo direcionamento de até 180°.

Figura 10 - Servo motor

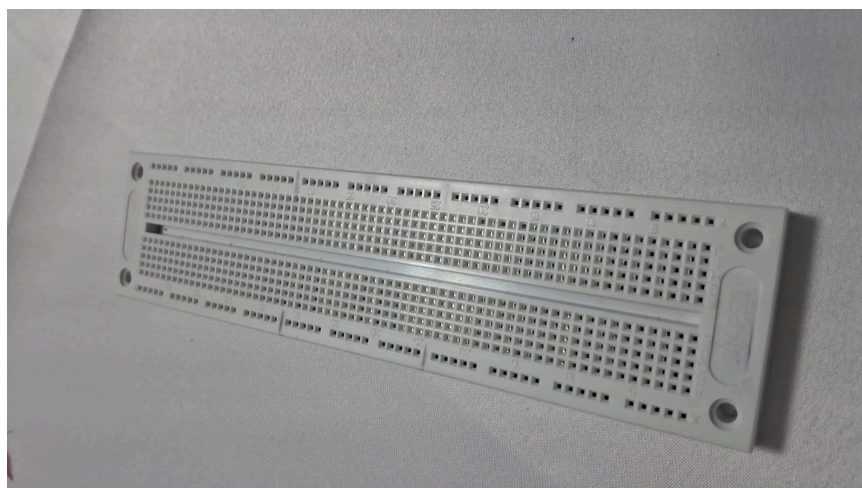


Fonte: os autores (2025)

4.2.4 Protoboard

A protoboard possibilitará os testes do circuito, com a conexão dos jumpers na ponte H, arduino e potenciômetro.

Figura 11 - Protoboard

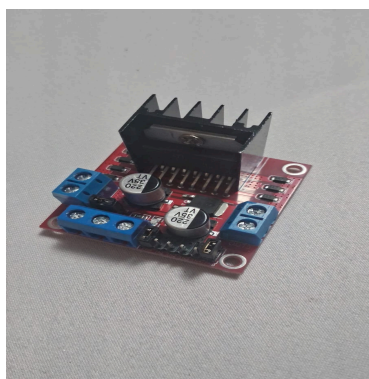


Fonte: os autores (2025)

4.2.5 Driver Ponte H

Um driver ponte H controlará o seu motor permitindo que eles girem em ambas as direções e ajustem a velocidade. Ele faz isso invertendo a polaridade da corrente elétrica através do motor, utilizando uma configuração de circuito específico com o controle feito pelo arduino.

Figura 12 - Driver ponte H

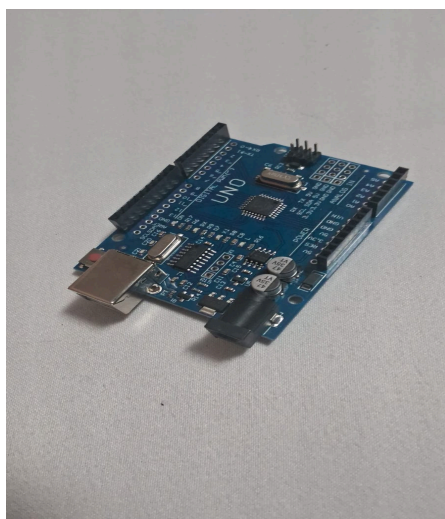


Fonte: os autores (2025)

4.2.6 Arduino Uno

Será responsável pelo comando geral do circuito, sendo programado para controlar as pontes H, os servos motores e os motores.

Figura 13 - Arduino Uno



Fonte: os autores (2025)

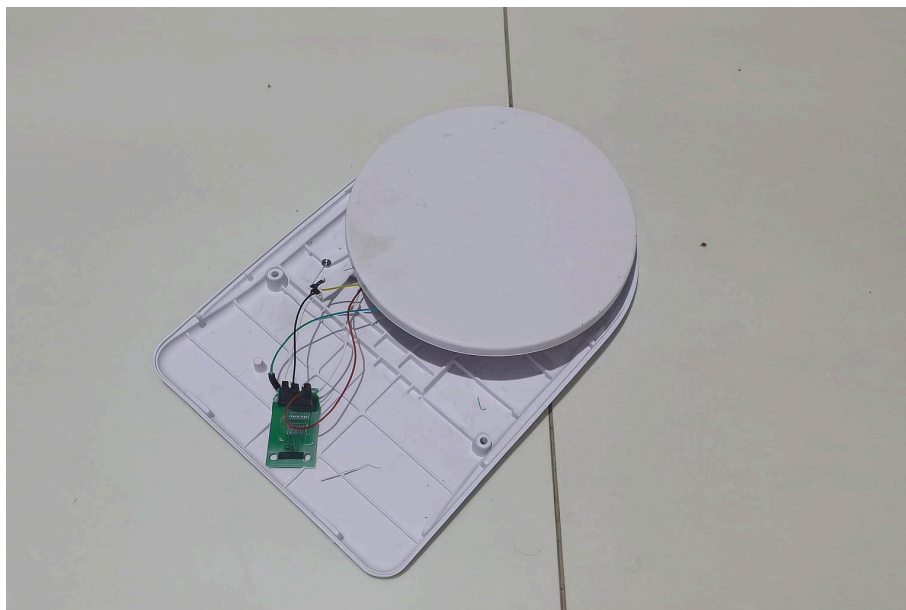
4.2.7 Potenciômetro

O potenciômetro é um resistor ajustável que permitirá variar a resistência do circuito, controlando a corrente e ajustando a velocidade dos motores.

4.2.8 Célula de Carga e Módulo HX711

Tem como função ler a carga recebida pela maca, passando para o arduino calcular o torque necessário ou mais adequado para o peso, levando em consideração a variação do potenciômetro. Foi utilizada a célula de carga de uma balança e seu módulo.

Figura 14 - Célula de carga (balança)



Fonte: os autores (2025)

4.2.9 Joystick + Botões

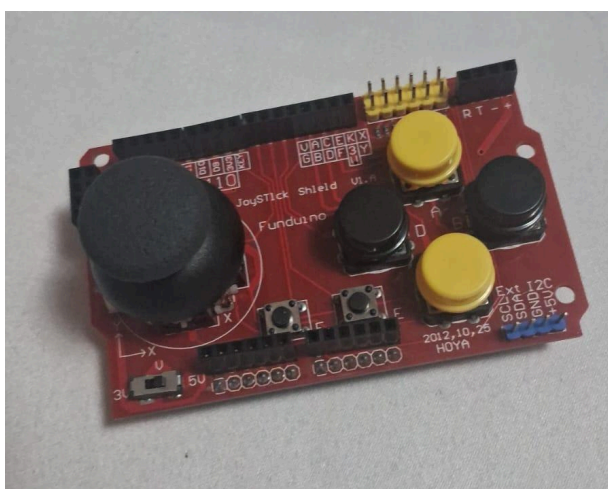
Joystick usado para direcionar a direção lateral das rodas, havendo dois, um para as rodas dianteiras e outro para as rodas traseiras. E os botões serão responsáveis por ligar e desligar o dispositivo.

Figura 15 - Joystick



Fonte: os autores (2025)

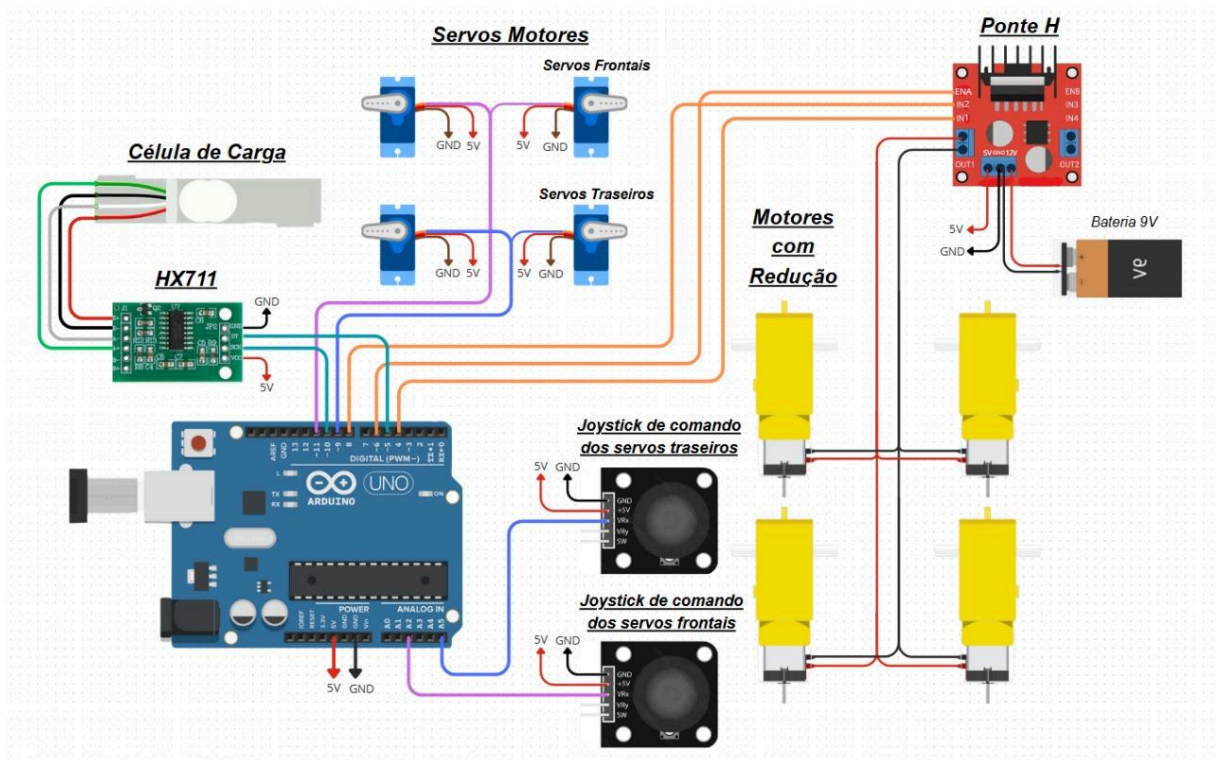
Figura 16 - Joystick e botões



Fonte: os autores (2025)

4.3 ESQUEMA ELÉTRICO

Figura 17 - Esquema elétrico



Fonte: os autores (2025)

4.4 PROGRAMAÇÃO

Com o uso do programa Arduino IDE foi feita a seguinte programação na linguagem C++:

```
#include <Servo.h>
```

```
#include <Servo.h>
```

```
#include <HX711.h>
```

```
#define potservoF A2
```

```
#define potservoA A4
```

```
#define pinDT 2
```

```
#define pinSCK 3
```

```
#define in1 4
```

```
#define in2 8
```

```
#define enA 6
```

```

Servo servoF;
Servo servoA;
HX711 sispes;

float medida = 0;0
int velmot = 145;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sispes.begin(pinDT, pinSCK);
  sispes.set_scale(327000);
  delay(50);
  sispes.tare();
  Serial.println("Balança Zerada");

  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(enA, OUTPUT);

  servoF.attach(11);
  servoA.attach(9);
}

void loop() {
  medida = sispes.get_units(5);
  Serial.print("Peso: ");
  Serial.println(medida, 3);
  Serial.print("PWM: ");
  Serial.println(velmot);
  int posSF = map(analogRead(potservoF),0,1023,0,180);
  int posSA = map(analogRead(potservoA),0,1023,0,180);

  servoA.write(posSA);
  servoF.write(posSF);

  if(medida > 5.5)
  {

```

```

    velmot += 10;
    velmot = constrain(velmot, 145, 255);
    analogWrite(enA, velmot);
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
}
else if(medida > 1 && medida < 4)
{
    velmot -= 10;
    analogWrite(enA, velmot);
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
}
else if(medida < 1 && medida > -1)
{
    velmot = 145;
    analogWrite(enA, 0);
}
else if(medida < -4)
{
    velmot += 10;
    velmot = constrain(velmot, 145, 255);
    analogWrite(enA, velmot);
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
}
else if(medida < -1 && medida > -3)
{
    velmot -= 10;
    analogWrite(enA, velmot);
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
}
}

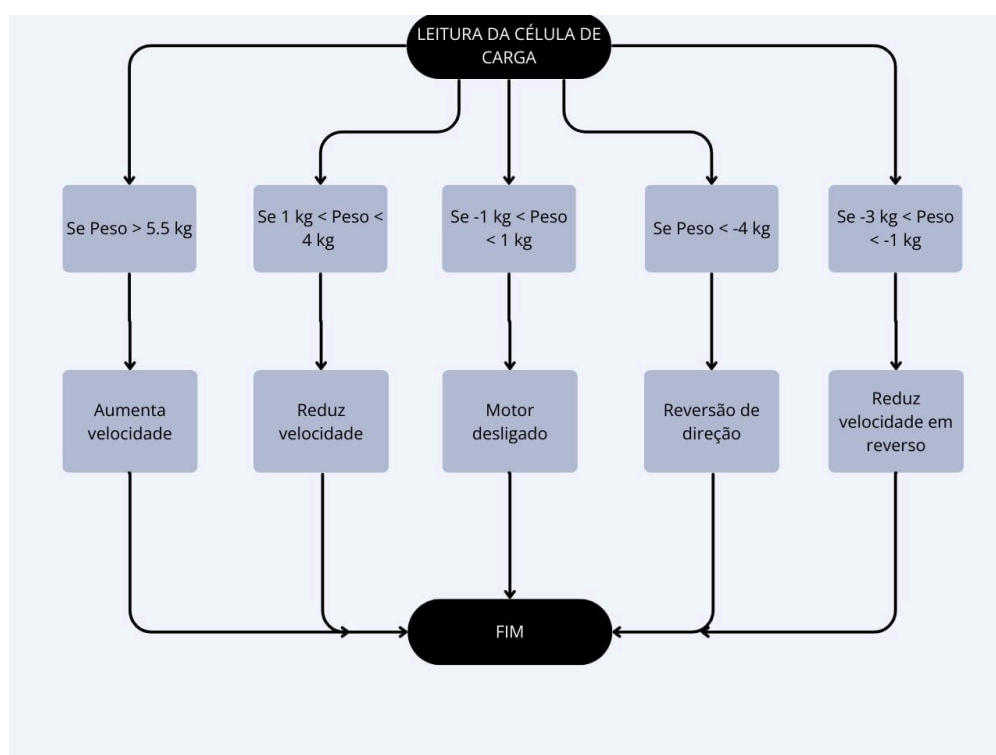
```

4.5 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

4.5.1 Fluxograma de Funcionamento

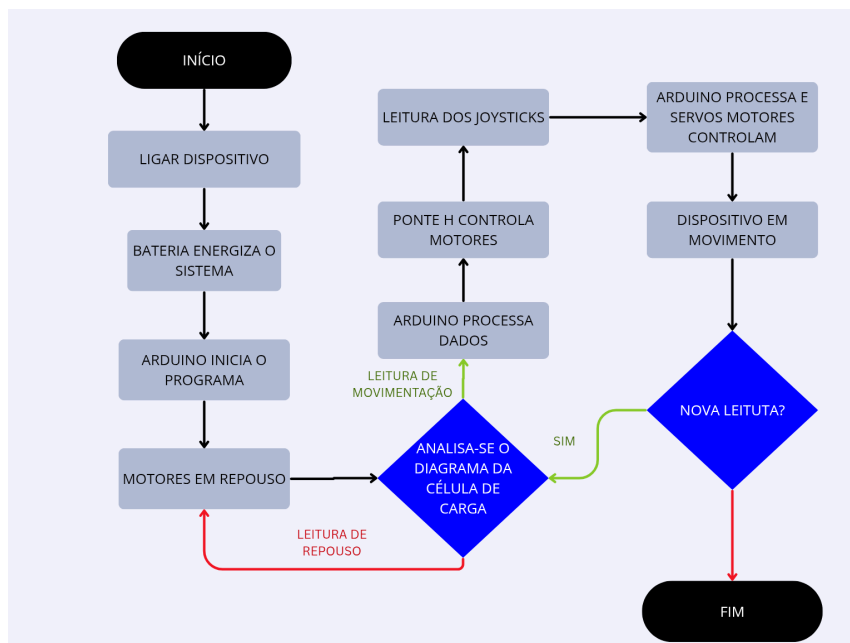
Fluxograma com as características do programa do arduino, seguindo as variáveis de funcionamento, levando em consideração a lógica de programação com a mecânica do dispositivo.

Figura 18 - Diagrama da célula de carga



Fonte: os autores (2025)

Figura 19 - Fluxograma

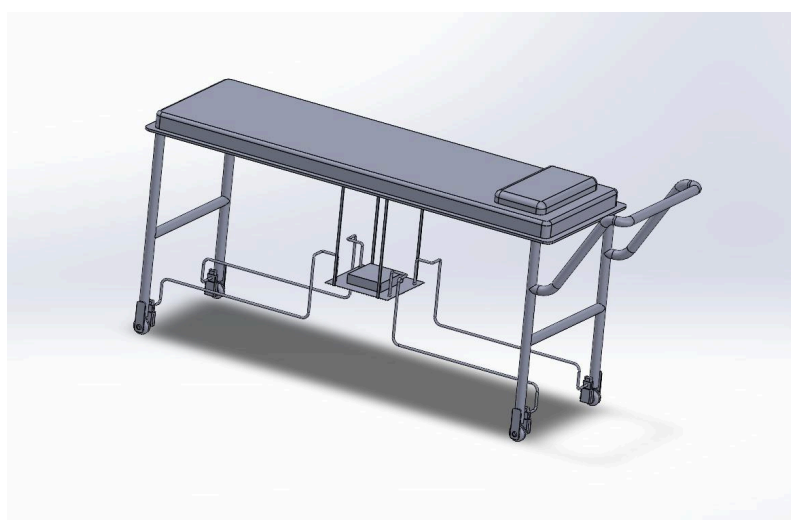


Fonte: os autores (2025)

4.5.2 Visualização do Dispositivo

Modelagem realizada para visualização teórica da aplicação do dispositivo.

Figura 20 - Esquematização visual do protótipo



Fonte: os autores (2025)

4.6 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

4.6.1 Cálculos Relacionados a Viabilidade do Projeto e seu Dimensionamento em Escala Real

Com o desenvolvimento do dispositivo em escala reduzida é difícil visualizar a aplicabilidade do projeto, além de tornar algo abstrato no qual não é um objetivo do trabalho, e sim trazer uma solução inovadora para um problema que prejudica o meio hospitalar. Analisar com grandezas físicas e dimensioná-lo em escala real traz maior confiabilidade para o projeto e seus resultados.

4.6.1.1 Torque do Motor

Para determinar o motor adequado com base no torque necessário, é essencial realizar uma análise precisa da força aplicada pelo protótipo, utilizando métodos matemáticos para estimar o motor ideal para o dispositivo em escala real. O cálculo do torque de um motor pode ser expresso pela fórmula:

$$T = F * D$$

Onde:

T = Torque (Nm)

F = Força (N)

D = Distância (m)

Será necessária usar sua outra variação também:

$$T = F * r * \sin(\theta)$$

Onde:

T = Torque (Nm)

F = Força (N)

r = Distância do eixo de rotação (m)

Para garantir que o dispositivo seja capaz de transportar pacientes com segurança e eficiência, foram realizados cálculos específicos para determinar o torque mínimo necessário para os motores instalados nas rodas da maca. Considerando um limite de carga de até 280 kg, buscou-se ampliar a precisão dos cálculos e prever as condições reais de uso no ambiente hospitalar.

Assim, o peso total aplicado sobre o sistema é de 2744 N. Como o dispositivo conta com quatro rodas motrizes, assume-se uma distribuição uniforme da carga, resultando em uma força de 686 N atuando sobre cada roda. O raio da roda, adotado como 0,10 m (correspondente a um diâmetro de 20 cm, comum em equipamentos hospitalares). Com isso, chegou-se a um valor mínimo de 68,6 Nm de torque por motor. Entretanto, considerando fatores como atrito, rampas, obstáculos e a necessidade de arrancada sob carga, foi adicionada uma margem de segurança de 30%, elevando o torque mínimo estimado para 89,18 Nm por motor.

Além disso, para simular a movimentação real da maca, assumiu-se uma velocidade média de deslocamento de 1,2 m/s, considerada segura para ambientes hospitalares. Com base nessa velocidade e no raio da roda, calculou-se a velocidade angular dos motores em aproximadamente 12 rad/s, permitindo estimar a potência necessária.

O resultado foi uma exigência de potência média de 823,2 W (ou cerca de 0,82 kW) por motor para manter a maca em movimento constante com a carga máxima.

Esses dados serão fundamentais para a escolha dos motores definitivos do dispositivo em escala real. A seleção dos componentes deve garantir que o sistema tenha torque suficiente para iniciar e manter o movimento mesmo com carga máxima, além de proporcionar segurança, estabilidade e eficiência energética no deslocamento. A adoção de motores com essas características contribuirá diretamente para a funcionalidade e viabilidade do projeto.

4.6.1.2 Ponto Gravitacional e Equilíbrio da Maca

Com base nas dimensões reais da maca hospitalar (1,90 m de comprimento, 0,60 m de largura e 0,86 m de altura), foram realizados os cálculos para estimar o centro de gravidade do dispositivo já considerando todos os componentes definitivos descritos na fundamentação teórica. A análise foi essencial para garantir estabilidade, segurança e eficiência durante o transporte automatizado de pacientes em diferentes condições clínicas.

Foram incluídos no cálculo os seguintes elementos: estrutura metálica da maca, peso do paciente (até 280 kg), quatro motores de tração, célula de carga tipo GL, controlador lógico programável (CLP) Siemens e bateria 24V. O sistema

completo foi estimado em uma massa total de aproximadamente 359,2 kg, com os componentes distribuídos de forma simétrica na base da estrutura.

Utilizando o modelo de cálculo tridimensional do centro de massa, foram consideradas as coordenadas médias de cada componente em relação aos eixos principais da estrutura. Os cálculos seguem a seguinte fórmula para cada eixo:

$$CG_x = (\sum m_i \cdot x_i) / \sum m_i$$

$$CG_y = (\sum m_i \cdot y_i) / \sum m_i$$

$$CG_z = (\sum m_i \cdot z_i) / \sum m_i$$

Abaixo, apresentam-se os valores obtidos para cada coordenada do centro de gravidade:

Tabela 4 - Valores do centro de gravidade

Eixo	Centro de Gravidade Aproximado (m)
X	0,96
Y	0,30
Z	0,61

Fonte: os autores (2025)

Essa centralização favorece o equilíbrio estático e dinâmico da maca, especialmente durante frenagens, manobras em corredores estreitos ou movimentação em rampas. A posição adequada do centro de gravidade reduz os esforços dos motores e aumenta a estabilidade geral, garantindo segurança para o paciente e eficiência na locomoção do dispositivo em ambientes hospitalares.

4.6.1.3 Análise Comparativa com Macas Hospitalares Convencionais

A comparação entre o Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas e as macas hospitalares convencionais evidencia avanços significativos em termos de ergonomia, eficiência operacional e segurança no transporte de pacientes. Enquanto as macas tradicionais ainda dependem exclusivamente do esforço físico dos profissionais da saúde, o dispositivo desenvolvido introduz um sistema de tração

automatizado, capaz de reduzir substancialmente o esforço necessário para o deslocamento de pacientes, principalmente em corredores longos ou rampas.

Nas macas convencionais, a movimentação é manual e contínua, exigindo empurrões e correções de direção constantes, o que leva à sobrecarga física e à ocorrência de Lesões por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). Estudos da Fiocruz (2023) destacam que a mobilidade manual de pacientes é uma das principais causas de afastamentos laborais em equipes hospitalares. Nesse contexto, o dispositivo proposto atua como uma solução tecnológica de suporte ergonômico, diminuindo diretamente a fadiga e o risco de acidentes ocupacionais.

Além disso, macas convencionais não dispõem de assistência motorizada nem de controle eletrônico, tornando o transporte dependente de dois ou mais profissionais em situações de maior peso. Já o dispositivo em sua escala real proposto permite o controle individual por um único operador, com acionamento elétrico suave, sensores de segurança e sistema de parada de emergência, alinhado às exigências da NR-12, que regulamenta a segurança em máquinas e equipamentos.

A estimativa da força necessária para deslocamento de macas foi realizada adotando-se o modelo de atrito de rolamento ($F = \mu mg$). Para uma maca com paciente de 80 kg e coeficiente de atrito assumido $\mu = 0,30$, a força de tração resultante é de aproximadamente 441 N. Considerando-se a distribuição por quatro rodas, o torque requerido por roda é da ordem de 11,04 Nm. Os valores calculados para macas bariátricas (280 kg) alcançam ~823 N, configurando esforço manual claramente excessivo e incompatível com atividade repetitiva sem auxílio mecânico. Esses resultados corroboram o levantamento epidemiológico que indica alta prevalência de sinais e sintomas osteomusculares entre profissionais de enfermagem (76% com sintomas de LER/DORT). Como prescreve a NR-17, atividades que implicam esforço físico susceptível de comprometer a saúde devem ser mecanizadas ou readequadas ergonomicamente.

Tabela 5 - Comparação de força exercida pelo funcionário

Cenário ou Atividade	Massa Simulada	Força de tração estimada $F = \mu mg$ (N)	Torque por roda $F = F/4$ $\tau = F \cdot r$ (N.m)	Excede limite seguro para trabalho manual repetitivo?
Maca vazia	70kg	206	5,15	Sim para trabalho repetitivo prolongado — esforço moderado
Maca + Paciente leve	90kg	270	6,75	Sim — esforço elevado para uma só pessoa
Maca + Paciente Médio	150kg	441	11,04	Sim — força claramente excessiva para operação manual sustentada
Maca bariátrica	280kg	823	20,59	Sim — força muito elevada; não aconselhável tração manual
Piso escorregadio + Paciente Leve	90kg	135	3,375	Possivelmente aceitável para curtas distâncias / ocasional

Fonte: os autores (2025)

Por fim, as análises realizadas mostraram que, em uma maca convencional transportando um paciente de 80 kg, é necessária uma força média de 441 N para iniciar o movimento em piso hospitalar ($\mu \approx 0,30$). Em casos de pacientes mais pesados ou macas com maior carga (até 280 kg), o esforço pode ultrapassar 820 N, valor considerado excessivo para operação manual repetitiva, segundo recomendações da NR-17 (ergonomia). Conclui-se que o esforço manual do operador reduziria a valores inferiores a 30 N, já que a força será feita pelo dispositivo, limitando-se à atuação de controle direcional e frenagem. Essa redução representa cerca de 90% de diminuição no esforço físico. O sistema de tração dos motores DC 24V / 500W com redutor 25:1 seria adequado para vencer a resistência de rolamento e manter velocidade constante de 1,0 m/s, conforme projetado.

4.6.2 Viabilidade Econômica da Aplicação do Dispositivo em Escala Real

Com base nos resultados obtidos em protótipo reduzido e na aplicação dos princípios de semelhança geométrica e proporcionalidade física, analisa-se o dimensionamento da versão em escala real do Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas. O objetivo dessa etapa é determinar as grandezas mecânicas e elétricas necessárias para a operação segura e eficiente do sistema em ambiente hospitalar, considerando a massa total da maca e do paciente, o atrito de rolamento, a velocidade de deslocamento e o torque requerido nas rodas motrizes.

Para o dimensionamento, adotaram-se as seguintes condições operacionais: dimensões da maca real: 1,90 m × 0,60 m × 0,86 m, massa total (maca + paciente): 280 kg (peso máximo estipulado), aceleração da gravidade: 9,81 m/s²; coeficiente de atrito de rolamento médio(μ): 0,30, raio das rodas motrizes: 0,10 m, velocidade de deslocamento: 1,2 m/s (equivalente a 4,32 km/h, adequada para transporte hospitalar).

A força total de tração necessária para o deslocamento é dada por:

$$F = \mu * m * g$$

$$F = 0,30 * 280 * 9,81 = 823,44N$$

Essa força é distribuída igualmente entre as quatro rodas motrizes, resultando em:

$$F_{rod} = \frac{F}{4} = 205,86N$$

O torque mínimo por roda é calculado pela expressão:

$$\tau = F_{rod} * r$$

$$\tau = 205,86 * 0,10 = 20,58$$

Assim, a potência mecânica por roda é:

$$P = F_{rod} * v = 205,86 * 1,2 = 247,03W$$

Logo, a potência total de tração do conjunto é de aproximadamente 988 W, considerando perdas mecânicas e elétricas (20%), o sistema requer motores de

500–600 W cada, garantindo desempenho e torque suficientes para superar variações de carga e piso.

O sistema de alimentação elétrica foi projetado em 24 V DC, visando segurança hospitalar e compatibilidade com baterias de uso industrial. Para uma autonomia operacional de cerca de 40 minutos, adota-se o seguinte dimensionamento de energia:

$$E = P_{total} * t = 1,0kW * 0,67h = 0,67 kWh$$

Em 24 V, a capacidade elétrica mínima requerida é:

$$Ah = \frac{E * 100}{V} = \frac{670}{24} \approx 28Ah$$

Contudo, visando maior tempo de uso e segurança de descarga, especificou-se bateria de 100Ah / 24V, composta por duas unidades de 12V / 100 Ah ligadas em série, do tipo chumbo-ácido selado (VRLA), mais acessível e de baixo custo.

Tabela 6 - Valores Estimados de Componentes do Mercado

Componente	Quantidade	Especificação Técnica	Custo (R\$)	Subtotal (R\$)
Motor DC 24V 500W com redutor 25:1/Servo	4 unid.	Torque nominal 60 Nm	800	2400
Bateria chumbo-ácido 12V	2 unid.	Ligação em Série	650	1300
Controlador PWM e Ponto H 60A	2 unid.	Controle dos motores	250	500
ESP32	1 unid.	Controle Central	120	120
Rodas de PU reforçadas	4 unid.	Com rolete e suporte	200	800
Sistema elétrico	-	Componentes de Proteção	-	400
Sensores	-	Segurança e alertas	-	280
Freios eletromecânicos	-	Fail-safe por desligamento	-	400
Valor total:				6200

Fonte: os autores (2025)

O custo final de produção do dispositivo em escala real situa-se entre R\$ 6.000 e R\$ 7.000, valor significativamente inferior ao de macas motorizadas hospitalares comerciais, que variam de R\$ 10.000 a R\$ 30.000. Além do custo reduzido, o projeto se destaca pela simplicidade construtiva, baixa manutenção e viabilidade de produção nacional, podendo ser reproduzido com materiais e componentes amplamente disponíveis no mercado brasileiro.

A viabilidade econômica obtida demonstra que o dispositivo é tecnicamente funcional, ergonomicamente eficiente e financeiramente acessível, possibilitando sua aplicação em hospitais públicos, unidades de pronto atendimento e clínicas de médio porte. Essa combinação de fatores torna o projeto não apenas inovador, mas também socialmente relevante, por contribuir para a segurança e saúde ocupacional dos profissionais de enfermagem e transporte de pacientes.

4.6.2.1 Manutenção do Dispositivo

A etapa de manutenção do Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas é essencial para garantir a confiabilidade, durabilidade e segurança operacional do sistema. Por se tratar de um equipamento destinado ao ambiente hospitalar, a manutenção deve seguir princípios de prevenção, inspeção periódica e substituição programada de componentes críticos, em conformidade com os requisitos da NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.

O projeto foi concebido com foco em baixo custo de manutenção e alta facilidade de acesso aos componentes, permitindo que as intervenções possam ser realizadas por técnicos de manutenção hospitalar ou profissionais de mecânica, sem a necessidade de equipamentos especializados ou peças importadas.

Tabela 7 - Estimativa de Manutenção dos Equipamentos

Componente	Periodicidade Recomendada	Ação de Manutenção	Observação
Bateria 12V 100Ah (chumbo-ácido)	A cada 6 meses	Teste de carga e substituição se capacidade < 80%	Evitar descarga profunda e calor excessivo
Motores DC 24V	A cada 12 meses	Verificar escovas, ruído e aquecimento	Trocar rolamentos se necessário
Redutores mecânicos	A cada 6 meses	Lubrificação com graxa de lítio	Evitar contaminação por poeira/higienização
Rodas de poliuretano	A cada 3 meses	Verificar desgaste e rolamento	Substituir em caso de trinca ou ruído
Sistema elétrico (fios e conectores)	A cada 3 meses	Inspeção visual e reaperto de terminais	Garantir isolamento e fixação
Sensores e parada de emergência	A cada 30 dias	Teste funcional de resposta e frenagem	Obrigatório conforme NR-12

Fonte: os autores (2025)

4.7 TESTES

4.7.1 Testes dos Equipamentos

Com base nos componentes descritos na metodologia, foram realizados os testes iniciais do protótipo em escala reduzida, com o objetivo de verificar a integração e o funcionamento dos sistemas eletrônicos e mecânicos responsáveis pela movimentação automatizada da maca hospitalar.

Os testes foram conduzidos conforme o fluxograma apresentado na Seção 4.5.1, o qual descreve a lógica operacional programada no microcontrolador Arduino Uno. O circuito foi montado utilizando os seguintes componentes: protoboard, driver Ponte H, potenciômetro, servomotores, motores de 5V com redutor, jumpers, joystick de dois eixos e células de carga tipo GL.

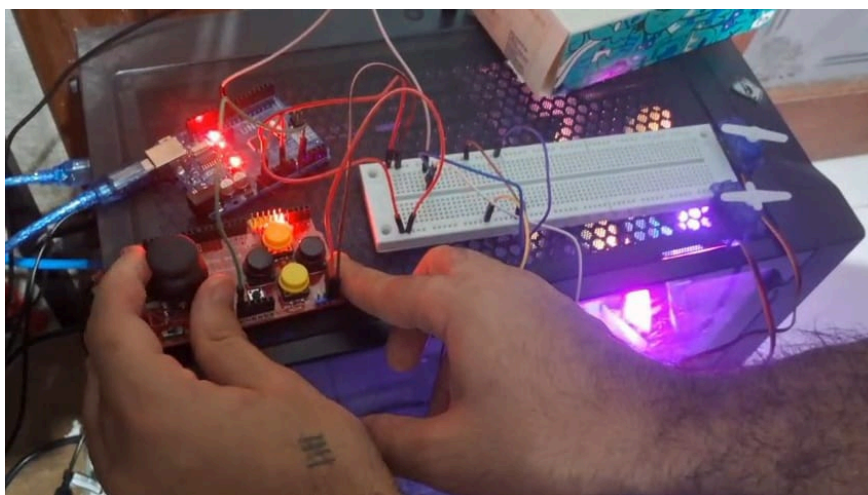
Inicialmente, avaliou-se a resposta dos motores e suas caixas redutoras diante dos comandos emitidos pelos potenciômetros. Através do uso da Ponte H, os sinais PWM (modulação por largura de pulso) foram corretamente interpretados pelo

Arduino, permitindo o controle da rotação dos motores nas duas direções, com variação proporcional de velocidade.

Em seguida, foram testados os servomotores conectados ao joystick de dois eixos. Os comandos realizados via potenciômetros e joystick mostraram precisão nos movimentos, simulando de forma satisfatória o controle direcional das rodas da maca. A zona morta (ausência de comando na posição central do joystick) foi programada corretamente, evitando movimentações acidentais.

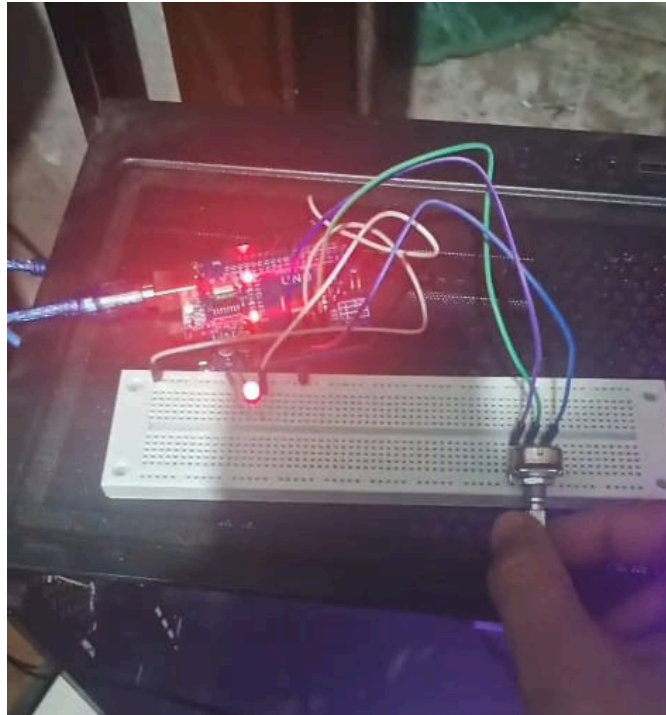
Também foi verificada a funcionalidade da célula de carga, que apresentou leituras consistentes diante de variações de peso aplicadas ao sistema. Essa leitura será utilizada para estimar o torque necessário ao deslocamento, promovendo segurança e eficiência na operação.

Figura 21 - Protótipo (Elétrico com Motores)



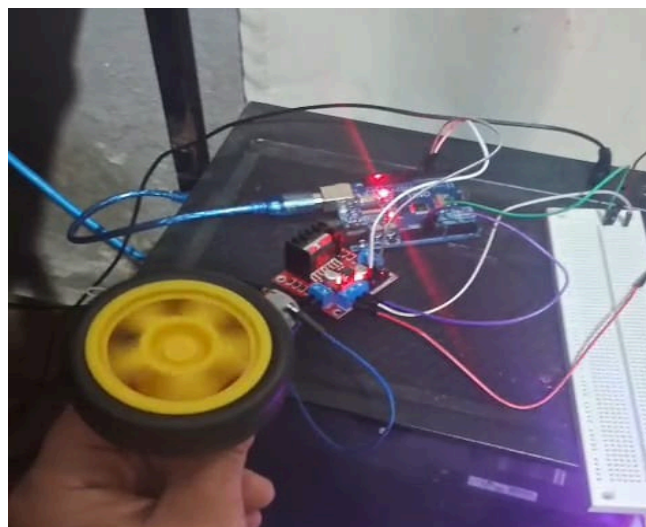
Fonte: os autores (2025)

Figura 22 - Teste 1 dos Equipamentos



Fonte: os autores (2025)

Figura 23 - Teste 2 dos Equipamentos



Fonte: os autores (2025)

4.7.2 Testes de Amplitudes de Mobilidade

Em hospitais, é necessário que macas obtenham ampla mobilidade, podendo se locomover horizontalmente, verticalmente, para a direita e esquerda, função exercida pelos servos motores. Assim o presente projeto necessita suprir tal necessidade.

Figura 24 - Mobilidade das Rodas 1



Fonte: os autores (2025)

Figura 25 - Mobilidade das Rodas 2



Fonte: os autores (2025)

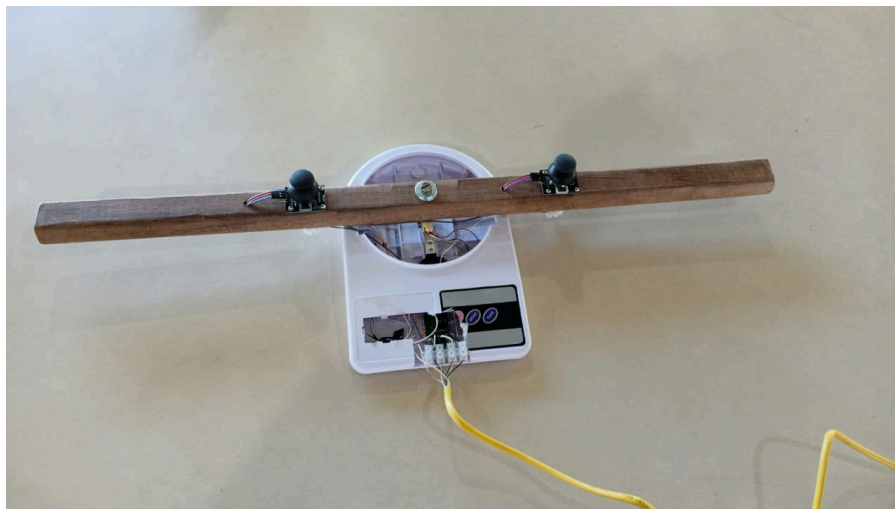
4.7.3 Célula de Carga Aplicada

Para o controle da velocidade dos motores foi empregada uma célula de carga de balança, associada ao módulo amplificador HX711, responsável por converter o sinal analógico em dados digitais precisos. Essa célula foi integrada a um suporte físico adaptado a partir de um cabo de enxada, que atua como um guidão de controle, simulando o ponto de contato do operador com a maca.

O princípio de funcionamento consiste na relação direta entre a força aplicada e a velocidade de tração. Quando o operador aplica uma força positiva (empurrando o guidão), a célula de carga detecta a compressão e o sistema, por meio do HX711 e do microcontrolador, aumenta proporcionalmente a velocidade dos motores. Já quando ocorre uma força negativa (puxando o guidão), o sistema interpreta a ação como comando de reversão de sentido, invertendo o giro dos motores para o movimento de ré. Essa configuração cria um controle de tração sensível à força, que além de ergonômico, traz uma camada adicional de segurança operacional, pois permite o controle intuitivo e progressivo da velocidade, reduzindo a necessidade de comandos bruscos.

Considerando que o protótipo foi desenvolvido em escala reduzida, o sistema de célula de carga foi calibrado para níveis de força menores, adequados à demonstração lúdica e didática da função. Dessa forma, foi possível validar o comportamento do sistema de controle, observar a resposta dinâmica dos motores e comprovar a viabilidade da integração entre sensoramento mecânico e controle eletrônico proporcional. Além disso, o joystick atua em conjunto com o sistema da célula de carga, controlando o direcionamento lateral da maca. A combinação dos dois sistemas — força e direção — proporciona uma simulação completa do controle de tração automatizada, representando fielmente o funcionamento previsto para o dispositivo em escala real.

Figura 26 - Célula de Carga no Protótipo

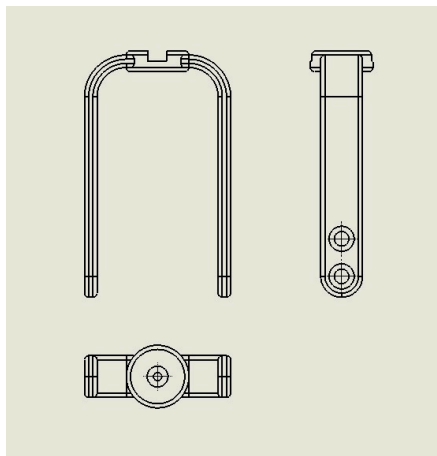


Fonte: os autores (2025)

4.8 DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIO

A caixa redutora do motor não possui encaixe direto ao servo motor, que realizará a movimentação do eixo das rodas. Então se tornou necessário desenvolver um acessório que será responsável por essa integração de equipamentos. Foi modelado via software de desenho CAD e criado por uma impressora 3D.

Figura 27 - Desenho 1 do Acessório



Fonte: os autores (2025)

Figura 28 - Desenho 2 do Acessório



Fonte: os autores (2025)

4.8.1 Aplicação do Acessório

Por fim conclui-se a funcionalidade do dispositivo em conjunto com o acessório desenvolvido. Conecta-se a parte superior ao servo motor e a inferior a caixa redutora, usando parafusos como fixador.

Figura 29 - Acessório Acoplado 1



Fonte: os autores (2025)

Figura 30 - Acessório Acoplado 2

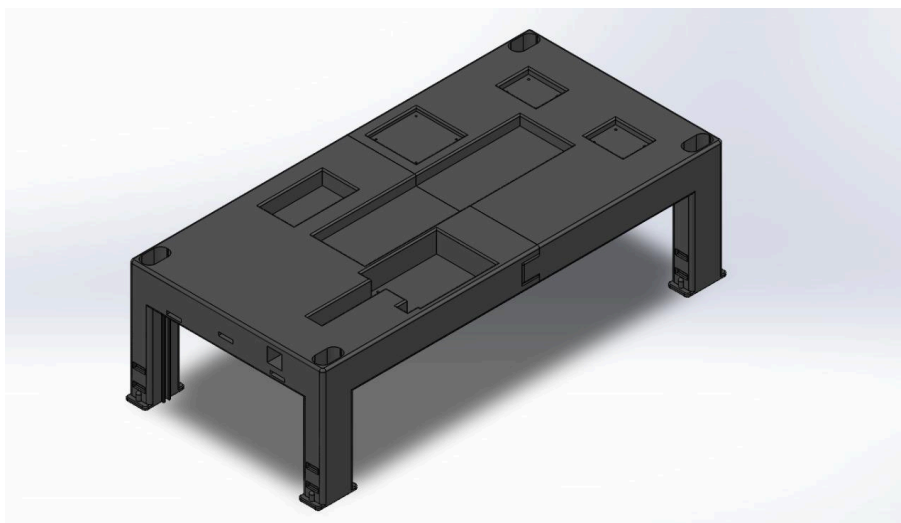


Fonte: os autores (2025)

4.9 CONSTRUÇÃO VISUAL DO PROTÓTIPO EM ESCALA REDUZIDA

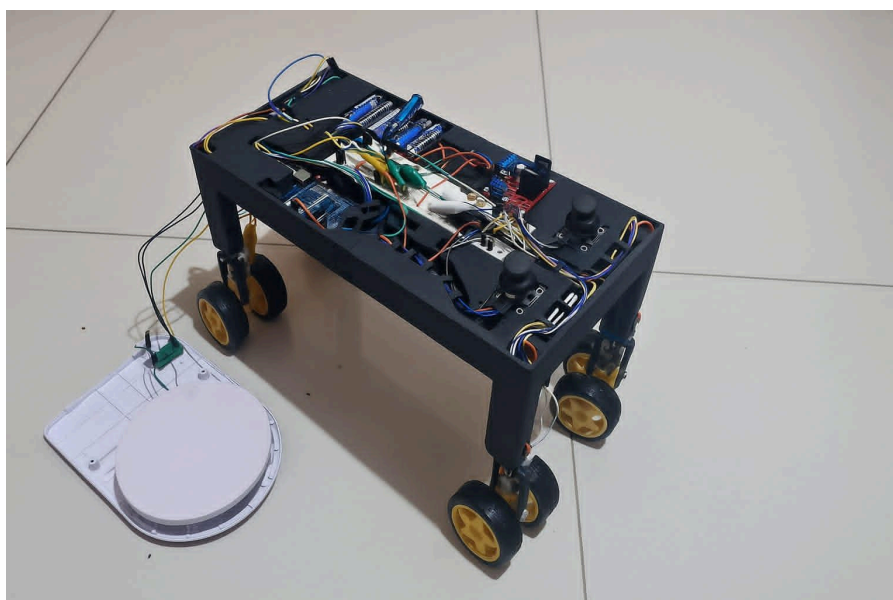
A fim de tornar o projeto mais claro e visual, foi construído via impressa 3D uma representação da maca hospitalar, e servirá também como suporte para os equipamentos e demonstração da aplicação do dispositivo e seu sistema.

Figura 31 - Modelagem da Representação da Maca



Fonte: os autores (2025)

Figura 32 - Protótipo



Fonte: os autores (2025)

4.10 OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

O presente projeto se destaca no cuidado e bem-estar dos funcionários da saúde e dos pacientes transportados por macas hospitalares, colocando como

principal foco melhorias na ergonomia dos profissionais responsáveis pelo transporte de pacientes visando qualidade e eficiência. Assim se relacionando ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3.

Figura 33 - ODS 3



Fonte: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (2000)

Também propõe o incentivo a ambientes de trabalho seguros, inclusivos e produtivos. O dispositivo automatizado proporciona melhores condições ergonômicas aos trabalhadores da saúde, reduzindo sobrecargas físicas e mentais, e promovendo um ambiente hospitalar mais digno e sustentável. A criação e desenvolvimento do projeto também representam oportunidades de inovação e empreendedorismo, fortalecendo o setor tecnológico e a economia local. Consolidando o alinhamento a ODS de número 8 relacionada ao trabalho decente e crescimento econômico.

Figura 34 - ODS 8



Fonte: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (2000)

Além disso, incentivar desenvolvimento tecnológico é um dos objetivos do trabalho, visibilizar a necessidade de investimento em equipamentos médicos e automatizar trabalhos manuais que necessitam de grande esforço físico e mental

que acabam consumindo tempo, que poderia ser direcionado ao trabalho de cuidado. Portanto o projeto se torna um contribuinte do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9.

Figura 35 - ODS 9



Fonte: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (2000)

Por fim, o projeto se adequa a ODS de número 12, incentivando práticas sustentáveis na utilização de recursos e na produção industrial. O projeto atende a esse objetivo ao priorizar materiais recicláveis, componentes eletrônicos de baixo consumo energético e alimentação elétrica em baixa tensão (24V DC), minimizando impactos ambientais e custos operacionais. A manutenção simples e a possibilidade de reaproveitamento de componentes também contribuem para um ciclo produtivo mais sustentável.

Figura 36 - ODS 12



Fonte: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (2000)

5 CRONOGRAMA

Tabela 8 - Cronograma 2024

2024	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OU T	NO V
Escolha do tema									
Levantamento de literatura científica									
Introdução									
Tema									
Problema									
Objetivos									
Justificativa									
Estado da Arte									
Fundamentação teórica									
Metodologia									
Cronograma									
Recursos									
Resultados esperados ou parciais									
Referências									
Avaliação do CRC									
Produção do Banner									
26ª Exposchmidt									

Fonte: os autores (2024)

Tabela 9 - Cronograma 2025

2025	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OU T	NO V
Escolha do tema									
Levantamento de literatura científica									
Introdução									
Tema									
Problema									
Objetivos									
Justificativa									
Estado da Arte									
Fundamentação teórica									
Metodologia									
Cronograma									
Recursos									
Resultados									
Referências									
Avaliação do CRC									
Produção do Banner									
26ª Exposchmidt									

Fonte: os autores (2025)

6 RECURSOS

Abaixo está a lista de materiais que serão utilizados para a montagem do protótipo, e recursos da pesquisa que foram utilizados para possíveis testes e materiais que acabaram sendo descartados por falha ou defeito.

Tabela 10 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Kit Jumpers Macho/Fêmea	R\$15,99	1	R\$15,99	Eletrônica Alfanit	09/04/25
Kit Jumpers Macho/Macho	R\$12,33	1	R\$12,33	Eletrônica Alfanit	09/04/25
Potenciômetro	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	01/01/25
Kit 4x Servo Motores	R\$48,29	1	R\$48,29	WM Componentes Eletrônicos	10/04/25
Protoboard	R\$0,00	1	R\$0,00	Doação	01/01/25
Kit 2x Driver Ponte H	R\$47,08	1	R\$47,08	WM Componentes Eletrônicos	10/04/025
Arduino	R\$44,80	1	R\$44,80	CNB	09/04/25
Kit 4x Roda com Motor 5V Integrado	R\$47,44	1	R\$47,44	Eletrônica Alfanit	09/04/25
4x Célula de Carga 50kg	R\$45,90	1	R\$45,90	WM Componentes Eletrônicos	20/05/25
Kit Jumpers Rígidos	R\$20,90	1	R\$20,90	Ryndack Componentes	20/05/25
Joystick Arduino	R\$19,01	2	R\$38,02	Eletrônica Alfanit	20/05/25
Impressão 4x Acessórios	R\$35,00	1	R\$35,00	Comprada de Gustavo Cardoso	01/07/25

Impressão do Suporte	R\$130,00	1	R\$130,00	Comprada de Gustavo Cardoso	10/09/25
Joystick	R\$16,00	1	R\$16,00	PNP	02/09/25
Balança	R\$21,00	1	R\$21,00	Bazar Rodriguez	23/09/25
Servomotores	R\$17,50	2	R\$35,00	PNP	29/08/25
20 Parafusos M2.5 com arruelas	R\$3,90	1	R\$3,90	Casa dos Parafusos	29/08/25
Placa Borne	R\$8,00	1	R\$8,00	PNP	02/09/25
Valor Total Gasto: R\$602,32					
Valor do Protótipo: R\$453,67					

Fonte: os autores (2025)

7 RESULTADOS PARCIAIS

Com o levantamento bibliográfico feito foi analisado as dificuldades que profissionais da saúde enfrentam todos os dias, as consequências acarretadas pelo esforço excessivo e má postura na movimentação de macas hospitalares, como LER e DORT, além das consequências indiretas, a automedicação feita por esses funcionários para tratar as lesões, e provocam mais malefícios a saúde deles. Então tornou-se possível o desenvolvimento de um dispositivo para auxiliar a mobilidade de macas hospitalares, que visa melhorar a qualidade de vida dos funcionários da saúde e pacientes.

O dispositivo possui mobilidade eficaz em meios hospitalares, com todas as rodas atingindo amplitude de 180°, suficiente para movimentações na horizontal, vertical e diagonal. Também a aplicação da célula de carga, responsável pela detecção de peso da maca, gerou resultado satisfatório, pois sua função é detectar a força aplicada e gerar torque, e visa também a segurança do paciente e evita frenagens bruscas. A análise dos dados demonstra que o Dispositivo Auxiliar na Mobilidade de Macas é tecnicamente viável, ergonômico e economicamente acessível.

Os resultados comprovam uma redução de até 90% no esforço físico dos profissionais, autonomia energética adequada, baixo custo de manutenção e segurança operacional conforme a NR-12. Também reforçam os dados apresentados por Almeida e Lima (2014), que identificaram 81 % de incidência de dores musculares entre profissionais de enfermagem e apontaram o transporte de pacientes e equipamentos como uma das principais causas de sobrecarga física. A redução com o uso do dispositivo proposto demonstra seu potencial de mitigação das condições que originam LER e DORT, especialmente entre trabalhadoras da área de saúde.

Porém, considera-se um projeto que visualiza adaptações e investigações que exigem um desenvolvimento mais aprofundado, como na facilitação do controle do dispositivo, na integração as macas e ajustes no balanceamento do peso aplicado, pois também são integrados acessórios como cilindros de hidrogênios que possuem grande peso. Exigindo uma abordagem interdisciplinar, contando com especialistas de áreas focadas em equipamentos médicos.

Ademais, o dispositivo comprova sua qualidade na simulação de um dispositivo focado na mobilidade em macas, trazendo consigo uma solução eficaz e com potencial melhoria e adições em sua estrutura, potencializando seus benefícios e atribuições. Já a comparação entre o dispositivo e as macas hospitalares motorizadas disponíveis no mercado mostrou que o custo de fabricação da versão otimizada do projeto é de R\$ 6.000 a R\$ 7.000, enquanto os modelos comerciais variam entre R\$ 10.000 e R\$ 30.000. Além disso, o custo de manutenção seria de aproximadamente R\$ 400, valor até cinco vezes menor do que o observado em equipamentos industriais de mesma categoria.

Espera-se que o dispositivo seja capaz de melhorar o transporte de pacientes e incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias para o meio hospitalar. O projeto representa uma alternativa acessível e escalável para instituições de saúde, especialmente em países com limitações estruturais, e visa democratizar o acesso à inovação na área da saúde, promovendo cuidado humanizado, seguro e tecnológico.

7.1 LIMITAÇÕES DO PROTÓTIPO EM ESCALA REDUZIDA

O protótipo apresentado nesta pesquisa constitui uma representação funcional de grande parte da solução proposta, porém apresenta limitações inerentes à sua condição reduzida. Entre as restrições principais identificam-se: diferenças materiais e geométricas que afetam rigidez e tensões; efeitos de escala em massa, torque e inércia; variação do coeficiente de atrito entre rodas do protótipo e rodas reais; ausência de ensaios dinâmicos prolongados (arranque, rampas e impactos); e limitações na avaliação de durabilidade e requisitos normativos. O maior problema identificado foi a fragilidade dos servos motores, que incapacitam os testes relacionados à movimentação, assim limitando o levantamento de dados e tornando necessário cálculos teóricos.

Para mitigar essas limitações propõe-se: medir o coeficiente de atrito *in loco* e recalcular as forças de tração, a partir de rodas que possam ser utilizadas no dispositivo em escala real; realizar ensaios dinâmicos com motores e redutores em escala real ou bancada representativa para avaliar correntes de partida, eficiência energética, torque, capacidade de subida e resposta a rampa; projetar com ajuda de especialistas na área de equipamentos médicos a aplicação do dispositivo, de forma eficiente e prática, com a reutilização do corpo da maca, removendo apenas as

rodas e inserindo o sistema; Essas ações reduzem incertezas, reforçam a confiabilidade dos resultados e constituem recomendações essenciais para futuras versões do dispositivo.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14971:** Dispositivos Médicos . Brasil: ABNT. 2020. 41 p. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/37288/nbriso14971-produtos-para-saude-aplicacao-de-gerenciamento-de-risco-a-produtos-para-saude>. Acesso em: 9 set. 2024.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBRIEC60601-2-52 DE 03/2020:** Equipamento eletromédico. Brasil: ABNT. 2020. 41 p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/33206/abnt-nbriec60601-2-52-equipamento-eletromedico-parte-2-52-requisitos-particulares-para-a-seguranca-basica-e-o-desempenho-essencial-das-camas-hospitalares>. Acesso em: 9 set. 2024.

ALIBABA GROUP. Motor servo passo a passo JMC NEMA 17 IHSS42-24-05. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/33030453908.html>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ALMEIDA, Danyella Rodrigues de; LIMA, Gilliard Souza. **Conhecendo os principais sintomas da doença osteomuscular (LER/DORT) que acometem profissionais de enfermagem de uma clínica do Hospital Regional de Cáceres** Doutor Antônio Fontes, Mato Grosso, Brasil. Revista Eletrônica Gestão & Saúde, Brasília, v. 5, edição especial, p. 2607–2631, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/1121>. Acesso em: 15 out. 2025.

ALVES, João; MOURA, Lúcia; FREITAS, Daniel. **Automação hospitalar e dispositivos inteligentes de transporte interno.** Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 120–134, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/REB.2024.39.2.120>.

ANUNCIAÇÃO, C. G. M.; SALES, L. A.; ANDRADE, M. C.; SILVEIRA, C. A.; PAIVA, S. M. A. SINAIS E SINTOMAS OSTEOMUSCULARES RELACIONADAS AO TRABALHO EM PROFISSIONAIS DE ENFERMAGEM. **Saúde (Santa Maria)**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 31–40, 2016. DOI: 10.5902/2236583420687. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistasauade/article/view/20687>. Acesso em: 23 ago. 2025.

BASILE-FILHO, A.; PEREIRA JÚNIOR, G. A.; NUNES, M. C. Transporte intra-hospitalar de pacientes críticos: riscos e cuidados necessários. Revista Medicina (Ribeirão Preto), v. 34, n. 3/4, p. 370-378, 2001. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rmrp/article/download/1313/1338/2198>.

BAXTER. **Hillrom.** EUA: Hillrom Lat, s.d. Disponível em: <https://www.hillrom.lat/pt/products/>. Acesso em: 10 set. 2024.

BERSCH, Rita. **Tecnologia assistiva: base conceitual.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/tecassistiva>. Acesso em: 14 out. 2025.

BOERSMA, E et al. Early thrombolytic treatment in acute myocardial infarction: reappraisal of the golden hour. **National Library of Medicine**, EUA, 21 set. 1996. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8813982/>. Acesso em: 10 set. 2024.

BOLTON, William. **Programmable logic controllers**. 7. ed. London: Elsevier, 2023. ISBN 978-0-323-91042-3.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 14 out. 2025.

BRASIL. **Política Nacional de Humanização da Atenção e Gestão do SUS – HumanizaSUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/pnh>. Acesso em: 14 out. 2025.

CAPOTTI., Costa, Iza Teresinha. **Protocolo de Manchester: agilidade e bons resultados na emergência do Hospital Nossa Senhora da Conceição**. 2013. v. 1, 18 f. Tese (Doutorado) - Curso de Enfermagem, Hospital Nossa Senhora da Conceição, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/biblio-939148>. Acesso em: 8 set. 2024

CFM - CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA.. **Portal CFM**. Brasília : CFM, 2014. Disponível em: <https://portal.cfm.org.br/noticias/ii-encm-2014-fiscalizacao-defende-interesses-da-sociedade-e-da-medicina/?lang=en>. Acesso em: 10 set. 2024.

Charting a path to achieve health equity. **Nursing Outlook**, Princeton, ano 2022, 6 mai. 2022. Disponível em: <https://sigma.nursingrepository.org/server/api/core/bitstreams/bdca74ee-bfeb-4931-be16-86c73918fcec/content>. Acesso em: 9 set. 2024.

CICONET, Rosane Mortari. **Tempo resposta de um serviço de atendimento móvel de urgência**. 2015. 122 f. Tese (Doutorado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA (CFM). Departamento de Fiscalização (DEFIS). **Manual de Fiscalização da Medicina**. Brasília: CFM, 2014.

FARIA, Nuno Miguel Senra. Projeto de equipamento para movimentação de camas hospitalares. 2020. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – **Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)**, Porto, 2020.

FELGAINS LIMITED. **Felgains**. EUA: Felgains, 2024. Disponível em: <https://www.felgains.com/moving-handling/community-homecare/nursing-beds-mattresses/>. Acesso em: 10 set. 2024.

FERREIRA, Ana Cristina; OLIVEIRA, Caio Rafael; SANTOS, Renato dos.

FIÓCRUZ. **Automação hospitalar: desafios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2023. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/>. Acesso em: 14 out. 2025.

FLIPSKY. Controlador de velocidade elétrico VESC FSESC6.7 70A com dissipador de calor de alumínio anodizado [produto eletrônico]. Disponível em: Amazon Brasil. ASIN B09MJZ8JRW. Acesso em: 23 mai. 2025.

Proposta para automatização de cama hospitalar. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologias em Sistemas Biomédicos) – **Faculdade de Tecnologia (FATEC)** Bauru, 2023.

GANES, Kathleen. 2,000 Nurses Reveal The Realities of Nursing in 2023. **Nurse.org**, EUA, 8 mar. 2023. Disponível em: <https://nurse.org/articles/state-of-nursing-2023/>. Acesso em: 9 set. 2024.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar**: Como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. 8. ed. São Paulo: Editora Record, v. 1, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/A-Arte-de-Pesquisar-Mirian-Goldenberg-1.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

GURGUEIRA, Giovana Pimentel; ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; FILHO, Heleno Rodrigues Corrêa. Prevalência de sintomas músculo-esqueléticos em trabalhadores de enfermagem. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, n 5, v. 11, setout. 2003. p.608-613 LEITE, Patrícia Campos; SILVA, Arlete; MERIGHI, Miriam Aparecida Barbosa. A mulher trabalhadora de enfermagem e os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. **Revista Escola de Enfermagem USP**, São Paulo, n. 2, v. 41, jun. 2007, p.287- 91. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/kFSQWZcBdNxxTWcNYMjv7mN/> . Acesso em: 08 de Setembro de 2024.

HALLIDAY, David, Resnik Robert, Krane, Denneth S. **Física 1, volume 1, 4 Ed.** Rio de Janeiro: LTC, 1996. 326 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Física: mecânica**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. ISBN 978-85-216-3241-7.

Hassmiller, SB, e Wakefield, MK (2022). O Futuro da Enfermagem 2020-2030: Traçando um caminho para alcançar a equidade em saúde. **Nursing Outlook** , 70(6), S1–S9. <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2022.05.013>

HELERBROCK, Rafael. "O que é peso?"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-peso.htm>. Acesso em 10 de setembro de 2024.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2023. ISBN 978-65-5568-280-1.

Ngan K, Drebit S, Siow S, Yu S, Keen D, Alamgir H. Risks and causes of musculoskeletal injuries among health care workers. **Occup Med (Lond)**. 2010 Aug;60(5):389-94. doi: 10.1093/occmed/kqq052. Epub 2010 May 16. PMID: 20478819.

MACHADO, V. R. et al. Explorando o design participativo para compartilhamento de saberes. In: SEMANA CIENTÍFICA DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE, 39., 2019, Porto Alegre. **Anais [...]**. ufrgs: HCPA - Hospital de Clínicas de Porto Alegre, 2019. v. 1, p. 1-1, Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/210589/001108640.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8 set. 2024.

MAGNAGO, Tânia Solange Bosi de Souza; LISBOA, Márcia Tereza Luz; SOUZA, Ivis Emília de Oliveira; MOREIRA, Marléa Chagas. Distúrbios músculo-esqueléticos em trabalhadores de enfermagem: associação com condições de trabalho. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, n. 6, v. 60, nov-dez. 2007.p.702. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/dtCMY9ww6YxNs7tcq4XjXtN/> . Acesso em 6 mar. 2009.

Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Acolhimento à demanda espontânea : queixas mais comuns na Atenção Básica**. Brasília. 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acolhimento_demanda_espontanea_queixas_comuns_cab28v2.pdf

MARIMED. São Paulo: **MariMed**, 2019. Disponível em: <https://marimed.com.br/>. Acesso em: 10 set. 2024

MELO, Pâmella Raphaella. **"O que é força?"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-forca.htm>. Acesso em 02 de setembro de 2024..

MERCADO LIVRE. **Célula de carga GL Alfa M8 50kg/60kg/100kg/200kg/300kg**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-4558686524-celula-de-carga-gl-alfa-m8-50kg-60kg-100kg-200kg-300kg-_JM. Acesso em: 23 mai. 2025.

MERCADO LIVRE. **CLP Siemens S7-1200 CPU 1212C DC/DC/DC (6ES7212-1AE40-0XB0)**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2626389004-clp-siemens-s7-1200-cpu-1212c-dcdcdc-6es7-212-1ae40-0xb0-_JM. Acesso em: 23 mai. 2025.

MERCADO LIVRE. **Joystick 2 eixos JHD202XR4 10K Girocam CFTV alta precisão**. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/joystick-2-eixos-jhd202xr4-10k-girocam-cftv-alta-pre>

cisao/up/MLBU1986412611?pdp_filters=item_id:MLB4714453988 Acesso em: 23 mai. 2025.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (Brasil). **NR-12: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Brasília: MTE, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/nr/nr-12>. Acesso em: 14 out. 2025.

Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 17: (NR-17)**. Brazil: GOV. 2023. 1 p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 9 set. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (Brasil). **NR-17: ergonomia**. Brasília: MTE, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/nr/nr-17>. Acesso em: 14 out. 2025.

MOREIRA, Adriana Maria Rodrigues; MENDES, René. Fatores de risco dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. **Revista de Enfermagem UERJ**, Rio de Janeiro, n.1, v.13, jan-abr. 2005.p.19-26.Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/bde-14615> 17. Acesso em: 4 abr.2009

OLIVEIRA, A. de F.; DE OLIVEIRA, M. R. C.; MONTEIRO, Álefe B. Automedicação com anti-inflamatórios não esteroidais por trabalhadores acometidos pela síndrome LER/DORT: uma revisão. **Disciplinarum Scientia | Saúde**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 21, n. 2, p. 241–248, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/3422>. Acesso em: 23 ago. 2025.

OLIVEIRA, Caio Rafael Almeida de; SANTOS, Renata Araújo dos. **Proposta para automatização de cama hospitalar**. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Biomédicos) - Faculdade de Tecnologia FATEC Bauru, Bauru, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/15321>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: ONU Brasil, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 14 out. 2025.

PEREIRA JÚNIOR, Gerson Alves; NUNES, Taciana Leonel; BASILE-FILHO FILHOAníbal. **TRANSPORTE DO PACIENTE CRÍTICO**. 2001. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Intensiva, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/1313/1338>. acesso em: 10 set. 2024.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis: princípios e aplicações**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2022. ISBN 978-85-8055-170-3.

PINHO, A. História da enfermagem. In: APPOLINÁRIO, F. Absenteísmo na equipe de enfermagem: análise da produção científica. Rio de Janeiro: UERJ, 2008.

POP - Procedimento Operacional Padrão. **SERVIÇO : DE MAQUEIRO**. Campina Grande : GOV. 2022. 10 p. Disponível em:

<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/huac-ufcg/acao-a-informacao/boletim-de-servico/pops/2022/pop-servico-de-maqueiro>. Acesso em: 10 set. 2024.

Potenciômetro. Disponível em:

https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-882483201-10x-potencimetro-10k-linear-com-eixo-l20-estriado-_JM#position%3D18%26search_layout%3Dgrid%26type%3Ditem%26tracking_id%3Db25f1e2c-a735-40a3-9270-f031d4f052cd
Acesso em: 09 de setembro de 2024.

RINGDAL, Mona; CHABOYER, Wendy; STOMBERG, Margareta Warrén.

Intrahospital transports of critically ill patients: critical care nurses' perceptions. 2015. Dissertação (Mestrado) - Curso de Enfermagem, National Library of Medicine, EUA, 2025. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nicc.12229>. Acesso em: 10 set. 2024.

RISKS and causes of musculoskeletal injuries among health care workers . **Oxford Academic**, Oxford University, ano 2010, v. 60, 16 mai. 2010. Occupational Medicine, Disponível em:

<https://academic.oup.com/occmed/article/60/5/389/1384828?login=false>. Acesso em: 9 set. 2024.

ROSSI, Cristiane Gonzales; ROCHA, Renata Marchetti; ALEXANDRE, Neusa Maria Costa. Aspectos ergonômicos na transferência de pacientes: um estudo realizado com trabalhadores de uma central de transportes de um hospital universitário.

Revista Escola de Enfermagem USP, n.3, v.35.2001.p.242-248. Disponível em: ASPECTOS ERGONÔMICOS NA TRANSFERÊNCIA DE PACIENTES: UM ESTUDO REALIZADO COM TRABALHADORES DE UMA CENTRAL DE TRANSPORTES DE UM. Acesso em: 08 de Setembro de 2024.

SERVIÇO DE MAQUEIRO. Procedimento Operacional Padrão (POP) - Serviço de Maqueiro. 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/huac-ufcg/acao-a-informacao/boletim-de-servico/pops/2022/pop-servico-de-maqueiro>. Acesso em: 02 set. 2024.

SILVEIRA, Appolinário, Renata. Absenteísmo na equipe de enfermagem: análise da produção científica / Absenteeism in the Nursing Team: analysis of the scientific production. **Rev. enfermagem UERJ**, Rio de Janeiro, 16 mar. 2008. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/int-847>. Acesso em: 10 set. 2024.

SMITH, Terry. A guide to purchasing Patient Transport Stretchers for your hospital. **felgains**, EUA, 1 dez. 2023. Disponível em:

<https://www.felgains.com/blog/patient-stretchers-buying-guide/>. Acesso em: 9 set. 2024.

STEPPERONLINE. Motor BLDC com caixa de engrenagem de ângulo reto 15:1 – F6B250-24GU-30S/6GU15RC. Disponível em: <https://www.omc-stepperonline.com/24v-250w-200rpm-geared-bldc-motor-8-43nm-1194-29oz-in-15-1-right-angle-gearbox-f6b250-24gu-30s-6gu15rc>. Acesso em: 23 mai. 2025.

TEDESCO, Raquel; CASTANHEIRA, Paula; RODRIGUES, Ana. Segurança e eficiência no transporte de pacientes hospitalares. Revista Brasileira de Segurança do Paciente, v. 8, n. 2, p. 45-50, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/pRV4m4hwLWy7jcdQp7SGf4L/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 2 set. 2024.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/129481>

WESCHENFELDER, Rodrigues, Yago; RIBEIRO, Okimoto, Maria Lucia Leite; ADRIANO, Heemann,. **TRANSPORTE DE PACIENTES POR MACAS HOSPITALARES: UMA ANÁLISE METODOLÓGICA.** 2014. TCC (Graduação) - Curso de Blucher Design, Universidade Federal do Paraná, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/transporte-de-pacientes-por-macas-hospitalares-uma-anlise-metodolgica-12938>. acesso em: 10 set. 2024.