

RAFAEL DE BARROS SANTOS

RODRIGO DE SOUZA ARAUJO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA  
DEMONSTRAR O FUNCIONAMENTO DE UMA PONTE  
ROLANTE AUTOMATIZADA**

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DOCTUM – MINAS GERAIS

2014

RAFAEL DE BARROS SANTOS

RODRIGO DE SOUZA ARAUJO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA  
DEMONSTRAR O FUNCIONAMENTO DE UMA PONTE  
ROLANTE AUTOMATIZADA**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga – FIC, como exigência parcial para obtenção do grau em Engenharia Elétrica, sob à orientação do professor Reginaldo Eustáquio.

DOCTUM – CARATINGA

2014

## **AGRADECIMENTOS – Rafael de Barros Santos**

Quero agradecer primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda esta caminhada.

Ao meu pai Raimundo, e minha mãe Juraci, pelo apoio e por tudo que sempre fizeram por mim, pelo exemplo, pela amizade, e carinho, itens fundamentais na construção do meu caráter.

A minha irmã Rafaela, pelo apoio constante durante todos esses anos de faculdade.

Agradeço ao professor Reginaldo Eustáquio meu orientador, pela sua dedicação, compreensão e conhecimento transmitido e a todos os professores que estiveram presentes nesta caminhada.

A todos os meus colegas de faculdade pelo companheirismo durante esta jornada.

Agradeço a todos que sempre estiveram na torcida pela minha vitória, e acreditaram no meu potencial.

## **AGRADECIMENTOS – Rodrigo Araujo**

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas em todos os momentos, com certeza ele é o maior mestre que alguém pode ter.

Também ao meu pai Aloizio Dias de Araujo, o meu principal exemplo de homem, a quem me espelho e tenho muito orgulho, por todas as vezes que saiu de madrugada com seu caminhão, de faróis baixos e Jesus Cristo adesivado no para-brisas guiando o seu caminho, apenas para trazer o sustento do nosso lar, nos providenciando uma vida melhor, tanto a mim quanto a toda nossa família.

A minha mãe Irani Carlos de Souza Araujo, um exemplo de mulher, heroína que me apoiou nas horas difíceis, de desânimo e cansaço, que sempre me incentivou a lutar pelos meus objetivos, pela educação e todo amor que me deu durante toda minha vida, pessoal e acadêmica.

Aos meus irmãos Lara e Gabriel que compreenderam a minha ausência, preenchendo o vazio que deixei em casa, sempre ajudando nossos pais, sou eternamente grato a vocês.

A minha namorada Denise Gomes, que durante todos esses anos tem sido minha amiga, companheira nas horas difíceis, e por entender a minha ausência.

Aos meus amigos de curso pela união, companheirismo, amizade, paciência e motivação durante todos esses anos.

Ao meu orientador Reginaldo Eustáquio, pela paciência e por todo o conhecimento passado.

Em especial ao senhor Ailton Butters e Sirlene Mageste, pela paciência e hospitalidade durante todos esses anos.

Aos meus amigos Daniel Mageste, João Victor Mata e Marcus Vinicius, pelo companheirismo e pela grande amizade que fizemos.

Aos professores pelo conhecimento transmitido.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*“Não ande apenas pelo caminho traçado, pois ele conduz somente até onde os outros já foram.”*

**Alexander Graham Bell**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ponte rolante apoiada .....	17
Figura 2: Ponte rolante suspensa .....	18
Figura 3: Ponte rolante univiga .....	19
Figura 4: Ponte rolante dupla viga .....	20
Figura 5: Sensor fim-de-curso .....	25
Figura 6: Ligação interna do relé .....	27
Figura 7: Capacitor .....	28
Figura 8: Esquema e partes internas de um motor CC .....	29
Figura 9: Transistor .....	31
Figura 10: Transistor bipolar NPN e PNP .....	31
Figura 11: Arduino Uno .....	32
Figura 12: Estrutura do protótipo .....	35
Figura 13: Estrutura do protótipo com motores acoplados .....	36
Figura 14: Sistema de elevação do eletroímã .....	36
Figura 15: Eletroímã .....	37
Figura 16: Placa Eletrônica .....	40
Figura 17: Circuito elétrico do protótipo.....	41
Figura 18: Retificador de Onda Completa .....	42
Figura 19: Protótipo .....	42

## LISTA DE SÍGLAS

$\mu F$  – Microfarads

A – Amperes

CA – Corrente alternada

CC – Corrente Contínua

CLP – Controlador Lógico Programável

GR – Gramas

I – Corrente

Kg – Quilogramas

K $\Omega$  - Quilo-ohms

M – Metros

mm – Milímetros

NA – Normalmente aberto

NBR – Norma Brasileira

NF – Normalmente fechado

USB – Universal Serial Bus

V – Volts

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações do Arduino .....	33
Tabela 2: Dimensões da estrutura do protótipo .....	34
Tabela 3: Lista de materiais .....	39
Tabela 4: Comparação de tempo entre ciclos automáticos e manuais .....	44



## **RESUMO**

O foco principal do nosso trabalho é a construção de um protótipo para demonstrar a utilização de uma ponte rolante operada manualmente e também automatizada, estudando seus movimentos, funcionamento e também seus principais componentes, visando aprimorar os conhecimentos aprendidos durante todo o curso de engenharia elétrica, automatizando alguns comandos básicos de acordo com o que foi aprendido nas aulas de eletrotécnica industrial. Com este trabalho podemos conciliar teoria e prática, e também demonstrar o funcionamento de um equipamento fundamental na área industrial. Além de ser de baixo custo de construção, pode ser utilizado como meio de transporte para peças metálicas de pequeno porte. O presente trabalho mostrará a construção de um protótipo de ponte rolante automatizada, que conta com movimentos em três direções independentes que são: longitudinal, transversal e vertical.

Palavras-chave: Automação, protótipo, ponte rolante.

## **ABSTRACT**

The main focus of our work is to construct a prototype to demonstrate the use of a crane operated manually as well as automated, studying their movements, operation and also its main components, aiming to improve the knowledge learned throughout the course of electrical engineering, automating some basic commands according to what was learned in class industrial electrical engineering. With this work we reconcile theory and practice, and also demonstrate the operation of a key equipment in the industrial area. In addition to being low cost of construction, can be used as means of transportation for small metal parts. This paper shows the construction of a prototype automated crane, which has movements in three independent directions that are longitudinal, transverse and vertical.

Keywords: Automation, prototype, bridge crane.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS</b> .....	13
<b>1. PONTE ROLANTE E SEU FUNCIONAMENTO</b> .....	15
1.1. MODELOS DE PONTE ROLANTE .....	16
1.1.1 Ponte rolante apoiada .....	16
1.1.2 Ponte rolante suspensa .....	17
1.1.3 Ponte rolante univiga .....	18
1.1.4 Ponte rolante dupla viga .....	19
1.1.5 Importância da utilização das pontes rolantes .....	20
<b>2. HISTÓRIA DA AUTOMAÇÃO</b> .....	22
2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE AUTOMAÇÃO .....	24
2.1.1 Sensores .....	24
2.1.2 Relés .....	26
2.1.3 Capacitor .....	27
2.1.4 Motores de corrente contínua .....	28
2.1.5 Transistor .....	30
2.1.6 Controlador programável .....	32
<b>3. OBJETO DE ESTUDO</b> .....	34
3.1 CONSTRUÇÃO DA PLACA ELETRÔNICA .....	40
3.2 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO .....	43
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	46
<b>PESQUISAS FUTURAS</b> .....	47
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48
<b>ANEXOS</b> .....	50

## INTRODUÇÃO

As pontes rolantes são equipamentos de grande porte utilizadas geralmente em portos e grandes empresas para a locomoção de grandes estruturas, sendo inviável a locomoção por força humana. Elas fazem com que o tempo de transporte ou carregamento de uma grande peça seja reduzido, tendo assim um maior rendimento por parte da empresa.

O protótipo de automação de ponte rolante teve como objetivo principal estudar seu funcionamento e automatizar alguns comandos básicos de acordo com o que foi estudado nas aulas de eletrotécnica industrial. Com isto podemos conciliar teoria e prática, demonstrando o funcionamento de um equipamento fundamental na área industrial. Este projeto tende a reduzir os custos para implantação da automação de uma ponte rolante em uma empresa por exemplo, pois ele visa corte de gastos, aumento da produção e redução no número de acidentes ocorridos por falha humana.

O grande desafio foi realizar a criação de um protótipo de ponte rolante, e logo após a criação desse protótipo fazer a automação do mesmo, fazendo com que ele reconheça quando e qual a melhor decisão a ser tomada segundo a programação anteriormente salva em sua memória, tornando seus movimentos independentes.

Primeiramente será feito uma análise de todo o sistema da ponte rolante, quais os pontos devemos ter um maior foco para a implementação dos comandos e da automação. Nosso projeto visa utilizar componentes de uma boa confiabilidade e de baixo custo, para que haja uma maior relação custo x benefício.

Nosso sistema de controle fará uma leitura do projeto como um todo, sendo capaz de reconhecer a posição em que o imã de içamento se encontra e posicioná-lo na posição inicial predeterminada. Esse sistema contará com sensores espalhados nas extremidades da estrutura de sustentação da ponte, com isso ela reconhecerá os pontos de partida e parada.

O tema do trabalho abrange diversas áreas da engenharia elétrica, tais como: Programação de computadores, eletrônica, instalações elétricas, máquinas elétricas, eletrotécnica industrial e eletrônica digital. Sendo assim a pesquisa nos proporciona ganhos em diversas áreas do conhecimento.

Nosso projeto foi desenvolvido pela redação de “3” capítulos. No primeiro capítulo, será abordado o funcionamento de uma ponte rolante, seus principais

modelos e características, assim como sua importância. O segundo capítulo terá como foco as vantagens de se automatizar um equipamento, as mudanças que serão feitas no circuito para a elaboração da automação, os equipamentos necessários para que essa automação seja executada de maneira eficaz, a utilização de programadores, sensores, relés, botoeiras, fazendo com que a atividade exercida não necessite de um operador exclusivamente para efetuar os comandos. E por fim, no terceiro capítulo será apresentado o desenvolvimento do protótipo, passos para a construção e o projeto finalizado, incluindo custos de implantação e análise dos benefícios gerados após a automatização do sistema.

## CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

O avanço da tecnologia faz com que o mercado se torne cada vez mais competitivo, com isso as empresas buscam sempre produzir mais em menos tempo, utilizando menos matéria prima e reduzindo os gastos com operacional. Para que isso ocorra, é necessário automatizar o máximo de equipamentos possíveis, fazendo com que eles tenham um melhor rendimento, menores falhas e menor tempo ocioso. Automação segundo Martins é:

Qualquer sistema apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano, em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias, dos serviços ou bem estar.<sup>1</sup>

Para a locomoção de grandes peças e equipamentos em grandes indústrias geralmente é utilizado uma ponte rolante, que é comandada por um operador, sendo este quem controla todos os movimentos da mesma, sendo eles longitudinais, verticais e transversais. De acordo com MIRANDA, SANTOS, GUARNIERI, “As Pontes Rolantes são utilizadas para transportar cargas e percorrer uma determinada distância no interior de grandes pavilhões ou hangares [...]”<sup>2</sup>

Existem no mercado vários modelos de pontes rolantes, entre elas, Ponte rolante Apoiada, Ponte rolante Suspensa, Ponte rolante Univiga e Ponte rolante Dupla Viga. Essas pontes são compostas por componentes mecânicos que são o caminho de rolamento que trata-se de um par de trilhos, normalmente fixado na superfície superior de vigas, que são instaladas nas laterais do edifício, e que servem como caminho para o deslocamento longitudinal da ponte rolante; as cabeceiras, que estão localizadas nas extremidades da viga; as vigas onde são fixadas as cabeceiras; os batentes fins de curso que constituem-se em um sistema de segurança redundante que possui vários estágios com a mesma finalidade de prevenir choques entre as partes da estrutura de movimentação, ou entre essa e a carga, ou ainda, entre a carga e qualquer objeto que se encontre na direção do seu deslocamento.

---

<sup>1</sup> MARTINS, Geomar Moreira. **Princípios de automação industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. p.5.

<sup>2</sup> MIRANDA, Kleber R.; SANTOS, Juliano de P.; GUARNIERI, **Fernando L. Automação de pontes rolantes por rádio frequência**. São José dos Campos: Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo da UNIFAP, 2009. p.1.

O universo da automação se expande em grande velocidade, devido principalmente aos avanços da microeletrônica, eletrônica de potência e da informática. A automação está presente na vida do homem, podemos não perceber, mas ela está presente em todo lugar, nos smartphones, notebooks, televisores, automóveis, e em quase tudo o que nos cerca. De acordo com Pinto:

Automação é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem. Automação é diferente de mecanização. A mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o esforço físico do homem. Já a automação possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente, capazes de se regularem sozinhas.<sup>3</sup>

Um sistema de automação pode ser dividido em dois tipos de malhas, malha aberta e malha fechada. Um sistema de malha aberta é aquele que o sinal de saída não é comparado ao sinal de entrada, com isso ele executa toda a operação programada e finaliza o processo. Já o sistema de malha fechada é feito através do sinal de realimentação da saída, ou seja, ele recebe o sinal da saída na entrada e de acordo com a programação ela executa ou não o programa.

Nesse trabalho falaremos de alguns componentes do sistema de automação, sendo eles Controladores programáveis, atuadores (contatores), sensores magnéticos, sistemas de intertravamento.

Uma vez que a tecnologia e a automação estão sempre em avanço, é comum que empresas busquem sempre automatizar seus equipamentos, para que continuem no mercado competitivo, procurando cada vez mais reduzir gastos com funcionários, diminuir o tempo ocioso de operacional, reduzir ou até mesmo extinguir os acidentes de trabalho. Nosso projeto foca justamente nisso, na automação de equipamentos com baixo custo de implementação, para que a empresa gaste pouco e automatize o seu maquinário, ou seja, buscando melhorias para permanecer no mercado.

---

<sup>3</sup> PINTO, Fábio da Costa. **Sistemas de automação e controle**. Vitória: SENAI, 2005. p.9.

## 1. PONTE ROLANTE E SEU FUNCIONAMENTO

As pontes rolantes são máquinas industriais utilizadas para fazer o içamento e a locomoção de cargas de um local para o outro no meio industrial. Essas pontes possuem movimentos independentes entre eles longitudinal, transversal e vertical.

Para cada tipo de trabalho possuem um tipo de ponte rolante, dependendo do peso, tamanho, ambiente de trabalho e características dos materiais a serem transportados e têm suas características definidas pelos requisitos da utilização específica de cada cliente, sendo classificadas, projetadas e fabricadas de acordo com as Normas NBR 8400 e também NBR 9974.

Essas pontes são compostas por caminhos de rolamento, vigas, carro e tralha. De acordo com o fabricante:

A Ponte Rolante é um equipamento de suma importância no meio industrial, pois tem como principal função mover objetos pesados e de grande porte onde a intervenção humana é incapaz. A ponte rolante eleva e transita cargas e é comumente composta por: vigas, cabeceiras e talhas. As cabeceiras, que compõe a estrutura das pontes rolantes, desempenham o principal papel desse equipamento, pois são responsáveis pela condução da carga entre o ponto de partida e o destino. A viga faz o papel de sustentação da estrutura e de base para a cabeceira e as talhas têm como função a elevação da carga através de cabos de aço e ganchos. A Ponte Rolante pode ser utilizada em diversas situações e lugares, como: portos, mineradoras, aeroportos, além de indústrias de celulose, ferro e aço, plásticos, moldes, madeireiras e onde mais se faz necessário à transição desses objetos de grande porte. Ela é fundamental, principalmente, para facilitar a logística interna e garante um benefício que supera o investimento realizado na aquisição, instalação e manutenção.<sup>4</sup>

No início as pontes rolantes eram projetadas para o desenvolvimento na indústria portuária, com o passar do tempo, essas pontes foram sendo adaptadas ao meio industrial, e hoje em dia é de grande importância para o setor, como por exemplo na siderurgia, papel e celulosa e montagem industrial.

Apesar do alto valor de mercado, os ganhos em produtividade compensaram sua implantação. Devido a isto elas se adaptaram muito bem em diversos ramos da produção industrial e assim os produtos manuseados deixaram de ser produtos pesados e especiais e passaram a ser produzidos em linha e com grande capacidade

---

<sup>4</sup> CATIPAR ENGENHARIA. Disponível em: <http://www.catiparengenharia.com.br/pontes-rolantes>. Acesso em 25 de outubro de 2014.



de produção e volume.

Com esta modificação a movimentação de material passou a ser vista com outros olhos e tomar um rumo para o campo logístico da produção.

## 1.1. MODELOS DE PONTE ROLANTE

Para melhor entender os requisitos de automação das pontes rolantes, devemos ter uma boa visão geral sobre elas. Dentre os modelos de pontes rolantes, com diversificadas capacidades de carga podem ser classificadas, de acordo com as suas características estruturais, podendo se considerar os tipos: Apoiada, Suspensa, Univiga e Dupla viga.

### 1.1.1 Ponte rolante apoiada

O Sistema de ponte rolante apoiada, como podemos ver na figura 1, consiste em uma viga horizontal posicionada acima de duas vigas laterais, fazendo com que a ponte se movimente por todo o vão. De acordo com Lenz:

[...] funciona com uma viga de carga em perfil laminado ou composto por chapas, a viga da ponte rolante apoiada corre por cima dos trilhos do caminho de rolamento e possui travamento horizontal que impede o balanço lateral. Estes trilhos são sustentados pelas colunas de concreto do prédio ou por colunas de ferro instaladas no local, de acordo com a necessidade.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> LENZ, André Luiz. **Tecnologia para Automação de Pontes Rolantes**. São Paulo: SENAI, 2012. p.2.



Figura 1: Ponte rolante apoiada  
Fonte: (STRONG, 2014)<sup>6</sup>

Este sistema de ponte rolante é geralmente mais utilizado, pois como fica apoiada em pilares consegue assim levantar maiores cargas.

### 1.1.2 Ponte rolante suspensa

Como podemos ver na figura 2, nas pontes rolantes suspensas a viga da ponte rolante corre por baixo dos trilhos das vigas do caminho de rolamento.

Segundo BAUMA:

A ponte rolante do tipo suspensa é uma alternativa aos modelos convencionais de pontes apoiadas sobre trilhos. Ideal para instalações onde o espaço de circulação não permite a instalação de colunas de sustentação dos trilhos, esta concepção de projeto prevê cabeceiras providas de troles que se deslocam em vigas metálicas de perfil tipo "I" que são fixadas ao teto dos galpões, evitando qualquer tipo de estrutura de sustentação no piso de operação.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> STRONG. Disponível em: <http://strongmachines.com/produtos.html>. Acessado em 05 de novembro de 2014.

<sup>7</sup> BAUMA. Disponível em: <http://www.bauma.ind.br/produtos.php?id=10>. Acesso em: 5 de novembro de 2014.

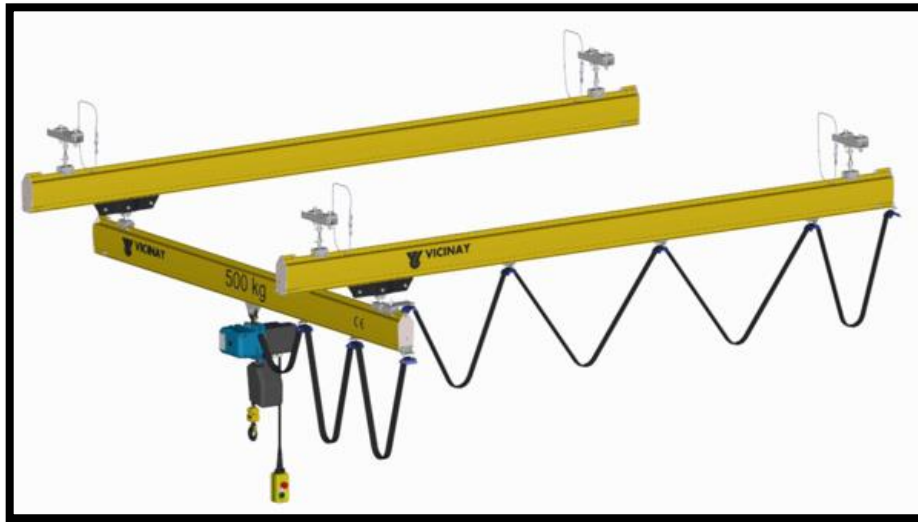


Figura 2: Ponte rolante suspensa

Fonte: (LOGISMARKET, 2014)<sup>8</sup>

Este tipo de ponte rolante geralmente é utilizado em empresas onde existe um vão entre as colunas de sustentação, para que ela possa se locomover sem impedimentos.

### 1.1.3 Ponte rolante univiga

O modelo de ponte rolante univiga como podemos ver na figura 3, é constituída por duas cabeceiras, uma única viga e um ou dois carros que sustentam as talhas e correm na aba inferior da viga da ponte rolante. De acordo com Lenz:

Esse modelo oferece o máximo de rigidez para o mínimo de peso morto, possibilitando a baixa carga no caminho do rolamento e permitindo uma instalação mais rápida e econômica. Com um controle geométrico, a ponte rolante univiga consegue estabelecer uma excelente performance nos movimentos horizontais, impedindo o balanço lateral na produção e garantindo mais segurança na produção.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> LOGISMARKET. Disponível em: <http://www.logismarket.pt/cemvisa-vicinay/ponte-rolante-de-perfil-ligeiro>. Acessado em 19 de novembro de 2014.

<sup>9</sup> LENZ, André Luiz. **Tecnologia para Automação de Pontes Rolantes**. São Paulo: SENAI, 2012. p.3.

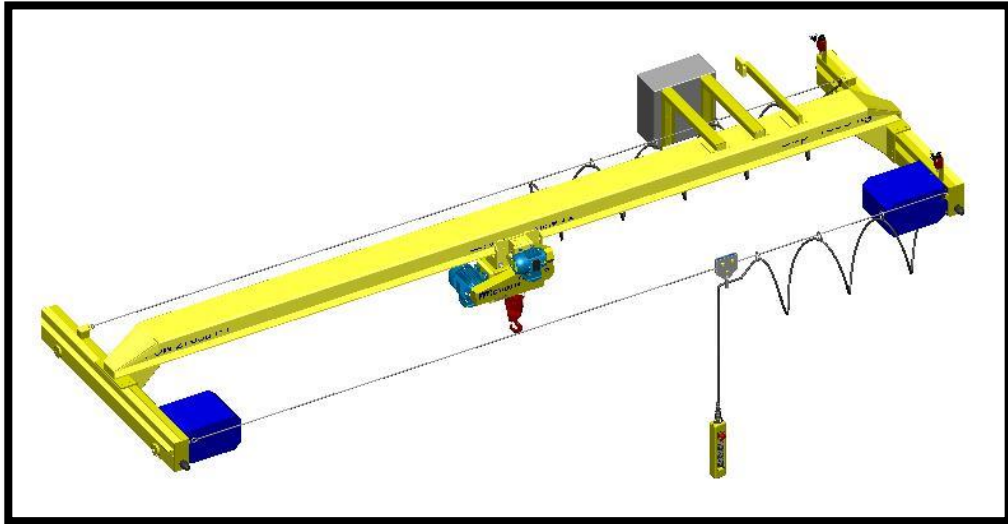


Figura 3: Ponte rolante univiga

Fonte: (CROACIA, 2014)<sup>10</sup>

Esse é um modelo de ponte rolante muito utilizado por pequenas empresas, ou empresas que não necessitem de um mecanismo de ponte mais robusto.

#### 1.1.4. Ponte rolante dupla viga

Já o modelo de ponte rolante dupla viga como podemos ver na figura 4, é constituída por duas cabeceiras, duas vigas e um ou dois carros que sustentam as talhas. Segundo Lenz:

Esse tipo de ponte oferece ótima capacidade de carga e uma excelente movimentação, garantindo um excepcional desempenho devido à favorável geometria e aos movimentos precisos, que reduzem os desgastes das rodas e dos trilhos. A ponte rolante dupla viga é um equipamento que aproveita melhor a altura disponível da estrutura, pois seu gancho pode ser içado entre duas vigas, possibilitando uma boa e segura movimentação da carga. As vigas dessas pontes rolantes são instaladas sobre um par de cabeceiras, recebendo uma plataforma de manutenção ao longo das suas vigas. Um dos principais diferenciais da ponte rolante dupla viga é sua alta capacidade de cargas para vãos de

<sup>10</sup> CROÁCIA. Disponível em: [http://croaciamd.enetbr.com.br/ecommerce/detalhe\\_produto/77](http://croaciamd.enetbr.com.br/ecommerce/detalhe_produto/77). Acessado em 05 de novembro de 2014.

grandes dimensões, propiciando um ótimo desempenho para grandes produções.<sup>11</sup>



Figura 4: Ponte rolante dupla viga

Fonte: (Z.L EQUIPAMENTOS E CALDEIRARIA, 2014)<sup>12</sup>

O carro corre em trilhos que são fixados na parte superior da viga da ponte rolante. Este é um dos modelos mais robustos e mais utilizados em grandes empresas.

#### 1.1.5 Importância da utilização das pontes rolantes

Com o passar dos anos houve um crescimento da demanda industrial, com isso as empresas tiveram que procurar meios para acelerar sua produção e não alterar muito o valor final do produto. Com isso começaram a utilizar as pontes rolantes para aumento da produtividade. De acordo com Langui:

O uso de pontes rolantes, outrora tímido e específico, passou a ter grande importância dentro da área da produção. Com esta modificação a movimentação de material passou a ser vista com outros olhos e tomar um rumo para o campo logístico da produção, que engloba o suprimento

---

<sup>11</sup> LENZ, André Luiz. **Tecnologia para Automação de Pontes Rolantes**. São Paulo: SENAI, 2012. p.3.

<sup>12</sup> Z.L EQUIPAMENTOS E CALDEIRARIA. Disponível em: <http://www.zlequipamentos.com.br/producao>. Acessado em 05 de novembro de 2014.

de materiais, componentes, movimentação e o controle de produtos. Os profissionais reconheceram a necessidade de se estabelecer um conceito bem definido de logística industrial, uma vez que começaram a compreender melhor o fluxo contínuo dos materiais, as relações tempo-estoque na produção e na distribuição e os aspectos de fluxo de caixa no controle de materiais. Com isto as empresas desenvolveram atividades de controle global capaz de apoiar firmemente cada fase do sistema com um máximo de eficiência e um mínimo de capital investido.<sup>13</sup>

A introdução das pontes rolantes na movimentação de materiais nas empresas aumentou consideravelmente a produtividade, atingindo os seguintes pontos:

- Melhor segurança de trabalho.
- Redução do estoque em processo.
- Diminuição do estoque de matéria prima.
- Redução de tempo de processo.
- Redução de área fabril.
- Redução de mão de obra.

---

<sup>13</sup> LANGUI, Claudio Alberto. **Pontes Rolantes - A importância do equipamento nas áreas de produção industrial**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2001. p.15.

## 2. HISTÓRIA DA AUTOMAÇÃO

O termo automação provém do latim *Automatus*, que é o mesmo que *mover-se por si*. A automação é a aplicação de técnicas computadorizadas para tornar um processo eficiente, maximizando a produção com menor consumo de energia, com menor emissão de resíduos e melhores condições de segurança humana e material, diminuindo assim o uso de mão-de-obra, utilizar especialmente o uso de robôs nas linhas de produção.

Com o avanço tecnológico é comum que as empresas venham procurar melhorias em suas linhas de produções. Para que isso ocorra, é necessário automatizar o máximo de equipamentos possíveis, fazendo com que eles tenham um melhor rendimento, menores falhas e menor tempo ocioso. Segundo Martins:

A automação resulta de diversas necessidades da indústria: maior nível de qualidade dos produtos, maior flexibilidade de modelos para o mercado, menores custos e perdas de materiais e de energia, mais disponibilidade e qualidade da informação sobre o processo e melhor planejamento e controle da produção.<sup>14</sup>

Se pararmos para pensar podemos perceber como a automação está intimamente ligada ao nosso dia-a-dia, desde um simples despertador, um ar condicionado, ao mais sofisticado automóvel, esses comandos só são possíveis graças a automação.

A automação começou a se popularizar desde os anos 50, época que ficou conhecida como anos dourados, ganhou destaque na sociedade por volta da segunda metade do século XVIII, na Inglaterra. Foi nessa época que os sistemas de produção artesanal e agrário começaram a se transformar em industrial, assim como o surgimento dos primeiros equipamentos mecânicos para auxiliar o trabalho de produção. Foram desenvolvidos os primeiros dispositivos simples e semiautomáticos. Entretanto, somente no início do século XX que os sistemas se tornaram inteiramente automáticos.

---

<sup>14</sup> MARTINS, Geomar Moreira. **Princípios de automação industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. p.6.

De acordo com Silevira e Lima:

Não é tão fácil apontar o advento da Automação industrial, no entanto, etimologicamente falando, para que haja automação industrial é, antes de tudo, preciso que haja indústria, e ainda processos automáticos autocontroláveis. Portanto, pode-se marcar como início da Automação Industrial o século XVIII, com a criação inglesa da máquina a vapor, aumentando a produção de artigos manufaturados, e estas foram às décadas da Revolução Industrial. No século seguinte a indústria cresceu e tomou forma, novas fontes de energia e a substituição do ferro pelo aço impulsionaram o desenvolvimento das indústrias na Europa e EUA. Neste contexto, nos anos que seguiram, foram criados dispositivos mecânicos chamados relés, que em breve tomariam as fabricas. A todos esses acontecimentos, e a outros que seguiram, foi dado o título de II Revolução Industrial.<sup>15</sup>

A necessidade de aumento na produção e produtividade fez com que houvesse diversas séries de inovações tecnológicas neste sentido, como máquinas com capacidade de produzir com maior rapidez e precisão, comparado com o trabalho feito à mão e a utilização do vapor como fonte de energia, em substituição ao trabalho manual e energia hidráulica.

Pouco tempo depois, os computadores, servomecanismos e controladores programáveis passaram a fazer parte da tecnologia da automação industrial, hoje, os computadores podem ser considerados a principal base da automação industrial contemporânea. Logo após isso, tivemos a invenção da régua de cálculo e também da máquina aritmética. A partir desse momento, podemos começar a considerar que o desenvolvimento da tecnologia da automação industrial está diretamente ligado à evolução dos computadores de um modo geral.

De acordo com Silevira e Lima:

No início do século XX, embora o conceito de indústria já estivesse bastante estabelecido, os ambientes fabris ainda não desfrutavam de processos de automação ainda muito rudimentares. Os mesmos pensamentos que fizeram com que surgisse a Revolução Industrial: aumento de produtividade, de lucro, de qualidade, etc.; surgiram nos industriais daquela época, e novos conceitos de produção em escala começaram a serem esboçados. Em 1909, Henry Ford teve a grande ideia que mudou o pensamento da indústria contemporânea propagando-se até os dias de hoje. Henry Ford (1863-1947), da *General Motors*,

---

<sup>15</sup> SILEVIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q.: **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Rio Grande do Norte. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. p.1



idealizou algo que ele chamou de Linha de Montagem, e talvez esse seja o real gatilho para o grande desenvolvimento industrial e ainda esta é uma boa marca de início pré-existencial da Automação industrial. A indústria da época foi revolucionada com a aplicação da idéia de Henry, novos conceitos surgiram na indústria.<sup>16</sup>

Anos mais tarde foi criado um método que consistia no uso de cartões perfurados com informações que serviam para controlar movimentos de uma máquina-ferramenta. Este método foi apresentado para a Força Aérea Americana, que investiu em outros projetos do Laboratório de Servomecanismos do Instituto Tecnológico de Massachusetts.

Após alguns anos, isto acabou culminando em um protótipo de fresadora com três eixos com servomecanismos de posição. A partir deste momento, várias empresas privadas que fabricavam máquinas-ferramentas começaram a desenvolver projetos particulares.

## 2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE AUTOMAÇÃO

### 2.1.1 Sensores

Os sensores são dispositivos capazes de detectar o que está ocorrendo no meio físico e passar ao sistema de controle todos os dados necessários para que ele consiga realizar as funções posteriormente programadas. De acordo com o professor Wendling, sensor é o:

Termo empregado para designar dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> SILEVIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q.: **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Rio Grande do Norte. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. p.1

<sup>17</sup> WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Guaratinguetá: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2010. p.4.

No mercado existem vários tipos de sensores, pois há uma série de características que devem ser levadas em consideração na hora da escolha de um sensor, primeiramente devemos analisar para qual fim iremos utiliza-lo.

Em nosso trabalho, utilizaremos os sensores fim-de-curso, pois ele detecta quando uma parte mecânica de um dispositivo atinge seu deslocamento máximo. Esses sensores, como o nome sugere, são interruptores ou mesmo chaves comutadoras que atuam sobre um circuito no modo liga/desliga quando uma ação mecânica acontece no seu elemento atuador. É possível usar esses sensores de diversas formas, como para detectar a abertura ou fechamento de uma porta, a presença de um objeto em um determinado local, ou ainda quando uma parte mecânica de uma máquina está numa certa posição.

Na figura 5 podemos ver um modelo de sensor fim-de-curso, onde temos um atuador, um contato comum, um contato normalmente aberto e um contato normalmente fechado.

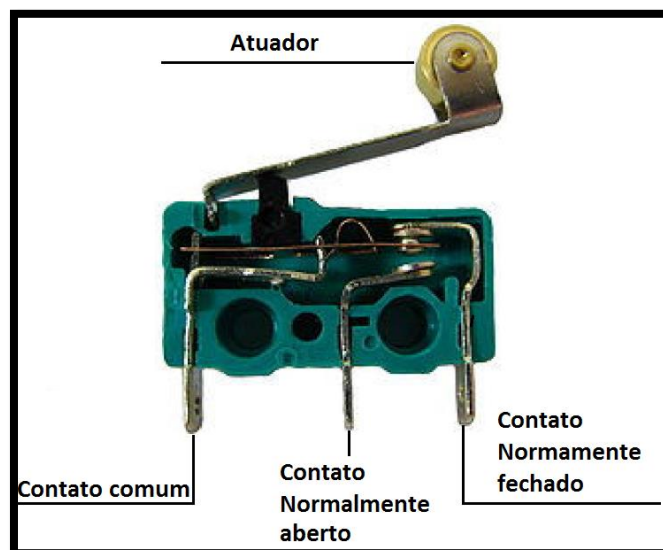


Figura 5: Sensor fim-de-curso – Universidade Estadual Paulista  
Fonte: (WENDLING, 2010, p. 9.)<sup>18</sup>

<sup>18</sup> WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Guaratinguetá: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2010. p.9.

A finalidade da chave de fim-de-curso é evitar que o motor do sistema, por exemplo, continue atuando mesmo depois que a peça que ele movimenta chega ao seu ponto máximo. Isso poderia forçar o mecanismo ou ainda causar uma sobrecarga do motor ou do próprio circuito de acionamento.

### 2.1.2 Relés

O relé é um dispositivo eletromecânico que funciona como uma chave acionada por um eletroímã, que abre ou fecha os contatos que são conectados em série com uma carga.

Nos circuitos que envolvem motores, os relés são empregados para o acionamento de bobinas em contatores e dispositivos de partida, para que estes sim acionem os motores.

De acordo com Petruzella:

Os relés servem para controlar várias operações de comutação por meio de uma corrente única separada. Um conjunto bobina/armadura pode ser utilizado para acionar mais de um conjunto de contatos. Esses contatos podem ser normalmente abertos, normalmente fechados, ou qualquer combinação dos dois.<sup>19</sup>

O funcionamento de um relé é bem semelhante ao de um contator, o que os diferencia é que o contator tem mais capacidade de fluxo de corrente e maior número de contatos. Geralmente os relés são pequenos, pois lidam com pequenas correntes, fazendo com que seus contatos sejam isolados entre si. Na figura 6 podemos ver como funciona um relé internamente.

---

<sup>19</sup> PETRUZELLA, Frank D. **Motores Elétricos e Acionamentos**. Tradução de AMGH Editora Ltda. Porto Alegre, 2010. p.208.

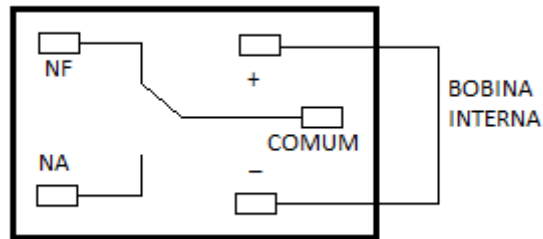


Figura 6: Ligação interna do relé

Fonte: Dados do Autor

Os relés podem ser classificados de diversas formas, entre elas sendo um dispositivo NA (normalmente aberto) ou um dispositivo NF (normalmente fechado). Os dispositivos NA indicam que os contatos do relé estão abertos quando não há corrente elétrica acionando o eletroímã e os contatos NF indicam que os contatos do relé estão normalmente fechados quando não há corrente elétrica acionando o eletroímã. Quando há um fluxo de corrente as posições se invertem, o NA passa a ser NF e vice versa.

Nosso trabalho utiliza relés de 12 V e 5 pinos.

### 2.1.3. Capacitor

Os capacitores são dispositivos capazes de realizar o armazenamento de corrente elétrica para serem utilizadas quando o sistema neles conectados necessitar de uma corrente maior.

De acordo com Costa:

A propriedade que estes dispositivos têm de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático é chamada de capacitância (C) e é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada pela diferença de potencial ou voltagem (V) que existe entre as placas ( $C = Q / V$ ). Pelo Sistema Internacional (SI), um capacitor tem a capacitância de um Farad (F) quando um Coulomb de carga causa uma diferença de potencial de um Volt (V) entre as placas. O Farad é uma unidade de medida considerada muito grande para circuitos práticos, por isso, são utilizados valores de capacitâncias expressos em microfarads ( $\mu\text{F}$ ), nanofarads (nF) ou picofarads (pF).<sup>20</sup>

<sup>20</sup> COSTA, Leandro Aparecido da. **CAPACITORES**. São Paulo: Fatec, 2012. p.5.

A principal característica de funcionamento dos capacitores é o armazenamento de cargas opostas em duas placas, sendo uma separada da outra por um material dielétrico e como sendo cargas opostas as mesmas se atraem, ficando armazenadas nas superfícies das placas e mais perto do material isolante, como podemos ver na figura 7.

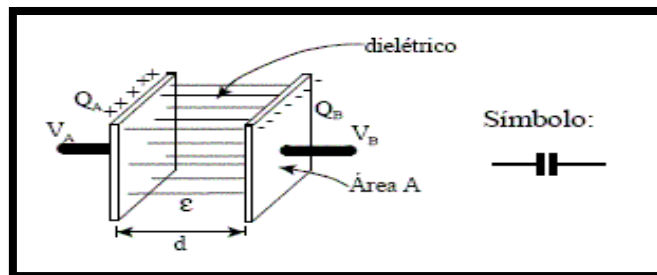


Figura 7: Capacitor

Fonte: (SABER ELÉTRICO, 2014)<sup>21</sup>

Esses capacitores são utilizados em todos os tipos de dispositivos eletrônicos e podem ser classificados de diversos tipos, como cilíndrico, esférico ou plano, porém todos são representados da mesma forma por duas placas paralelas.

O valor da corrente no capacitor depende a cada instante da d.d.p. aplicada, da resistência do circuito e da capacitância. Sendo assim, o capacitor totalmente carregado comporta-se como um circuito aberto em corrente contínua.

#### 2.1.4 Motores de corrente contínua

Os motores de corrente contínua, também conhecidos como motores CC, são dispositivos que funcionam aproveitando as forças de atração e repulsão geradas pelos eletroímãs e ímãs permanentes. Podemos ver na figura 8, a estrutura interna e o funcionamento de um motor CC.

<sup>21</sup> SABER ELÉTRICO. Disponível em: <http://www.sabereletrico.com/leituraartigos>. Acessado em 07 de novembro de 2014.

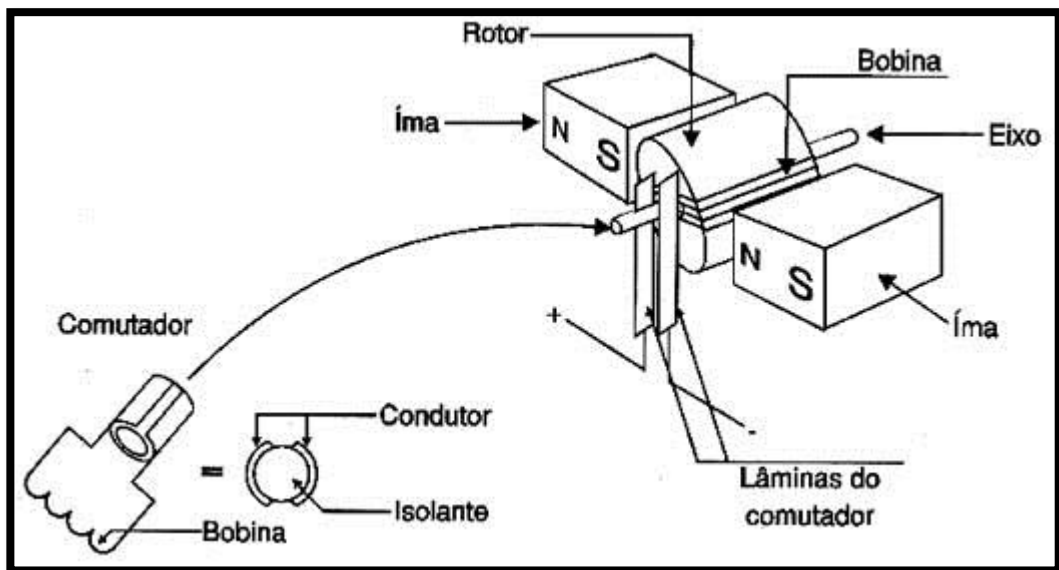


Figura 8: Esquema e partes internas de um motor CC

Fonte: (BRAGA, 2014)<sup>22</sup>

Com o avanço tecnológico os motores de corrente contínua vieram perdendo espaço para os motores de corrente alternada, devido ao desenvolvimento de novas técnicas de acionamentos e a viabilidade econômica.

Segundo Petruzella:

O sentido de rotação de um motor CC de ímã permanente é determinado pelo sentido da corrente através da armadura. Inverter a polaridade da tensão aplicada à armadura inverte o sentido de rotação. O acionamento de velocidade variável de um motor de ímã permanente é obtido ao variar o valor da tensão aplicada à armadura. A velocidade do motor varia diretamente com o valor da tensão aplicada na armadura. Quanto maior for o valor da tensão de armadura, mais rápido girará.<sup>23</sup>

Podemos citar algumas desvantagens desse tipo de aplicação, entre elas a maior necessidade de manutenção dos motores devido a comutação, são maiores e mais caros do que os motores de CA para a mesma aplicação e a necessidade de medidas especiais de partida, mesmo em máquinas menores.

<sup>22</sup> BRAGA. Disponível em: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>. Acessado em 03 de novembro de 2014.

<sup>23</sup> PETRUZELLA, Frank D. **Motores Elétricos e Acionamentos**. Tradução de AMGH Editora Ltda. Porto Alegre, 2010. p.119.

Por outro lado, em relação a aplicação no mercado, os motores de corrente contínua são os que apresentam os maiores benefícios. Algumas vantagens deste tipo de acionamento é o alto torque na partida, a ampla variação da velocidade, facilidade em controlar a velocidade, a confiabilidade do sistema e o ciclo contínuo mesmo em baixas rotações.

### **2.1.5. Transistor**

Os transistores começaram a ser conhecidos ainda na época em que as válvulas ainda eram utilizadas em computadores. Com a necessidade de diminuição das válvulas e a diminuição no consumo de energia, estudos começaram a ser realizados para a descoberta de um novo componente eletrônico que pudesse suprir as funções das válvulas, mesmo porque havia a necessidade de diminuição dos computadores e o aumento da frequência dos mesmos.

Com tamanha necessidade, foi descoberto assim os transistores, onde verificou-se que quando aplicada certa tensão a um dos terminais do transistor, o sinal que saía no outro terminal era amplificado, tornando-se assim o transistor como responsável pela amplificação de sinal, além de servir como um controlador de corrente elétrica, onde é interrompida ou liberada a passagem da mesma.

Como podemos ver na figura 9, o transistor possui três terminais, onde o primeiro terminal recebe o sinal a ser amplificado, o terceiro terminal transmite o sinal amplificado e o terminal do meio serve como responsável pelo controle desse processo, onde a corrente elétrica entra e sai pelos outros dois terminais somente quando é aplicada tensão elétrica ao terminal do meio.

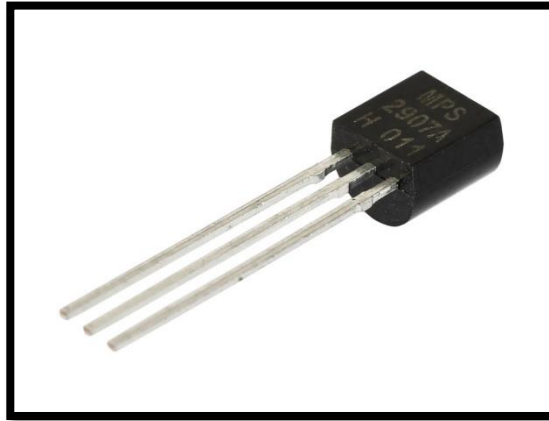


Figura 9: Transistor

Fonte: (PROTOSTACK, 2014)<sup>24</sup>

As extremidades dos transistores recebem o nome de emissor (E) e coletor (C) e o terminal central recebe o nome de basa (B), conforme a figura 10.

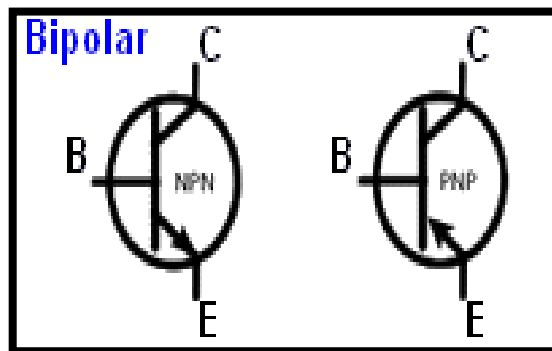


Figura 10: Transistor bipolar NPN e PNP

Fonte: (ELETRÔNICA, 2014)<sup>25</sup>

Em nosso trabalho foi utilizado transistores bipolares, onde sua principal função é o controle da corrente. Este dispositivo é construído em uma estrutura de cristais semicondutores, onde é formado de duas camadas de cristais do mesmo tipo

<sup>24</sup> PROTOSTACK. Disponível em: <http://www.protostack.com/transistors>. Acessado em 03 de novembro de 2014.

<sup>25</sup> ELETRÔNICA. Disponível em: <http://www.electronica-pt.com/componentes-eletronicos/transistor-tipos>. Acessado em 03 de novembro de 2014.



separadas por uma camada de cristal do tipo oposto, controlando a passagem de corrente entre as duas.

### 2.1.6 Controlador programável

No mercado existe vários tipos de controladores programáveis, dentre eles o mais utilizado na indústria é o CLP, porém seu custo é bem elevado em relação ao Arduino, que foi o escolhido para a execução do trabalho. Na figura 11 podemos ver o modelo do Arduino utilizado.



Figura 11: Arduino Uno

Fonte: Dados do Autor

O Arduino é um componente eletrônico composto por microprocessadores capazes de realizar várias funções, ele possui entradas e saídas analógicas e digitais capazes de ler sinais de entradas e de acordo com a programação gerar um valor de saída. Sua placa possui um fácil acesso entre seus componentes, possuindo uma entrada USB para a comunicação com o computador.

De acordo com McRoberts:

O Arduino pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à internet para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles. Em outras palavras, ele pode enviar um conjunto de dados recebidos de alguns sensores para um site, dados estes que poderão,

assim, ser exibidos na forma de gráfico. O Arduino pode ser conectado a LEDs, displays (mostradores) de matriz de pontos, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de distância, receptores GPS, módulos Ethernet ou qualquer outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado.<sup>26</sup>

Possui também um regulador de tensão, limitando a tensão em 3V e 5V. Suas portas são de fácil acesso e visualização, para que sejam conectadas as entradas ou saídas do circuito. Na tabela abaixo podemos ver algumas especificações técnicas sobre o Arduino.

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega328</b>
<b>Tensão de funcionamento</b>	5V
<b>Tensão de entrada (recomendado)</b>	7-12V
<b>Tensão de entrada (limites)</b>	6-20V
<b>Pinos Digitais I / O</b>	14 (dos quais 6 oferecem saída PWM)
<b>Pinos de entrada analógica</b>	6
<b>Corrente DC por pino I / O</b>	40 mA
<b>Corrente por pino para 3,3V DC</b>	50 mA
<b>Memória Flash</b>	32 KB, dos quais 0,5 KB utilizados pelo carregador de inicialização
<b>Velocidade do Clock</b>	16 MHz

Tabela 1: Especificações do Arduino.

Fonte: (ARDUINO, 2014)<sup>27</sup>

O Arduino possui um circuito integrado que é responsável por toda a parte lógica, recebe todas as informações que lhe são passadas, processa-as, e logo após gera as respostas na saída. Toda a parte de software é feita no computador e transferida para a memória interna do Arduino através da porta USB.

<sup>26</sup> McROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2012. p.23.

<sup>27</sup> ARDUINO. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 21 de maio de 2014.

### 3. OBJETO DE ESTUDO

Inicialmente realizamos estudos para comprovar as possibilidades de implantação de um sistema de automação em pontes rolantes. Após esses estudos vimos uma grande possibilidade da implantação de um sistema automatizado em pontes rolantes, mas para isso deveríamos primeiramente criar um protótipo para detectar e estudar todos os componentes existentes em uma ponte rolante.

Na construção da ponte rolante utilizamos componentes disponíveis em nosso dia-a-dia. Primeiramente fizemos as medições do metalon para fazer toda a estrutura do nosso protótipo. Uma das dúvidas na criação do protótipo foi quanto ao tamanho físico que seria o mesmo, após fazermos o esboço chegamos as seguintes medidas para a estrutura principal, sendo elas: 100 cm de comprimento x 54 cm de largura x 52 cm de altura.

	<b>COMPRIMENTO (CM)</b>	<b>LARGURA (CM)</b>	<b>ALTURA (CM)</b>
<b>ESTRUTURA</b>	100	50	52
<b>CARRO 1</b>	68	19	9
<b>CARRO 2</b>	30	10	9

Tabela 2: Dimensões da estrutura do protótipo

Fonte: Dados do Autor

Após definirmos o tamanho da estrutura, começamos a unir as partes com solda elétrica. Para fazer a solda utilizamos eletrodos E6013 com a máquina de solda regulada em uma amperagem em torno de 100 amperes. Depois de unir as peças, a estrutura ficou de acordo com a figura 12.



Figura 12: Estrutura do protótipo

Fonte: Dados do Autor

Depois de toda a estrutura pronta, é hora de fixar os motores. Os motores que locomovem a viga e o carro, são motores utilizados em vidro elétrico automotivo, são motores de 12 volts, corrente contínua e já possuem uma redução de rotação em seu interior, permitindo assim uma instalação mais fácil e rápida, como podemos ver na figura 13. Para a locomoção da viga e do carro foram utilizadas rodas de metal que são muito utilizadas em portões de correr.



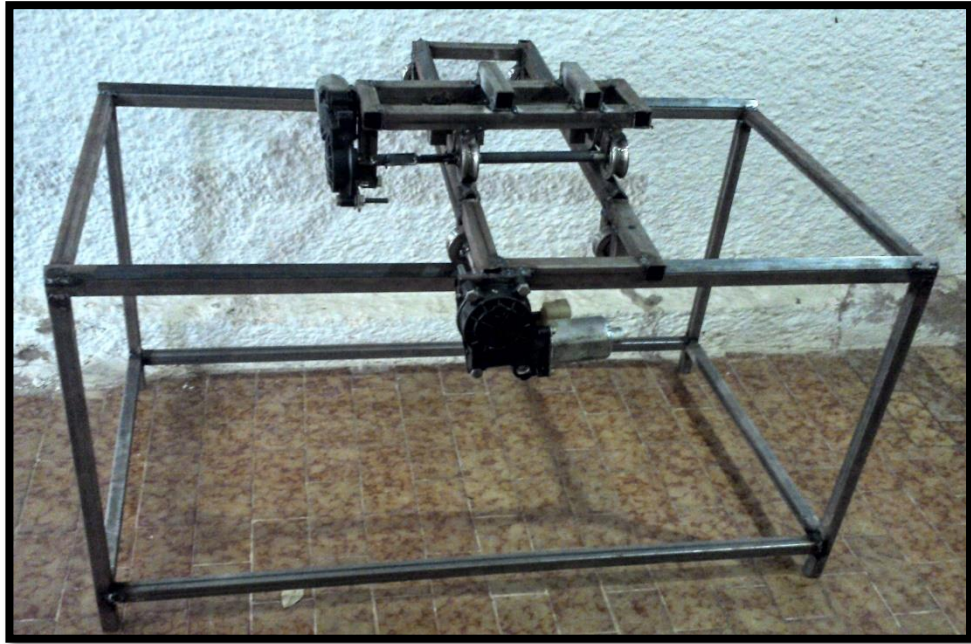


Figura 13: Estrutura do protótipo com motores acoplados

Fonte: Dados do Autor

Depois de toda a estrutura montada, fomos em busca de um método para subir e descer o eletroímã.

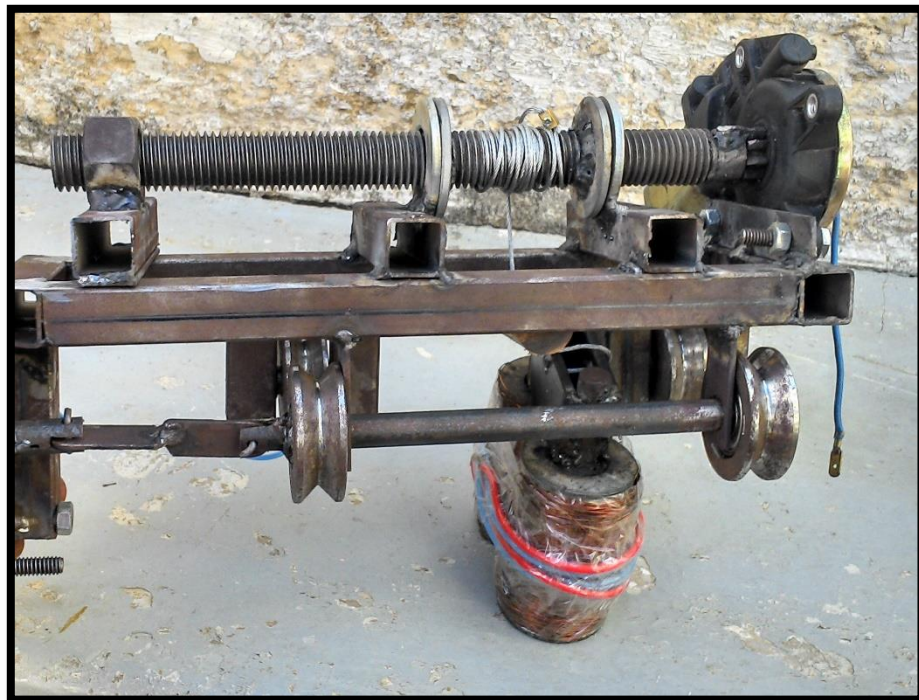


Figura 14: Sistema de elevação do eletroímã

Fonte: Dados do Autor

Como podemos ver na figura 14, acoplamos um eixo com rosca na ponta de um motor e uma porca livre na ponta do eixo, sendo que, quando o motor é acionado o eixo roda para um lado ou para o outro, com isso o cabo de aço fixado no eixo suba ou desça o eletroímã.

Após a construção da estrutura, precisávamos construir um eletroímã que suportasse levantar um determinado peso.



Figura 15: Eletroímã  
Fonte: Dados do Autor

Como podemos ver na figura 15, resolvemos construir um eletroímã em forma de “U”, pois o fluxo magnético tende a circular pelo material ferromagnético, de modo que ao acioná-lo a sua força magnética segure uma peça ferromagnética, e ao chegar no ponto desejado basta desligar o eletroímã que a peça se soltará. Primeiramente soldamos uma base metálica que suportasse 2 eletroímãs, enrolamos cerca de 500 gramas de fio de cobre de núcleo de motor em cada eletroímã e ligamos em paralelo ao circuito.

Na parte de controle o componente principal é o Arduino, que nada mais é que um micro controlador especializado, baseado em um microprocessador que desempenha funções de controle através de softwares desenvolvidos pelo usuário, de diversos tipos e níveis de complexidade. Escolhemos este programador

pelo seu baixo custo e pelo pequeno porte. O Arduino possui uma porta USB que serve para interface de comunicação do programador, ou seja, o programa é feito em um software específico, e depois é inserido no Arduino pela porta USB. No ANEXO I contém toda a programação utilizada pelo Arduino.

Construímos uma placa contendo relés, diodos, resistores, capacitores, que acionará os motores, fazendo com que eles realizem as funções pré programadas pelo usuário no software do Arduino.

Na interface de entrada utilizamos botoeiras e chaves fim de curso. Já na interface de saída utilizamos relés para acionarem os motores e leds para sinalização.

Na tabela 3 veremos a listagem dos materiais utilizados para a confecção do protótipo, com seus preços e seus respectivos fornecedores.

QUANT.	UNID.	MATERIAL	PREÇO UNID. (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
2	UNID.	Placa fenolite	12,00	24,00
3	UNID.	Botoeira sem retenção	0,66	1,98
1	UNID.	Botoeira com retenção	0,71	0,71
4	UNID.	Chave de 3 posições	6,54	26,16
7	UNID.	Chave NA	0,24	1,68
7	UNID.	Relés 12V / 5 pinos	7,94	55,58
7	UNID.	Transistor BC 337	0,18	1,26
11	UNID.	Resistor 10 K $\Omega$	0,57	6,27
8	UNID.	Diodo	0,61	4,88
8	UNID.	Capacitor eletrolítico 2200 $\mu$ F / 50 V	0,20	1,60
1	UNID.	Arduíno	97,99	97,99
1	UNID.	Transformador 127 V – 12 V (corrente alternada)	299,00	299,00
1	UNID.	Fonte 12 V (Corrente contínua)	13,49	13,49
1	UNID.	Disjuntor 10 A	5,23	5,23
38	UNID.	Conector tipo barra	0,35	13,30
18	M	Fio paralelo 1 mm	1,10	19,80
2	M	Cabo pp 1,5 mm	1,49	2,98
1	UNID.	Pino macho	1,95	1,95
700	GR	Fio de cobre	80,00	56,00
3	UNID.	Motor 12V de vidro elétrico	60,00	180,00
6	UNID.	Rolamento	4,00	24,00
18	M	Metalon 2 x 2 mm	3,50	63,00
1	M	Cabo de aço 1,5 mm	3,00	3,00
			TOTAL	903,86

Tabela 3: Lista de materiais

Fonte: Dados do Autor



Os fornecedores dos materiais para a confecção do protótipo foram as lojas: Ponto da eletrônica, Robocore, Ferrazo, NewSom, Sema Materiais elétricos.

### 3.1 CONSTRUÇÃO DA PLACA ELETRÔNICA

Para a construção da placa eletrônica, utilizamos uma placa fenolite perfurada, sendo essa mais fácil para fixar os componentes. Antes disso fizemos todo o esboço de como iriam ficar distribuídos na placa todos os componentes. Primeiramente, um a um fomos fixando os relés, que serão os responsáveis por receber as informações do Arduino e acionar os motores. Na figura 16 podemos ver a construção da placa.

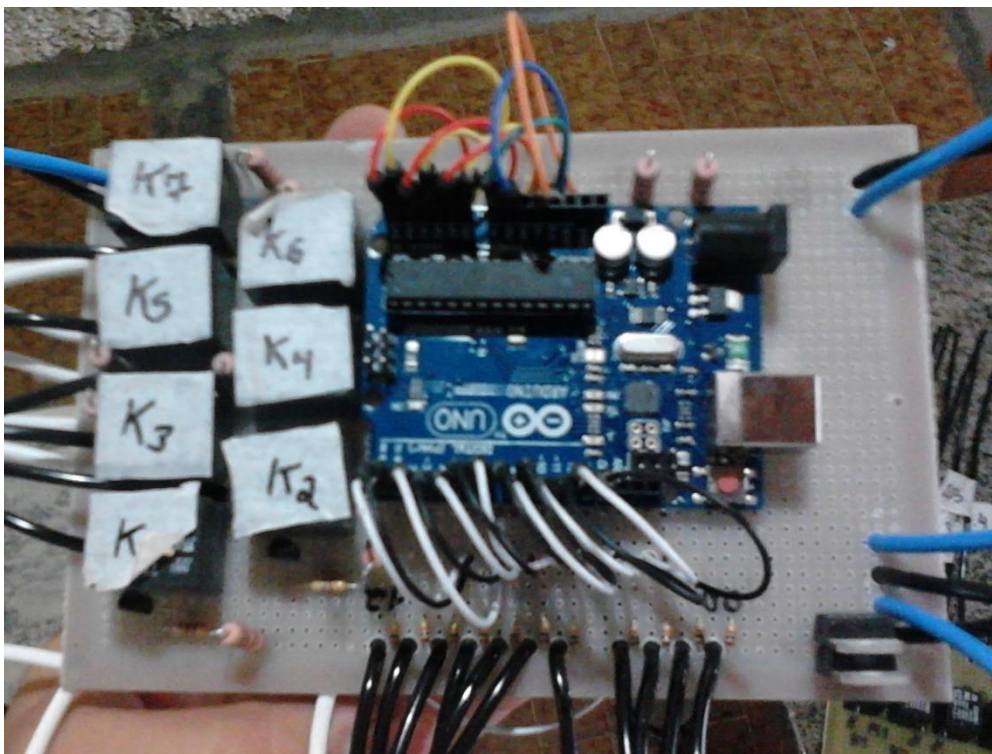


Figura 16: Placa Eletrônica

Fonte: Dados do Autor

Após a fixação dos relés, fomos fixando o restante dos componentes com solda fria, fixamos os transistores, as resistências e diodos. Após todos os componentes fixados, colocamos o Arduino e fizemos as ligações das entradas e saídas do circuito.

Na figura 17, podemos ver todo o circuito elétrico do protótipo.

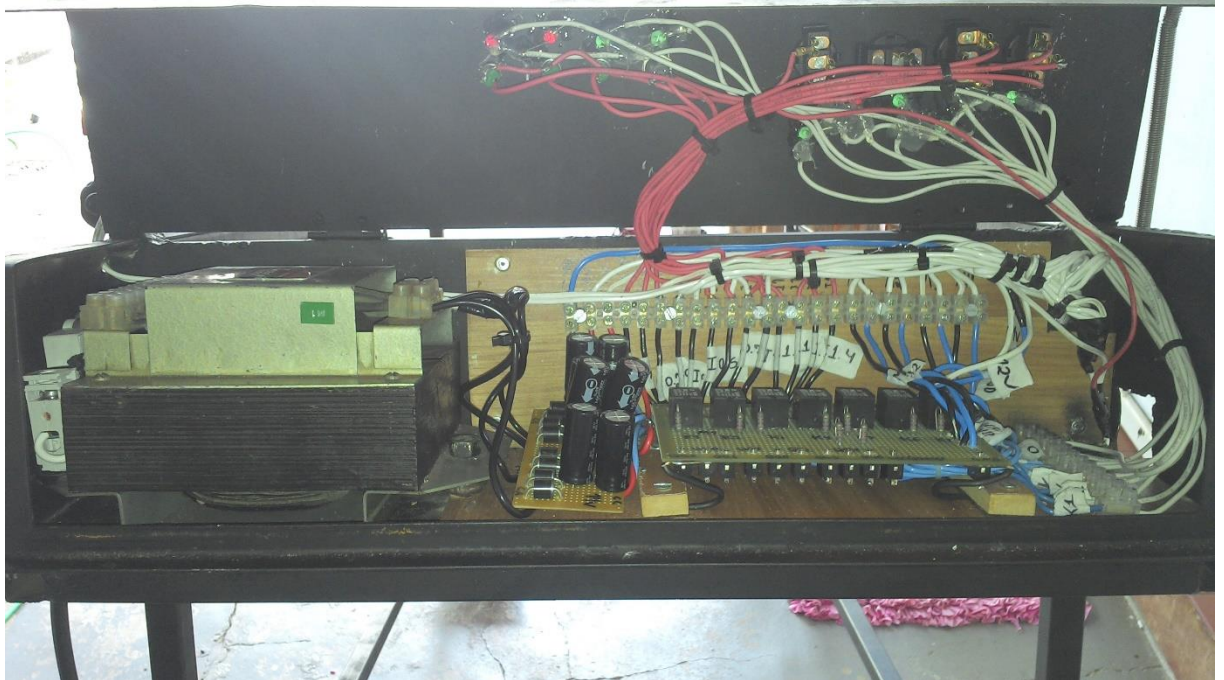


Figura 17: Circuito elétrico do protótipo

Fonte: Dados do Autor

Construímos também duas pontes retificadoras de onda completa que serve para transformar o circuito de corrente alternada em corrente contínua. Na figura 18 podemos ver o esquema de uma ponte retificadora de onda completa.

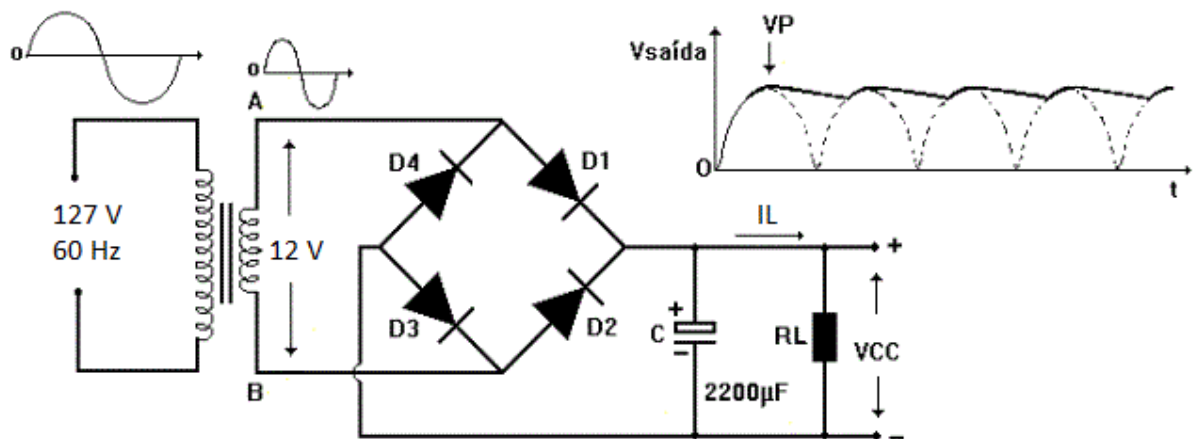


Figura 18: Retificador de Onda Completa

Fonte: (ELECTRONICA, 2014)<sup>28</sup>

Uma das pontes retificadoras foi para o eletroímã e a outra para os motores. Na saída da ponte retificadora foram utilizados capacitores eletrolíticos para retificar completamente a onda. Na figura 19 podemos ver o protótipo pronto.

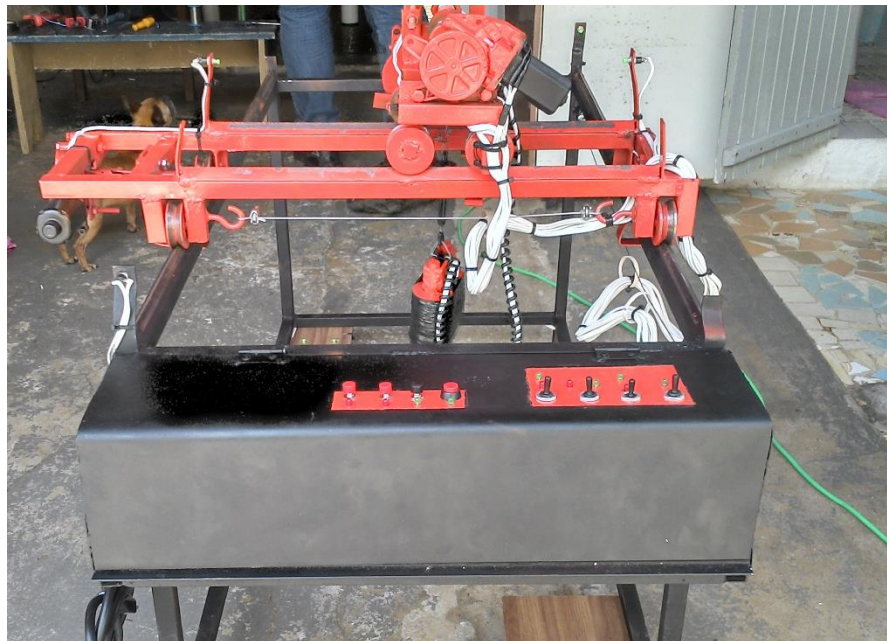


Figura 19: Protótipo

Fonte: Dados do Autor

<sup>28</sup> ARDUINO. Disponível em: <http://www.electronica-pt.com/content/view/202>. Acesso em: 6 de novembro de 2014.

### 3.2 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

Conecta-se o protótipo na tomada 127 V / 60 Hz, antes de entrar no transformador a energia passa pelo disjuntor para a proteção do circuito, logo após ela passa pelo transformador que a rebaixa para 12 V, logo após essa energia passa pela ponte retificadora de onda completa, que pega essa energia em corrente alternada e a transforma em corrente contínua para alimentar os motores e o eletroímã.

O protótipo contém 4 botões principais, o de liga, desliga, emergência e seletor.

Ao pressionar o botão liga, a placa é energizada, com a programação que fizemos o Arduino reconhece todos os sensores, acionando os relés que por sua vez irá acionar os motores, fazendo com que a ponte se posicione na posição inicial, que é no canto superior do lado direito, para a espera da peça.

Ao colocarmos a peça na plataforma de entrada, os sensores reconhecem que contém uma peça em espera para ser transportada, então essas informações são mandadas a central de controle, que envia essas informações ao motor que controla o eletroímã fazendo com que ele desça e acione o eletroímã. Ao descer completamente com o eletroímã acionado, a peça é içada e o motor começa a recolher o cabo de aço. Quando a peça içada chega ao topo, é acionado um sensor que envia essa mensagem a central para que desligue o motor que levanta a peça e ligue o motor do carro para se locomover para a esquerda, levando a peça à plataforma de saída. Quando o carro chega ao final do curso, também é acionado um sensor informando que o carro chegou à posição final, com isso ele começa a descer o eletroímã. Ao descer a peça, ele também através de sensores que o cabo de aço que segura a mesma foi completamente esticado, desligando assim o eletroímã e recolhendo o mesmo, e logo após essas operações, ele retorna à posição inicial e aguarda a chegada de outra peça.

Se o protótipo estiver em meio a uma operação e for acionado o botão de desliga, ele completará o ciclo e logo após retornar à posição inicial ele desligará todo o circuito.

Pensamos também no fato de um botão de emergência, que se por um motivo qualquer for acionado, estando com uma peça içada e o eletroímã ligado, o carro irá

parar instantaneamente e não desligará o eletroímã, para que a peça não caia e mantenha a segurança da operação. Após tudo normalizado é necessário apertar o botão de liga, e o protótipo continuará o processo.

E por último utilizamos uma botoeira com retenção que faz a seleção do comando, com a botoeira acionada ele coloca o circuito manual em operação, fazendo com que o operador possa efetuar todos os movimentos do protótipo manualmente. Pressionando a botoeira novamente é desabilitado a função manual e habilitado a função automática.

Na tabela 4 podemos ver a comparação dos tempos de execução na condição de manual e automático do protótipo, realizando 1 ciclo completou mais ciclos, ou seja, pegando a peça na plataforma de entrada, depositando na plataforma de saída e retornando à posição inicial será considerado 1 ciclo.

	<b>MANUAL</b>	<b>AUTOMÁTICO</b>
<b>1 CICLO</b>	36 segundos	25 segundos
<b>2 CICLOS</b>	1 minuto e 18 segundos	50 segundos
<b>3 CICLOS</b>	2 minutos	1 minuto e 15 segundos
<b>4 CICLOS</b>	2 minutos e 40 segundos	1 minuto e 40 segundos
<b>5 CICLOS</b>	3 minutos e 19 segundos	2 minutos e 5 segundos
<b>TEMPO TOTAL</b>	9 minutos e 55 segundos	6 minutos e 15 segundos

Tabela 4: Comparação de tempo entre ciclos automáticos e manuais

Fonte: Dados do autor

Fizemos testes com o protótipo que na condição de automático e manual. Na condição de manual o tempo sofreu alterações devido a erros de operação e diferença dos operadores, sendo que realizamos os comandos com 2 operadores distintos. Quando colocado no modo automático o protótipo se mostrou eficaz e

constante na execução de seus movimentos, não houve erros de operação, portanto o tempo se manteve constante em todas as operações. Comparando as resultantes do tempo de operação manual com a operação automática, podemos concluir que quando operado automaticamente o protótipo realizou os ciclos cerca de 35,6 % mais rápido do que quando operado manualmente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda de equipamentos automatizados nas empresas e indústrias tende a aumentar ao longo dos anos, dessa forma é necessário sempre inovar na criação e melhorias de equipamentos para que a empresa possa estar sempre na disputa de mercado.

Nosso trabalho abordou a criação de um protótipo, seus principais componentes e métodos de construção, onde todos esses passos foram ótimos para conciliar as teorias adquiridas ao longo de todo o curso de Engenharia Elétrica à prática. Após a finalização do protótipo, chegamos à conclusão que nem sempre a teoria se iguala a prática, valores de tensão podem variar de acordo com o a tensão de entrada, e também pode haver vários fatores que interferem no funcionamento de componentes, como a qualidade de energia.

Com esse trabalho pôde-se mostrar detalhadamente como pode ser projetado e implementado um sistema de controle de uma ponte rolante. O protótipo desenvolvido mostrou sua performance de forma robusta e satisfatória nos ensaios realizados no laboratório da faculdade.

Obtivemos grande sucesso no nosso objetivo, que era criar um sistema automatizado e de baixo custo que demonstrasse o funcionamento de pontes rolantes para detectar e estudar todos os componentes existentes. A segurança na movimentação de materiais foi satisfatória, pois atingiu a qualidade de trabalho exigida.

## **PESQUISAS FUTURAS**

Estudar a viabilidade de implementação na indústria.

Implementar um controlador mais robusto e adequado para realizar funções no processo industrial.



## REFERÊNCIAS

**BAUMA.** Disponível em: <http://www.bauma.ind.br/produtos.php?id=10>. Acesso em: 5 de novembro de 2014.

BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. **Louis. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos.** 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999.

**CATIPAR ENGENHARIA.** Disponível em: <http://www.catiparengenharia.com.br/pontes-rolantes>. Acesso em 25 de outubro de 2014.

**CROÁCIA.** Disponível em: <http://croaciamd.enetbr.com.br/ecommerce/detalheproduto/77>. Acessado em 05 de novembro de 2014.

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.

MARTINS, Geomar Moreira. **Princípios de automação industrial.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

McROBERTS, Michael. **Arduino Básico.** São Paulo: Novatec, 2012.

MIRANDA, Kleber R.; SANTOS, Juliano de P.; GUARNIERI, Fernando L. **Automação de pontes rolantes por rádio frequência.** São José dos Campos: Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo da UNIFAP, 2009.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 4.ed., Universidade de Minnesota: Editora Prentice, 1982.

PINTO, Fábio da Costa. **Sistemas de automação e controle**. Vitória: SENAI, 2005.

SILEVIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Rio Grande do Norte. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.

SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007.

STRONG. Disponível em: <http://strongmachines.com/produtos.html>. Acessado em 05 de novembro de 2014.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Guaratinguetá: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2010.

**Z.L EQUIPAMENTOS E CALDEIRARIA**. Disponível em: <http://www.zlequipamentos.com.br/produtos>. Acessado em 05 de novembro de 2014.

## ANEXOS

### ANEXO I – Programação do Arduíno

```
int estado_seletor=0;
int estado_s3=0;
int estado_s4=0;
int estado_sl=0;
int estado_s2=0;
int estado_s5=0;
int estado_s6=0;
int estado_iniciar=0;
int posicionado=0;

int estado_k1=0; //direita
int estado_k2=0; //esquerda
int estado_k3=0; //cima
int estado_k4=0; //baixo
int estado_k5=0; //subir talha
int estado_k6=0; //descer talha
int estado_k7=0; //eletroima
int estado_k7_2=0;
int controle=0;
int memoria_desliga=0;
int posicao_final=0;
int memoria_ima=0;

void setup(){
  pinMode(liga, INPUT);
  pinMode(desliga, INPUT);
  pinMode(emergencia, INPUT);
```

---

```
pinMode(seletor, INPUT);
pinMode(s3, INPUT);
pinMode(s4, INPUT);
pinMode(s1, INPUT);
pinMode(s2, INPUT);
pinMode(s5, INPUT);
pinMode(s6, INPUT);
pinMode(iniciar, INPUT);
pinMode(k1, OUTPUT);
pinMode(k2, OUTPUT);
pinMode(k3, OUTPUT);
pinMode(k4, OUTPUT);
pinMode(k5, OUTPUT);
pinMode(k6, OUTPUT);
pinMode(k7, OUTPUT);
pinMode(led_liga, OUTPUT);
pinMode(led_emergencia, OUTPUT);
}
void loop(){
    estado_liga = digitalRead(liga); //inicio do programa
    estado_seletor = digitalRead(seletor);
    if(estado_liga==HIGH){
        controle=1;
    }
    memoria_desliga=0;
    posicionado=0;
```

---

```
digitalWrite(led_liga,LOW);
digitalWrite(k1,LOW);
digitalWrite(k2,LOW);
digitalWrite(k3,LOW);
digitalWrite(k4,LOW);
digitalWrite(k5,LOW);
digitalWrite(k6,LOW);
digitalWrite(k7,LOW);
digitalWrite(led_liga,LOW);
memoria_desliga=0;

while(controle==1){ //ponte rolante ligada
digitalWrite(led_liga,HIGH);
estado_desliga = digitalRead(desliga);
estado_seletor = digitalRead(seletor);
posicionado=0;
if(estado_desliga==HIGH){
    controle=0;
}
if(estado_seletor==LOW){
controle=2;
}
if(estado_seletor==HIGH){
controle=3;
}
while(controle==2){ //controle automatico
    estado_desliga = digitalRead(desliga); //leitura das variáveis
```

---

```
estado_seletor = digitalRead(seletor);
if(estado_seletor==HIGH){
controle=3;
}
if(estado_desliga==HIGH){
    memoria_desliga==1;
    digitalWrite(led_liga,LOW);
}
estado_liga = digitalRead(liga);
estado_emergencia = digitalRead(emergencia);
estado_seletor = digitalRead(seletor);
estado_s3 = digitalRead(s3);
estado_s4 = digitalRead(s4);
estado_s1 = digitalRead(s1);
estado_s2 = digitalRead(s2);
estado_s5 = digitalRead(s5);
estado_s6 = digitalRead(s6);
estado_iniciar = digitalRead(iniciar);

if(estado_seletor==HIGH){
    controle=3;
}
if(estado_desliga==HIGH && posicionado==HIGH){ //desliga
controle=0;
}
if(memoria_desliga==1 && posicionado==HIGH){ //desliga
```

---

```
controle=0;
}
if(estado_s6==LOW && posicionado==0){ //recolhe
estado_k5=HIGH;
}
if(estado_s4==LOW && posicionado==0 && estado_s6==HIGH){ //desce
estado_k4=HIGH;
}
if(estado_s2==LOW && posicionado==0 && estado_s6==HIGH){ //esquerda
estado_k2=HIGH;
}
if(estado_s4==HIGH && estado_s2==HIGH && estado_s6==HIGH){
posicionado=1;
}
digitalWrite(k1, estado_k1); //gerando as saídas
digitalWrite(k2, estado_k2);
digitalWrite(k3, estado_k3);
digitalWrite(k4, estado_k4);
digitalWrite(k5, estado_k5);
digitalWrite(k6, estado_k6);
digitalWrite(k7, estado_k7);
while(estado_emergencia==HIGH){ //emergencia
digitalWrite(led_emergencia,HIGH);
digitalWrite(led_liga,LOW);
digitalWrite(k1, LOW); //parando os motores
digitalWrite(k2, LOW);
```



```
digitalWrite(k3, LOW);
digitalWrite(k4, LOW);
digitalWrite(k5, LOW);
digitalWrite(k6, LOW);
estado_liga=digitalRead(liga);
estado_desliga=digitalRead(desliga);
if(estado_liga==HIGH){
    estado_emergencia=LOW;
    digitalWrite(led_emergencia,LOW);
    digitalWrite(led_liga,HIGH);
}
if(estado_desliga==HIGH){
    estado_emergencia=LOW;
    digitalWrite(led_emergencia,LOW);
}
}
estado_k1=LOW;
estado_k2=LOW;
estado_k3=LOW;
estado_k4=LOW;
estado_k5=LOW;
estado_k6=LOW;
estado_k7=LOW;

estado_iniciar = digitalRead(iniciar);
```

---



```
while(posicionado==1 && estado_iniciar==HIGH && controle==2){
estado_desliga = digitalRead(desliga); //leitura das variáveis
    if(estado_desliga==HIGH){
        memoria_desliga = 1;
        digitalWrite(led_liga,LOW);
    }
estado_seletor = digitalRead(seletor);
if(estado_seletor==HIGH){
controle=3;
}
estado_liga = digitalRead(liga);
estado_emergencia = digitalRead(emergencia);
estado_seletor = digitalRead(seletor);
estado_s3 = digitalRead(s3);
estado_s4 = digitalRead(s4);
estado_s1 = digitalRead(s1);
estado_s2 = digitalRead(s2);
estado_s5 = digitalRead(s5);
estado_s6 = digitalRead(s6);
if(estado_seletor==HIGH){
    controle=3;
}
}
if(estado_s5==LOW && estado_k7==LOW){
    estado_k6=HIGH;//Esticar
    estado_k5=LOW;
}
}
```

---

```
}
if(estado_s6==LOW && estado_s5==LOW){
    estado_k7_2=HIGH;
}
if(estado_s1==LOW && estado_s3==LOW && estado_s5==HIGH){
    estado_k7=HIGH; //Ligar o eletroima
    estado_k5=HIGH; //recolher
    estado_k6=LOW;
}
if(estado_s3==LOW && estado_s6==HIGH && estado_k7==HIGH){
    estado_k3=HIGH; //Para cima
    estado_k4=LOW;
    estado_k7=HIGH; //Ligar o eletroima
}
if(estado_s1==LOW && estado_s6==HIGH && estado_k7==HIGH){
    estado_k1=HIGH; //Para direita
    estado_k2=LOW;
    estado_k7=HIGH; //Ligar o eletroima
}
if(estado_s1==HIGH && estado_s3==HIGH && estado_s5==LOW && estado_k7==HIGH){
    estado_k6=HIGH; //esticar
    estado_k5=LOW;
    estado_k7=HIGH; //Ligar o eletroima
}

if(estado_s1==HIGH && estado_s3==HIGH){
    posicao_final=1;
}
```

---

```
}  
if(posicao_final==1 && estado_s5==HIGH && estado_s6==LOW && estado_k6==LOW && estado_k7==HIGH){  
    estado_k7=LOW; //desligar o eletroima  
    estado_k7_2=LOW;  
    estado_k1=LOW;  
    estado_k2=LOW;  
    estado_k3=LOW;  
    estado_k4=LOW;  
    estado_k5=LOW;  
    estado_k6=LOW;  
    posicionado=0; //retornar  
    posicao_final=0;  
}  
if(estado_s1==HIGH){  
    estado_k1=LOW;  
}  
if(estado_s2==HIGH){  
    estado_k2=LOW;  
}  
if(estado_s3==HIGH){  
    estado_k3=LOW;  
}  
if(estado_s4==HIGH){  
    estado_k4=LOW;  
}  
if(estado_s5==HIGH){  
    estado_k6=LOW;  
}
```

---

```
}  
if(estado_s6==HIGH){  
    estado_k5=LOW;  
}  
digitalWrite(k1, estado_k1); //gerando as saidas  
digitalWrite(k2, estado_k2);  
digitalWrite(k3, estado_k3);  
digitalWrite(k4, estado_k4);  
digitalWrite(k5, estado_k5);  
digitalWrite(k6, estado_k6);  
if(estado_k7==HIGH || estado_k7_2==HIGH){  
    digitalWrite(k7, HIGH);  
}  
if(k7==HIGH){  
    memoria_ima=1;  
}  
if(estado_k7==LOW && estado_k7_2==LOW){  
    digitalWrite(k7, LOW);  
}  
if(k7==LOW){  
    memoria_ima=0;  
}  
while(estado_emergencia==HIGH){ //emergencia  
    digitalWrite(led_emergencia,HIGH);  
    digitalWrite(led_liga,LOW);  
    digitalWrite(k1, LOW); //parando os motores  
    digitalWrite(k2, LOW);
```

---

```
digitalWrite(k3, LOW);
digitalWrite(k4, LOW);
digitalWrite(k5, LOW);
digitalWrite(k6, LOW);
estado_liga=digitalRead(liga);
estado_desliga=digitalRead(desliga);
if(estado_liga==HIGH){
    estado_emergencia=LOW;
    digitalWrite(led_emergencia,LOW);
    digitalWrite(led_liga,HIGH);
}
if(estado_desliga==HIGH){
    estado_emergencia=LOW;
    digitalWrite(led_emergencia,LOW);
}
}
}
}
while(controle==3){ //controle manual
    estado_desliga = digitalRead(desliga); //leitura das variáveis
    estado_liga = digitalRead(liga);
    estado_emergencia = digitalRead(emergencia);
    estado_seletor = digitalRead(seletor);
    estado_s3 = digitalRead(s3);
    estado_s4 = digitalRead(s4);
    estado_s1 = digitalRead(s1);
    estado_s2 = digitalRead(s2);
```

---



```
estado_s5 = digitalRead(s5);
estado_s6 = digitalRead(s6);
estado_iniciar = digitalRead(iniciar);
if(estado_desliga==HIGH){ //desligar
controle=0;
}
estado_k1=LOW;
estado_k2=LOW;
estado_k3=LOW;
estado_k4=LOW;
estado_k5=LOW;
estado_k6=LOW;

while(estado_emergencia==HIGH){ //emergencia
    digitalWrite(led_emergencia,HIGH);
    digitalWrite(led_liga,LOW);
    digitalWrite(k1, LOW); //parando os motores
    digitalWrite(k2, LOW);
    digitalWrite(k3, LOW);
    digitalWrite(k4, LOW);
    digitalWrite(k5, LOW);
    digitalWrite(k6, LOW);
    estado_liga=digitalRead(liga);
    estado_desliga=digitalRead(desliga);
    if(estado_liga==HIGH){
```

---

```
    estado_emergencia=LOW;
    digitalWrite(led_emergencia,LOW);
    digitalWrite(led_liga,HIGH);
  }
  if(estado_desliga==HIGH){
    estado_emergencia=LOW;
    digitalWrite(led_emergencia,LOW);
  }
}
if(estado_seletor==LOW){ //retornar para automatico
controle=2;
}
if(estado_s3==HIGH && estado_s4==LOW){//para baixo
estado_k4=HIGH;
}
if(estado_s4==HIGH && estado_s3==LOW){//para cima
estado_k3=HIGH;
}
if(estado_s1==HIGH && estado_s2==LOW){//para esquerda
estado_k2=HIGH;
}
if(estado_s2==HIGH && estado_s1==LOW){//para direita
estado_k1=HIGH;
}
if(estado_s5==HIGH && estado_s6==LOW){
estado_k5=HIGH;
}
```

```
if(estado_s6==HIGH && estado_s5==LOW){
estado_k6=HIGH;
}
if(estado_iniciar==HIGH || memoria_ima==HIGH){
estado_k7=HIGH;
}
if(estado_iniciar==HIGH){
memoria_ima=0;
}
if(estado_iniciar==LOW && memoria_ima==LOW){
estado_k7=LOW;
}
digitalWrite(k1, estado_k1); //gerando as saidas
digitalWrite(k2, estado_k2);
digitalWrite(k3, estado_k3);
digitalWrite(k4, estado_k4);
digitalWrite(k5, estado_k5);
digitalWrite(k6, estado_k6);
digitalWrite(k7, estado_k7);
estado_k1=LOW;
estado_k2=LOW;
estado_k3=LOW;
estado_k4=LOW;
estado_k5=LOW;
estado_k5=LOW;
estado_k6=LOW;
estado_k7=LOW;
}
}
}
```