



---

**Etec Paulino Botelho**

**Trabalho de Conclusão do Curso Técnico em Eletromecânica**

**Ponte Rolante Didática com motores de 24V.**

**Adriano Bezerra Pinto  
Emerson Souza  
Fernando Nepomuceno**

**Professor Orientador:  
Claudio Torres Gonçalves**

**São Carlos / SP  
2024**

## **Ponte Rolante Didática com motores de 24V**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como pré-requisito para  
obtenção do Certificado de Técnico em  
Eletromecânica.

**São Carlos/ SP  
2024**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da Ponte Rolante.....	23
Figura 2: Estrutura do Protótipo.....	26
Figura 3: Montagem do motor.....	27
Figura 4: Especificações da Cremalheira.....	28
Figura 5: Engrenagem.....	28
Figura 6: Medidas da Engrenagem.....	30
Figura 7: Engrenagem Utilizada.....	30
Figura 8: Acoplamento eixo/engrenagem.....	31
Figura 9: Mancal Pedestal 204.....	32
Figura 10: Mancais posicionados no Carro Transversal.....	32
Figura 11: Especificação do eixo do tambor.....	33
Figura 12: Especificação do tambor.....	34
Figura 13: Tambor finalizada.....	35
Figura 14: Ponte Rolante finalizada.....	36
Figura 15: Placa de Arduíno.....	37
Figura 16: Exemplo de Sinal de PWM.....	38
Figura 17: Circuito Eletrônico da Ponte HBTS 7960.....	39
Figura 18: Circuito de Exemplificação do Funcionamento do ponto H.....	40
Figura 19: Joystick.....	41
Figura 20: Botões Sensores.....	42
Figura 21: Botão de Segurança de Emergência.....	43
Figura 22: Placa de Arduino.....	45
Figura 23: Placa de Arduino ATmega.....	45

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Especificações da Estrutura da Ponte Rolante.....	24
Tabela 2: Descrições das Cantoneiras.....	25
Tabela 3: Especificações das Roldanas utilizadas.....	26
Tabela 4: Fórmulas e Medidas Obtidas.....	29

## **LISTA DE SIGLAS**

IoT – Internet das Coisas

SCA – Sistema de Controle e Automação

MES – Sistema de Execução de Manufatura

ERP – Equipamento de Proteção Individual

TI – Tecnologia da Informação

CLP – Controladores Lógicos Programáveis

IA – Inteligência Artificial

DCS – Sistema de Controle Distribuído

SCADA – Sistema de Automação Supervisória e Controle

IHMS – Interfaces Homem- Máquina

IDEs – Ambientes de Desenvolvimento Integrado

## **RESUMO**

O trabalho tem como objetivo principal desenvolver um protótipo de uma ponte rolante que demonstre a utilização automatizada de uma ponte rolante. O objetivo é estudar os movimentos, funcionamento e componentes principais dessa ponte, aproveitando os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia elétrica. Com base nos aprendizados ao longo do curso foi possível construir e automatizar alguns comandos, onde foi integrado os conhecimentos teóricos e práticos de eletromecânica, oferecendo uma demonstração concreta do funcionamento de um equipamento essencial na indústria. O protótipo é considerado de baixo custo, podendo ser usado como meio de transporte para peças metálicas pequenas. Para tanto, o trabalho foi construído por embasamento de uma pesquisa bibliográfica e a construção de um modelo que permita movimentos independentes.

Palavras-chave: Ponte Rolante. Eletromecânica. Comandos. Protótipo.

## **ABSTRACT**

The main objective of the work is to develop a prototype of an overhead crane that demonstrates the automated use of an overhead crane. The objective is to study the movements, functioning and main components of this bridge, taking advantage of the knowledge acquired throughout the electrical engineering course. Based on what we learned throughout the course, it was possible to build and automate some commands, where theoretical and practical knowledge of industrial electrical engineering was integrated, offering a concrete demonstration of the operation of essential equipment in the industry. The prototype is considered low cost and can be used as a means of transport for small metal parts. To this end, the work was built on the basis of bibliographical research and the construction of a model that allows independent movements.

Keywords: Overhead crane. Eletromechanical. Commands. Prototype.



## Sumário

Introdução.....	1
0	
1. Avanço da Tecnologia Empresarial.....	11
1.1 Conceitos e Evolução da Tecnologia Empresarial.....	12
2. Ponte Rolante e seu Funcionamento.....	14
2.1 Modelos de Pontes Rolantes.....	15
2.2 Ponte Rolante Apoiada.....	16
2.3 Ponte Rolante Suspensa.....	16
2.4 Ponte Rolante Univiga.....	17
2.5 Ponte Rolante Dupla Viga.....	18
2.6 Importância das Pontes Rolantes.....	19
3. Objeto de Estudo.....	21
3.1 Descrição da Montagem Elétrica da Ponte Rolante.....	36
3.2 Placas de Arduino e sua utilização no Projeto.....	42
Conclusão.....	46
Referências.....	48
Anexos.....	50

## Introdução

As pontes rolantes são equipamentos essenciais em diversos setores industriais, desempenhando um papel fundamental no transporte e movimentação de cargas pesadas, possuindo a capacidade de elevar, mover e posicionar cargas de forma precisa, cujas máquinas contribuem significativamente para aumentar a eficiência e a produtividade nas operações industriais (ZACCARELLI, 2015).

Ao longo das décadas, as pontes rolantes evoluíram tanto em termos de design quanto de tecnologia, tornando-se mais seguras, eficientes e versáteis. Seu desenvolvimento acompanhou os avanços na engenharia mecânica, elétrica e de automação, resultando em sistemas cada vez mais sofisticados e adaptáveis às necessidades específicas de diferentes setores industriais.

Segundo Lima (2018555), a importância das pontes rolantes na indústria é evidenciada pela sua ampla utilização em locais como fábricas, armazéns, estaleiros, portos e centros logísticos. Sua capacidade de movimentar cargas de grande porte de forma rápida e segura permite otimizar processos, reduzir custos operacionais e minimizar riscos de acidentes.

Diante desse contexto, o trabalho abordará alguns tipos de pontes rolantes, de modo a demonstrá-las, exemplificando sua aplicabilidade em determinados locais, como: Ponte Rolante Apoiada, Ponte Rolante Suspensa, Ponte Rolante Univiga e a Ponte Rolante Dupla Viga, onde serão abordadas em seus subcapítulos, compondo o trabalho e trazendo ainda mais relevância para o tema trabalhado.

Assim, com base nessa necessidade, este trabalho se propõe a investigar tanto os aspectos tradicionais das pontes rolantes quanto as possibilidades de automação oferecidas pela tecnologia contemporânea. A partir de uma abordagem bibliográfica e prática, será construído um protótipo de ponte rolante automatizada, utilizando componentes como motores elétricos, sensores e uma placa de Arduino.

Para incorporar o trabalho será analisado a funcionalidade e aplicabilidade da placa de Arduino, que permitirá não apenas o controle preciso dos movimentos da ponte rolante, mas também a implementação de funcionalidades adicionais, como monitoramento remoto, integração com sistemas de gestão de produção e adaptação a diferentes ambientes de trabalho (BANZI, 2009). Essa abordagem integrada entre engenharia mecânica e eletrônica por meio de programação de computadores, eletrônica, instalações elétricas, máquinas elétricas, eletrotécnica industrial e

eletrônica digital representa um avanço significativo no campo da automação industrial.

Ao longo do desenvolvimento, serão explorados os desafios e as oportunidades envolvidas na construção e operação de uma ponte rolante automatizada, bem como os potenciais benefícios em termos de eficiência operacional, segurança e flexibilidade. Por meio dessa análise, busca-se contribuir para o desenvolvimento contínuo desse importante segmento da engenharia industrial.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo explorar o funcionamento e os principais componentes de uma ponte rolante, destacando sua importância na indústria moderna. Serão abordados aspectos relacionados à automação desses equipamentos, bem como os benefícios que essa tecnologia pode proporcionar em termos de eficiência e segurança operacional.

Portanto, será apresentada a construção de um protótipo de automação de uma ponte rolante, que contará com movimentos independentes, ao qual servirá como uma demonstração prática dos conceitos teóricos discutidos, proporcionando uma oportunidade de integração entre teoria e prática no contexto da eletromecânica e automação industrial estudados ao longo do curso.

## 1 – Avanço da Tecnologia Empresarial

No contexto empresarial contemporâneo, a tecnologia desempenha um papel fundamental na otimização de processos, na melhoria da eficiência operacional e na obtenção de vantagens competitivas, uma vez que o avanço da tecnologia industrial têm sido elementos-chave na transformação dos processos produtivos e na busca por maior eficiência e competitividade nas indústrias. Esse fenômeno é impulsionado por uma série de inovações tecnológicas que permitem a integração de sistemas, a coleta e análise de dados em tempo real e a automação de tarefas antes realizadas manualmente (SILVEIRA, 2020).

Um dos principais avanços tecnológicos que impulsionaram a tecnologia industrial foi a Internet das Coisas (IoT), onde com a IoT, é possível conectar máquinas, equipamentos e dispositivos industriais à internet, permitindo a comunicação entre eles e a coleta de dados sobre seu desempenho e condições de operação. Isso viabiliza a implementação de sistemas de monitoramento remoto e manutenção preditiva, que contribuem para a redução de custos com paradas não programadas e aumentam a eficiência dos processos industriais (BRITO, 2018).

Outra tendência importante ainda segundo o autor acima, é a robótica industrial, que tem avançado significativamente nas últimas décadas, onde os robôs industriais são capazes de realizar uma ampla variedade de tarefas, desde a montagem de produtos até a manipulação de materiais e a execução de processos complexos. Com o desenvolvimento de robôs mais inteligentes e flexíveis, as indústrias podem aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos e garantir a segurança dos trabalhadores.

Além disso, a integração de sistemas, como os Sistemas de Controle e Automação (SCA) e os Sistemas de Execução de Manufatura (MES), tem permitido uma gestão mais eficiente e integrada dos processos industriais. Esses sistemas permitem o controle e monitoramento em tempo real de toda a cadeia de produção, desde o recebimento de matérias-primas até a distribuição dos produtos acabados, possibilitando uma tomada de decisão mais rápida e precisa por parte dos gestores (DIAS, 2018).

Diante do contexto, o avanço da tecnologia industrial tem revolucionado a forma como as indústrias operam, tornando-as mais eficientes, produtivas e competitivas. Essas tendências devem continuar a moldar o futuro da indústria, impulsionando a

inovação e o desenvolvimento de novas soluções para os desafios do mundo moderno.

### **1.1 - Conceitos e Evolução da Tecnologia Empresarial**

A tecnologia empresarial refere-se ao conjunto de ferramentas, sistemas e estratégias utilizadas pelas organizações para gerenciar e aprimorar seus processos de negócios. Engloba desde softwares de gestão empresarial (ERP) até soluções de inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e automação de processos (KUPHALDT, 2016).

Ao longo das últimas décadas, Groover (2015), observou uma evolução significativa na tecnologia empresarial, impulsionada pelo avanço da computação, da conectividade e das telecomunicações. Antes restrita a grandes corporações devido aos altos custos e complexidade, a tecnologia tornou-se acessível a empresas de todos os portes, democratizando o acesso à inovação e promovendo a transformação digital em diversos setores da economia.

A tecnologia empresarial refere-se ao conjunto de ferramentas, métodos, processos e sistemas utilizados pelas organizações para otimizar suas operações, aumentar sua eficiência e alcançar seus objetivos comerciais. Ela abrange uma ampla gama de áreas, incluindo tecnologia da informação, automação, gestão de dados, análise de negócios, comunicação empresarial, entre outras (GROOVER, 2015).

A evolução da tecnologia empresarial tem sido marcada por avanços significativos ao longo do tempo, impulsionados pelo desenvolvimento tecnológico e pelas mudanças nas demandas do mercado. No passado, as empresas dependiam principalmente de processos manuais e sistemas de papel para realizar suas atividades comerciais, mas, no entanto, com o avanço da computação e da automação, novas oportunidades e desafios surgiram, como observado por Rehg (2017).

Segundo Filho (2017), com a popularização da internet e o surgimento de tecnologias digitais, como computação em nuvem, big data, inteligência artificial e internet das coisas (IoT), as empresas ganharam acesso a uma variedade de ferramentas e recursos que lhes permitiram melhorar sua eficiência operacional, tomar decisões mais informadas e inovar em seus produtos e serviços. Essas tecnologias

têm revolucionado a forma como as empresas conduzem seus negócios, permitindo uma maior conectividade, colaboração e agilidade.

Assim, a evolução da tecnologia empresarial tem sido impulsionada pela busca contínua por maior eficiência, produtividade e inovação. À medida que as empresas continuam a adotar novas tecnologias e estratégias digitais, é provável que o cenário empresarial continue a evoluir rapidamente, oferecendo novas oportunidades e desafios para as organizações em todo o mundo.

## 2 – Ponte Rolante e seu Funcionamento

As pontes rolantes são equipamentos utilizados em diversos setores industriais para movimentação de cargas pesadas e volumosas. Compostas por uma estrutura metálica suspensa que se desloca sobre trilhos, as pontes rolantes são dotadas de um mecanismo de içamento que permite a elevação e o transporte de materiais dentro de um determinado espaço, como galpões de produção, armazéns e áreas de carga e descarga (LIMA, 2018).

O uso de pontes rolantes de acordo com Silva (2015), proporciona uma série de benefícios para as empresas, contribuindo para a otimização dos processos de produção e logística. Em ambientes industriais, onde a movimentação de cargas é frequente e muitas vezes envolve objetos de grande porte, as pontes rolantes se destacam pela sua capacidade de realizar operações de forma segura, rápida e eficiente.

Um dos principais pontos positivos das pontes rolantes é a sua versatilidade, podendo ser projetadas e adaptadas de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação, podendo variar em capacidade de carga, alcance, velocidade de deslocamento e outros aspectos técnicos. Isso permite que as empresas utilizem as pontes rolantes em uma ampla gama de operações, desde o transporte de materiais brutos até o manuseio de produtos acabados (SILVA, 2015).

Assim, as pontes rolantes contribuem para a segurança no ambiente de trabalho, uma vez que permitem a movimentação de cargas pesadas sem a necessidade de esforço físico excessivo por parte dos operadores. Com sistemas de controle precisos e dispositivos de segurança, as pontes rolantes reduzem o risco de acidentes e lesões relacionadas ao transporte manual de materiais.

Segundo Silveira (2020), no que diz respeito à eficiência operacional, as pontes rolantes se destacam pela sua capacidade de aumentar a produtividade e reduzir o tempo de ciclo das operações, com a possibilidade de movimentar cargas de forma rápida e precisa, as pontes rolantes permitem que as empresas otimizem o fluxo de materiais e minimizem os gargalos na produção.

Assim, vale ressaltar que as pontes rolantes representam um investimento de longo prazo para as empresas, uma vez que são equipamentos duráveis e de baixa manutenção. Com a devida manutenção e cuidados adequados, as pontes rolantes

podem operar de forma confiável por muitos anos, contribuindo para a eficiência e a competitividade das empresas.

Portanto, as pontes rolantes desempenham um papel fundamental na movimentação de cargas em ambientes industriais, proporcionando segurança, versatilidade e eficiência operacional. Seja no setor metalúrgico, automotivo, siderúrgico ou logístico, as pontes rolantes são peças essenciais para o funcionamento eficaz das operações industriais.

## **2. 1 – Modelos de Pontes Rolantes**

As pontes rolantes, equipamentos essenciais em diversos setores industriais, apresentam uma variedade de modelos e configurações projetadas para atender às necessidades específicas de cada aplicação. Essa diversidade de modelos permite que as pontes rolantes sejam adaptadas a uma ampla gama de ambientes de trabalho e requisitos de movimentação de carga (ZACCARELLI, 2015).

O autor acima cita que um dos modelos mais comuns é a ponte rolante de viga única, caracterizada por sua estrutura simples e capacidade de movimentar cargas em uma direção. Essa configuração é frequentemente utilizada em operações de menor porte, onde a movimentação de carga ocorre predominantemente em uma linha reta.

Existem as pontes rolantes suspensas, que são projetadas para serem fixadas em uma estrutura suspensa, como um trilho aéreo, sendo esse tipo de ponte rolante é especialmente útil em espaços onde a instalação de uma estrutura de suporte não é viável ou desejável. Outras variações incluem pontes rolantes com operação manual ou automatizada, com capacidades de carga que variam desde algumas centenas de quilogramas até várias toneladas, onde essa diversidade de modelos permite que as pontes rolantes sejam adaptadas às necessidades específicas de cada aplicação, proporcionando eficiência e segurança na movimentação de materiais (LIMA, 2018).

Em suma, os diferentes modelos de pontes rolantes representam uma solução versátil e eficaz para a movimentação de cargas em ambientes industriais. Com uma ampla gama de opções disponíveis, as empresas podem escolher o modelo mais adequado às suas necessidades operacionais, garantindo uma operação eficiente e segura em suas instalações.



## **2.2 – Ponte Rolante Apoiada**

As pontes rolantes apoiadas são uma forma comum de equipamento de movimentação de cargas em ambientes industriais, sendo caracterizadas por sua estrutura de suporte, que geralmente é composta por trilhos ou vigas instaladas no nível do solo ou em uma estrutura elevada. Esses trilhos permitem que a ponte rolante se desloque horizontalmente, proporcionando mobilidade para a manipulação de cargas em uma área específica da instalação (LENZ, 2012).

Um exemplo prático de ponte rolante apoiada segundo o autor acima é aquela utilizada em um armazém de logística para movimentar e organizar mercadorias, sendo que nesse caso, a ponte rolante é instalada ao longo de trilhos fixados no teto do armazém, permitindo que ela se mova horizontalmente ao longo do espaço de armazenamento. Com a capacidade de levantar e mover cargas de um local para outro, essa ponte rolante facilita o processo de estocagem e retirada de produtos, otimizando a eficiência operacional do armazém.

Outro exemplo é encontrado em ambientes de produção industrial, onde as pontes rolantes apoiadas são utilizadas para movimentar materiais entre diferentes estações de trabalho. Por exemplo, em uma fábrica de automóveis, uma ponte rolante pode ser instalada ao longo de trilhos no teto da área de montagem, permitindo que as peças sejam transportadas de uma estação para outra conforme necessário durante o processo de fabricação (LENZ, 2012).

Assim, as pontes rolantes apoiadas desempenham um papel crucial na movimentação de cargas em uma variedade de ambientes industriais. Com sua capacidade de se deslocar horizontalmente ao longo de trilhos ou vigas de suporte, esses equipamentos oferecem versatilidade e eficiência na manipulação de materiais, contribuindo para a produtividade e o fluxo de trabalho em uma ampla gama de setores.

## **2.3 – Ponte Rolante Suspensa**

As pontes rolantes suspensas são uma importante ferramenta de movimentação de cargas em ambientes industriais e comerciais, onde diferentemente das pontes rolantes apoiadas, que se deslocam ao longo de trilhos fixados no solo ou

em vigas elevadas, as pontes rolantes suspensas são sustentadas por trilhos ou cabos de aço fixados no teto ou em estruturas suspensas no ambiente (LENZ, 2012).

Essa configuração segundo Lenz (2012), proporciona uma vantagem significativa em termos de espaço, uma vez que a estrutura de suporte fica acima da área de trabalho, liberando o solo para outras atividades ou permitindo o transporte de cargas sobre obstáculos, como máquinas ou equipamentos. Além disso, as pontes rolantes suspensas são altamente flexíveis e podem ser facilmente adaptadas a diferentes layouts de instalação, proporcionando uma solução eficiente para a movimentação de cargas em espaços limitados.

Um exemplo comum de aplicação das pontes rolantes suspensas é encontrado em armazéns e centros de distribuição, onde são utilizadas para o carregamento e descarregamento de mercadorias em áreas de armazenamento ou expedição. Nesses casos, as pontes rolantes suspensas podem ser instaladas ao longo de trilhos no teto do armazém, permitindo que as cargas sejam movimentadas de forma rápida e eficiente entre diferentes pontos do ambiente (LENZ, 2012).

Assim, as pontes rolantes suspensas desempenham um papel fundamental na movimentação de cargas em uma variedade de ambientes industriais e comerciais. Com sua capacidade de operar em espaços limitados e sua flexibilidade para se adaptar a diferentes layouts de instalação, esses equipamentos oferecem uma solução versátil e eficiente para as necessidades de transporte e manipulação de materiais.

## **2.4 Ponte Rolante Univiga**

A ponte rolante univiga segundo Lenz (2012), é um tipo específico de ponte rolante amplamente utilizada em ambientes industriais e comerciais para movimentação de cargas pesadas e como o próprio nome sugere, ela é composta por uma única viga principal que suporta o mecanismo de elevação, bem como o carrinho que se desloca ao longo da extensão da viga.

Esse design simplificado oferece diversas vantagens em termos de eficiência e economia. Por ter apenas uma viga, a ponte rolante univiga requer menos material e espaço em comparação com outros tipos de pontes rolantes, o que a torna uma opção atraente para ambientes com limitações de espaço ou orçamento.

Além disso, a ponte rolante univiga é altamente versátil e pode ser facilmente adaptada a diferentes necessidades de movimentação de cargas. Seu carrinho deslizando ao longo da viga permite um posicionamento preciso da carga, enquanto o mecanismo de elevação proporciona uma capacidade de elevação robusta e confiável (LENZ, 2012).

Um exemplo comum de aplicação da ponte rolante univiga é encontrado em armazéns, fábricas e centros de distribuição, onde é utilizada para o carregamento e descarregamento de mercadorias, bem como para o transporte de materiais entre diferentes áreas de trabalho. Segundo Lenz (2012), sua capacidade de movimentar cargas pesadas com facilidade e precisão torna-a uma ferramenta indispensável para a otimização dos processos logísticos e de produção.

Assim sendo, a ponte rolante univiga é uma solução eficiente e econômica para a movimentação de cargas em uma variedade de ambientes industriais e comerciais. Com seu design simplificado, versatilidade e capacidade de elevação robusta, ela desempenha um papel fundamental na melhoria da eficiência e produtividade em diversas operações logísticas e de fabricação.

## **2.5 – Ponte Rolante Dupla Viga**

A ponte rolante de dupla viga é um equipamento de elevação e movimentação de cargas frequentemente utilizado em ambientes industriais para transporte de materiais pesados e volumosos e como o próprio nome sugere, ela é composta por duas vigas paralelas que suportam o mecanismo de elevação e o carrinho que se desloca ao longo da extensão das vigas (LENZ, 2012).

Este tipo de ponte rolante é especialmente conhecido por sua capacidade de lidar com cargas muito pesadas e por oferecer uma maior estabilidade e segurança durante as operações de movimentação. A presença de duas vigas aumenta a capacidade de carga e distribui o peso de forma mais uniforme, reduzindo a possibilidade de deformação ou deslocamento durante o transporte.

Além disso, a ponte rolante de dupla viga oferece uma maior amplitude de alcance e altura de elevação em comparação com outros modelos de pontes rolantes, o que a torna ideal para operações que exigem movimentação em áreas de grande extensão ou em locais com pé direito elevado segundo Lenz (2012).

Um exemplo comum de aplicação da ponte rolante de dupla viga é encontrado em indústrias siderúrgicas, metalúrgicas e de construção naval, onde é utilizada para o manuseio de grandes estruturas metálicas, como vigas, perfis, chapas e bobinas de aço. Sua capacidade de elevação e movimentação de cargas pesadas contribui significativamente para a eficiência e produtividade desses setores, reduzindo o tempo e o esforço necessários para o transporte de materiais.

Assim, a ponte rolante de dupla viga é uma ferramenta essencial em operações industriais que envolvem o manuseio de cargas pesadas e volumosas. Sua robustez, estabilidade e capacidade de alcance a tornam uma escolha popular para uma variedade de aplicações, onde a segurança e a eficiência na movimentação de materiais são fundamentais para o sucesso das operações.

## **2.6 – Importância das Pontes Rolantes**

Diante do contexto, Langui (2001), observa que as pontes rolantes desempenham um papel fundamental em uma variedade de setores industriais, desempenhando diversas funções essenciais na movimentação de cargas pesadas e volumosas. Sua importância está intrinsecamente ligada à sua capacidade de facilitar e otimizar processos de produção e logística, tornando-os mais eficientes, seguros e econômicos.

Uma das principais vantagens das pontes rolantes é sua capacidade de lidar com cargas de grandes dimensões e pesos elevados, o que permite a movimentação de materiais que seriam inviáveis ou extremamente difíceis de serem transportados manualmente. Isso é especialmente relevante em indústrias como a siderúrgica, a metalúrgica e a automobilística, onde são comuns materiais e peças de grande porte.

Além disso, as pontes rolantes contribuem para a redução de custos operacionais e de tempo, uma vez que agilizam o processo de movimentação de cargas, minimizando o tempo de espera e aumentando a produtividade. Isso é especialmente importante em ambientes industriais onde o tempo é um recurso valioso e qualquer atraso pode impactar significativamente na produção e nos prazos de entrega (LANGUI, 2001).

Outro aspecto relevante da importância das pontes rolantes é sua contribuição para a segurança no ambiente de trabalho. Ao automatizar e mecanizar o transporte de cargas pesadas, as pontes rolantes reduzem a necessidade de manuseio manual,

o que diminui consideravelmente o risco de acidentes e lesões ocupacionais. Isso é crucial para garantir a integridade física dos trabalhadores e para manter um ambiente de trabalho seguro e saudável.

Além disso, Langui (2001), relata que as pontes rolantes oferecem uma maior flexibilidade e versatilidade na movimentação de materiais, permitindo que as empresas adaptem seus processos de acordo com as necessidades específicas de cada operação. Isso as torna uma ferramenta indispensável para empresas que buscam aumentar sua eficiência e competitividade no mercado, adaptando-se às demandas e exigências do cenário industrial atual.

Diante do contexto, as pontes rolantes desempenham um papel crucial na otimização de processos industriais, facilitando a movimentação de cargas pesadas, reduzindo custos operacionais, aumentando a segurança no trabalho e proporcionando maior flexibilidade e versatilidade às operações industriais. Seu uso é essencial para empresas que buscam melhorar sua eficiência, produtividade e competitividade no mercado globalizado e altamente competitivo.

### 3 – Objeto de Estudo

A implantação de um sistema de automação para uma ponte rolante automatizada representa um avanço significativo na eficiência e na segurança das operações de movimentação de carga em ambientes industriais. Neste texto dissertativo, abordarei o objeto de estudo desse projeto, destacando a importância da automação, os componentes envolvidos e os benefícios esperados.

A ponte rolante é uma peça fundamental em muitos setores industriais, sendo utilizada para movimentar cargas pesadas de forma eficiente e segura. Tradicionalmente, esses equipamentos são operados manualmente, exigindo a intervenção de operadores para controlar o movimento da ponte, do guindaste e da carga. No entanto, a automação desses sistemas oferece diversas vantagens, incluindo a redução de erros humanos, o aumento da produtividade e a melhoria da segurança no local de trabalho.

O objeto de estudo deste projeto é a implantação de um sistema de automação para uma ponte rolante, com o objetivo de transformá-la em um equipamento totalmente automatizado, capaz de operar de forma autônoma e eficiente. Para isso, foi desenvolvido um protótipo que integra os principais componentes de uma ponte rolante automatizada, incluindo sensores, atuadores, controladores e interfaces de controle.

Os sensores desempenham um papel crucial no sistema de automação, fornecendo informações essenciais sobre a posição, a velocidade e a carga da ponte rolante, onde sensores de posição são utilizados para monitorar a localização da ponte ao longo dos trilhos, garantindo um movimento preciso e seguro. Sensores de carga permitem que o sistema monitore o peso da carga levantada pela ponte, garantindo que ela não exceda os limites de segurança estabelecidos.

Os atuadores são responsáveis por realizar as ações físicas necessárias para movimentar a ponte rolante e a carga e motores elétricos são comumente utilizados como atuadores principais, acionando os mecanismos de deslocamento e elevação da ponte. Além disso, sistemas de freios e embreagens são empregados para garantir um controle preciso e seguro do movimento.

Os controladores são o cérebro do sistema de automação, responsáveis por processar as informações dos sensores e emitir comandos para os atuadores, onde controladores programáveis, como os controladores lógicos programáveis (CLPs), são

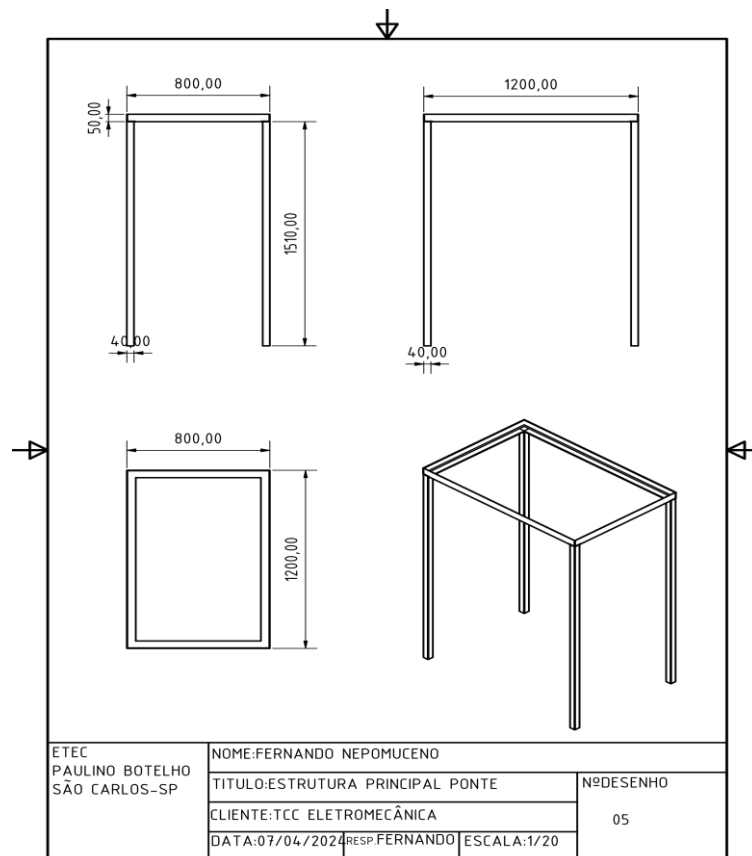
frequentemente utilizados para esse fim, permitindo uma programação flexível e adaptável às necessidades específicas do sistema.

Além dos componentes mencionados, interfaces de controle são projetadas para fornecer uma maneira intuitiva para os operadores interagirem com o sistema automatizado. Telas de toque e painéis de controle são comumente utilizados para monitorar o status da ponte rolante, definir parâmetros de operação e diagnosticar falhas.

Logo, a implantação de um sistema de automação para uma ponte rolante automatizada representa um avanço significativo na eficiência e na segurança das operações industriais. Ao integrar sensores, atuadores, controladores e interfaces de controle, esse sistema oferece uma solução completa para movimentação de carga, garantindo um funcionamento autônomo e eficiente.

Assim, na construção da ponte rolante foi utilizado componentes existentes na rotina diária, onde uma estrutura bem rudimentar foi escolhida como base para o protótipo, cujo projeto foi finalizado com um tamanho satisfatório, como demonstrado na Figura 1:

Figura 1: Estrutura da Ponte Rolante



Fonte: Dados do Autor

Assim, a estrutura da ponte foi composta por quatro tubos metálicos quadrados de 40x40 mm, cada um com 1200 mm de comprimento, utilizados como colunas de sustentação. Além disso, cantoneiras são empregadas para formar a base do trilho guia e para a construção dos carros longitudinal e transversal, garantindo estabilidade e durabilidade à estrutura.

A utilização dos tubos metálicos quadrados oferece uma excelente resistência à compressão, essencial para suportar cargas pesadas, enquanto as cantoneiras proporcionam um alinhamento preciso dos trilhos, facilitando o movimento suave e eficiente dos carros. Esta combinação de materiais e design estrutural assegura uma ponte robusta e funcional, adequada para diversas aplicações industriais. Abaixo na Tabela 1, as medidas são disponibilizadas.

Tabela 1: Especificações da Estrutura da Ponte Rolante



ESPESSURA (mm) [e] – PESO (barra de 6 metros)												
Dimensões Externas (mm) [l]	0,90	1,20	1,50	1,90	2,00	2,25	2,65	3,00	3,35	3,75	4,25	4,75
16 x 16	2,64	3,47	4,27	5,29	5,54	–	–	–	–	–	–	–
20 x 20	3,27	4,30	5,31	6,61	6,93	7,71	–	–	–	–	–	–
25 x 25	4,11	5,43	6,72	8,40	8,81	9,83	11,41	12,77	–	–	–	–
30 x 30	4,96	6,56	8,13	10,18	10,69	11,94	13,90	15,59	17,23	–	–	–
35 x 35	5,80	7,68	9,54	11,97	12,57	14,05	16,39	18,40	20,38	–	–	–
40 x 40	6,65	8,81	10,95	13,75	14,45	16,17	18,88	21,22	23,52	26,11	29,28	32,37
50 x 50	–	11,07	13,77	17,32	18,20	20,40	23,86	26,86	29,82	33,16	37,27	41,30
60 x 60	–	13,32	16,58	20,89	21,96	24,62	28,84	32,50	36,11	40,20	45,25	50,22
63,50 x 63,50	–	–	–	–	23,37	26,21	30,71	34,61	38,48	42,85	48,25	53,57
70 x 70	–	–	19,40	24,46	25,72	28,85	33,82	38,13	42,41	47,25	53,24	59,15
80 x 80	–	–	22,22	28,03	29,48	33,08	38,80	43,77	48,71	54,30	61,22	68,07
90 x 90	–	–	25,04	31,60	33,24	37,31	43,78	49,41	55,00	61,35	69,21	77,00
100 x 100	–	–	–	–	37,00	41,54	48,76	55,05	61,29	68,39	77,20	85,93
120 x 120	–	–	–	–	44,51	49,9	58,72	66,32	73,89	82,49	93,17	103,78

Fonte: Dados do Autor

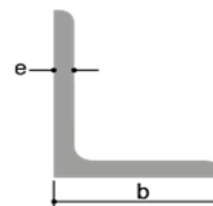


Em seguida, temos as medidas para as cantoneiras que foram utilizadas:

Tabela 2: Descrições das Cantoneiras

LARGURA DA ABA (b)		ESPESSURA (e)		MASSALINEAR
pol.	mm	pol.	mm	kg/m
5/8"	15,87	1/8"	3,17	0,71
3/4"	19,05	1/8"	3,17	0,87
7/8"	22,22	1/8"	3,17	1,04
1"	25,40	1/8"	3,17	1,19
1 1/4"	31,75	1/8"	3,17	1,50
1 1/2"	38,10	1/8"	3,17	1,83
2"	50,80	1/8"	3,17	2,46
1"	25,40	3/16"	4,76	1,73
1 1/4"	31,75	3/16"	4,76	2,20
1 1/2"	38,10	3/16"	4,76	2,68
2"	50,80	3/16"	4,76	3,63
2 1/2"	63,50	3/16"	4,76	4,57
3"	76,20	3/16"	4,76	5,52
1	25,40	1/4"	6,35	2,22
1 1/4"	31,75	1/4"	6,35	2,86
1 1/2"	38,10	1/4"	6,35	3,48
1 3/4"	44,45	1/4"	6,35	4,12
2 1/2"	63,50	1/4"	6,35	6,10
3"	76,2	1/4"	6,35	7,29
2"	50,80	1/4"	6,35	4,74
2 1/2"	63,50	5/16"	7,93	7,44
3"	76,20	5/16"	7,93	9,07
4"	101,6	5/16"	7,93	12,19
3"	76,20	3/8"	9,52	10,71
4"	101,6	3/8"	9,52	14,57

COMPRIMENTO PADRÃO DE 6000 MM.



Fonte: Dados do Autor

A utilização de cantoneiras na construção da base para a ponte rolante é fundamental devido à sua versatilidade e resistência estrutural, onde as cantoneiras, com seu formato angular, proporcionam uma excelente capacidade de suportar cargas multidirecionais, o que é essencial para a estabilidade da base da ponte rolante.

Além disso, sua facilidade de corte e junção permite uma montagem precisa e ajustável, garantindo que os trilhos guias sejam fixados de maneira segura e alinhada. Esta configuração não só melhora a eficiência operacional da ponte rolante, mas

também assegura uma distribuição uniforme do peso e das tensões, contribuindo para a durabilidade e a segurança da estrutura como um todo.

Logo, temos a base guia e dos carros Longitudinal e transversal após solda.

Figura 2: Estrutura do Protótipo



Fonte: Dados do Autor

Dessa forma, temos a montagem inicial da base da Ponte Rolante, onde os carros longitudinais e transversais receberam roldanas de 3", para o movimento de acordo com seus respectivos eixos de movimentação. Para tanto, segue abaixo a Tabela com as especificações das roldanas utilizadas:

Tabela 3: Especificações das Roldanas utilizadas

ROLDANA CANAL V COM BUCHA PARA PARAFUSO								
REF	A Ø	A Ø	B	C	D	E	F	G
2020	1.1/2"	38 mm	15	25	10	13	6	1/4"
2021	2"	50 mm	15	25	12	13	6	5/16"
*2022	2"	50 mm	18	25	12	15	6	5/16"
2023	2.3/8"	60 mm	15	25	12	13	6	5/16"
2024	2.1/2"	63 mm	15	25	12	13	6	5/16"
*2025	2.1/2"	63 mm	19	25	15	16	6	3/8"
2026	2.3/4"	70 mm	15	25	15	13	6	3/8"
2027	3"	76 mm	15	25	15	13	6	3/8"
*2028	3"	76 mm	19	25	15	16	6	3/8"
2029	3.1/4"	80 mm	15	25	15	13	6	3/8"
2030	4"	100 mm	15	25	15	13	6	3/8"
*2031	4"	100 mm	20	25	17	16	6	3/8"

\* Roldana mais larga com arruela de proteção no rolamento

Fonte: Dados do Autor

Ao iniciar o projeto da ponte rolante, foi crucial realizar um dimensionamento preciso dos componentes, como os motores DC selecionados, onde no caso específico, os motores DC de 24V com características de 4,7A e velocidade de 148rpm, modelo Miller 122741, foram escolhidos. Além disso, os motores Gear de 24Vdc com 122Rpm e uma relação de redução de 29:1 foram considerados.

Essa seleção cuidadosa dos motores leva em conta requisitos como torque, velocidade e eficiência, garantindo que a ponte rolante seja capaz de mover cargas com segurança e precisão. A escolha desses componentes é fundamental para o sucesso do projeto, pois influencia diretamente no desempenho e na operação da ponte rolante.

A partir dessas características, foi possível realizar análises adicionais, como o cálculo do torque necessário para movimentar a carga desejada e a avaliação da eficiência do sistema. Além disso, o dimensionamento adequado dos motores permite otimizar o consumo de energia e prolongar a vida útil dos componentes e com essa base sólida estabelecida através do dimensionamento dos motores, o projeto da ponte rolante pode prosseguir com confiança, visando alcançar um sistema robusto e eficiente que atenda às necessidades específicas de aplicação, mediante o modelo do motor abaixo.

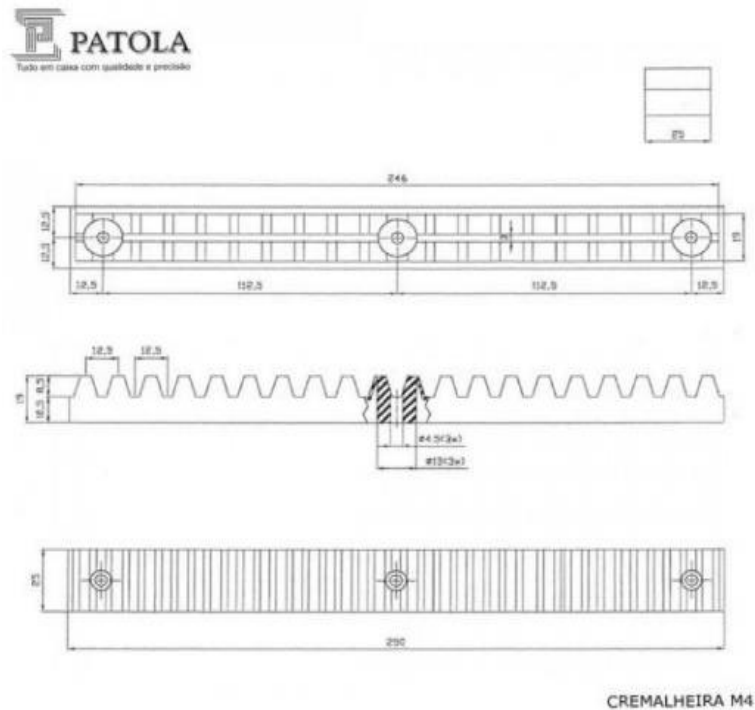
Figura 3: Montagem do Motor



Fonte: Dados do Autor

A cremalheira de módulo 4, fabricada em polipropileno preto de alta resistência, é amplamente utilizada no deslizamento de portões automáticos. Neste projeto, utilizamos essa cremalheira para facilitar a movimentação da ponte, tanto nos eixos longitudinal quanto transversal. Abaixo segue a Tabela da cremalheira para demonstração.

Figura 4: Especificações da Cremalheira



Fonte: Dados do Autor

Para compor a cremalheira foram utilizadas as engrenagens de modelo Z15, módulo de 4, como ilustrada na Figura abaixo:

Figura 5: Engrenagem



Fonte: Dados do Autor

A engrenagem utilizada foi projetada e fabricada seguindo os princípios e diretrizes abordados nas aulas, onde suas medidas específicas foram calculadas utilizando as fórmulas apropriadas para garantir a precisão e eficiência do componente. Estas incluem o módulo, o número de dentes, o diâmetro primitivo, e outras dimensões críticas que asseguram um desempenho adequado na aplicação prevista, sendo que o rigor no cumprimento dessas especificações garante que a engrenagem se integre perfeitamente ao sistema, proporcionando uma transmissão de movimento suave e eficiente.

Abaixo, seguem as medidas obtidas com as seguintes fórmulas:

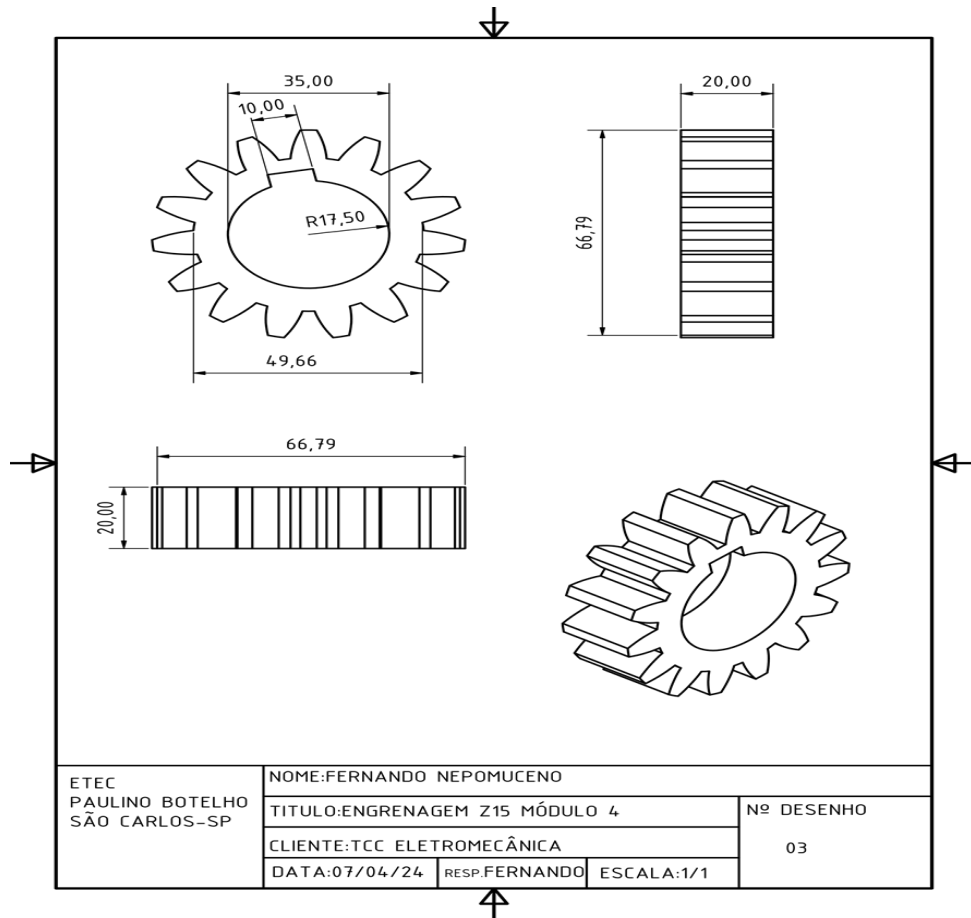
Tabela 4: Fórmulas e Medidas obtidas

<b>Diâmetro externo:</b>
<b><math>DE = M * (Z+2)</math></b>
<b><math>DE = 4 * (15+2)</math></b>
<b>DE= 68mm</b>
<b>Diâmetro Primitivo:</b>
<b><math>Dp = M * Z</math></b>
<b><math>Dp = 4 * 15</math></b>
<b>DP= 60mm</b>
<b>Diametro Interno:</b>
<b><math>DI = Dp - (2,166 * M)</math></b>
<b><math>DI = 60 - (2,166 * 4)</math></b>
<b>DI=51,336mm</b>
<b>Passo=<math>M * 3,14</math></b>
<b><math>P = 4 * 3,14</math></b>
<b>P=12,56mm</b>
<b>Altura do dente=<math>M * 2,166</math></b>
<b><math>H = 4 * 2,166</math></b>
<b>H=8,66mm</b>
<b>Espessura do dente=<math>1,57 * M</math></b>
<b>S=6,28mm</b>

Fonte: Dados do Autor

Assim, tem-se a montagem da engrenagem, como na Figura abaixo e suas especificações:

Figura 6: Medidas da Engrenagem



Fonte: Dados do Autor

Logo, temos a engrenagem montada, pronta para ser empregada ao protótipo da Ponte Rolante.

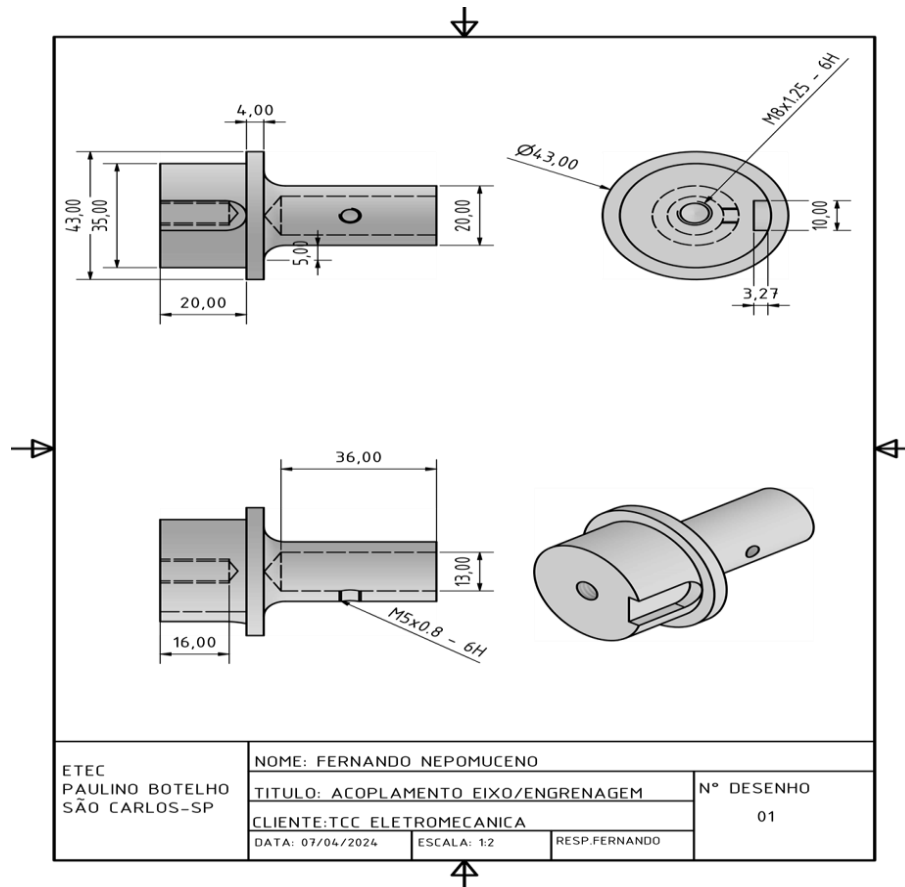
Figura 7: Engrenagem utilizada



Fonte: Dados do Autor

Com as engrenagens montadas, há o acoplamento das mesmas aos eixos correspondentes, como ilustra a Figura abaixo:

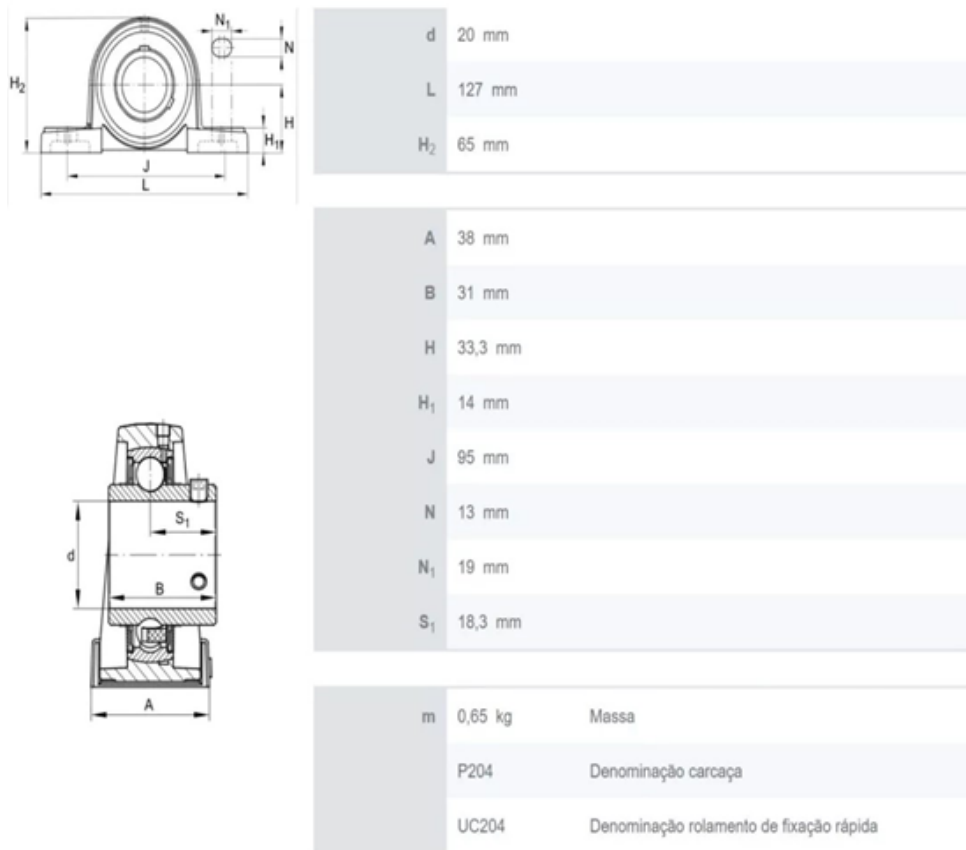
Figura 8: Acoplamento eixo/engrenagem



Fonte: Dados do Autor

Após a montagem da engrenagem em seus devidos eixos, foi realizada a montagem dos mancais, aos quais serviram de apoio para o eixo com chaveta, que por sua vez serve para transmitir o movimento de rotação do motor para o tambor de içamento de carga conforme especificado na Figura abaixo:

Figura 9: Mancal Pedestal 204



Fonte: Dados do Autor

Logo, temos os mancais montados e prontos para a utilização na Ponte Rolante.

Figura 10: Mancais posicionados no Carro Transversal



Fonte: Dados do Autor

Os mancais desempenham um papel crucial ao fornecer suporte ao eixo com chaveta, essencial para a transmissão eficiente do movimento de rotação do motor

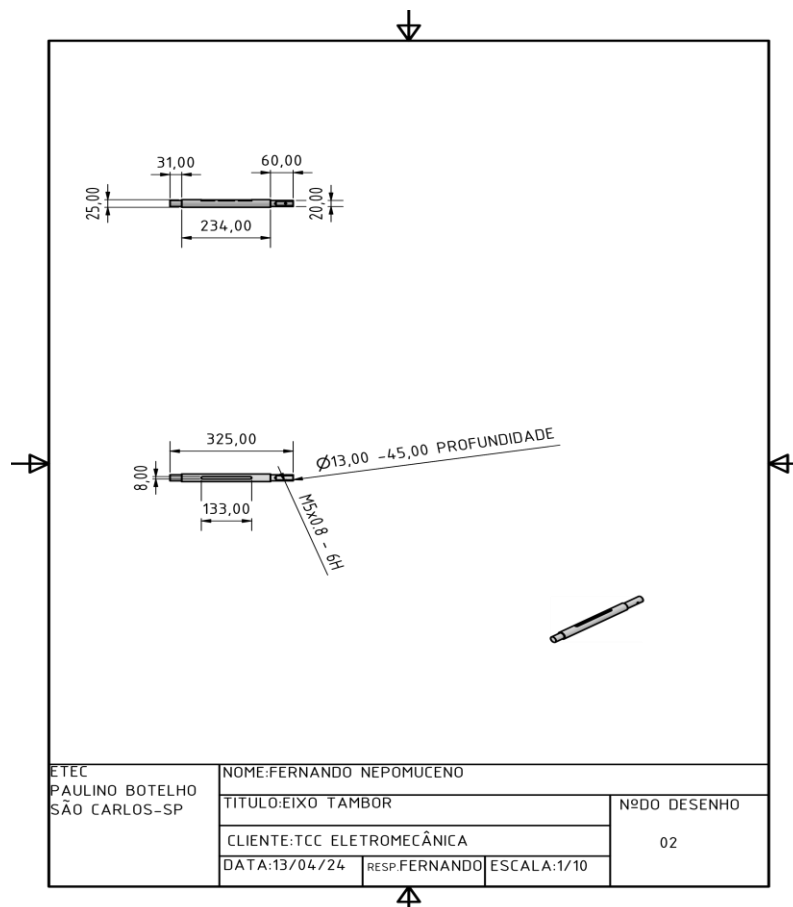


para o tambor de içamento de carga, onde esta configuração garante a estabilidade e a eficiência do sistema de içamento, permitindo um funcionamento suave e seguro. Conforme ilustrado na foto anterior, os mancais não apenas suportam o eixo, mas também reduzem o atrito durante a rotação, aumentando a durabilidade e a confiabilidade do mecanismo de içamento.

Assim, o eixo de rotação foi projetado especificamente para rotacionar o tambor de içamento de carga, onde o mesmo está conectado a um dos motores, que transmite o movimento de rotação ao eixo, permitindo que a carga seja levantada do solo até o ponto desejado. Essa configuração garante uma operação eficiente e segura do sistema de içamento, facilitando o levantamento preciso e controlado das cargas, sendo a integração entre o eixo e o motor é essencial para a funcionalidade do equipamento, assegurando que a transferência de movimento seja fluida e eficaz.

Abaixo segue a Figura de especificação do eixo de rotação:

Figura 11: Especificação do eixo do tambor

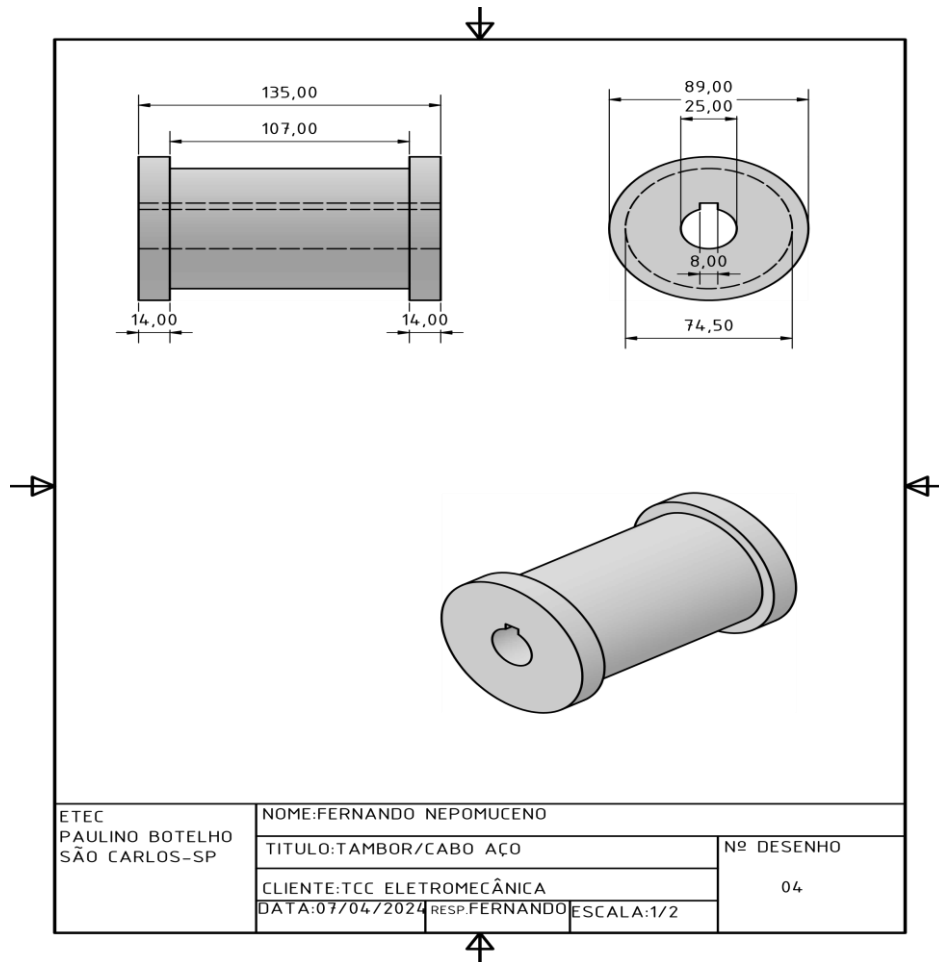


Fonte: Dados do Autor

Outro elemento fundamental do conjunto de içamento de carga é o tambor que enrola o cabo de aço, recebendo a rotação transmitida pelo motor e pelo eixo, permitindo o enrolamento e desenrolamento do cabo de aço. Essa ação é crucial para

o levantamento e movimentação das cargas, garantindo que o processo seja realizado de maneira eficiente e segura, onde a qualidade e o design do tambor são essenciais para assegurar a durabilidade e a funcionalidade do sistema de içamento.

Figura 12: Especificação do Tambor



Fonte: Dados do Autor

Assim, tem-se o tambor pronto para utilização na Ponte Rolante, como demonstrado na Figura abaixo:

Figura 13: Tambor finalizado



Fonte: Dados do Autor

Logo, tem-se a ponte rolante bastante rudimentar, mas finalizada, pronta para demonstrar sua finalidade.

Figura 14: Ponte Rolante finalizada



Fonte: Dados do Autor

A construção do protótipo de uma ponte rolante foi concluída com sucesso, integrando de forma eficiente os conceitos de engenharia estrutural e mecânica. A estrutura foi cuidadosamente projetada e montada para garantir estabilidade e funcionalidade, utilizando materiais que simulam aqueles empregados em aplicações reais. Cada componente, desde as vigas de suporte até os mecanismos de movimentação, foi testado para assegurar a precisão e a segurança operacionais.

Esse protótipo não apenas serve como uma representação tangível de uma ponte rolante, mas também como uma ferramenta educativa valiosa, permitindo a visualização e o estudo detalhado dos princípios de operação e construção desse tipo de equipamento industrial.

### **3.1 Descrição da Montagem Elétrica da Ponte Rolante**

A construção de uma ponte rolante representa uma aplicação prática e interessante dos conhecimentos adquiridos no curso Técnico de eletromecânica. Para tanto, foi utilizada uma placa Arduino como controlador central, sendo possível desenvolver um sistema de controle preciso e eficiente para operar a ponte rolante.

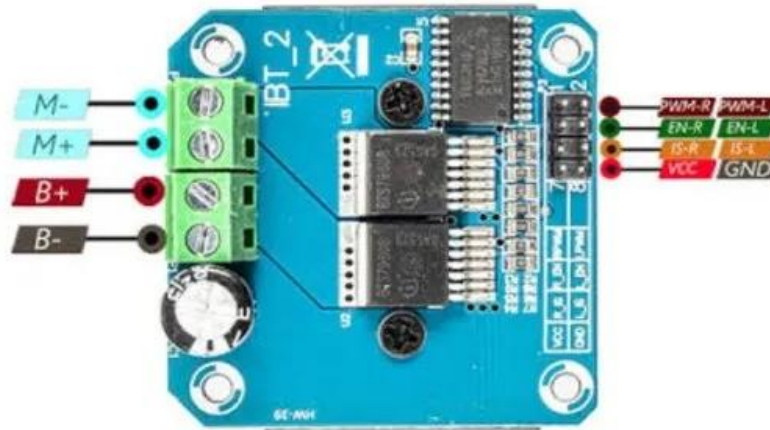
Sensores podem ser integrados para detectar a posição e a carga, permitindo que o Arduino ajuste automaticamente a velocidade e a direção dos motores responsáveis pelo movimento da ponte. Além disso, a comunicação dos fios pode ser implementada para permitir o controle remoto da ponte, aumentando sua versatilidade e usabilidade em ambientes industriais.

Os aprendizados do curso de Técnico de eletromecânica fornecem uma base sólida para o desenvolvimento e aprimoramento de uma ponte rolante com Arduino. Os conhecimentos em eletrônica, sistemas de controle e programação são essenciais para projetar circuitos eletrônicos robustos, implementar algoritmos de controle eficientes e solucionar problemas que possam surgir durante o processo de construção.

Além disso, a compreensão dos princípios da Eletromecânica permite uma análise crítica do projeto, garantindo que a ponte rolante atenda aos requisitos de segurança, eficiência e confiabilidade necessários para sua operação em ambientes industriais. Assim, a integração dos aprendizados do curso com a construção de uma ponte rolante com Arduino resulta em uma aplicação prática e significativa dos conhecimentos adquiridos, demonstrando a capacidade de utilizar a teoria para resolver problemas do mundo real.

Abaixo segue a Figura de uma placa Arduino utilizada no projeto compondo sua parte elétrica.

Figura 15: Placa de Arduino



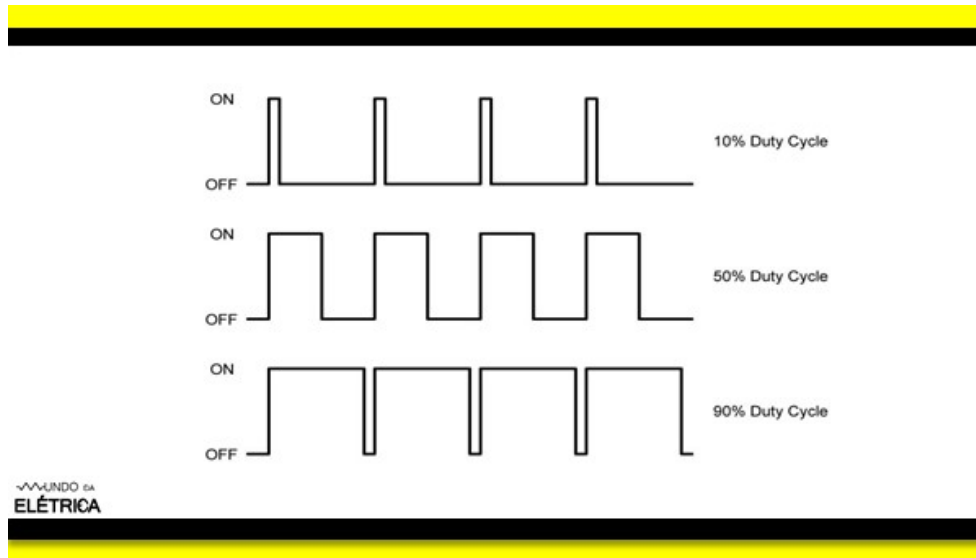
Fonte: Dados do Autor

O componente Ponte H BTS7960, com suas características detalhadas, revela-se uma escolha sólida para o controle de motores DC na ponte rolante. Com quatro capacitores de potência capazes de suportar até 24VDC, distribuídos para alimentação e ligação dos motores, e uma saída de até 20 amperes, oferece uma robusta capacidade de controle de potência. Os oito pinos de controle proporcionam uma interface flexível para a integração com o sistema, incluindo alimentação, detecção de sobrecorrente e controle por PWM.

A técnica de modulação por largura de pulso (PWM) desempenha um papel essencial no controle preciso da velocidade dos motores, onde ao variar a largura dos pulsos em um sinal elétrico, o PWM permite ajustar a potência entregue aos motores de forma proporcional. Isso resulta em um controle suave e eficiente da velocidade de rotação, sem a necessidade de componentes mecânicos adicionais.

Assim, ao pulsar rapidamente o sinal digital em um condutor, o PWM transmite informações pela variação da largura da onda, permitindo ajustes finos na velocidade e na direção do movimento da ponte rolante. Essa técnica é essencial para alcançar o desempenho desejado do sistema, garantindo uma operação segura e precisa em diversas aplicações industriais.

Figura 16: Exemplo de Sinal PWM



Dados do Autor

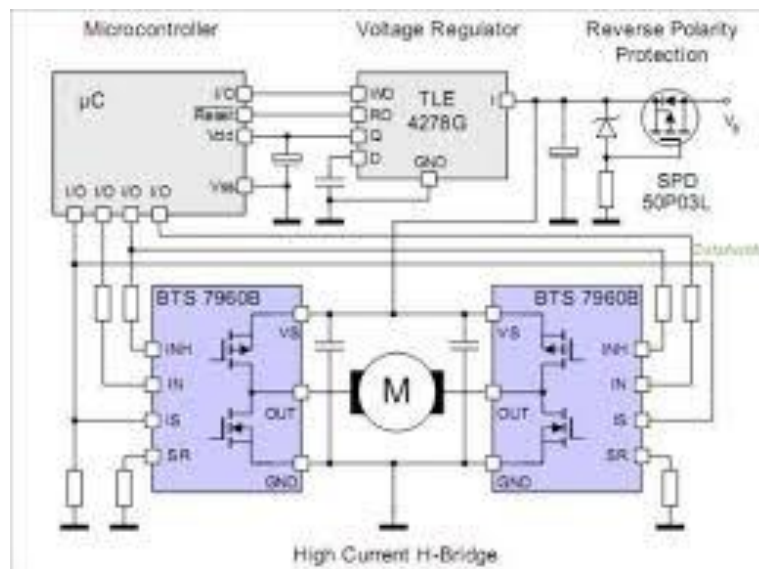
Fonte:

A utilização do sinal PWM para controlar a velocidade dos motores de elevação, movimentação e translação do carro na ponte rolante é uma abordagem eficaz e versátil, onde o sinal PWM é aplicado ao circuito da ponte H, que opera essencialmente como quatro chaves. A manipulação dessas chaves permite não apenas inverter o sentido de rotação dos motores, mas também controlar a velocidade modulando os pulsos PWM.

O circuito da ponte H é fundamental para o controle preciso e eficiente dos motores, pois permite direcionar a corrente elétrica de maneira adequada para alcançar o movimento desejado. Ao combinar o sinal PWM com a ponte H, é possível reduzir a velocidade dos motores para cerca de 30% da velocidade nominal, conforme especificado no projeto.

Isso proporcionou um controle suave e ajustável da ponte rolante, permitindo que ela se mova com precisão e segurança durante as operações de elevação, movimentação e translação do carro. Essa abordagem demonstra a aplicação prática dos conceitos de eletrônica de potência e controle de motores na engenharia elétrica, resultando em um sistema eficiente e funcional para a ponte rolante.

Figura 17: Circuito Eletrônico da Ponte H BTS 7960

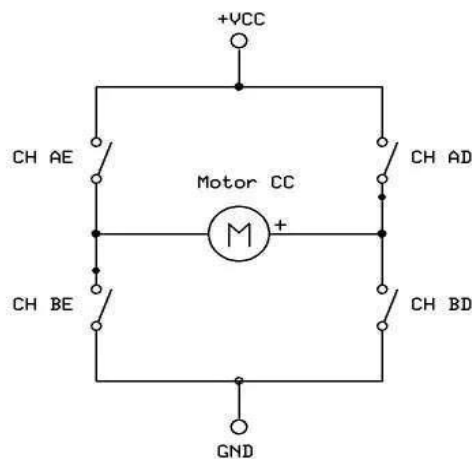


Fonte: Dados do Autor

A manipulação das chaves CH AD e CH BE no circuito da ponte H determina o sentido de rotação do motor e quando essas chaves são fechadas, a corrente elétrica é direcionada de uma forma específica que faz o motor girar em um determinado sentido. Por outro lado, ao fechar as chaves CH AE e CH BE, o sentido de rotação do motor é invertido. Isso ocorre devido à mudança na direção do fluxo de corrente elétrica através do motor, causada pela alteração na configuração das chaves na ponte H.

Essa funcionalidade é essencial para controlar o movimento da ponte rolante, pois permite não apenas ajustar a velocidade dos motores, mas também direcionar o movimento conforme necessário para realizar tarefas específicas, como elevação, movimentação lateral e translação do carro. O correto acionamento das chaves na ponte H em conjunto com o sinal PWM proporciona um controle completo sobre o funcionamento dos motores, garantindo um desempenho seguro e eficiente da ponte rolante em sua operação.

Figura 18: Circuito de Exemplificação do funcionamento da Ponte H



Fonte: Dados do Autor

Por sua vez, o componente Joystick, que também compreende a projeto, desempenha um papel crucial no controle da ponte rolante, fornecendo uma interface intuitiva para os operadores e com suas quatro posições, o Joystick permite aos usuários enviar sinais de acionamento mecânico para o Arduino, possibilitando o controle preciso e direcional do movimento da ponte rolante. Essas posições são detectadas pelos microinterruptores localizados na parte inferior do componente, que transmitem os sinais elétricos correspondentes para o Arduino.

A utilização do Joystick simplifica a operação da ponte rolante, permitindo que os operadores controlem facilmente a direção e a velocidade do movimento, ajustando a posição da alavanca de acordo com suas necessidades. Essa interface física torna a operação mais intuitiva e ergonômica, facilitando o trabalho dos operadores e aumentando a eficiência na movimentação de cargas, onde ao enviar os sinais para o Arduino, o Joystick integra-se perfeitamente ao sistema de controle da ponte rolante, garantindo uma comunicação eficaz entre os operadores e o equipamento, resultando em uma operação segura e precisa.



Figura 19: Joystick



Fonte: [https://acr1.com.br/categorias\\_de\\_produtos/joystick-botoeira-ponte-rolante-portico/](https://acr1.com.br/categorias_de_produtos/joystick-botoeira-ponte-rolante-portico/)

No contexto deste projeto, os botões de acionamento do Joystick estão associados aos movimentos de translação e direção da ponte rolante, significando que os operadores podem controlar o deslocamento lateral e a direção da ponte rolante movendo o Joystick para as diferentes posições correspondentes. Por exemplo, movendo o Joystick para a esquerda ou para a direita pode controlar a direção da translação da ponte, enquanto movendo-o para frente ou para trás pode controlar o movimento longitudinal da mesma.

Assim, os movimentos de elevação são acionados por botões separados. Essa abordagem permite um controle mais preciso e independente das operações de elevação da carga. Os operadores podem acionar os botões dedicados para controlar o levantamento ou a descida da carga com segurança e precisão, sem interferência nos movimentos de translação e direção da ponte rolante.

Essa configuração oferece uma divisão clara das funções de controle, permitindo que os operadores controlem cada aspecto do movimento da ponte rolante de forma individual e intuitiva. Isso contribui para uma operação mais eficiente e segura da ponte rolante, garantindo que as cargas sejam movimentadas com precisão e controle total em todas as direções e alturas necessárias.

Figura 20: Botões Sensores



Fonte: <https://www.multcomercial.com.br/chave-push-button-sem-trava-e-com-led-utilizada-em-arcade-fliperama-diversas-cores.html>

No contexto deste projeto, os botões de acionamento do Joystick estão associados aos movimentos de translação e direção da ponte rolante. Isso significa que os operadores podem controlar o deslocamento lateral e a direção da ponte rolante movendo o Joystick para as diferentes posições correspondentes.

Por exemplo, movendo o Joystick para a esquerda ou para a direita pode controlar a direção da translação da ponte, enquanto movendo-o para frente ou para trás pode controlar o movimento longitudinal da mesma.

Por outro lado, os movimentos de elevação são acionados por botões separados. Essa abordagem permite um controle mais preciso e independente das operações de elevação da carga. Os operadores podem acionar os botões dedicados para controlar o levantamento ou a descida da carga com segurança e precisão, sem interferência nos movimentos de translação e direção da ponte rolante.

Essa configuração oferece uma divisão clara das funções de controle, permitindo que os operadores controlem cada aspecto do movimento da ponte rolante de forma individual e intuitiva. Isso contribui para uma operação mais eficiente e segura da ponte rolante, garantindo que as cargas sejam movimentadas com precisão e controle total em todas as direções e alturas necessárias.

Figura 21: Botão de Segurança para Emergências



Fonte: <https://adequada.eng.br/botao-emergencia/#:~:text=O%20bot%C3%A3o%20de%20emerg%C3%Aancia%20%E2%80%93%20como,isso%20que%20ele%20%C3%A9%20vermelho.>

O botão de parada de emergência é um componente crítico no projeto da ponte rolante, oferecendo uma medida de segurança vital em situações de emergência, sendo que quando acionado, este botão interrompe imediatamente todas as operações da ponte rolante, desativando os motores e impedindo qualquer movimento adicional. Sua funcionalidade é essencial para proteger os operadores, equipamentos e cargas de possíveis acidentes ou situações de risco.

No contexto do projeto descrito, o botão de parada de emergência serve como um último recurso para interromper rapidamente as operações da ponte rolante em caso de emergência, como uma falha no sistema, um mau funcionamento dos equipamentos ou a detecção de uma situação perigosa.

Ao acionar esse botão, os operadores podem interromper imediatamente todas as operações da ponte rolante, evitando potenciais danos ou lesões. Sua inclusão no projeto demonstra um compromisso com a segurança dos operadores e a proteção dos equipamentos e cargas, garantindo uma operação segura e confiável da ponte rolante em todas as circunstâncias.

### 3.2 – Placas de Arduino e sua utilização no Projeto

A placa Arduino representa um marco significativo na interseção entre a eletrônica, a programação e a prototipagem de hardware. Sua contextualização remonta ao início dos anos 2000, quando foi desenvolvida por Massimo Banzi e sua equipe no Instituto de Design de Interatividade de Ivrea, na Itália, tornando-se desde

então, um pilar na comunidade de entusiastas de tecnologia, educadores e profissionais de diversas áreas (HERMES, 2014).

Em termos técnicos, segundo o autor acima, a placa Arduino é uma plataforma de prototipagem de código aberto baseada em hardware e software flexíveis, que consiste em uma placa de circuito impresso com um microcontrolador e uma interface de programação integrada. O microcontrolador, geralmente da família AVR da Atmel, agora *Microchip Technology*, é programado usando a linguagem de programação Arduino, uma simplificação da linguagem C/C++.

A utilidade da placa Arduino é vasta e diversificada, sendo amplamente utilizada em projetos de prototipagem rápida e sua facilidade de uso, flexibilidade e baixo custo a tornam acessível mesmo para iniciantes em eletrônica e programação. Da mesma forma, é frequentemente empregada em ambientes educacionais, onde facilita o ensino de conceitos fundamentais de eletrônica e programação de forma prática e envolvente (HERMES, 2014).

Além disso, a placa Arduino é uma ferramenta valiosa em projetos de automação residencial e industrial, sistemas de controle, dispositivos *wearable*, Internet das Coisas (IoT) e muitas outras aplicações. Sua capacidade de interagir com sensores, atuadores e outros dispositivos externos permite a criação de soluções personalizadas para uma ampla gama de problemas e necessidades.

De acordo com Hermes (2014), a comunidade em torno do Arduino é um aspecto crucial de sua contextualização e utilidade, sendo que milhões de entusiastas em todo o mundo contribuem com projetos, bibliotecas de código, tutoriais e suporte técnico, criando um ecossistema rico e dinâmico que promove a inovação e a colaboração.

Assim, a placa Arduino é muito mais do que apenas um pedaço de hardware, é um símbolo da democratização da tecnologia, capacitando pessoas de todas as idades e origens a transformar suas ideias em realidade. Sua contextualização como uma plataforma acessível e versátil, juntamente com sua utilidade em uma ampla variedade de aplicações, a torna uma ferramenta indispensável no arsenal de inventores, educadores e profissionais da tecnologia em todo o mundo.

Abaixo, está uma placa de Arduino, ilustrada na Figura 9:



Sua versatilidade e facilidade de uso a tornam ideal para projetos de eletrônica, permitindo a conexão de sensores, atuadores e outros dispositivos externos para criação de protótipos rápidos e eficazes.

Figura 23: Placa de Arduino ATmega



Fonte: Hermes, 2014

Assim, na construção do presente projeto, a inclusão do Arduino ATmega 2560 desempenha um papel fundamental ao coordenar e controlar as diversas operações da ponte rolante. Utilizando suas capacidades de processamento e as entradas e saídas disponíveis, o Arduino garante o funcionamento suave e preciso do sistema, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo programa desenvolvido. Essa integração permite uma operação eficiente e confiável da ponte rolante, demonstrando o potencial e a versatilidade do Arduino em aplicações industriais e de automação.

## Conclusão

Após a conclusão do projeto de construção da ponte rolante didática, é possível destacar uma série de resultados significativos e em primeiro lugar, a obtenção de um protótipo funcional representa um marco importante, demonstrando a aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso Técnico em Eletromecânica. Através da integração de sistemas mecânicos, elétricos e de controle, os estudantes puderam vivenciar na prática os princípios fundamentais da engenharia, desde a seleção e dimensionamento dos componentes até a montagem e teste do sistema.

Além disso, a ponte rolante didática proporcionou uma oportunidade única para os estudantes explorarem conceitos complexos de forma concreta e tangível e a possibilidade de simular operações de levantamento e movimentação de cargas em três direções distintas permitiu uma compreensão mais profunda dos princípios de funcionamento e dos desafios envolvidos na operação de equipamentos industriais. Essa experiência prática complementou e enriqueceu o aprendizado teórico em sala de aula, preparando os estudantes de forma mais abrangente para enfrentar os desafios do mercado de trabalho.

Além disso, a conclusão bem-sucedida do projeto contribuiu para o desenvolvimento de habilidades essenciais, como trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico. Ao enfrentar e superar os desafios encontrados durante a construção da ponte rolante, os estudantes desenvolveram uma mentalidade resiliente e uma capacidade de adaptação que serão inestimáveis em suas carreiras futuras.

Logo, os resultados obtidos após a construção e conclusão do projeto da ponte rolante didática representam não apenas um avanço significativo no conhecimento técnico dos estudantes, mas também um importante marco em seu desenvolvimento pessoal e profissional. A experiência adquirida ao longo do processo de construção e operação da ponte rolante certamente deixará uma marca duradoura em suas trajetórias acadêmicas e profissionais, preparando-os para enfrentar os desafios e oportunidades que o futuro reserva

Assim, ao finalizar o desenvolvimento deste projeto, é gratificante refletir sobre o percurso percorrido e os aprendizados adquiridos ao longo do caminho, onde a

jornada de construir uma ponte rolante controlada por um Arduino ATmega 2560 foi desafiadora e estimulante. Desde o planejamento inicial até a implementação prática, cada etapa foi uma oportunidade de explorar conceitos fundamentais de eletromecânica e programação, consolidando e expandindo nosso conhecimento.

Participar deste projeto foi mais do que apenas aplicar teoria em prática; foi uma experiência que promoveu um crescimento significativo em diversos aspectos, onde aprendemos a trabalhar em equipe, a enfrentar desafios complexos e a encontrar soluções criativas para problemas técnicos

Além dos aspectos técnicos, este projeto também teve um impacto profundo em nosso crescimento pessoal, sendo que a dedicação e a persistência necessárias para superar obstáculos e alcançar nossos objetivos fortaleceram nossa confiança e resiliência. A capacidade de trabalhar em equipe e colaborar de forma eficaz nos ensinou a valorizar diferentes perspectivas e a importância do trabalho em conjunto para alcançar resultados significativos.

No âmbito profissional, este projeto proporcionou uma oportunidade valiosa de aplicar os conhecimentos adquiridos no curso Técnico de eletromecânica em um contexto prático e relevante. A experiência de lidar com um projeto real, com requisitos e desafios específicos, nos preparou para enfrentar situações semelhantes no futuro, seja no mercado de trabalho ou em projetos de pesquisa e desenvolvimento.

Assim, o desenvolvimento deste projeto foi uma jornada enriquecedora e gratificante, que nos permitiu crescer não apenas como estudantes e futuros profissionais, mas também como indivíduos. Através da colaboração, dedicação e aprendizado contínuo, pudemos criar algo tangível e significativo, demonstrando o poder da aplicação prática dos conhecimentos adquiridos e o potencial transformador da Eletromecânica em nosso mundo.



## Referências

BANZI, M.; SHRIMP, M. **Arduino – Guia do Maker para Microcontroladores.**

Editora Novatec, 2009.

BARROS, R. O. **Automação Industrial.** Editora Érica, 2016.

BRITO, C. da R. **Automação Industrial: Conceitos, Metodologias e Aplicações.**

Editora Érica, 2018.

DIAS, M. A. P. **Automação e Sistemas de Controle Industrial.** Editora LTC, 2015.

\_\_\_\_\_. **Logística, Movimentação e Armazenagem de Materiais.** Editora Érica, 2018.

FILHO, A. M. C. (2017). **Internet das Coisas: Conceitos e Aplicações.** Editora

Novatec.

GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.** Pearson Education, 2017.

HERMES, G. F. N. **Utilização da Plataforma Arduino para controle de experimentos remotos de física.** Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Física – Campos Santa Mônica, 2014.

KUPHALDT, T. R. **Introdução à automação e controle industrial.** Editora EDGARD BLÜCHER LTDA, 2016.

LANGUI, Claudio Alberto. **Pontes Rolantes - A importância do equipamento nas áreas de produção industrial.** Taubaté: Universidade de Taubaté, 2001.

LENZ, André Luiz. **Tecnologia para Automação de Pontes Rolantes.** São Paulo: SENAI, 2012.

LIMA, R. C. **Pontes Rolantes: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2018.

ONÇALVES, L. R. de O. **Introdução à Automação Industrial**. Editora Érica, 2017.  
PAES, M. L. e VASSALLO, R. F. **Automação e Controle de Processos Industriais**. Editora LTC, 2014.

REHG, J. A., & Sartori, G. J. **Eletrônica industrial**. Editora LTC, 2017.

ROSÁRIO, D. A.; DUARTE, R. P. **Sistemas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. LTC Editora, 2013.

SANTOS, M. A. **Desenvolvimento de um Sistema de Controle Automatizado para Pontes Rolantes**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2017.

SILVA, A. L. **Manual de Operação e Manutenção de Pontes Rolantes e Talhas Elétricas**. Editora Ciência Moderna, 2015.

SILVEIRA, P. M. Automação de Pontes Rolantes: Tecnologias e Tendências. **Revista de Engenharia Industrial**, 15(2), 45-58, 2020.

SIQUEIRA, A. A. **Automação Industrial: Conceitos, Tecnologias e Aplicações**. Editora Érica, 2019.

ZACCARELLI, A. B. **Manual de Pontes Rolantes: Projetos, Cálculos e Manutenção**. São Paulo: Editora Érica, 2015.

## Anexos

### Dados Técnicos

```
// progama ponte rolante 1
#define pwmmpd 13
#define pwmmpe 12
#define pwmmcd 11
#define pwmmce 10
#define pwmmgd 9
#define pwmmgs 8
#define jpd 32
#define jpe 35
#define jcd 36
#define jce 37
#define bdg 40
#define bsg 41
#
#define seguranca 48
int valor_pwm = 80;
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    pinMode(pwmmpd,OUTPUT);
    pinMode(pwmmpe,OUTPUT);
    pinMode(pwmmcd,OUTPUT);
    pinMode(pwmmce,OUTPUT);
    pinMode(pwmmgd,OUTPUT);
    pinMode(pwmmgs,OUTPUT);
    pinMode(jpd, INPUT);
    pinMode(jpe, INPUT);
    pinMode(jcd, INPUT);
    pinMode(jce, INPUT);
    pinMode(bdg, INPUT);
    pinMode(bsg, INPUT);
    pinMode(eme,INPUT);
```

```
digitalWrite(pwmmmpd,0);
digitalWrite(pwmmpe,0);
digitalWrite(pwmmcd,0);
digitalWrite(pwmmce,0);
digitalWrite(pwmmgd,0);
digitalWrite(pwmmgs,0);
void loop(){
  Serial.begin (9600);

  if( digitalRead(jpd) == 1 && digitalRead(jpe) == 0){
    analogWrite(pwmmmpd, valor_pwm);
    digitalWrite(pwmmpe, LOW);
  }
  else{
    digitalWrite(pwmmmpd, LOW);
    digitalWrite(pwmmpe,LOW);
  }

  if( digitalRead(jpe) == 1 && digitalRead(jpd) == 0){
    analogWrite(pwmmpe, valor_pwm);
    digitalWrite(pwmmmpd,LOW);
  }
  else{
    digitalWrite(pwmmmpd, LOW);
    digitalWrite(pwmmpe, LOW);
  }

  if( digitalRead(jcd) == 1 && digitalRead(jce) == 0){
    analogWrite(pwmmcd, valor_pwm);
    digitalWrite(pwmmce, LOW);
  }
  else{
    digitalWrite(pwmmcd, LOW);
    digitalWrite(pwmmce, LOW);
  }
}
```

```
if ( digitalRead(jce) == 1 && digitalRead(jcd) == 0){
  analogWrite(pwmmce, valor_pwm);
  digitalWrite(pwmmcd,LOW);
}
else{
  digitalWrite(pwmmcd, LOW);
  digitalWrite(pwmmce, LOW);

  if( digitalRead(bdg) == 1 && digitalRead(bsg) == 0){
    analogWrite(pwmmgd, valor_pwm);
    digitalWrite(pwmmgs, LOW);
  }
  else{
    digitalWrite(pwmmgd, LOW);
    digitalWrite(pwmmgs, LOW);
  }
}
if(digitalRead(bsg) == 1 && digitalRead(bdg) == 0){
  analogWrite(pwmmgs, valor_pwm);
  digitalWrite(pwmmgd, LOW);
}
else{
  digitalWrite(pwmmgs, LOW);
  digitalWrite(pwmmgd, LOW);
}
Serial.println (pwmmpe);
delay(500);
```

### Relação de Materiais usados na estrutura da Ponte Rolante

METALON	40X40	1200	4PÇS		
CANT.	2"X1/8	790 MM	2 PÇS		
CANT.	2"X1/8	1520 MM	2 PÇS		
CANT.	2"X1/8	770 MM	2 PÇS		
CANT.	2"X1/8	360 MM	2 PÇS		
CANT.	2"X1/8	320 MM	2 PÇS		
CANT.	2"X1/8	250 MM	2 PÇS		
CANT.	2"X1/8	130 MM	4 PÇS		
CANT.	3/4X1/8	770 MM	2 PÇS		
CANT.	3/4X1/8	1500 MM	2 PÇS		
CANT.	3/4X1/8	150 MM	2 PÇS		
CANT.	3/4X1/8	115 MM	2 PÇS		
COMPONENTES COMERCIAIS					
MANCAL	P204		2 PÇS		
ROLDANAS DE 3"			8 PÇS		
CREMALHEIRA MÓDULO DE 4 - PARAFUSOS SEXTAVADO				1410 MM 785 MM	
PORCAS 3/8X 60 MM - 16 PÇS				3/8 X 60MM - 16 PÇS	
PORCAS 3/8X - 16 PÇS					
PARAFUSOS SEXTAVADO M 12X1,75 - 40 MM					
ARRUELAS LISAS M12					
PARAFUSO ALLEN ESTOJO M5X1MM					
BARRA DE CHAVETA DE 8MM X 135MM					
PEÇAS USINADAS					
TAMBOR	1 PÇ				
ACOPLAMENTO MOTOR ENGRENAGEM			2PÇS		
ENGRENAGEM		Z15	MÓDULO	4-2 PÇS	

## Dados Técnicos



### DADOS TÉCNICOS

Tensão Saída	24VDC(+/-1%)
Corrente Saída	10,0A
Range Corrente Saída	0 ~ 10,0A
Potência Saída	240W
Range Ajuste Voltagem Saída	21,6 ~ 26,4A
Ripple & Noise(máx).	200mVp-p
Tensão de Alimentação	110 ou 220Vca(+/-10%)
Frequência da Rede Elétrica	47 ~ 63Hz
Seleção da Tensão de Alimentação	Via Chave Interna
Eficiência	86%
Corrente Entrada	4,8/110VAc # 2,8A/220VAc
Proteção Sobrecarga	110 ~150%(Potência Saída)
Proteção Sobrevoltagem	27,6 ~ 32,4V
Grau de Proteção	IP 20
Temp./ Umidade Operação	-20 ~ +60°C / 20 ~ 90%RH
Temp./ Umidade Armazen.	-40 ~ +85°C / 10 ~ 95%RH
Indicador de Funcionamento	Led Verde

Calculo de quanto o motor suporta levantar de peso.

Dados do motor :4,7A ,148 RPM,24VDC

Portanto a potencia do motor:

$$P=V*I$$

$$P=24*4,7$$

$$P=112,8W$$

Achando torque do motor:

Torque dado pela formula:  $T=30*P(W)/3,14*Rpm$

$$T=30*112,8/3,14*148=7,2Nm$$

Força de Trabalho do motor:

$$T=f.d$$

$$F=t/r(\text{raio do tambor})$$

$$F=7,2\text{Nm}/0,03225\text{m}$$

$$F=223,2\text{Nm}$$

Portanto a CARGA massa máxima a ser levantada e:

$$F=m*g$$

$$M=f/g$$

$$M=223,2\text{Nm}/9,81$$

$$M=22,7 \text{ kgf}$$

## TABELA DE GASTOS COM A CONSTRUÇÃO MECÂNICA DA PONTE

Material	Quantidade	Valor	total
Mancal UCP204	2 pçs	R\$29,00	R\$58,00
Roldanas 3"	8 pçs	R\$26,25	R\$210,00
Tubo Quadrado Aço 40x40	6m	R\$17,00/m	R\$102,00
Cantoneira Aço 50x50	6m	R\$19,00	R\$114,00
Cremalheira Plástica mod.4	3m	R\$18,33	R\$55,00
Parafusos M12	4 pçs	R\$1,50	R\$6,00
Parafusos 3/8	16 pçs	R\$1,00	R\$16,00
Arduíno mega	1 pç	R\$230,00	R\$230,00
Módulo Ponte H BTS 7960	3 pçs	R\$	R\$53,82
Dijuntor 20ª	1 pç	R\$11,90	R\$11,90
Relé Finder	6 pçs	R\$	R\$71,74
Fios Diversos		R\$30,00	R\$30,00
Joystick	1 pça	R\$32,90	R\$32,90
Botão	1 pça	R\$7,90	R\$7,90
Botão de emergência	1 pça	R\$52,92	R\$52,92
Fonte 24v	1 pça	R\$127,00	R\$127,00



Fonte 5v	1 pça	R\$45,00	R\$45,00
Canaleta	1 pça	R\$28,20	R\$28,20
latas de tinta spray	8 latas	R\$18,00	R\$144,00
Moitão	1 pça	R\$28,90	R\$28,90
			Total:R\$1.425,28