

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CRISTIANO FRACASSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA IDENTIFICAÇÃO E DESCARGA
AUTOMATIZADA DE PRODUTOS EM UM MÓDULO INSTRUCIONAL DIDÁTICO**

**BAGÉ - RS
2019**

CRISTIANO FRACASSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA IDENTIFICAÇÃO E DESCARGA
AUTOMATIZADA DE PRODUTOS EM UM MÓDULO INSTRUCIONAL DIDÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Cesar Antônio Mantovani

Coorientador: Prof. Me. Vanderlei Eckhardt

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo autor através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

F797d Fracasso, Cristiano

Desenvolvimento de um sistema para identificação e descarga
automatizada de produtos em um módulo instrucional didático / Cristiano
Fracasso.

82 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade Federal do
Pampa, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2019.

"Orientação: Cesar Antônio Mantovani".

1. Automação industrial. 2. Eletropneumática. 3. Pneutrônica. 4. Arduíno.
5. Ensino. I. Título.

CRISTIANO FRACASSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA IDENTIFICAÇÃO E DESCARGA
AUTOMATIZADA DE PRODUTOS EM UM MÓDULO INSTRUCIONAL DIDÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 11 de Julho de 2019.

Banca examinadora:

Prof. Me. Cesar Antônio Mantovani
Orientador
Universidade Federal do Pampa

Prof. Me. Vanderlei Eckhardt
Coorientador
Universidade Federal do Pampa

TAE. Me. Nilton César Rodrigues Menezes
Universidade Federal do Pampa

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pelas oportunidades em minha vida, à minha família por todo apoio e compreensão. Agradeço a todos os professores e técnicos do curso por contribuir com seus ensinamentos. De forma especial ao meu orientador professor Cesar Mantovani e meu coorientador professor Vanderlei Eckhardt por suas contribuições no desenvolvimento deste trabalho e aos técnicos do curso Rui Rosa de Moraes Jr. e Mozer Cardoso Botelho pela ajuda e suporte na construção da parte física. Também agradeço ajuda do técnico Januario Dias Ribeiro, técnico Carlos Enio Jorge Lima, técnico Enilton Moreira Goulart, ao professor Fábio Luis Tomm, ao discente Lucas Losinskas e ao engenheiro de produção Juliano Alves por suas contribuições.

Agradeço aos colegas de universidade e amigos, pela amizade e por todo apoio até o presente momento. Enfim a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

“Procure ser um homem de valor, em vez
de ser um homem de sucesso.”

Albert Einstein

RESUMO

Os módulos didáticos são ferramentas que permitem ao estudante visualizar e configurar operações, além de funcionalidades. Desse modo, favorecem uma interdisciplinaridade e possibilitam que se tenha contato com uma realidade encontrada em situações reais de indústrias, causando uma melhora no ensino teórico dos conteúdos abordados em aulas tradicionais dissertativas, por aliar a teoria com a prática. Este trabalho apresenta o relato do trabalho de conclusão de curso que teve por temática a aprendizagem de automação industrial a partir da utilização de um módulo instrucional didático em ambiente de ensino. O objetivo principal foi o desenvolvimento de um sistema de identificação e descarga automatizada de produtos em um módulo instrucional didático no Laboratório de Fabricação da Universidade Federal do Pampa campus Bagé, que simula um processo de ambiente industrial. O sistema de identificação e de descarga automatizada foi projetado e idealizado e teve o seu nível de efetividade verificado como ferramenta de apoio ao ensino na componente curricular de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática no curso de Engenharia de Produção Universidade Federal do Pampa campus Bagé.

Palavras-Chave: Automação industrial. Eletropneumática. Pneutrônica. Arduino. Ensino.

ABSTRACT

Didactic modules are tools that allow students to view and configure operations, as well as functionalities. In this way, they favor interdisciplinarity and make it possible to have contact with a reality found in real industrial situations, causing an improvement in the theoretical teaching of the contents covered in traditional dissertative classes, for combining theory with practice. This paper presents the report of the work of completion of course that had the theme of learning industrial automation from the use of an instructional didactic module in a teaching environment. The main objective was the development of an automated product identification and unloading system in a didactic instructional module in the manufacturing laboratory of the Pampa campus Bagé Federal University, which simulates an environment process industrial. The automated identification and unloading system was designed and idealized and had its level of effectiveness verified as a tool to support teaching in the curricular component of Fundamentals of Hydraulic and Pneumatic Automation in the Engineering course of Production Federal University of Pampa Campus Bagé.

Key words: Industrial automation. Electropneumatic. Pneutronics. Arduíno. Teaching.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Entradas e saídas utilizadas no módulo.....	46
Tabela 2 - Entradas e saídas utilizadas no sistema de descarga automatizada	58
Tabela 3 - Percentuais módulo versus critérios.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Módulo didático de treinamento em clp.....	20
Figura 2 - Bancada de treinamento de Turbina Pelton.....	20
Figura 3 - Kit didático em clp.....	21
Figura 4 - Tipos de automação em relação a volume de produção e variedade de produto	26
Figura 5 - Linha de produção antiga.....	27
Figura 6 - Linha de produção moderna	27
Figura 7 - Organograma geral dos compressores.....	31
Figura 8 - Compressor do tipo pistão	31
Figura 9 - Válvula geradora de vácuo	32
Figura 10 - Exemplo de aplicação de ventosas.....	33
Figura 11 - Composição de um sistema eletropneumático	34
Figura 12 - Esquema estrutural de um clp	37
Figura 13 - Módulo instrucional didático pneutrônico	48
Figura 14 - Dimensões do dotor	50
Figura 15 - Estrutura base ponte rolante.....	51
Figura 16 - Fixação do perfil de alumínio	51
Figura 17 - Sistema de fixação do motor elétrico	52
Figura 18 - Sistema ajustável segunda polia.....	53
Figura 19 - Fixação dos sensores óticos e chaves limitadoras de curso.....	53
Figura 20 - Estrutura física final do módulo	54
Figura 21 – Padrão de frequências no programa para identificação das cores	55
Figura 22 - Ponto de identificação.....	56
Figura 23 - Esquema eletrônico de proteção.....	56
Figura 24 - Relés auxiliares e arduíno.....	57
Figura 25 - Sistema de reversão do motor elétrico.....	57
Figura 26 - Circuito eletropneumático no <i>Software Fluidsim</i>	60
Figura 27 – Sistema para identificação e descarga automatizada de produtos	60
Figura 28 - Conhecimento prévio sobre componentes pneumáticos e eletropneumáticos.....	62
Figura 29 - Conhecimento prévio sobre equipamentos e componentes pneutrônicos.....	62

Figura 30 - Conhecimento prévio sobre arduíno e componentes (Sensor de cor)	63
Figura 31 - Melhoria da compreensão sobre o sistema	63

LISTA DE ABREVIATURAS

CLP = Controlador Lógico Programável
a.C. = antes de Cristo
N.F.P.A = National Fluid Power Association
IEC = International Electrotecchnical Commission
RGB = Red, Green, Blue
LED = Light Emitting Diode
IDE = Integrated Development Environment
E.m.d. = Efetividade do módulo didático
M.d = Módulo didático
B.c = Bancada convencional
A.d.t = Aula dissertativa tradicional
Cont. = Contextualização
Comp. = Completude
At. = Atenção
Ass. = Assimilação
Mot. = Motivação
N.c = Número de critérios
rpm = rotações por minuto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	16
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	16
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	16
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Estrutura do Trabalho	17
2	MÓDULOS INSTRUCIONAIS.....	19
2.1	Módulo Didático.....	19
2.2	Bancada de Treinamento.....	20
2.3	<i>Kit Didático</i>	21
2.4	Automação	21
2.5	Automação Industrial.....	24
2.6	Automação Hidráulica.....	27
2.7	Automação Pneumática.....	29
2.8	Automação Eletropneumática	33
2.9	Automação Pneurônica	35
2.10	Robótica	37
2.11	Sistemas de Identificação e Descarga.....	39
2.11.1	<i>Identificação de Produtos.....</i>	39
2.11.2	<i>Arduíno.....</i>	40
2.11.3	<i>Descarga e Destino de Produtos</i>	40
3	MODELOS INSTRUCIONAIS DIDÁTICOS	42
4	METODOLOGIA	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
5.1	Desenvolvimento da Nova Funcionalidade do Módulo Didático.....	48
5.2	Modelagem do Sistema de Automação	54
5.3	Avaliação da Efetividade	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
	REFERÊNCIAS.....	68
	ANEXO A – Lógica de Programação <i>Ladder Alves</i> (2018).....	71
	APÊNDICE A – Lista de Componentes	72

APÊNDICE B – Programação no Software Arduino IDE Versão 1.8.9 para Identificação de Cores Usando Módulo Sensor TCS 230.....	73
APÊNDICE C – Lógica de Programação Ladder	77
APÊNDICE D – Questionário de Avaliação por Discentes da Utiliza- ção do Módulo Instrucional Didático.....	80

1 INTRODUÇÃO

As organizações se tornam cada vez mais competitivas através da adoção de processos automatizados em suas unidades industriais. A busca de soluções de baixo custo e ao mesmo tempo inovadoras nos mais diversos ramos de atuação, como a agricultura, a mineração, a indústria química e a alimentícia, tem na automação um aliado importante que possibilita ganhos significativos e auxilia na manutenção e ampliação de mercados.

A automação industrial possibilita a transferência de operações de produção realizadas por mãos humanas dentro das indústrias para elementos tecnológicos que buscam manter e aumentar a produtividade, aliada à qualidade e à segurança, pois, a maioria dos processos automatizados reduzem os riscos para os operadores. Por outro lado, a automação industrial exige preparo de pessoas capacitadas para a compreensão e a intervenção em sistemas complexos que envolvem conhecimentos mais apurados e específicos em áreas diversas da tecnologia.

A demanda por profissionais capacitados a atuar em automação industrial é crescente e uma tendência que se observa nas últimas décadas. Diante disto, as instituições formadoras e de capacitação têm incluído em seus currículos a oferta de oportunidades para suprir esta lacuna. Então as universidades constituem-se em um ambiente formal para preparação de profissionais que tenham competências para atuar de acordo com as necessidades do mercado.

No apoio às atividades de ensino-aprendizagem, os módulos instrucionais didáticos constituem-se em ferramentas que podem contribuir para uma maior qualificação de egressos dos cursos de engenharia. Levando em consideração esse aspecto é importante e, ao mesmo tempo, desafiador, desenvolver novas possibilidades e novos dispositivos que tenham por foco a aprendizagem tecnológica.

Por este motivo, neste trabalho propõe-se uma nova funcionalidade ao Módulo Instrucional Didático, sendo assim capaz de simular uma situação real de automação industrial. Heck (2017) desenvolveu com êxito um módulo instrucional didático que simula uma situação real de transporte e seleção de produtos utilizando a eletropneumática como fonte de automação. Alves (2018) aprimorou o trabalho de Heck (2017) acrescentando ao mesmo o controle dos automatismos utilizando a pneumática. Um controlador lógico programável – CLP foi implementado e o módulo

ganhou em flexibilidade e possibilidade de programação. Esse módulo está à disposição da comunidade acadêmica junto ao Laboratório de Fabricação da Universidade Federal do Pampa Campus Bagé.

Este trabalho se constitui numa continuidade dos trabalhos desenvolvidos por Heck (2017) e Alves (2018). Foi incluso ao módulo instrucional didático um sistema identificação de produtos oriundos do sistema existente (caixas), e um sistema para destino e armazenamento em uma posição pré-definida de maneira automatizada. Com este incremento foi possível de simular uma situação real de identificação e descarga usando automatismos e de maneira controlada utilizando o CLP existente. Além do uso de matérias oriundas de descartes e componentes relacionados à automação pneumática e eletropneumática na sua concepção.

O ponto de partida foi o módulo instrucional didático, com a identificação de suas funcionalidades e disponibilidades. O projeto da funcionalidade de identificação e descarga de produtos automatizada de produtos foi executado, e com isso se verificou o seu nível de efetividade em ambiente de ensino-aprendizagem.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema para identificação e descarga automatizada de produtos em um módulo instrucional didático, na simulação de um processo de ambiente industrial.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar as funcionalidades do módulo instrucional didático;
- Projetar um sistema de identificação e descarga de produtos, para o módulo instrucional didático;
- Modelar o sistema de simulação do processo de automação industrial de identificação e descarga de produtos;
- Verificar a efetividade do mesmo como ferramenta de ensino.

1.2 Justificativa

A demanda por profissionais capacitados para atuar nos diversos ramos da indústria, que se mostra automatizada e conectada com as novas tecnologias, exige discentes com melhor capacitação. Este trabalho busca contribuir como um auxílio aos discentes, que ao explorar uma visão de um ambiente simulado de uma indústria real, no caso a identificação e descarga automatizada de produtos, se busca melhorar a interação do discente nas práticas de ensino, pois, a abordagem neste caso se torna mais visível o que enriquece o aprendizado dos discentes. Assim, amplia-se a capacidade do discente pensar para além de sua rotina de teoria, favorecendo que ele pense em como poderia atuar nesse tipo de processo.

Ao melhorar o processo de ensino de automação dentro do ambiente acadêmico, nota-se que há uma dificuldade por parte dos discentes para visualizar processos automatizados simulados em bancadas que querem demonstrar situações da indústria, para tanto, o uso do módulo didático é uma alternativa para melhorar a percepção dos discentes e verificar se ele é realmente efetivo. E também melhorar a visão do discente em relação aos processos automatizados, cada vez mais presentes nas indústrias.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em cinco seções.

A primeira seção trata-se da introdução, cuja finalidade é a abordagem do tema e da problemática do trabalho, apresentando, também, os objetivos, geral e específicos, a justificativa e a estruturação do trabalho.

A segunda seção é dedicada ao referencial teórico, cuja finalidade é a abordagem dos principais temas relacionados ao trabalho, automação, automação industrial, automação industrial pneumática e eletropneumática.

A terceira seção é dedicada à metodologia que será usada na elaboração do trabalho.

A quarta e quinta seção é dedicada à apresentação dos resultados obtidos e sua discussão.

Na sequência são apresentadas as considerações finais e, respectivamente, as referências bibliográficas que deram suporte a elaboração do trabalho e os

apêndices que contribuem para a complementação de informações necessárias para uma melhor compreensão dos estudos desenvolvidos.

2 MÓDULOS INSTRUCIONAIS

Conforme Souza *et al.* (2014), a educação tecnológica no Brasil é caracterizada, pelo desenvolvimento prático dos discentes, desde que haja investimentos em materiais, laboratórios especializados, equipamentos digitais e diversos dispositivos que, em conjunto com uma teoria de qualidade, proporcionam uma base prática e teórica necessárias para a formação de bons profissionais, contribuindo para o progresso e para a industrialização do país como um todo. No segmento de módulos instrucionais existem diversas empresas que atuam em projetos e construção, têm-se como exemplo as empresas *Parker Hannifin* e *Festo* que atuam no ramo da automação.

Uma grande diversidade destes instrumentos de ensino é aplicada tanto no ambiente acadêmico quanto no ambiente industrial. Então para um melhor entendimento pode-se separá-los nos seguintes tipos:

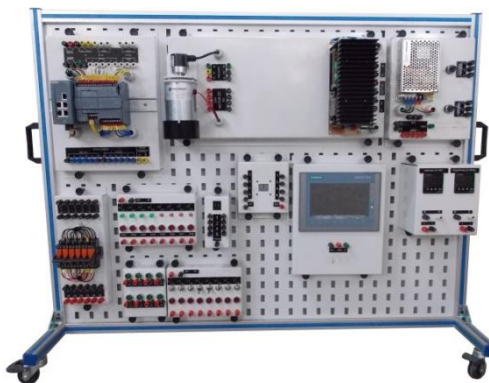
- Módulos didáticos;
- Bancadas de treinamentos;
- *Kits* didáticos.

2.1 Módulo Didático

De acordo com Silva *et al.* (2013) um módulo didático é uma ferramenta desenvolvida para fins didáticos. O módulo permite visualizar e parametrizar operações, favorecendo a interdisciplinaridade e possibilitando o contato com situações mais próximas da realidade encontrada nas indústrias, para aplicação dos conteúdos teóricos ministrados em sala de aula, facilitando o aprendizado.

Na Figura 1 observar-se um módulo didático dedicado ao treinamento de controladores lógicos programáveis - CLPs. Neste módulo é possível demonstrar as funcionalidades de um sistema contribuindo para uma melhor compreensão do mesmo.

Figura 1 - Módulo didático de treinamento em CLP



Fonte: Vivacity Didactic (2018)

2.2 Bancada de Treinamento

A empresa Soma (2017), a bancada de treinamento assemelha-se à uma estação de trabalho. Podem ser destinadas tanto para um mecânico, com espaço de motores e rolamentos e/ou esteiras, quanto para um engenheiro, com diversas opções para testes elétricos, pneumáticos e hidráulicos. Quando em atividade de ensino, as bancadas podem ser utilizadas de maneira individual, por um discente, e por pequenos ou grandes grupos.

As bancadas podem ser adquiridas por grandes empresas, em que necessitam dar um treinamento para seus funcionários, ou em cursos técnicos e universidades para serem empregadas em ambiente de ensino, atividades de pesquisa e de extensão. Na Figura 2, apresenta-se um modelo de bancada de treinamento para turbina Pelton utilizada em ambiente de ensino.

Figura 2 - Bancada de treinamento de turbina Pelton



Fonte: Hidro Didática Equipamentos Educacionais (2018)

2.3 *Kit Didático*

De acordo com Paines (2014), *kit* didático é uma ferramenta alternativa na introdução e ensino de novas tecnologias. Um *kit* didático possibilita a realização de experimentos através de atividades desenvolvidas nas diversas áreas de ensino. Podem ser utilizados como ferramentas didáticas de abordagem de conteúdos teóricos e atividades experimentais de produtos eletrônicos, *hardwares* ou *softwares*, proporcionando inovações ao produzir produtos com interface homem-máquina; dimensionamento de sistemas eletrônicos; e controle e monitoramento de atividades experimentais realizadas por alunos. Na Figura 3 têm-se um kit didático em CLP aplicado para treinamento.

Figura 3 - Kit didático em CLP



Fonte: Soma (2018)

2.4 Automação

Segundo Groover (2010), o início da automação historicamente é atribuído ao desenvolvimento de aparato mecânicos, como a roda por volta de 3200 a.C., a alavanca e o guincho que surgiram em meados de 600 a.C. e o parafuso no ano 1405, além de engrenagens nos tempos antigos. Estes dispositivos passaram por uma refinação e foram usados na elaboração de máquinas para geração de energia como na composição de rodas hidráulicas, moinhos de vento em torno de 650 e

máquinas a vapor no ano de 1765. Este refinamento possibilitou o surgimento dos moinhos para a produção em massa de farinha, teares, barco a vapor e locomotivas, por exemplo. Tem permissão para dizer que a energia, e a habilidade de gerar e transmiti-la na realização de um processo. Foi o primeiro dos elementos relevantes para sistemas automatizados.

De acordo com Groover (2010), após criarem a sua primeira máquina a vapor, no ano de 1765, James Watt e Matthew Boulton, aplicaram melhorias ao projeto original, mediante de controlador centrífugo que atuava na válvula da máquina fornecendo uma retroalimentação em seu controle. O controlador era constituído por uma esfera na extremidade de uma alavanca articulada que era conectada a um eixo rotativo, este por sua vez era interligado à válvula borboleta (que pode ser responsável por regular ou isolar a vazão de uma rede). Conforme a velocidade do eixo subia, a força centrífuga forçava a esfera a se mover para fora, com isso a alavanca reduzia a abertura da válvula e freava a velocidade do motor. Com a perda de velocidade rotacional, o eixo e a esfera repousavam, deixando que a válvula se abrisse. O controlador centrífugo foi um dos primeiros exemplos da engenharia de realimentação, tipo importante de sistema de controle, o segundo elemento básico automatizado.

Conforme Groover (2010) considera que o terceiro elemento de um sistema automatizado é o programa de instruções, que aponta as ações do sistema ou da máquina. Um bom exemplo de programação de máquinas é o tear usado para a produção de tecidos a partir de fios, que surgiu da ideia de Jacquard por volta de 1800. No começo da década de 1800, os três elementos básicos de um sistema automatizado já se mostravam presentes mesmo que aparecessem de forma arcaica comparada aos tempos atuais. Muito tempo, evolução e aprimoramento foram necessários para se alcançar os padrões de automação existentes hoje.

A partir de 1945, pós Segunda Guerra Mundial, de acordo com Groover (2010) surgiram inventos e avanços que contribuíram com a tecnologia da automação. O termo automação foi evidenciado em 1946 por Del Harder que o associou aos maquinários automáticos nas linhas de produção da Ford Company. Com este evento o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de computadores, o surgimento da robótica, além da criação de *softwares* e *hardwares*, continuam a surgir de forma ininterrupta.

Conforme Fialho (2011), automação e automatismos, são termos popularmente utilizados na indústria, contudo a maiorias dos profissionais que fazem o uso de tais termos desconhecem seus sentidos. Os automatismos são os meios, máquinas, instrumentos, ferramentas ou recursos, que tem a capacidade de potencializar o efeito, diminuir ou extinguir a ação humana em um processo produtivo, tendo como objetivo aperfeiçoar e como consequência uma melhora na produtividade. A automação, designa a organização de tais automatismos, ou seja, combinação de uma forma otimizada e direcionada para o sucesso do progresso humano. Entretanto ele não busca a substituição do elemento humano nos processos da indústria e sim garantir que grande produtividade com eficiência e qualidade superiores, a fim de reduzir custo do produto final.

Para Fialho (2011), um procedimento total de automação compreende que embora seja balanceado ou atendendo uma necessidade real, duas classes, que são os automatismos de potência que são voltados para potencialização da magnitude física ou mental ao qual o fator humano está exposto dentro do ambiente industrial, com isso se busca uma redução da fadiga física e mental a que estaria sujeito. Os automatismos de guia são os responsáveis por guiar movimentos e posicionamentos precisos, como se observa em mecanismos de montagem e operação de transformação mecânica. Ao automatizar um processo tem de ser feito um estudo bem aprofundado onde se leva em conta o custo envolvido e o seu real benefício.

Ribeiro (2005) caracteriza que a automação é a troca do trabalho humano ou animal por máquina, então a automação é a operação automática do equipamento ou controle remoto com o mínimo de intervenção de um operador. Por ter um mecanismo de atuação própria, que opere uma ação em um tempo determinado ou ainda de um resultado em certas condições remete ao significado de automático. O conceito de automação está ligado ao uso de potência elétrica ou mecânica para que haja um acionamento de alguma máquina e mecanismo, que tal equipamento tenha algum tipo de inteligência para que ela realize sua função de modo mais eficaz.

Segundo Ribeiro (2005), uma redução na mão de obra empregada, mas o ponto é que sempre serão necessários operadores para tais máquinas. A ideia de que automatização causa uma grande perda de emprego é errada, ao contrário, a automação pode colocar muita gente para trabalhar, desde que essa mão de obra

saiba operar tal maquinário, assim pode-se chegar à conclusão que há um ganho de estabilidade no emprego, com o relativo aumento de produtividade, eficiência e redução de custos.

2.5 Automação Industrial

De acordo com Silveira e Lima (2003), a automação industrial parte do princípio que a automação é um amontoado de técnicas que são designadas a tornarem-se automáticas na prática de tarefas, então, ocorre uma substituição do esforço humano, físico e mental, atuando por componentes eletromecânicos comutáveis. Este conceito abrange vários cenários, seja ele na indústria mediante um robô na linha de produção acionado por um colaborador, ou numa idéia mais voltada para nosso cotidiano como no caso de uma máquina de lavar em uma lavanderia. Pode-se notar que existem vários benefícios quando aplicamos automação nos processos, assim, se torna evidente a eficácia, grande produtividade, custo menor.

Segundo Grover (2010), quando se refere a um sistema de produção, se faz o uso de três categorias básicas que são sistemas de trabalho manual, sistemas trabalhador-máquina e sistemas automatizados. Os sistemas de trabalho manual são executados por um ou mais colaboradores que fazem uma ou mais operações sem o uso de equipamentos motorizados, assim, são usadas ferramentas manuais para a execução dessas tarefas, que dependem do uso de força e de destreza de um ser humano para serem operadas. Já nos sistemas homem-máquina, o operador trabalha com equipamento motorizado, que pode ser uma máquina-ferramenta, sendo que é o sistema mais usado por incluir a combinação de um ou mais trabalhadores com um ou mais equipamentos. Então com a junção do homem e da máquina busca-se alcançar uma melhor eficiência dos seus pontos fortes e das suas qualidades. Finalmente, nos sistemas automatizados apenas a máquina faz a operação, ou seja, não há ação direta do trabalhador, isso só é possível com o uso de um programa de instruções que em conjunto com um programa de controle torna real a operação desejada, desde que haja energia.

Groover (2010), difere que a automação é em dois níveis: o semiautomatizado e o automatizado total. No nível semiautomatizado, um

equipamento desempenha parte de um ciclo de trabalho sobre a ação de um tipo de controle programado e o restante do ciclo sobre a ação de um trabalhador. Já no nível automatizado total, a máquina tem a capacidade de atuar por vários ciclos sem que haja interferência humana.

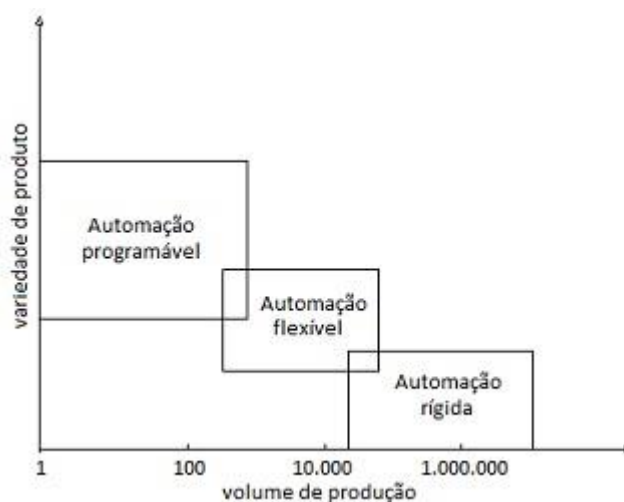
Em relação aos níveis de produtividade e de variabilidade de produtos, Groover (2010) três tipos de automação são mais pertinentes: a automação rígida, a automação programável e a programação flexível. A automação rígida é um sistema onde a sequência de operações de processamento é definida pela configuração do equipamento, normalmente faz operações simples com poucos movimentos, a coordenação e a integração de muitas operações é o que torna o sistema complexo. Via de regra os custos de implantação são altos em virtude do valor dos equipamentos e a necessidade de engenharia personalizada, também apresenta alto grau de inflexibilidade na acomodação da variedade de produção, gera níveis acentuados de produção, fato que torna a automação rígida atraente, pois o retorno com as grandes quantidades produzidas pode superar os custos de implantação.

Na automação programável o maquinário de produção segundo Groover (2010) é projetado com a habilidade de modificar a sequência de operações de modo a arranjar diferentes configurações de produtos através de um programa que controla a sequência de operações, podem ser inseridos novos códigos conforme a necessidade de produção. Dentre suas características pode-se observar alto investimento em maquinários de finalidade geral, baixas taxas de produção se associada a automação rígida, flexibilidade para lidar com variações na configuração dos produtos e se enquadra bem a produção em lotes. É adotada para produção de baixo e médio volumes, então se produz lotes de peças, pois, o sistema é reprogramado a cada novo lote o que gera tempo de parada e obriga a pausas na produção.

Entre os dois tipos de automação abordados, têm-se a automação flexível, que conforme Groover (2010) é um acréscimo da automação programável, que é capaz de produzir peças em uma variedade, sem perda de tempo, além de alterações de um modelo de peça para o outro. O que torna viável a automação flexível é que as diferenças entre as peças processadas pelo sistema não são significativas, então as capacidades de modificações exigidas entre os modelos são mínimas. Além de possuir as seguintes características: alto investimento em sistema de engenharia personalizada, produz continuamente conjunto de produtos variados,

opera nos níveis médios de produção e é flexível quando lida com mudanças nos projetos de produtos. Na Figura 4 observa-se o gráfico que mostra a relação dos três tipos de automação com o volume de produção e a variabilidade dos produtos.

Figura 4 - Tipos de automação em relação ao volume de produção e variedade de produto



Fonte: Groover (2010)

Observa-se que nos sistemas de manufatura, segundo Groover (2010) são utilizadas na alta produção de peças que têm necessidade de várias operações de processamento, sendo que em cada modelo de operação devem ter uma estação de trabalho, essas estações são interligadas fisicamente por um sistema mecanizado de transporte de itens. Estes sistemas de linhas comumente são encontrados em soldas ponto robotizados e estamparia de metais, e em linhas automatizadas similares que fazem a operações de montagem.

A linha de produção automatizada, conforme Groover (2010) é composta por múltiplas estações de trabalho que estão interligadas entre si mecanicamente para a movimentação dos itens, então a operação pode ser tratada como básica, consiste na entrada de uma peça bruta no início da linha e sua transformação em sequência, conforme passa pelas estações de trabalho o produto é moldado, quando chega ao final têm-se um produto acabado, encerrando um ciclo nessa linha automatizada. Teremos pontos nessa linha que farão verificação e controle, também pode haver operadores, pois, existe uma operação que tenha um custo muito alto ou uma complexidade que não explique uma automação.

Pode-se observar nas Figuras 5 e 6 como uma evolução nas linhas de produção de automóveis houve uma grande evolução. Na Figura 5 têm-se uma linha de produção antiga onde a automação começou a ser utilizada para diminuir os tempos e as atividades complexas, mas a mão de obra humana é presente em grande parte do processo. Na Figura 6 observa-se uma linha de produção moderna, onde o sistema está totalmente automatizado com atuação massiva da robótica.

Figura 5 - Linha de produção antiga



Fonte: Prevenblog (2016)

Figura 6 - Linha de produção moderna



Fonte: Agorarn (2018)

2.6 Automação Hidráulica

Ao fazer referência ao termo hidráulica, Fialho (2011) afirma que a palavra tem origem grega e vem da junção das palavras *hydra*, que significa água e *aulos*, que significa tubo, condução. Na atualidade é a parte da física que estuda

comportamento de líquidos em movimento e em repouso, também agrega o conhecimento das leis que estudam o transporte, a regulagem, a conversão de energia agindo sobre suas variáveis que são pressão, vazão.

Segundo Fialho (2011) os sistemas hidráulicos podem ser catalogados da seguinte forma:

- De acordo com a pressão com a pressão nominal, conforme a N.F.P.A (*National Fluid Power Association*), em sistemas de baixa pressão (0 a 14 bar); sistemas de média pressão (14 a 35 bar); sistemas de média-alta pressão (35 a 84 bar); sistemas de alta pressão (84 a 210 bar) e sistemas de extra-alta pressão (acima de 210).
- Conforme sua aplicação, que podem ser sistemas de pressão contínua ou de pressão intermitente.
- Tipo de bomba, onde pode apresentar vazão constante ou vazão variável.
- Quanto ao controle de direção, onde os sistemas são controlados por válvulas de uma via ou por válvulas de duas vias.

Conforme Fialho (2011) existem muitos tipos de circuitos hidráulicos, mas todos eles seguem sempre o mesmo esquema, que é particionado em três sistemas, que são o sistema de conversão primária que possui os seguintes equipamentos: reservatórios, filtros, bombas, motores e outros componentes. O sistema de distribuição que é composto pelas as válvulas controladoras de vazão, pressão e válvulas direcionais e o sistema de aplicação de energia que é representado pelos atuadores, que se dividem em cilindros (atuadores lineares), motores hidráulicos e osciladores.

A utilização dos sistemas hidráulicos, se justifica por suas vantagens, que são facilidade de instalação, pois possuem grande flexibilidade, inclusive em espaços reduzidos e ainda por possuírem uma baixa inércia, são capazes de rápida e suave inversão de movimentos. Permitem ajustes numa escala micrométrica quanto à variação na velocidade, possuem sistemas auto lubrificados, sua relação (peso x tamanho x potência consumida) é muito comparada a outros sistemas e são de fácil proteção quanto aos esforços excessivos, Fialho (2011).

Na questão de desvantagens, Fialho (2011), os sistemas hidráulicos possuem um elevado custo inicial, sua transformação de energia elétrica em mecânica e mecânica em hidráulica, para ser transformada novamente em mecânica, além disso, as perdas por vazamentos internos nos componentes e atrito internos e

externos causam um baixo rendimento nesses sistemas e perigo de incêndio devido ao uso de óleo como fluido.

2.7 Automação Pneumática

Segundo Fialho (2011), a palavra pneumática tem origem na raiz grega *pneuma*, que tem por significado vento, sopro, então a pneumática trata do estudo dos movimentos e fenômenos dos gases. Em uma comparação com a hidráulica, a pneumática é muito mais simples, porque possui um maior rendimento e menor custo que pode ser aproveitado em resposta a problemas frequentes na automatização, no caso o fluido é o ar e possui características que o tornam mais utilizável em comparação ao óleo. Com isso observar-se que várias vantagens que são vistas nas características a seguir. Questão de quantidade se observa que o ar é ilimitado, assim é facilmente comprimido, seu transporte é facilitado, pois é feito através de tubulações, com isso não são necessárias linhas de retorno. Quanto à armazenagem, por ser comprimido por um compressor o ar é armazenado em um reservatório, então o compressor não precisa trabalhar continuamente, sendo apenas acionado quando a pressão do sistema cair a um determinado valor que ajustado em um pressostato.

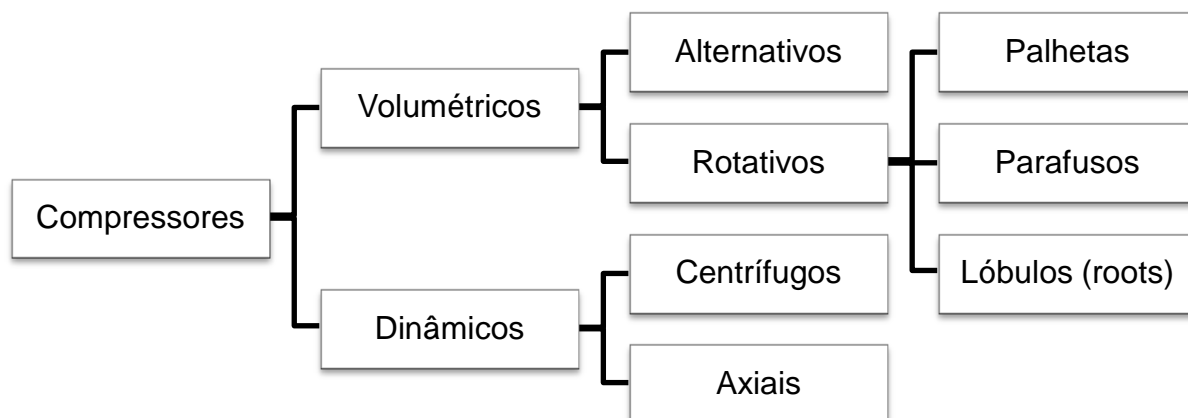
Conforme Fialho (2011), têm-se que o ar comprimido não é afetado por oscilações na temperatura, seu funcionamento é seguro mesmo quando se apresentam condições extremas, no quesito segurança não há perigos de incêndio ou explosão, pois, mesmo que ocorresse uma explosão por falha estrutural de componente, tubulação, ou reservatório de ar comprimido, a pressão utilizada é baixa em sistemas pneumáticos entre 6 a 12 bar. Conta com segurança a sobrecargas, pois, seus elementos podem ser exigidos em carga até que parem por completo, com isso não irão sofrer nenhum dano, retornando ao seu funcionamento normal ao cessar a resistência. Em relação à construção, por atuarem em pressões mais baixas, têm-se que os seus componentes de comando e ação são menos compactos e mais leves, com isso pode-se se usar ligas de alumínio o que torna mais vantajoso, além de ter menor custo. Possui uma velocidade muito maior que sistemas hidráulicos, além de não possuir uma escala de regulação, pois, são a velocidade e a força que dependem da aplicação, se será usado um mínimo ou máximo do sistema pneumático.

Em relação às desvantagens dos sistemas pneumáticos Fialho (2011) cita que a preparação é uma delas, pois, para se obter um excelente rendimento do ar comprimido, sua preparação não pode conter impurezas e umidade, por isso é importante o uso utilizando filtros e purgadores, com isso, aumentamos a vida útil de seus componentes. A compressibilidade é uma propriedade presente na maioria dos gases, inclusive o ar, que impossibilita o uso de velocidades constantes e uniformes na pneumática, com isso pode-se concluir que não há controle preciso de velocidade que é constante durante vários ciclos de trabalho seguidos.

No quesito força, o sistema não é indicado em razão de trabalhar com pressões menores que sistemas hidráulicos que levam vantagem nesse quesito, também têm-se o escape de ar, pois, quando o ar é expulso para a atmosfera ambiente, após desempenhar seu papel no funcionamento de um atuador, existe a geração de um ruído um tanto alto, logo, a maneira encontrada para suavizar essa desvantagem foi a criação de silenciadores. Quanto aos custos quando, levamos em consideração a implantação dentro de uma fábrica, sendo que ao considerarmos produção, preparação, distribuição e manutenção podem-se ter custos significativos, mas como seus elementos são de menor valor e tem uma rentabilidade alta, o custo de energia é compensado.

De acordo com Stewart (2006), o componente básico presente em todo sistema pneumático é o compressor de ar, pois, através dele o ar é comprimido e, com isso, pode-se empurrar, puxar e realizar trabalho ou desenvolver potência. A produção do ar comprimido se dá da seguinte forma: o ar atmosférico entra no compressor, que por sua vez é comprimido por uma máquina a uma pressão maior, e descarregado por um sistema de dutos. Na indústria são adotados dois tipos de compressores de ar como principais, que dependem em suma da ação que exercem sobre o fluido, se classificam em tipo de deslocamento positivo ou de pressão (volumétrico) e tipo de velocidade ou dinâmico. Na Figura 7 é apresentado um organograma geral de como os compressores são organizados e na Figura 8 têm-se um compressor comum encontrado para venda.

Figura 7 - Organograma geral dos compressores



Fonte: Adaptado de Fialho (2011)

Figura 8 - Compressor do tipo pistão



Fonte: Amhigo (2018)

O processo pneumático segundo Fialho (2011), tem início com a oferta de ar comprimido nas condições adequadas, então se passa a pensar num modelo de circuito onde se levam em consideração as linhas por onde será distribuído o ar comprimido, que são as linhas de tronco, linhas secundárias e linhas de alimentação. Para o dimensionamento dessas linhas é necessário considerar que as mesmas devem suprir de ar comprimido com eficiência os elementos de trabalho.

Definidas as linhas de distribuição, segundo o mesmo autor, a atenção deve ser dada ao grupo de válvulas (botões de acionamento, válvulas de controle

direcional, controle de fluxo entre outras) responsáveis pelo controle de acionamentos dos elementos bem como para sinalizações. Em relação aos elementos de trabalho têm-se os atuadores, ou motores que atuam na conversão em processo de produção. Ainda podem-se aplicar contadores de ciclos ou temporizadores que têm como objetivo controlar a sequência de tarefas programadas dentro do processo pretendido.

Entre componentes utilizados em sistemas pneumáticos, segundo MPA Pneumática (2018), uma válvula geradora de vácuo quando é pressurizada com ar comprimido, terá como resultado a geração de vácuo no interior de uma ventosa. Com isso, a peça se prende à ventosa graças à pressão atmosférica gerada, com isso pode-se fazer a movimentação de uma peça, por exemplo. Na Figura 9 têm-se vários modelos de válvulas geradoras de vácuo.

Figura 9 - Válvula geradora de vácuo



Fonte: MPA Pneumática (2018)

As ventosas na automação industrial têm como objetivo a fixação e o transporte de peças, podendo atuar em dispositivos de carga automática, para transporte de chapas. Para seu funcionamento as ventosas exigem uma geração de vácuo e com isso seja possível gerar a diferença de pressão adequada, OMNI Automação (2018). Na Figura 10 pode-se observar o uso das ventosas para movimentação de uma peça.

Figura 10 - Exemplo de aplicação de ventosas



Fonte: Omni Automação (2018)

2.8 Automação Eletropneumática

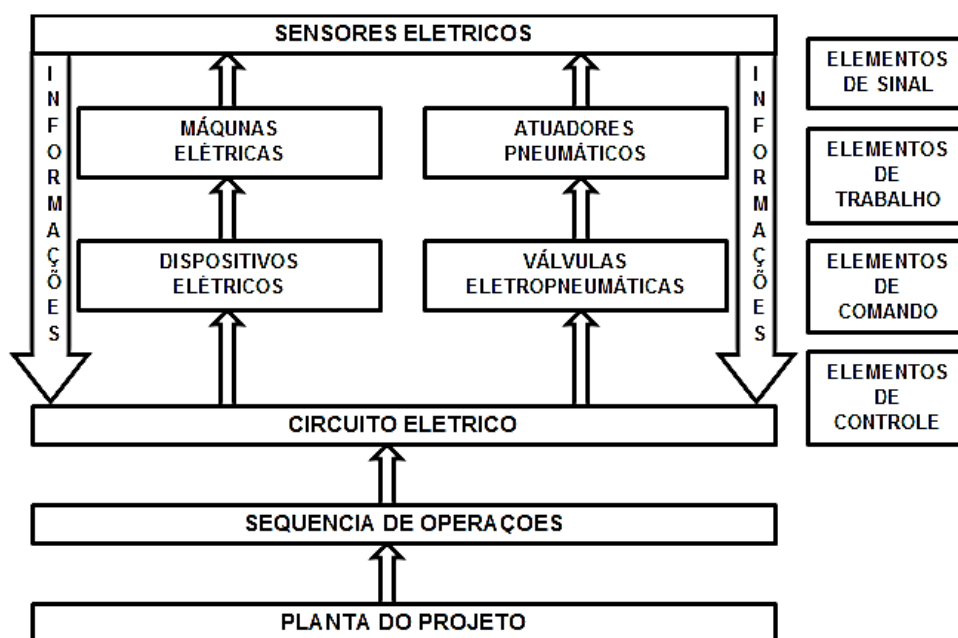
De acordo com Fialho (2011) a eletropneumática é uma ramificação da pneumática onde o acionamento das válvulas direcionais é feito através de energia elétrica, chamadas normalmente de eletroválvulas, assim energizando sensores magnéticos de posicionamento, pressostatos, entre outros.

Segundo Bonacorso e Noll (2006) o ser humano obteve grandes benefícios com a descoberta da energia elétrica, pois, com a sua transformação em outras formas de energia tem gerado uma grande facilidade na execução de uma enorme gama de processos, mas é preciso que o usuário tenha um conhecimento de como manipular essa energia, para que seja usada sem riscos. Com a descoberta do campo elétrico, que nada mais é que a passagem de corrente elétrica nos condutores, o homem conheceu o fenômeno chamado eletromagnetismo, sendo que vários dispositivos como motores elétricos, contadores, relês, entre outros, têm seu funcionamento baseado nesse efeito.

De acordo com Bonacorso e Noll (2006) afirmam que nas técnicas de fabricação industriais é possível observar uma combinação de várias formas de energias, o que remete à necessidade da associação de conhecimentos em

hidráulica, pneumática, eletricidade e eletrônica utilizadas em automação. Deve-se focar nas aplicações principais, entretanto sem desconsiderar as possibilidades das outras áreas, sempre considerando fatores técnicos, sociais e econômicos que podem influenciar. Nos processos industriais há uma combinação da energia pneumática com a energia elétrica, quando isso ocorre têm-se a automação eletropneumática. Neste tipo de automação é possível afirmar que o sistema eletropneumático é composto basicamente de elementos de sinal, elementos de trabalho, elementos de comando e elementos de controle. Na Figura 11 se observa a composição de um sistema eletropneumático.

Figura 11 - Composição de um sistema eletropneumático



Fonte: Adaptado de Bonacorso; Noll (2016)

Bonacorso e Noll (2016), mencionam que a combinação de informações que são fornecidas por sensores elétricos em conjunto com sequência de operações que é gerada através de um circuito elétrico denominado elemento de controle. Com isso, é possível fazer o acionamento elétrico para os elementos de comando. Como exemplos de elementos de comando têm-se as válvulas pneumáticas, relês e contadores, que são responsáveis pelo acionamento dos elementos de trabalho. Considera-se que os elementos de trabalho são responsáveis pela transformação da energia elétrica e da energia pneumática em outras fontes de energias, com isso motores elétricos, cilindros e motores pneumáticos podem executar tarefas de forma

automática, através dessa ação acionam os elementos de sinal que são sensores elétricos que vão informar aos elementos de controle como está o andamento do processo automatizado. Pode-se notar que a realimentação contínua dos sensores elétricos nesse mecanismo, com essas informações, pode-se observar que o elemento de controle comanda a etapa seguinte. Sendo que tais ações ocorrem de forma cíclica que, no caso, irá estabelecer um processo automatizado no processo.

De acordo com Bonacorso e Noll (2006), o acionamento das válvulas é feito através de solenoides que dentro de um sistema automatizado eletropneumático é responsável pelo acionamento de válvulas que podem ser de comando unidirecional ou bidirecional. No funcionamento desse tipo de elemento é baseado no deslocamento de um núcleo metálico mediante a ação de um campo magnético, o que determina a trajetória do fluxo de ar. Através pela circulação da corrente elétrica no solenoide da válvula é gerada uma força magnética.

2.9 Automação Pneutrônica

Segundo Franchi e Camargo (2009) o CLP (Controlador Lógico Programável) é como um computador que opera em ambiente industrial. A IEC (*International Electrotechnical Commission*) define que o CLP nada mais é que um sistema eletrônico que opera digitalmente, para uso em ambiente industrial. Sua armazenagem interna é feita através de uma memória programável, que usa instruções específicas onde o usuário vai efetuar funções típicas, como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética para operar, mediante de entradas e saídas digitais ou analógicas, diversos equipamentos ou processos. O CLP e seus associados, são de fácil integração em sistema de controle e usos com funções previstas.

Conforme Fialho (2011), os primeiros CLP apareceram em 1969 dentro do ambiente industrial, tiveram um enorme sucesso, pois ao substituir relés e sistemas baseados no mesmo, se tornaram mais confiáveis por ter uma robustez que seus itens em estado sólido em comparação a relés eletromecânicos. Com isso, proporcionaram uma diminuição de custos materiais, instalação e localização de falhas, porque necessitam menos fiação, causando menos erros associados. Além disso, ocupam um menor espaço que contadores, temporizadores, e sua

flexibilidade por serem facilmente programáveis, possibilitaram sua troca em esquemas de controle.

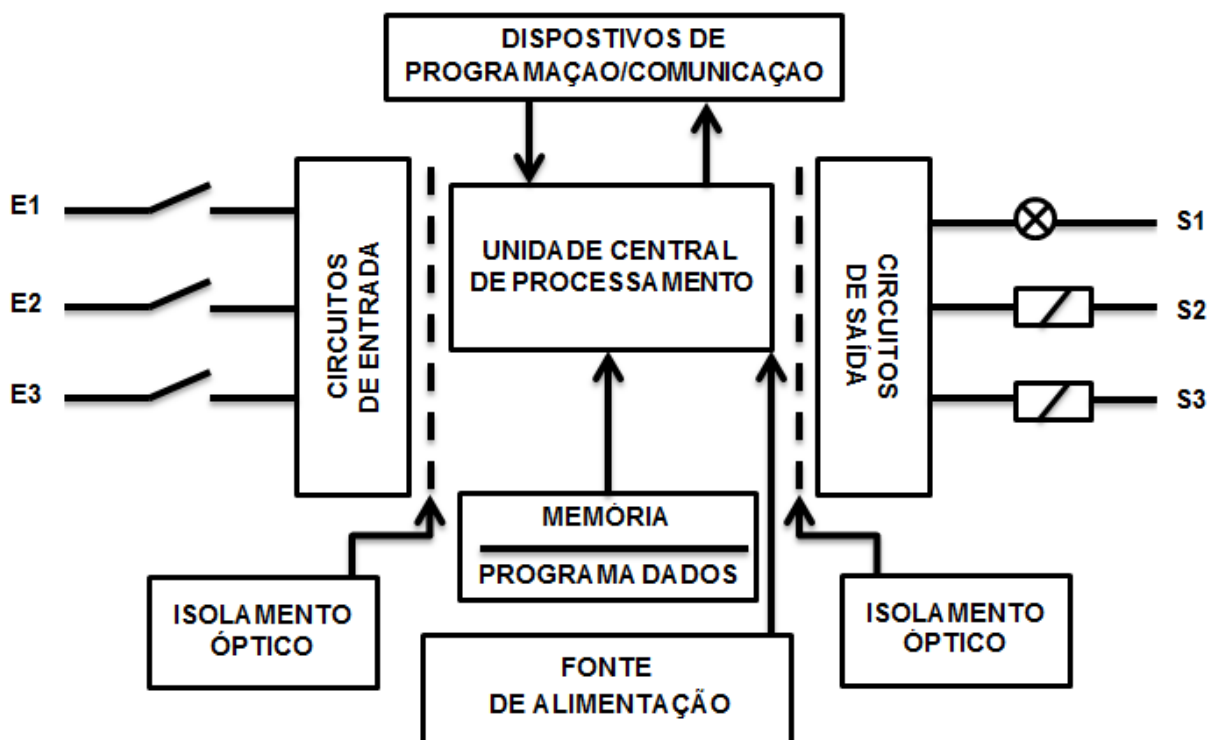
Suas vantagens da utilização segundo CLP Franchi e Camargo (2009), mostram que por possuir características de programação se tornam uma forma mais eficaz que outros equipamentos, sendo que flexibilidade e facilidade na alteração de seus programas o tornam reprogramável e assim pode trabalhar em lógicas distintas. A armazenagem do programa pode ser feita em memórias, o que facilita sua replicação em outros sistemas ou em um sistema de backup e se ocorrer algum defeito no sistema, através de sinalizadores visuais presentes no CLP apontam para o operador qual parte está defeituosa.

Franchi e Camargo (2009), relata que o CLP apresenta algumas desvantagens em relação relés, que são de elevados custos, uma mão de obra mais qualificada para que sua manutenção seja bem feita, também ao ser usado uma linguagem de programação ou álgebra booleana na aplicação, que boa parte dos operadores não tem conhecimento técnico. O fato de possuírem certa sensibilidade a interferências e ruídos elétricos, que são comuns em ambientes industriais.

Segundo Fialho (2011), a estrutura dos CLPs é similar, seja ele micro ou grande, são compostos por entradas; saídas; Unidade Central de Processamento; memória para o programa e armazenamento de dados; fonte alimentação; dispositivos de programação e interfaces de programação. Em sua entrada estes dispositivos fazem a interface com a qual os elementos de campo conectam-se ao CLP, os componentes de entradas mais comuns são botões, chaves ou sensores. Em relação à saída, a conexão se dá através de dispositivos como solenoides, relés, contadores, partida de motores, luzes indicadoras, válvulas e alarmes. E a Unidade Central de Processamento é responsável por armazenar o programa aplicativo e colocá-lo em operação, receber as informações das entradas e atualiza as saídas, executa também operações lógicas que foram informadas na programação. A memória é um espaço físico onde os dados são armazenados em forma de informação. O dispositivo de programação tem a função de ficar conectado ao CLP durante período de tempo que possibilita a introdução de um programa aplicativo que vai executar ações de acordo com o que o operador necessitar, além de monitorar o programa aplicativo. Sua Fonte de alimentação é responsável por fornecer energia ao sistema convertendo a tensão da entrada numa forma que seja utilizável pelo CLP, e também faz a proteção dos elementos internos contra picos de

tensão. Presente na entrada e na saída do CLP, o isolamento óptico atua quando os sinais elétricos passam através dele e faz com que ocorra uma filtração para detectar falsos comandos, que podem ser interferências de estática ou ruídos elétricos de alta frequência, assim os sensores os classificam como sinais não válidos. Na Figura 12 têm-se o esquema da estrutura dos componentes que compõem o CLP.

Figura 12 - Esquema estrutural de um CLP



Fonte: Adaptado de Fialho (2011)

2.10 Robótica

Para Romano e Dutra (2002), um robô pode ser definido como uma máquina que pode executar ações em vários graus de liberdade que são controlados automaticamente, além de poder ser reprogramável, ter multifuncionalidade, além de poder ser de base fixa ou móvel, dependendo de seu uso na automação industrial.

Segundo Romano e Dutra (2002, p. 15-8) a composição do robô industrial se observa a integração de componentes como o manipulador mecânico; os atuadores; sensores; unidade de controle; unidade de potência e os efetadores. O manipulador mecânico no robô se dá pela sua parte estrutural e mecânica. Dessa

forma, há uma combinação de elementos rígidos (corpos ou elos) com as articulações (juntas) que fazem as conexões entre esses elementos, também é importante citar que primeiro corpo do robô é a base e o último a extremidade terminal que terá o efetuator (garra ou ferramenta) vinculado para execução das tarefas. Os atuadores fazem o papel de converter energia elétrica, hidráulica ou pneumática em potência mecânica. Os sensores indicam parâmetros de como o manipulador está se comportando, em geral em termos de posição e velocidade dos elos em função do tempo e a interação do robô com o ambiente de operação em relação à unidade de controle. A unidade de controle gerencia e monitora os parâmetros de operação do robô nas tarefas que serão realizadas. A unidade de potência tem como objetivo fornecer a potência para que os atuadores trabalhem. Já o efetuator tem como papel unir o robô ao meio que o cerca, podendo ser uma garra ou uma ferramenta.

Conforme Romano e Dutra (2002) os robôs podem ter três classificações, que são em relação à sua estrutura mecânica; a geração tecnológica e a influência do operador humano. A primeira classificação como a combinação de elementos (juntas e elos), sendo possível configurar até chegar à forma desejada. A segunda classificação é referente às gerações tecnológicas, sendo que na primeira geração onde os robôs eram de sequência fixa, no qual repetia uma programação onde apenas uma sequência de operações, para mudar a operação era preciso reprogramar o robô, a segunda geração os robôs já possuíam recursos computacionais e sensores, que auxiliavam nos parâmetros de controle através de cálculos em tempo real que facilitavam a realização de movimentos. A terceira geração são robôs que têm inteligência para se conectar com máquinas e até mesmo com outros robôs, além de poderem armazenar programas e terem comunicação a diferentes sistemas computacionais. E a terceira classificação é em relação a quanto o operador está envolvido no processo de controle de um robô, a complexidade do meio e os recursos disponíveis para processar dados que determinam o grau de envolvimento, sendo eles em ambientes estruturados, não estruturados e tele operação.

Neste contexto, Romano e Dutra (2002) mencionam que a colocação de robôs nas indústrias visa uma redução de custos dos produtos fabricados e a melhoria da qualidade do produto, além de uma melhoria nas condições de trabalho

do operador, também possibilitando certas operações que de certo modo não podem ser feitas através do controle manual por terem certo grau de complexidade.

2.11 Sistemas de Identificação e Descarga

2.11.1 Identificação de Produtos

Segundo Fialho (2011) sensores são dispositivos que vão atuar por meio de impulsos elétricos ou variação de intensidade de um sinal para informar e monitorar ações que influenciam no processo, sendo que esses dispositivos podem ser eletrônicos e eletromecânicos.

Conforme Franchi e Camargo (2009) os sensores de proximidade são aqueles que verificam a presença de objetos que se aproximam da face do sensor. Os principais tipos de sensores são: os indutivos, os capacitivos, os ultrassônicos e os ópticos. Os sensores indutivos trabalham quando a indutância sofre alterações e são usados apenas para objetos metálicos. Os sensores capacitivos têm seu funcionamento baseado na oscilação que causa uma variação na capacitância na face do sensor, seu uso é apenas para materiais orgânicos. Os sensores ópticos funcionam da seguinte forma: o emissor envia um feixe de luz na forma pulsada através de um *LED (Light Emitting Diode)*, com isso evita que o receptor o confunda com a luz ambiente, seu uso se destina para a detecção de objetos a distância e podem ser usados em qualquer matéria. Os sensores ultrassônicos têm sua operação semelhante a um sonar, ou seja, o sinal é enviado para o objeto e retorna para o sensor, esse retorno é classificado como eco que é quando o sensor detecta se o alvo está presente na mesma medida do sinal enviado.

Outro tipo de identificação usada são sensores de cor, segundo Vidal (2017), esse tipo de sensor, através de uma matriz de fotodiodos com filtros adequados, podem identificar as cores primárias do padrão *RGB (Red, Green, Blue)*, pois, ao ler a frequência de saída para cada filtro de cor diferente é possível uma aproximação do código *RGB* do objeto. É aplicado, por exemplo, em um robô com uma garra, onde após a identificação de cor o robô irá selecionar o objeto da cor no qual ele está programado para pegar e assim o selecionar, mas também pode ser aplicado

em linha de produção onde podem identificar erros presentes em etiquetas mal colocadas e rótulos.

2.11.2 Arduíno

Para McRoberts (2011) o Arduíno trabalha como um pequeno computador onde o usuário através da programação irá processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Além de ser uma plataforma que usa computação física ou embarcada que faz com que um sistema faça uma interação com o ambiente através de hardware e software. Pode ser usado na criação de objetos interativos independentes, podendo ser conectado a um computador, a uma rede, possibilitando envio de dados que podem ser recebidos por sensores e exibidos em forma de gráfico. Além disso, ele pode ser conectado a muitos tipos de equipamentos, como botões, *LEDs*, *displays*, sensores de temperatura, sensores de cor, motores, entre outros.

Segundo McRoberts (2011) a programação é feita no Arduíno IDE, que é o *software* livre no qual se escreve o código ou programa com instruções passo a passo. Através do *upload* para o Arduíno ele vai executar as instruções, fazendo a interação com dispositivo conectado a ele. Seu *hardware* e *software* são ambos de fonte aberta, dessa forma, os programas e projetos estão disponíveis para que qualquer pessoa faça uso.

2.11.3 Descarga e Destino de Produtos

Nos processos de descarga e destino de produtos se observa o uso da robótica, há uma enorme gama de robôs que podem ser usados para automação de descarga e destino de produtos.

Conforme Romano e Dutra (2002) o robô do tipo pórtico faz seus movimentos coincidentes com um sistema de coordenadas cartesianas, como exemplo tem-se a ponte rolante. Pode-se citar o robô do tipo articulado, seu eixo se movimenta de forma ortogonal em relação à junta da base e de forma simétrica às juntas que compõem sua configuração. E tem-se o robô de coordenadas esféricas, sua

movimentação forma um sistema com referência polar, gera uma translação e duas rotações em seus movimentos.

3 MODELOS INSTRUCIONAIS DIDÁTICOS

De acordo com Borges (1997), as atividades práticas no ensino e no laboratório têm sido aplicadas de forma errada pela maioria dos professores. Aconselha-se que seja adotada uma gama de atividades prático-experimentais de maior amplitude, de forma que não dirija roteiros tradicionais, sugere-se uma mudança no trabalho que se desenvolve em laboratório, com isso o foco dos estudantes passa a ser a preparação e realização de medidas, dessa forma se tornam mais ligadas ao objetivo da ciência. Tem-se que para alcançar tal proposta essas atividades não devem envolver apenas manipulação de objetos e equipamentos buscando constatar fatos, e sim que essas realizações de interpretações e ideias de observações produza conhecimento como propósito final.

Segundo Laború (2006), apesar de a atividade experimental ser de grande importância, não é suficiente para gerar mudança teórica nos alunos, mas também que haja condicionamento e estímulo através da motivação. Então, nesse sentido, as condições que os experimentos tornam-se chamativos a estimular os alunos a buscar modelos explicativos para situações vivenciadas em laboratório. Com isso forma-se um elo entre o estudante e o experimento, que venha a ser um fator de incentivo para dedicação a tarefas menos atraentes e mais difíceis nas etapas seguintes.

4 METODOLOGIA

Conforme Lüdke e André (1986), a realização de uma pesquisa é um intenso e profundo trabalho, se faz necessário haver um enfiamento entre os dados, as informações, coletas sobre o assunto e o conhecimento teórico adquirido no processo de busca. Isto ocorre a partir do estudo de um problema que surgiu da curiosidade e desejo do pesquisador em busca de respostas.

Nesse contexto Lüdke e André (1986), os focos de observação nas abordagens qualitativas de pesquisa são determinados essencialmente pelos propósitos específicos do estudo. Com isto em mente, se inicia a coleta de dados, sem se desviar de seus focos de interesse, a fim de possibilitar uma análise mais íntegra do problema. E o conteúdo dessas observações deve abranger uma parte descritiva e uma parte mais reflexiva.

Neste sentido, para Lüdke e André (1986) a parte descritiva envolve um registro mais detalhado do que ocorre no campo, ou seja, está dividida em: descrição dos sujeitos, reconstrução dos diálogos, descrição dos locais, descrição dos eventos especiais, descrição das atividades e o comportamento do observador. A parte reflexiva das anotações inclui as observações pessoais do pesquisador, que estão na fase de coleta: seus sentimentos, ideias, impressões, dúvidas, surpresas, incertezas. As reflexões podem ser de vários tipos: reflexões analíticas, metodológicas, dilemas éticos e conflitos, mudanças na perspectiva do observador e esclarecimentos necessários.

No primeiro momento do trabalho, através da problemática escolhida, o desenvolvimento de um sistema para simulação da identificação e descarga de produtos em um módulo instrucional didático, foram definidos os objetivos do trabalho. Após essa etapa foi realizada a busca de referências teóricas relevantes à automação que servem de apoio para as outras etapas.

A etapa seguinte foi dedicada ao projeto do sistema de identificação e descarga de produtos verificando para que ele se adapte ao módulo, levando em consideração os requisitos necessários que são simular uma situação industrial em menor escala para que haja uma melhora no entendimento e na aprendizagem da automação no ambiente acadêmico.

A implementação do projeto foi feita através da construção do módulo. Vale ressaltar nessa etapa que a ideia foi usar materiais oriundos de descarte,

componentes do Laboratório de Automação Industrial da Universidade Federal do Pampa campus Bagé e outros materiais necessários ao projeto. Nesta etapa se incluíram os testes e simulações para verificação das funcionalidades do sistema em relação aos requisitos de projeto.

Após a realização de uma aula com um grupo amostral formado por discentes de uma turma regular do componente curricular Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa campus Bagé, estes foram convidados a expressar sua opinião a respeito das funcionalidades e nível de aprendizagem alcançado.

Feita aplicação de um questionário para o grupo amostral, foi possível se obter dados para o cálculo da efetividade. Em Barros e Lehfeld (2007), o questionário é a ferramenta mais utilizada para obtenção de dados. Mesmo que não haja restrições em relação ao número de questões, o questionário deve ser elaborado com atenção afim de não se tornar cansativo, para que assim a amostra investigada não desista. Com o refino dos dados obtidos com o uso da equação desenvolvida por Heck (2017) foi possível calcular a efetividade.

A equação desenvolvida por Heck (2017) para verificar a efetividade do módulo didático é mostrada a seguir:

$$E.m.d.=((Cont.(M.d-B.c)+(Cont.(M.d-A.d.t)))+(Comp.(M.d-B.c)+(Comp.(M.d-A.d.t)))+(At.(M.d-B.c)+(At.(M.d-A.d.t)))+(Ass.(M.d-B.c)+(Ass.(M.d-A.d.t)))+(Mot.(M.d-B.c)+(Mot.(M.d-A.d.t)))/N.c$$

De acordo com Heck (2017):

- E.m.d. = Efetividade do módulo didático
- M.d = Módulo didático
- B.c = Bancada convencional
- A.d.t = Aula dissertativa tradicional
- Cont. = Contextualização
- Comp. = Completude
- At. = Atenção
- Ass. = Assimilação
- Mot. = Motivação

- N.c = Número de critérios

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foi feito o diagnóstico do módulo instrucional didático de modo a se verificar o que havia sido idealizado, e o que poderia ser implementado como um novo processo seguinte. Surgiu à ideia de desenvolver uma nova funcionalidade para o módulo existente, a identificação e a descarga automatizada de produtos.

Após o diagnóstico inicial foram realizadas as seguintes verificações: qual o tempo que a caixa de inspeção leva para percorrer o caminho no módulo atual; quais são as entradas e saídas disponíveis no CLP; dimensões e peso da caixa de inspeção; disponibilidade de ar comprimido; energia e espaço físico para nova funcionalidade.

O resultado da verificação inicial produziu as seguintes informações: as caixas levam 14 segundos para cumprir todo o percurso; tem como dimensões 90 mm de altura, 85 mm largura e 90 mm de comprimento e sua massa de 198 gramas. A disponibilidade de ar comprimido, energia e espaço eram suficientes para nova funcionalidade do módulo instrucional.

O controlador lógico programável utilizado no módulo didático é um CLP didático da *Schneider Electric* – modelo *TWIDO TWDLCAA40DF*. Verificou-se que o CLP possuía um total de 18 entradas digitais livres e 10 saídas digitais livres para uso na nova funcionalidade. Na Tabela 1 é possível observar as entradas e saídas já usadas no módulo, seus componentes endereçados e as funções. É importante mencionar que a saída Q0.1 do controlador não foi utilizada por ser uma saída com tensão de alimentação menor que a dos sensores utilizados no trabalho.

Tabela 1 - Entradas e saídas utilizadas no módulo

(continua)

Entrada / Saída	Componente	Função
I0.0	Partida da Correia	Botão de partida
I0.1	Sensor Óptico	Sensor de descarte
I0.2	Fim de Curso C2	Fim de curso superior de carregamento
I0.3	Fim de curso A1	Fim de curso de alimentação da caixa
I0.4	Sensor Magnético	Expulsa caixa de material magnético

Tabela 1 - Entradas e saídas utilizadas no módulo

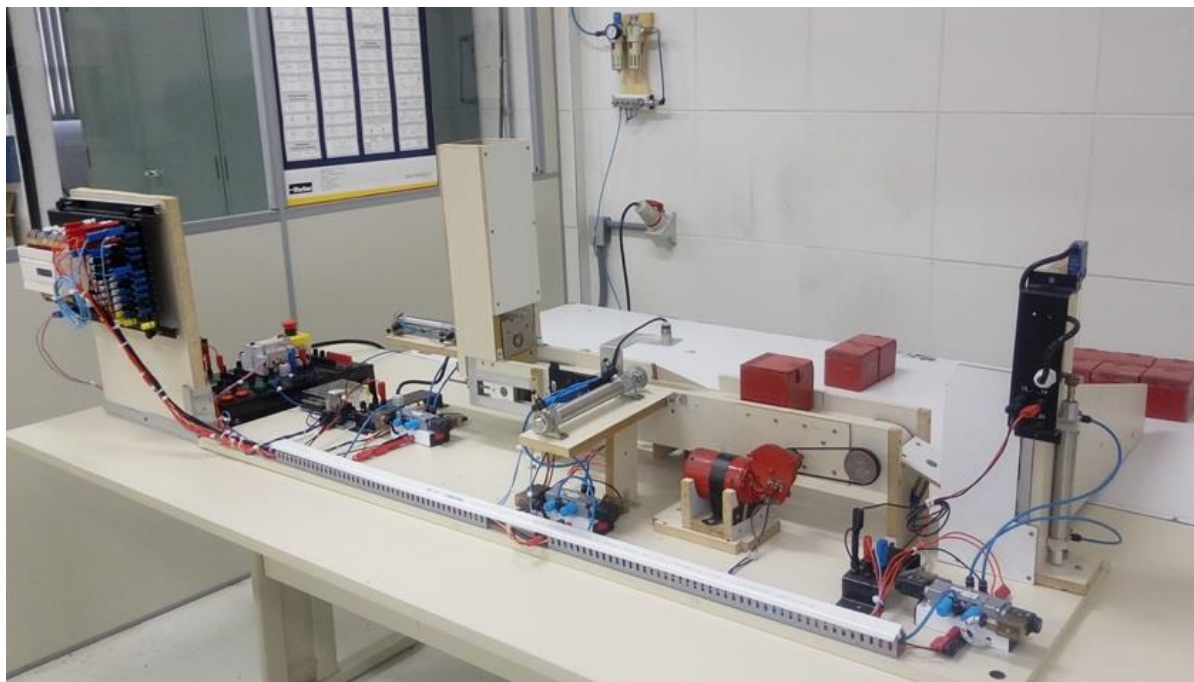
(conclusão)

I0.5	Sensor Capacitivo	Alimenta novas caixas
I0.6	Botão de Emergência	Desliga correia
Q0.0	Eletroválvula	Liga motor
Q0.2	Eletroválvula C2	Recua cilindro 3
Q0.3	Eletroválvula A1	Avança cilindro 1
Q0.4	Eletroválvula B1	Avança cilindro 2
Q0.5	Eletroválvula C2	Avança cilindro 3
Q0.6	Eletroválvula A2 E B2	Recua cilindros 1 e 2

Fonte: Alves (2018)

O módulo tem a função de reproduzir uma linha de inspeção automatizada com utilização de CLP, onde uma caixa de inspeção é expelida de um alimentador por gravidade por um de atuador pneumático para a esteira. Ao se deslocar pela esteira a caixa que contém metal será identificada por um sensor magnético que manda um sinal para um segundo atuador para que ele elimine a caixa da esteira por uma rampa que contém um sensor óptico que comanda o reinício do sistema, para que outra caixa seja alimentada na esteira. Se não houver presença de metal a caixa percorre a esteira e passa por um sensor capacitivo que aciona um terceiro atuador que eleva a caixa para rampa de descarga final, e faz com que o processo seja reiniciado até o alimentador não possuir mais caixas. No Anexo A está contida a lógica de programação em linguagem *Ladder* que comanda este processo, na Figura 13 temos uma foto do módulo instrucional didático pneumático, que foi idealizado e construído por Heck (2017) e Alves (2018).

Figura 13 - Módulo instrucional didático pneumônico



Fonte: Alves (2018)

5.1 Desenvolvimento da Nova Funcionalidade do Módulo Didático

A idealização da nova funcionalidade do módulo didático é um sistema de identificação e descarga automatizada das caixas por cores, ou seja, a cor da caixa identifica o produto em seu interior e deverá ser descarregada pelo sistema em determinado local.

Para o sistema de identificação ou reconhecimento das caixas optou-se por um sistema de cores no padrão *RGB (Red Green Blue)*, usando um sensor de cor modelo TCS 230 acoplado em um Arduíno. As três diferentes cores - vermelho, verde e azul - simulam a condição de três produtos diferentes. Nesta condição é possível automatizar a identificação desses produtos, atendendo ao requisito do projeto.

No processo de descarga automatizada, optou-se por um sistema de ponte rolante, sendo composto por uma estrutura de cantoneira em aço e um perfil de alumínio como guia para o caminho executado no processo de movimentação da ponte. Na movimentação da ponte rolante foi usado um sistema de polias e correia que estão acopladas em um motor que faz a ponte avançar para a posição determinada para o produto e retornar para posição inicial para pegar um novo

produto. O conjunto da ponte rolante responsável por pegar a caixa é composto por um cilindro pneumático com uma ventosa acoplada, que executa a função de pegar a caixa através do vácuo gerado por uma válvula geradora de vácuo. Nesta condição é possível automatizar o processo de movimentação e descarga dos produtos, atendendo ao requisito do projeto.

Primeiramente, foi medida do diâmetro das polias compradas, então foi possível fazer o cálculo para o motor com rpm (rotações por minuto) adequado ao projeto. Nesta etapa foram feitas dez medidas de tempo com auxílio de um cronômetro na esteira do módulo didático existente para determinar quanto tempo a caixa levava para percorrer a distância de sessenta centímetros, então se obtiveram os seguintes tempos:

- ✓ 8,19 segundos
- ✓ 7,97 segundos
- ✓ 8,19 segundos
- ✓ 8,15 segundos
- ✓ 8,20 segundos
- ✓ 8,07 segundos
- ✓ 8,00 segundos
- ✓ 8,02 segundos
- ✓ 8,20 segundos
- ✓ 7,98 segundos

A fim de se obter uma melhor precisão foi feita a exclusão do maior tempo e do menor tempo e o cálculo da média, chegando no tempo médio de 8,10 segundos. O passo seguinte foi o cálculo da velocidade média através da seguinte fórmula:

$$\text{Velocidade} = \text{deslocamento} / \text{tempo}$$

$$v = 60 / 8,10$$

$$v = 4,45 \text{ m/min}$$

Com o diâmetro de 0,083 m das polias e velocidade média de 4,45 m/min, foi possível calcular o rpm do motor para o projeto, conforme a fórmula:

$$\text{Velocidade} = \pi \cdot \text{diâmetro} \cdot \text{número de rotações por minuto}$$

$$n = v / \pi \cdot d$$

$$n = 4,45 / \pi \cdot 0,083$$

$$n = 17,1 \text{ rpm}$$

Na pesquisa entre as opções comerciais disponíveis, optou-se por um motor que apresenta as seguintes características técnicas:

Tensão nominal: 12 Volts Corrente Contínua

Velocidade: 20 rpm

Torque: 5 Kg.cm

Corrente: 35 mil ampères

Reversível: Sim

Engrenagens em metal

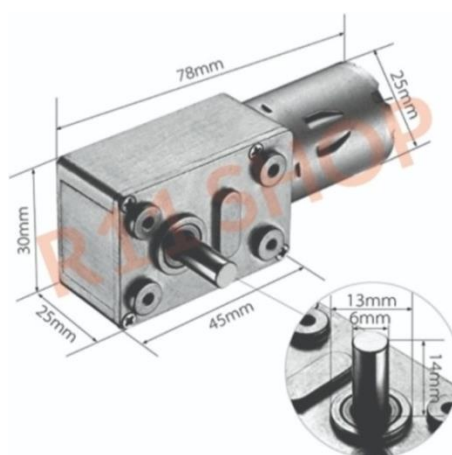
Autobloqueio: Sim

Diâmetro do eixo: 6 mm

Peso aproximado: 170 g

Dimensões: conforme a Figura 14

Figura 14 - Dimensões do motor



Fonte: R11SHOP (2019)

De posse do motor elétrico, o foco foi na construção da ponte rolante. Em um primeiro momento, a atenção foi dada para o carrinho que serve de base para o cilindro pneumático de dupla ação, válvula geradora de vácuo e ventosa. Respeitando as restrições impostas para o projeto, que eram a altura e largura da caixa, tamanho da mesa, medidas do cilindro pneumático e o tamanho da mesa, foi decidido que o carrinho teria as medidas de 14 cm por 14 cm. O material usado para a construção do carrinho foi madeira (material de descarte da universidade). Para os eixos do carrinho optou-se por aço para uma maior resistência.

O material utilizado para a construção da estrutura ponte rolante foi o perfil laminado tipo cantoneira de aço SAE 1020, para os trilhos onde o carrinho se desloca foi utilizado perfil de alumínio.

Na Figura 15 é possível observar a primeira estrutura da ponte rolante que é base para o perfil de alumínio.

Figura 15 - Estrutura base ponte rolante



Fonte: Autor (2019)

A estrutura já estava definida, buscou-se fixar o perfil de alumínio conforme mostrada na Figura 16. A fixação foi feita com parafusos, arruelas e porcas usando uma parafusadeira elétrica.

Figura 16 - Fixação do perfil de alumínio



Fonte: Autor (2019)

Na etapa seguinte foram feitas as bases de apoio da ponte e a fixação do motor elétrico e sua polia na posição desejada do projeto, de modo a ser possível fazer ajustes na sua posição. A Figura 17 ilustra o sistema de fixação do motor.

Figura 17 - Sistema de fixação do motor elétrico



Fonte: Autor (2019)

O sistema desenvolvido para possibilitar a correta tensão na correia da ponte rolante é visualizado na Figura 18. Composto por uma polia para permitir o deslocamento da correia e do carrinho, suportada por eixo metálico com rolamentos em suas extremidades, este estão fixados em um dispositivo que permite alimentar e esticar a correia.

Figura 18 - Sistema ajustável segunda polia

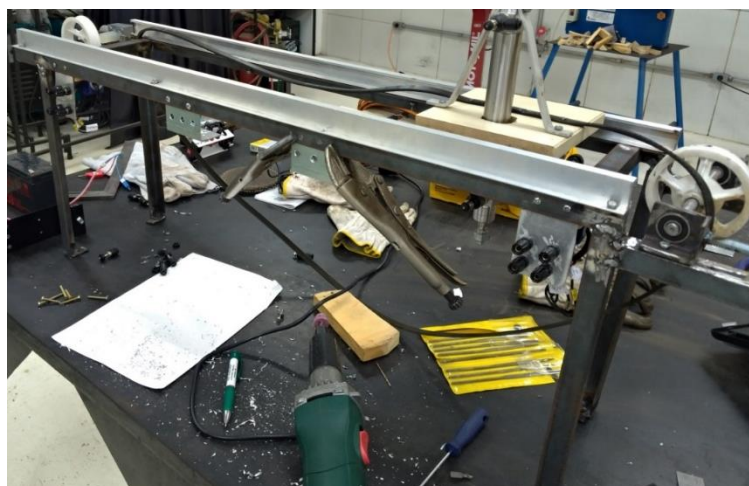


Fonte: Autor (2019)

Após a execução dos ajustes finais na construção da ponte rolante, se obteve as medidas finais: um comprimento total de 1160 mm, com uma largura de 210 mm e uma altura total contando da base até final do atuador de 500 mm.

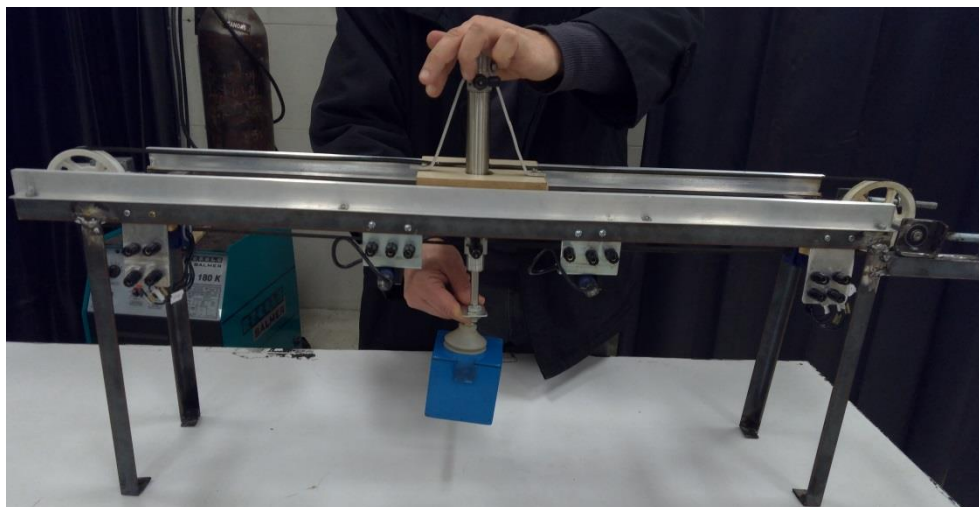
A etapa seguinte foi a escolha dos sensores e sua fixação na ponte. Optou-se por dois sensores ópticos de proximidade e duas chaves limitadoras de curso (micro-switch). Esses foram fixados à estrutura da ponte rolante através de chapas de alumínio com parafusos e porcas. Tal processo pode ser observado na Figura 19. E na Figura 20 temos a estrutura física final do módulo.

Figura 19 - Fixação dos sensores ópticos e chaves limitadoras de curso



Fonte: Autor (2019)

Figura 20 - Estrutura física final do módulo



Fonte: Autor (2019)

5.2 Modelagem do Sistema de Automação

A etapa da modelagem do sistema para identificação e descarga automatizada foi na identificação das caixas através de um sistema de cores usando um sensor de cor TCS 230 e um Arduino, para facilitar essa etapa se escolheu o padrão de cores *RGB (Red Blue Green)*. O sistema já contava com caixas na cor vermelha, foi escolhido um tom de azul e verde para completar o padrão de cores. Com isto foi criado uma rotina de programação no software Arduino IDE Versão 1.8.9 para identificação de cores usando módulo sensor TCS 230, após testes e calibrações no programa, chegou-se a um padrão de frequências para as cores designadas, que pode ser observada na Figura 21.

Figura 21 – Padrão de frequências no programa para identificação das cores

```

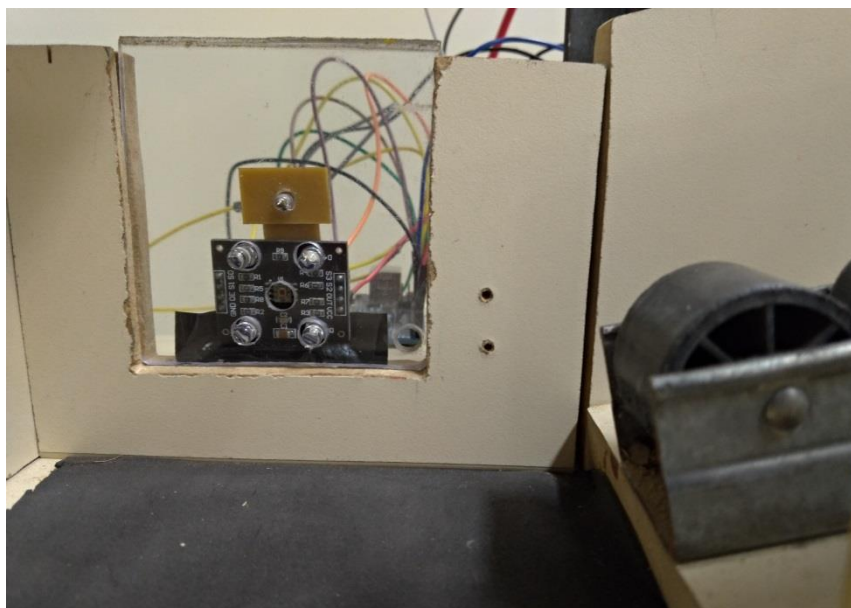
Programa_de_identifica_o_de_cores_usando_modulo_TCS_230 | Arduino 1.8.9
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Programa_de_identifica_o_de_cores_usando_modulo_TCS_230
69
70 //Verifica se a cor vermelha foi detectada
71
72 if ((red >= 5 && red <= 25) && (green >= 21 && green <= 55) && (blue >= 25 && blue <= 40 ))
73 {
74
75 Serial.println("Vermelho");
76 while(digitalRead(sensorverm) == LOW){
77 digitalWrite(pinoverm, HIGH); //Aciona a saída 2
78 }
79 digitalWrite(pinoverm, LOW);
80 digitalWrite(pinoverd, LOW);
81 digitalWrite(pinoazul, LOW);
82 }
83 //Verifica se a cor azul foi detectada
84
85 else if ((red >= 35 && red <= 45) && (green >= 21 && green <= 30) && (blue >= 3 && blue <= 20))
86 {
87 Serial.println("Azul");
88 while(digitalRead(sensorazul) == LOW){
89 digitalWrite(pinoazul, HIGH); //Aciona a saída 4
90 }
91 digitalWrite(pinoverm, LOW);
92 digitalWrite(pinoverd, LOW);
93 digitalWrite(pinoazul, LOW);
94
Salvo.
The sketch name had to be modified.
Sketch names must start with a letter or number, followed by letters,
numbers, dashes, dots and underscores. Maximum length is 63 characters.
27 Arduino/Genuino Uno em COM19

```

Fonte: Autor (2019)

A programação de identificação de cores que está contida no Apêndice B, funciona da seguinte forma: quando uma caixa chega ao ponto de identificação observado na Figura 22, o sensor faz a leitura, se as saídas do sensor S2 e S3 identificarem dois sinais do tipo *baixo* a cor vermelha é identificada, então a saída 2 recebe um sinal que é transmitido até um relé auxiliar de 5 volts que transmite esse sinal até uma entrada do CLP. Se o sistema receber um sinal *baixo* e um sinal *alto* a caixa de cor azul é identificada, então a saída 4 transmite sinal para uma entrada do CLP, e quando o sistema receber dois sinais *altos*, identifica a caixa de cor verde, assim a saída 3 transmite um sinal para outra entrada do CLP, se repete a mesma rotina de comunicação com outros dois relés auxiliares de 5 volts para as cores azul e verde.

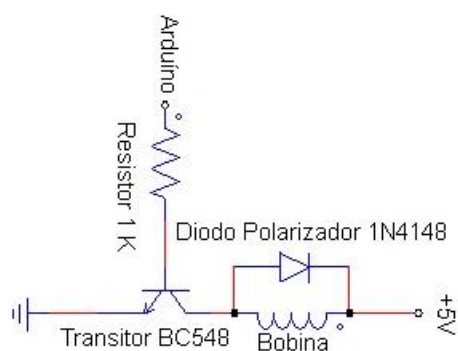
Figura 22 - Ponto de identificação



Fonte: Autor (2019)

Como etapa desse processo foi a criação de um circuito de proteção, pois, o Arduino trabalha com uma alimentação de 5 volts e o CLP trabalha com 24 volts. Era necessária essa proteção para evitar danos aos componentes.

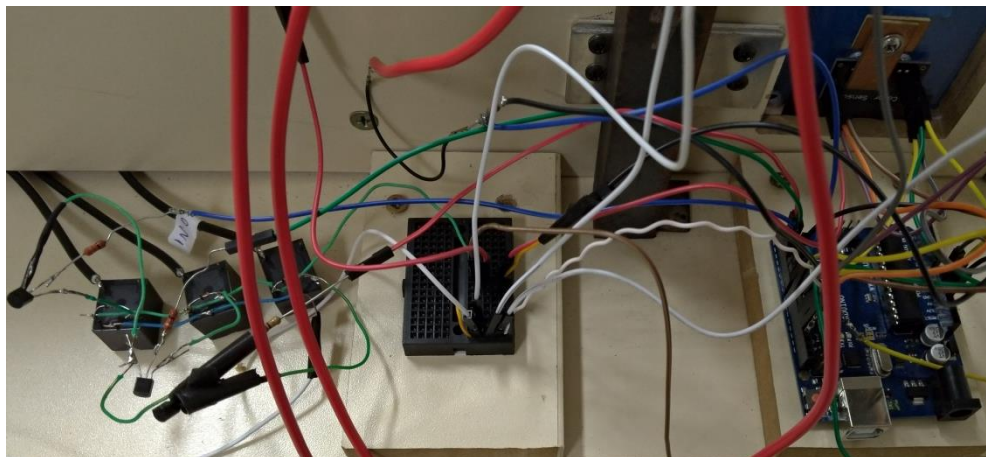
Figura 23 - Esquema eletrônico de proteção



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 24 é possível observar os relés que transmitem os sinais do padrão de cores para as entradas do CLP, com suas ligações que estão identificadas na programação contida no Apêndice B.

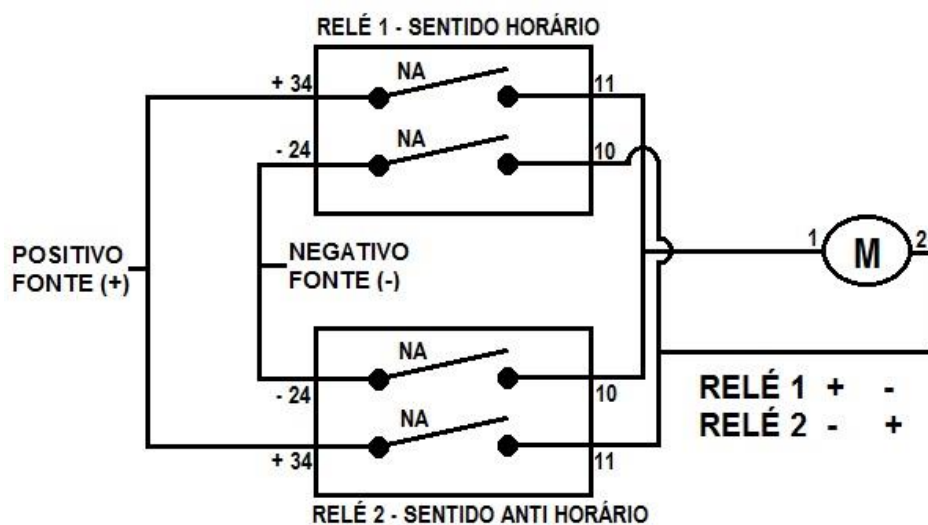
Figura 24 - Relés auxiliares e Arduíno



Fonte: Autor (2019)

Com a etapa de identificação de cores finalizada, partiu-se para a etapa de descarga das caixas nas posições das suas respectivas cores. Nesse caso, foi necessário criar uma nova lógica na linguagem ladder para essa automação. No primeiro momento se desenvolveu um sistema para reversão do motor, pois, para cada rotina de leitura o carrinho da ponte rolante deve retornar à posição 0 para uma nova ação. Na Figura 25 é demonstrada de forma simplificada como foi feito o sistema de reversão do motor.

Figura 25 - Sistema de reversão do motor elétrico



Fonte: Autor (2019)

Por meio da Tabela 2 é possível identificar as entradas e as saídas usadas do CLP para a descarga automatizada do módulo. Nota-se que a entrada I0.6 que no módulo tinha papel de botão de emergência, agora é uma entrada que recebe sinal do relé auxiliar, logo, foi feita a substituição da função dessa entrada.

Tabela 2 - Entradas e saídas utilizadas no sistema de descarga automatizada

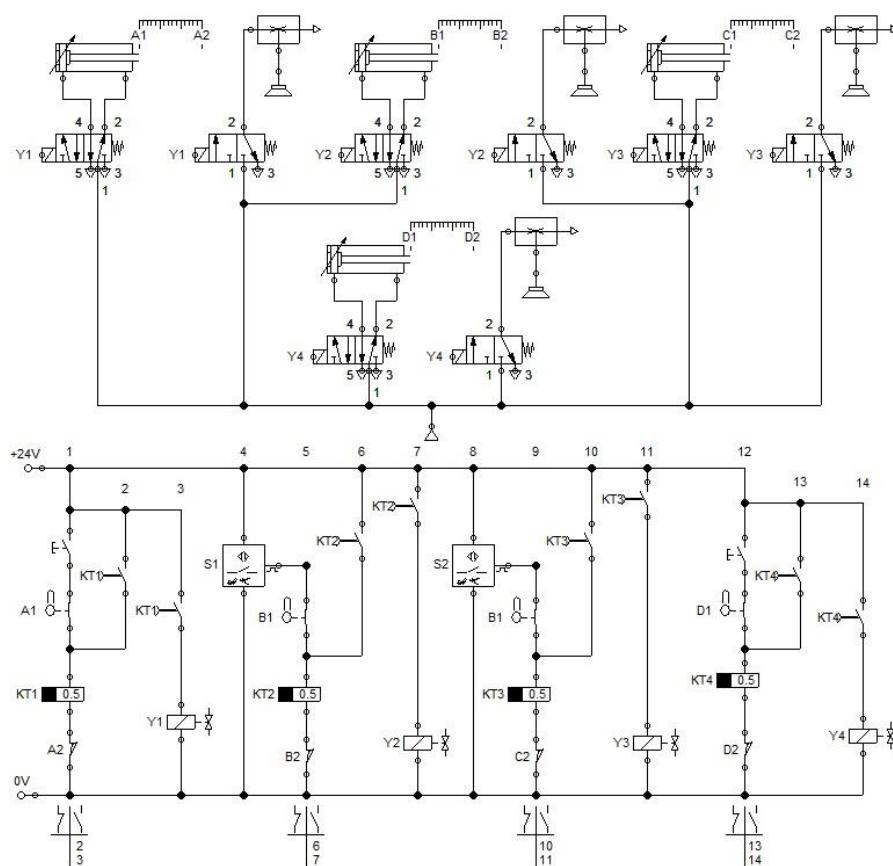
Entrada/Saída	Componente	Função
I0.6	Sinal cor vermelha	Sinal cor vermelha do Arduíno para entrada do clp
I0.7	Sinal cor verde	Sinal cor verde do Arduíno para entrada do clp
I0.8	Sinal cor azul	Sinal cor azul do Arduíno para entrada do clp
I0.9	Posição 0 inicial	Sinal do sensor fim curso 0 para posição 0 inicial
I0.10	Posição 1 vermelha	Sinal do sensor óptico 1 para posição 1 vermelho
I0.11	Posição 2 verde	Sinal do sensor óptico 2 para posição 2 verde
I0.12	Posição 3 azul	Sinal do sensor fim curso 2 para posição 3 azul
Q0.7	Motor sentido avanço correia	Acionamento motor sentido avanço correia
Q0.8	Motor sentido retorno correia	Acionamento motor sentido retorno correia
Q0.9	Cilindro	Acionamento eletroválvula do cilindro
Q0.10	Ventosa	Acionamento eletroválvula da ventosa
Q0.11	Intertravamento	Intertravamento da entrada I0.6
Q0.12	Intertravamento	Intertravamento da entrada I0.7
Q0.13	Intertravamento	Intertravamento da entrada I0.8

Fonte: Autor (2019)

Após essa identificação foi possível montar uma lógica de programação no *software* Twido Suite que está contida no Apêndice C, para tanto os seguintes passos são executados: no primeiro momento a caixa vai fazer todo o processo do módulo anterior, se não houver presença de metal ele segue o processo e vai para o local onde vai ser identificada sua cor através do sensor de cor, então o Arduíno manda um sinal referente a cor identificada para entrada do CLP na qual essa cor está acondicionada. Com isso o cilindro e ventosa que estão na posição 0 inicial são acionados, ou seja, as eletroválvulas que comandam esses componentes recebem um sinal e são acionadas, o cilindro avança e a ventosa é acionada gerando vácuo. Neste ponto, o cilindro recua e a ventosa fica acionada, a saída do motor recebe um sinal e faz com que o carrinho avance até a posição da cor identificada, nesse ponto vale ressaltar que relé da cor identificada fica acionado até chegar sensor da posição a qual está marcada, assim o sensor desativa o sinal que o relé está recebendo.

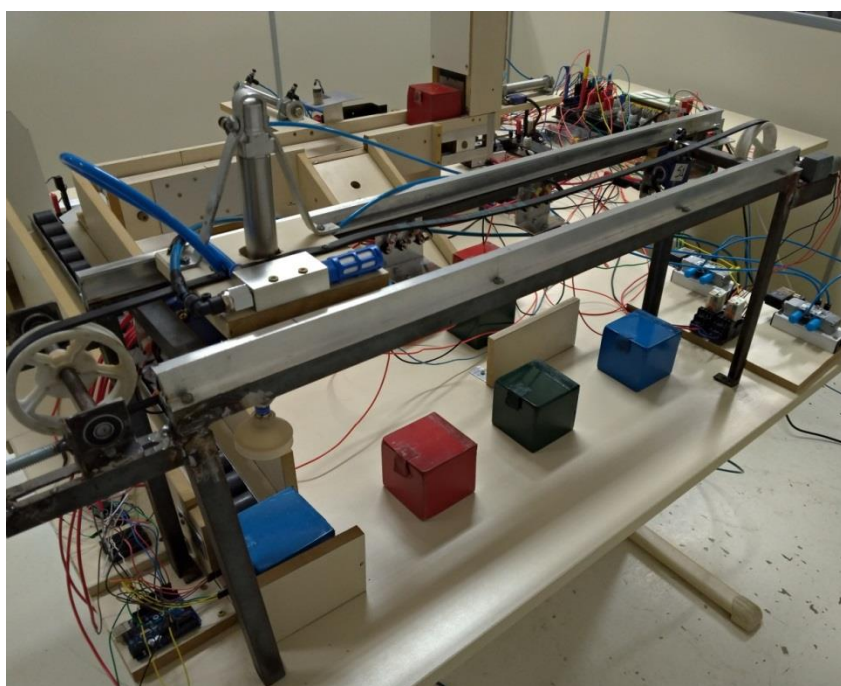
Na posição identificada, que pode ser uma posição com um sensor óptico (para as posições vermelha 1 e verde 2) e uma chave limitadora de curso (para a posição azul 3), nessa posição identificada ocorre o seguinte processo: o motor é parado ou seja carrinho para; o cilindro avança e a ventosa libera vácuo e larga a caixa; o cilindro retorna; o motor é acionado novamente no sentido retorno e o carrinho volta para posição inicial 0 reiniciando o ciclo. Na Figura 26 observa-se o circuito eletropneumático no *software FluidSIM* para situação explicada anteriormente, e na Figura 27 temos uma representação do sistema para identificação e descarga automatizada de produtos com todas suas ligações elétricas e de ar comprimido feitas.

Figura 26 - Circuito eletropneumático no software FluidSIM



Fonte: Autor (2019)

Figura 27 – Sistema para identificação e descarga automatizada de produtos



Fonte: Autor (2019)

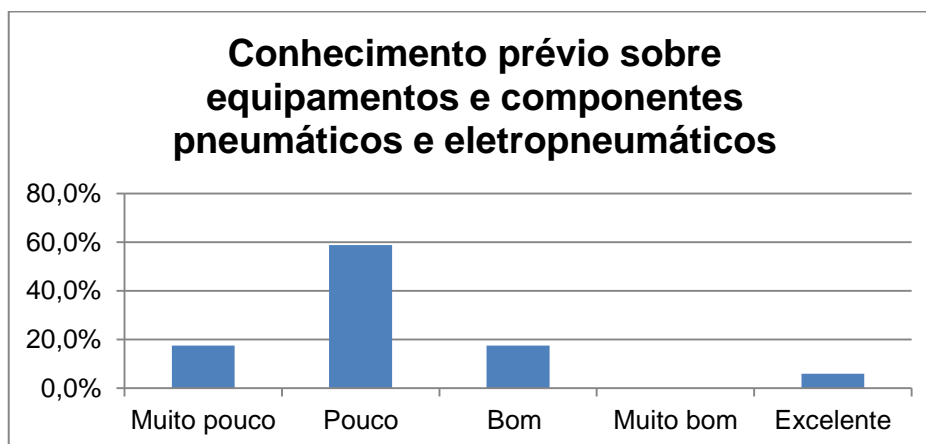
Vale ressaltar que o sistema executa o processo de identificação de cor das caixas corretamente. Mas ainda precisa de alguns ajustes na sua programação para executar o processo de forma contínua, e o processo de descarga corretamente, pois, em função do intertravamento o cilindro não executa o processo de avanço nas posições verde e azul, apenas contando o tempo e largando a caixa e depois retorna à posição 0 inicial.

5.3 Avaliação da Efetividade

A avaliação da efetividade do módulo instrucional didático se deu a partir da aplicação de um questionário que continha perguntas abertas e questões de múltipla escolha, na componente curricular Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa campus Bagé. A coleta de dados foi realizada no dia 18 de junho de 2019 em um grupo amostral de 17 discentes. No primeiro momento foi apresentado o módulo e mostrado em funcionamento. Passada essa etapa foi dada uma explicação de todos os componentes e de que forma eles atuavam no módulo e foram tiradas dúvidas em relação ao módulo e seus componentes. Na etapa seguinte os discentes responderam ao questionário proposto.

Foi perguntado aos discentes qual era nível de conhecimento anterior à apresentação do módulo em relação aos equipamentos e componentes que estavam presentes no módulo. Em relação aos equipamentos e componentes pneumáticos e eletropneumáticos, verificou-se que 17,6% entendem muito pouco sobre o assunto, 58,8% entendem em relação ao assunto, 17,6% tinham um conhecimento e 6% possuíam conhecimento excelente sobre o assunto. Na Figura 28 apresentam-se os resultados em forma de gráfico.

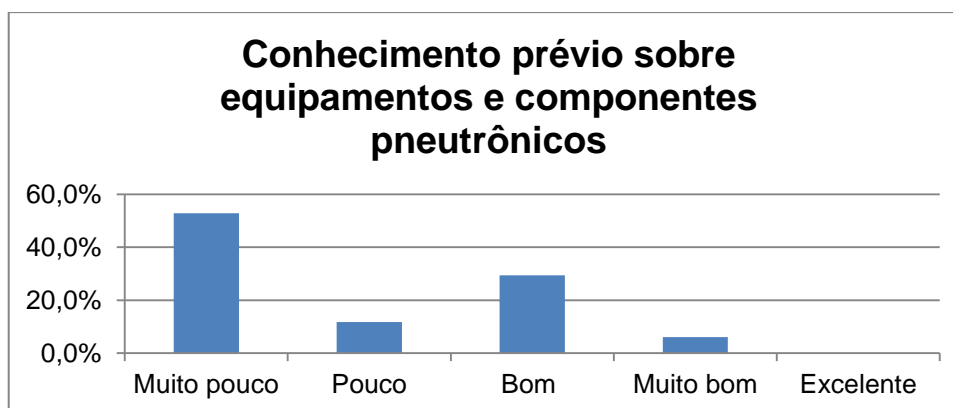
Figura 28 - Conhecimento prévio sobre componentes pneumáticos e eletropneumáticos



Fonte: Autor (2019)

Sobre equipamentos e componentes pneutrônicos 52,9% entendem muito pouco sobre o assunto, 11,7% entendem pouco, 29,4% tem um bom conhecimento e 6% entendem muito bem do assunto. A Figura 29 apresenta os resultados em forma de gráfico.

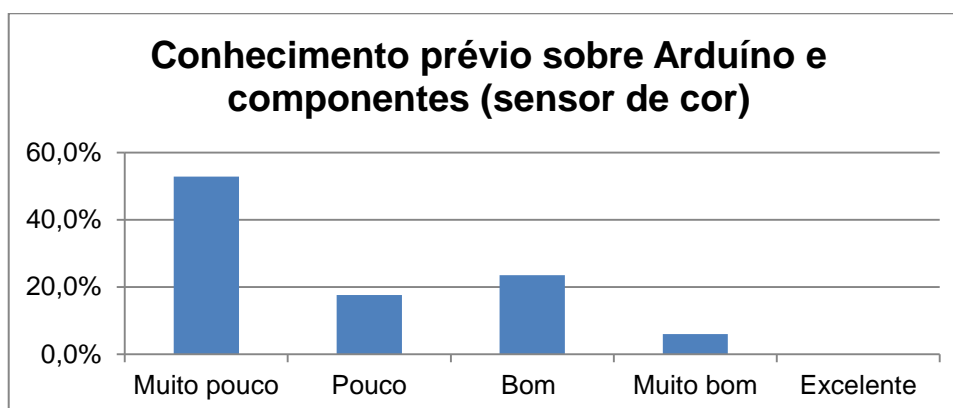
Figura 29 - Conhecimento prévio sobre equipamentos e componentes pneutrônicos



Fonte: Autor (2019)

Em relação ao Arduíno e componentes (sensor de cor), 52,9% entendem muito pouco sobre o assunto, 17,6% entendem pouco, 23,5% tem um bom conhecimento e 6% tem conhecimento muito bom sobre o assunto. A Figura 30 apresenta em forma de gráfico os resultados.

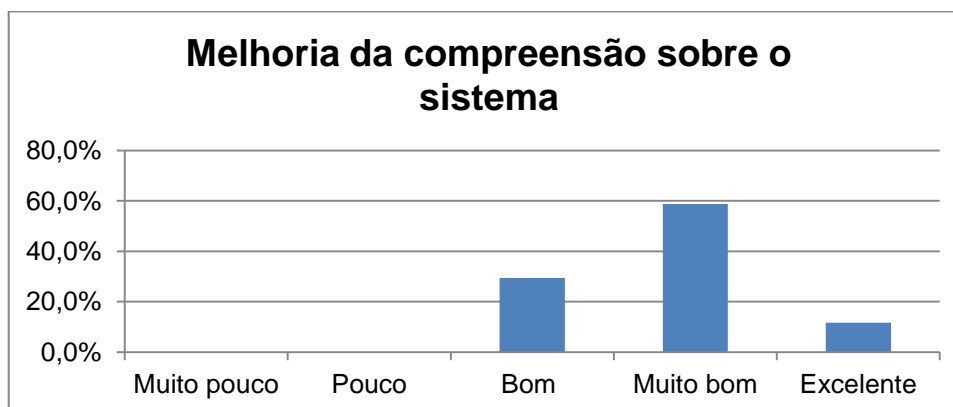
Figura 30 - Conhecimento prévio sobre Arduino e componentes (sensor de cor)



Fonte: Autor (2019)

Foi feita uma pergunta sobre a melhoria que o módulo apresentado causava na compreensão do discente sobre o sistema, e como ele classificava essa melhoria, 29,5% classificaram como bom, já 58,8% classificaram como muito bom e 11,7% como excelente essa melhoria na compreensão. A Figura 31 ilustra em forma de gráfico esse resultado.

Figura 31 - Melhoria da compreensão sobre o sistema



Fonte: Autor (2019)

Ao serem perguntados como poderiam resumir seu entendimento sobre o funcionamento do módulo didático a maioria dos discentes responderam que gostaram, entenderam e se interessaram sobre o assunto abordado. Quando questionados sobre o uso do módulo didático nas componentes curriculares do curso de Engenharia de Produção as respostas foram as seguintes, na própria disciplina de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática, Simulação,

Sistemas Produtivos, Planejamento e Controle da Produção, Logística e Cadeia de Suprimentos, Pesquisa Operacional, Controle Estatístico do Projeto, Introdução à Engenharia de Produção. Verifica-se que módulo gera interesse para ser utilizado em outras componentes do curso, abrindo uma gama enorme de áreas que podem ser exploradas.

Em referência as questões 5, 6 e 7 os critérios de contextualização, completude, atenção, assimilação e motivação. Na coleta de dados com os discentes se levou em conta quando os critérios eram avaliados como excelente (90 a 100%), com base nessa informação a Tabela 3 exibe uma comparação em percentuais do módulo versus a bancada, aula tradicional relacionada ao CLP e aula tradicional relacionada a linguagem *Ladder*.

Tabela 3 - Percentuais módulo versus critérios

Critério	Módulo x Bancada	Módulo x Aula Tradicional relacionada ao CLP	Módulo x Aula Tradicional relacionada à Linguagem <i>Ladder</i>
Contextualização	29,4 %	47,1 %	29,3 %
Completude	23,4 %	41,2 %	17,5 %
Atenção	35,3 %	52,8 %	29,3 %
Assimilação	17,5 %	29,3 %	11,8 %
Motivação	41,2 %	41,2 %	29,3 %

Fonte: Autor (2019)

Assim, se utilizou a equação para o cálculo da efetividade onde se procurou chegar à medida de comparação de eficiência do módulo comparado a bancada e as aulas tradicionais. De posse dos dados da Tabela 3 e substituindo as variáveis na equação da efetividade do módulo didático (*E.m.d*) tem-se:

$$E.m.d = ((29,4 \% + 47,1 \% + 29,3 \%) + (23,4 \% + 41,2 \% + 17,5 \%) + (35,3 \% + 52,8 \% + 29,3 \%) + (17,5 \% + 29,3 \% + 11,8 \%) + (41,2 \% + 41,2 \% + 29,3 \%))/5$$

$$E.m.d = 95,12 \%$$

Com uma efetividade de 95,12%, pode-se afirmar que o módulo apresentou um resultado significativo como uma ferramenta para qualificar o ensino e aprendizagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma nova funcionalidade para o módulo instrucional didático, um sistema para simulação da identificação e descarga de produtos em um Módulo Instrucional Didático, que simula um processo de ambiente industrial. Os objetivos específicos foram o de executar um diagnóstico das funcionalidades do módulo e de adicionar uma nova funcionalidade a o processo, projeto do sistema de identificação e descarga de produtos de forma automatizada, a construção e também a modelagem da simulação do sistema, além de verificar a efetividade do módulo como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem dos discentes do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa campus Bagé.

Na execução do trabalho foram encontradas algumas dificuldades em relação programação no Arduíno e na programação na linguagem *Ladder*, que exigiu pesquisa e aprofundamento por serem assuntos de pouco conhecimentos do executor do trabalho. Mas com apoio de amigos, professores e técnicos foi possível contornar essa situação. Outras dificuldades foram alguns percalços no desenvolvimento como componentes que estragaram e mudanças no projeto que causaram atrasos no bom andamento do trabalho, mas também foram superadas.

O quesito de atendimento do objetivo geral do trabalho, pode-se dizer que foi alcançado, pois, nas etapas mostradas nesse trabalho seu desenvolvimento é mostrado do início até a conclusão do projeto. Quanto aos objetivos específicos, foram atendidos parcialmente, pois, na modelagem do sistema de automação foi necessário introduzir um intertravamento para que a ponte não pare nas posições dos outros produtos, mas com isto o cilindro não avança ao chegar às posições verde e azul da ponte, apenas conta o tempo e larga à caixa, e depois retorna para posição inicial.

O quesito da efetividade do módulo didático é possível afirmar que ele alcançou seu objetivo como uma ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem, pois, sua efetividade calculada foi de 95,12%, com a aplicação de um questionário no grupo amostral dos discentes da componente curricular de Fundamentos de Automação Hidráulica e Pneumática.

Sugere-se também dar continuidade no trabalho, pois o módulo instrucional didático tem espaço para outras funcionalidades como um contador do número de

caixas de inspeção que passam pelo processo, o tempo que as mesmas levam para executar todo processo, com certeza melhorariam ainda a efetividade do módulo didático como ferramenta de ensino, além da sugestão que ele seja usado no desenvolvimento de atividades pelos discentes e professores do curso em apoio a suas componentes curriculares.

A realização desse trabalho foi um enorme desafio, pois exigiu muito estudo em áreas que se domínio, mas considero que todo esse processo trouxe uma enorme qualificação e experiência pessoal, pois, possibilitou executar através de um trabalho de conclusão prático os conceitos e conhecimentos adquiridos no decorrer da graduação, que foram de suma importância para desenvolvimento e execução desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGORARN. **Brasil e Argentina podem ter acordo para convergir regulação de veículos**. Disponível em: <http://www.agorarn.com.br/nacionais/330519/>. Acesso em: 25 maio 2018.
- ALVES, J. S. **Aplicação de CLP na automatização de um módulo instrucional didático para ensino e aprendizagem de automação industrial**. 2018. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2018.(No prelo).
- AMHIGO. **Compressor CSV 10/100 Schulz**. Disponível em: <http://www.amhigo.com.br/compressor-csv-10-100-schulz>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos da metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BONACORSO, N. G.; NOLL, V. **Automação eletropneumática**. 9 ed. São Paulo: Érica, 2006.
- BORGES, A. T.; **O Papel do laboratório no ensino de ciências**. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1., 1997. Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 1997.
- FIALHO, A. B.. **Automação pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- FIALHO, A. B. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 6. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.
- GROOVER, M. P. **Automação industrial e processos de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- HECK, G. S. **Desenvolvimento de um módulo didático para ensino de automação industrial**. 2017. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2017. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/handle/riui/2688>. Acesso em: 22 jun. 06 2018.
- HIDRO DIDÁTICA EQUIPAMENTOS EDUCACIONAIS, 2018. **Bancada de turbina pelton**. Disponível em: <http://www.hidrodidatica.com.br/site/hd05-bancada-de-turbina-pelton/>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2006.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A.; **Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MCROBERTS, M. **Arduíno básico.** São Paulo: Novatec, 2011.

MPAPNEUMATICA. **Válvula geradora de vácuo.** Disponível em: <http://www.mpapneumatica.com.br/valvula-geradora-vacu>. Acesso em: 06 jun. 2018.

MPAPNEUMATICA. **Válvula geradora de vácuo.** Disponível em: <http://www.mpapneumatica.com.br/imagens/valvula-geradora-vacu/valvula-geradora-vacu.jpg>. Acesso em: 06 jun. 2018.

OMNIAUTOMACAO. **Ventosas industriais.** Disponível em: <http://www.omniautomacao.com.br/ventosas-industriais>. Acesso em: 06 jun. 2018.

OMNIAUTOMACAO. **Ventosas industriais.** Disponível em: <http://www.omniautomacao.com.br/imagens/informacoes/ventosas-industriais-04.jpg>. Acesso em: 06 jun. 2018.

PAINES, P. A. *et al.* **Desenvolvimento de kit didático de geração de energia solar.** 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufsm.br/handle/1/8319>. Acesso em: 19 abr. 2018.

PREVENBLOG. **La importancia los planos trabajo.** Disponível em: <http://www.prevenblog.com/la-importancia-los-planos-trabajo/>. Acesso em: 25 maio 2018.

R11SHOP. **Motor 12v dc com caixa redução reversível temos todos rpm.** Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-925938177-motor-12v-dc-com-caixa-reduco-reversivel-temos-todos-rpm-_JM?quantity=1&variation=25595049489. Acesso em: 25 out. 2018.

RIBEIRO, M. A. **Automação.** 5. ed. Tek Treinamento & Consultoria, 2005, Salvador, BA, Outono 2005.

ROMANO, V. F. **Robótica Industrial: aplicação na indústria de manufatura de processos.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2002. ISBN 85-212-0315-2.

SILVA, I. S.; SOUZA, R. T.; SILVA JUNIOR, S. C. **Desenvolvimento de módulos didáticos para ensino de técnicas de automação no IFPB.** *In:* COBENGE 2014- XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 42., 2014. Juiz de Fora. **Anais [...].** Juiz de Fora: ABENGE, 2014. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/130292.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2018.

SILVA, B. C.; SILVA, D. L. F.; AMORIM, G. F.. **Desenvolvimento de um módulo didático para o ensino multidisciplinar em engenharia de controle e automação.** In: COBENGE 2013-XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013. Gramado. **Anais [...]**. Gramado: ABENGE, 2013. Disponível em: https://www.teamturing.cf/anais/COBENGE-2013/pdf/116911_1.pdf. Acesso em: 5 abr. 2018.

SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. **Um breve histórico conceitual da automação industrial e redes para automação industrial e redes para Automação industrial.** 2003, 3 pg. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/download/43839581/Redes_Industriais_e_Automacao.pdf. Acesso em: 08 maio 2018.

STEWART, H. L., **Pneumática & hidráulica.** 3. ed. São Paulo: Humus, 2006.

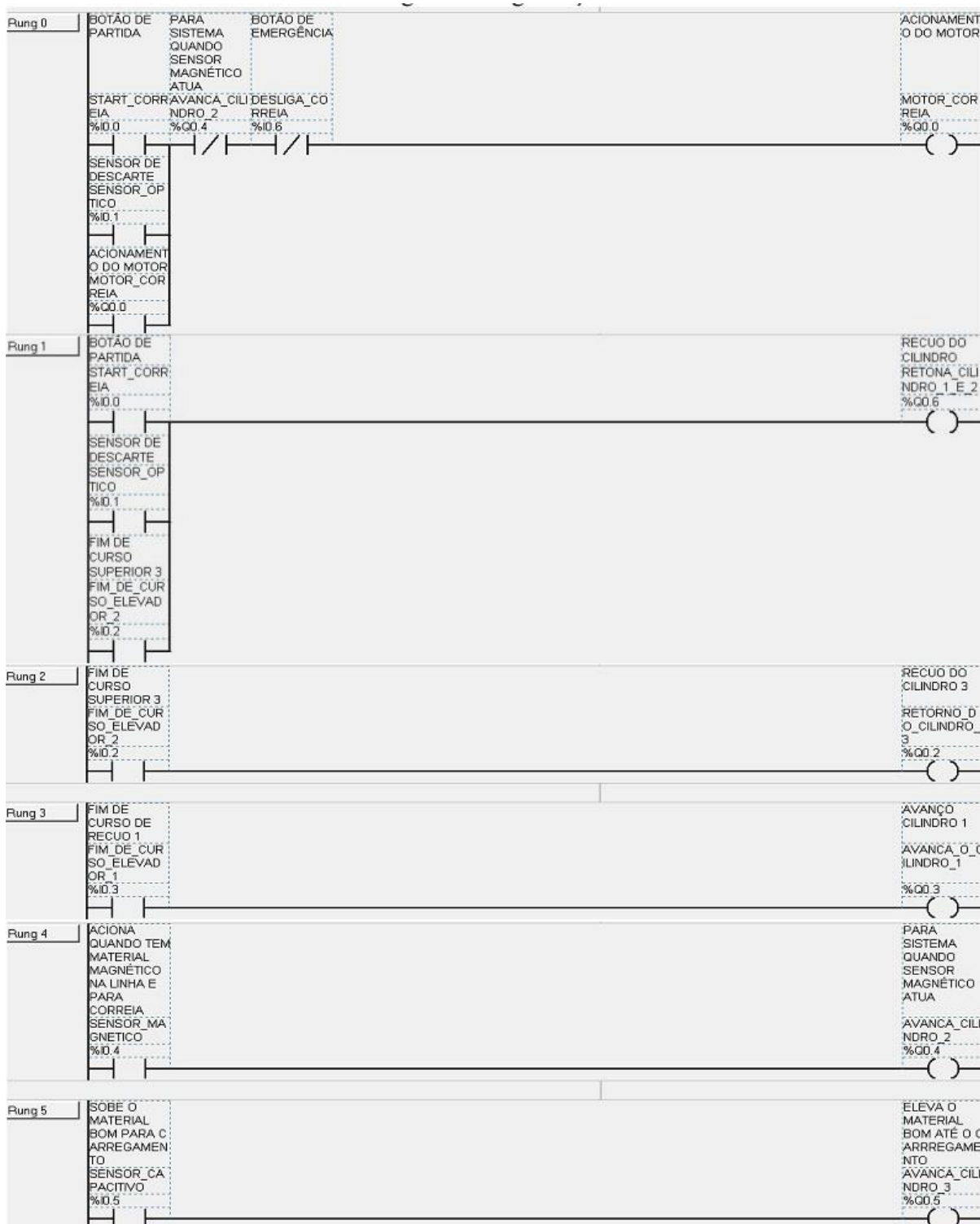
SOMA. **Você sabe o que é uma bancada didática.** Disponível em: <https://www.soma.eng.br/voce-sabe-o-que-e-uma-bancada-didatica/>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SOMA. **Kit didático clp kdclp-02.** Disponível em: <https://www.soma.eng.br/portfolio-items/kit-didatico-clp-kdclp-02/>. Acesso em: 25 abr. 2018.

VIDAL, V. **Sensor de cor TCS230 com Arduíno.** Disponível em: <http://blog.eletrogate.com/sensor-de-cor-tcs230-com-arduino/>. Acesso em: 21 jun. 2018.

VIVACITY DIDACTIC. **Banco de ensaios em CLP - PC3.** Disponível em: <http://www.vivacity.com.br/produtosDetalhes.asp?id=732&link=Banco%20de%20Ensaaios%20em%20CLP%20-%20PC3&subCat=137&idCat=99>. Acesso em: 09 set. 2019.

ANEXO A – Lógica de Programação Ladder Alves (2018)



APÊNDICE A – Lista de Componentes

- 1 Perfil laminado tipo cantoneira de aço SAE 1020 para construção da base da ponte rolante
- 1 Perfil de alumínio para base onde o carrinho vai correr
- 6 Rolamentos
- 1 Correia
- 2 Polias com diâmetro de 0,083 mm
- 1 Ventosa FESTO VASB-55-1/4-SI
- 1 Válvula geradora de vácuo (CKT - CV08) - 1/4"
- 1 Motor elétrico reversível 12 VDC 20 RPM com caixa redução
- 1 Cilindro pneumático de dupla ação
- 1 Eletroválvula 5 vias 2 posições avanço por solenoide e retorno por mola
- 1 Eletroválvula 3 vias 2 posições avanço por solenoide e retorno por mola
- 2 Relés auxiliares 24 VDC para acionamento do motor
- 2 Sensores ópticos de proximidade
- 2 Chaves limitadoras de curso (micro-switch)
- 1 CLP Schneider Electric – modelo TWIDO TWDLCAA40DF
- Cabos elétricos com pino banana para conexão
- 3 Relés auxiliares de 5 VDC
- 1 Protoboard
- 1 Sensor de cor TCS 230
- Jumpers
- 1 Arduíno UNO R3
- 2 Resistor de 47 K Ω
- 2 Resistor de 12 K Ω
- 2 Resistor de 10 K Ω
- 3 Resistor de 1 K Ω
- 1 Diodo polarizador 1N4148
- 1 Transistor BC548

APÊNDICE B – Programação no Software Arduino IDE Versão 1.8.9 para Identificação de Cores Usando Módulo Sensor TCS 230

```
//Programa detector de cores usando modulo TCS230
```

```
//Pinos de conexão do modulo TCS230
```

```
const int s0 = 8;
```

```
const int s1 = 9;
```

```
const int s2 = 12;
```

```
const int s3 = 11;
```

```
const int out = 10;
```

```
const int fimcurso = 7;
```

```
const int sensorverm = 5;
```

```
const int sensorverd = 6;
```

```
const int sensorazul = 13;
```

```
//Pinos das saídas
```

```
const int pinoverm = 2;
```

```
const int pinoverd = 3;
```

```
const int pinoazul = 4;
```

```
//Variáveis que armazenam o valor das cores
```

```
int red = 0;
```

```
int green = 0;
```

```
int blue = 0;
```

```
int dist = 10;
```

```
// Define as saídas e insere valores
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
pinMode(s0, OUTPUT);
pinMode(s1, OUTPUT);
pinMode(s2, OUTPUT);
pinMode(s3, OUTPUT);
pinMode(out, INPUT);
pinMode(fimcurso, INPUT);
pinMode(sensorverm, INPUT);
pinMode(sensorverd, INPUT);
pinMode(sensorazul, INPUT);
pinMode(pinoverm, OUTPUT);
pinMode(pinoverd, OUTPUT);
pinMode(pinoazul, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
digitalWrite(s0, HIGH);
digitalWrite(s1, HIGH);
}
void loop()
{

//Serial.println(digitalRead(fimcurso));

if ((digitalRead(fimcurso) == HIGH))
{

//Chama a rotina que le as cores

color();

//Mostra no serial monitor os valores detectados

Serial.print("Vermelho : ");
Serial.print(red, DEC);
Serial.print(" Verde : ");
Serial.print(green, DEC);
```

```
Serial.print(" Azul : ");  
Serial.print(blue, DEC);  
Serial.println();
```

```
//Verifica se a cor vermelha foi detectada
```

```
if ((red >= 3 && red <= 30) && (green >= 21 && green <= 60) && (blue >= 25 && blue  
<= 45 ))
```

```
{
```

```
Serial.println("Vermelho");  
while(digitalRead(sensorverm) == LOW){  
digitalWrite(pinoverm, HIGH); //Aciona a saída 2  
}  
digitalWrite(pinoverm, LOW);  
digitalWrite(pinoverd, LOW);  
digitalWrite(pinoazul, LOW);  
}
```

```
//Verifica se a cor azul foi detectada
```

```
else if ((red >= 35 && red <= 50) && (green >= 20 && green <= 35) && (blue >= 5 &&  
blue <= 25))
```

```
{
```

```
Serial.println("Azul");  
while(digitalRead(sensorazul) == HIGH){  
digitalWrite(pinoazul, HIGH); //Aciona a saída 4  
}  
digitalWrite(pinoverm, LOW);  
digitalWrite(pinoverd, LOW);  
digitalWrite(pinoazul, LOW);
```

```
}
```

```
//Verifica se a cor verde foi detectada
```

```
else if ((red >= 35 && red <= 60) && (green >= 45 && green <= 60) && (blue >= 35
&& blue <= 55))
```

```
{
Serial.println("Verde");
while(digitalRead(sensorverd) == LOW){
digitalWrite(pinoverd, HIGH); //Aciona a saída 3
}
digitalWrite(pinoverm, LOW);
digitalWrite(pinoverd, LOW);
digitalWrite(pinoazul, LOW);
}
}
}
```

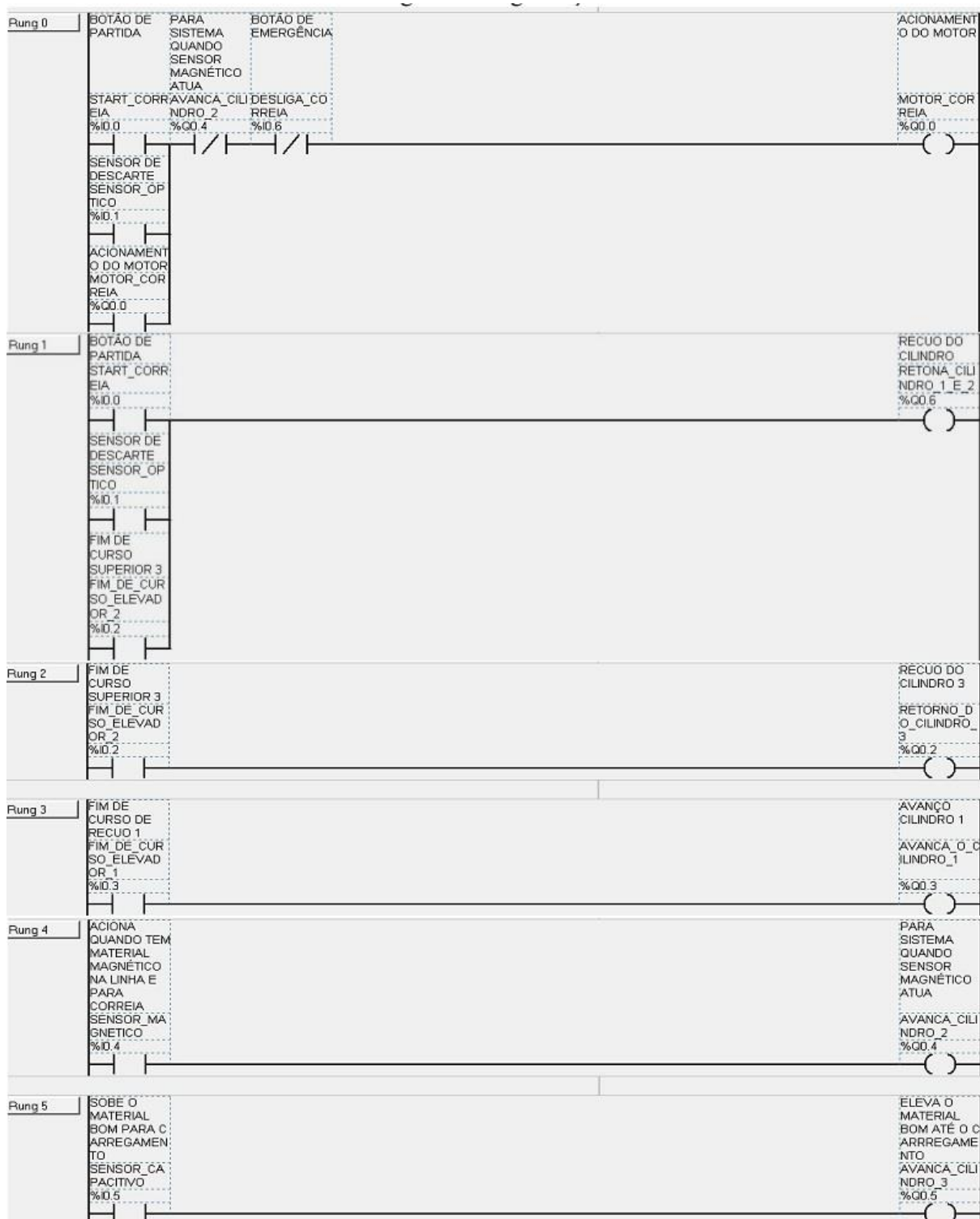
```
void color()
```

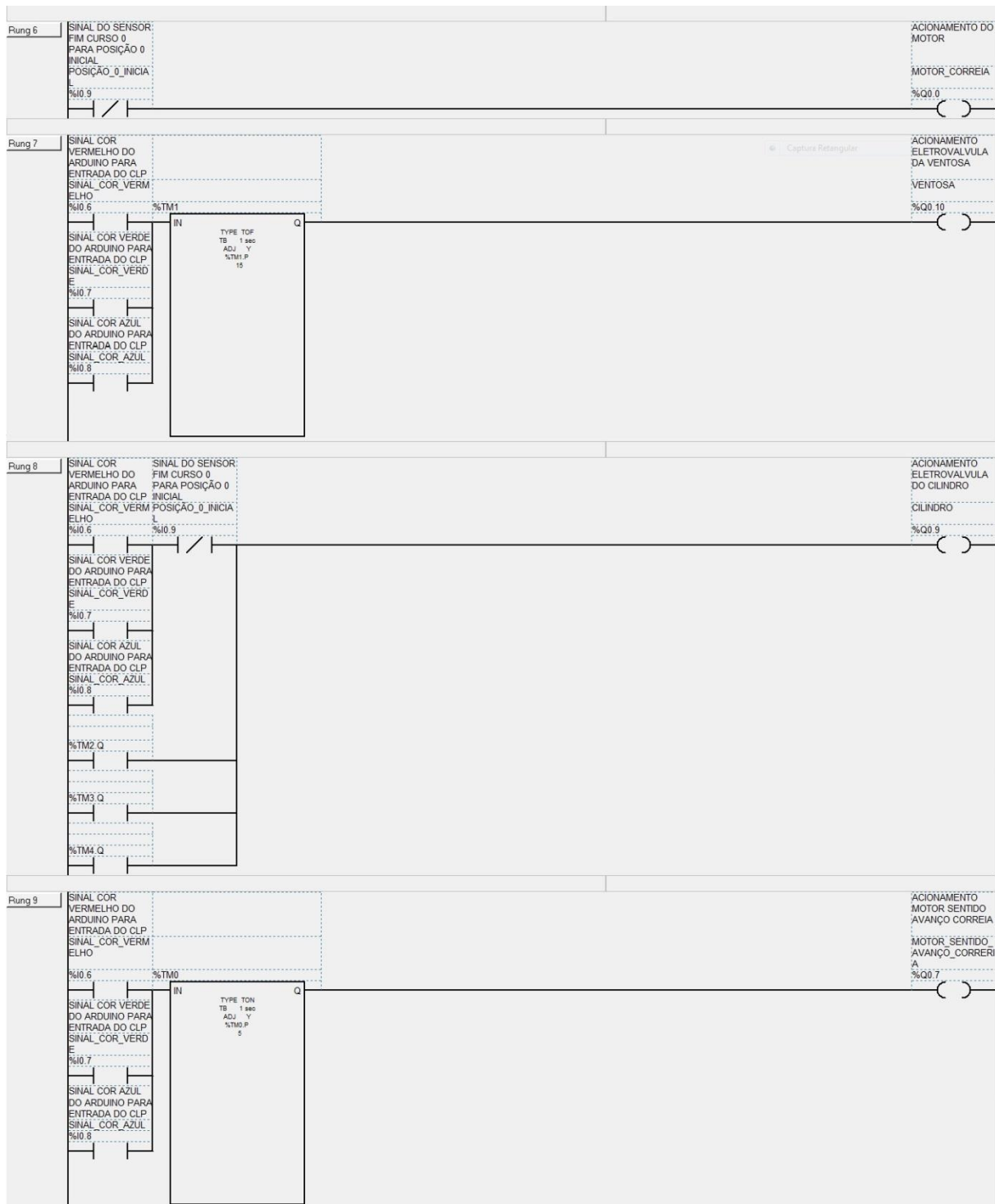
```
{
```

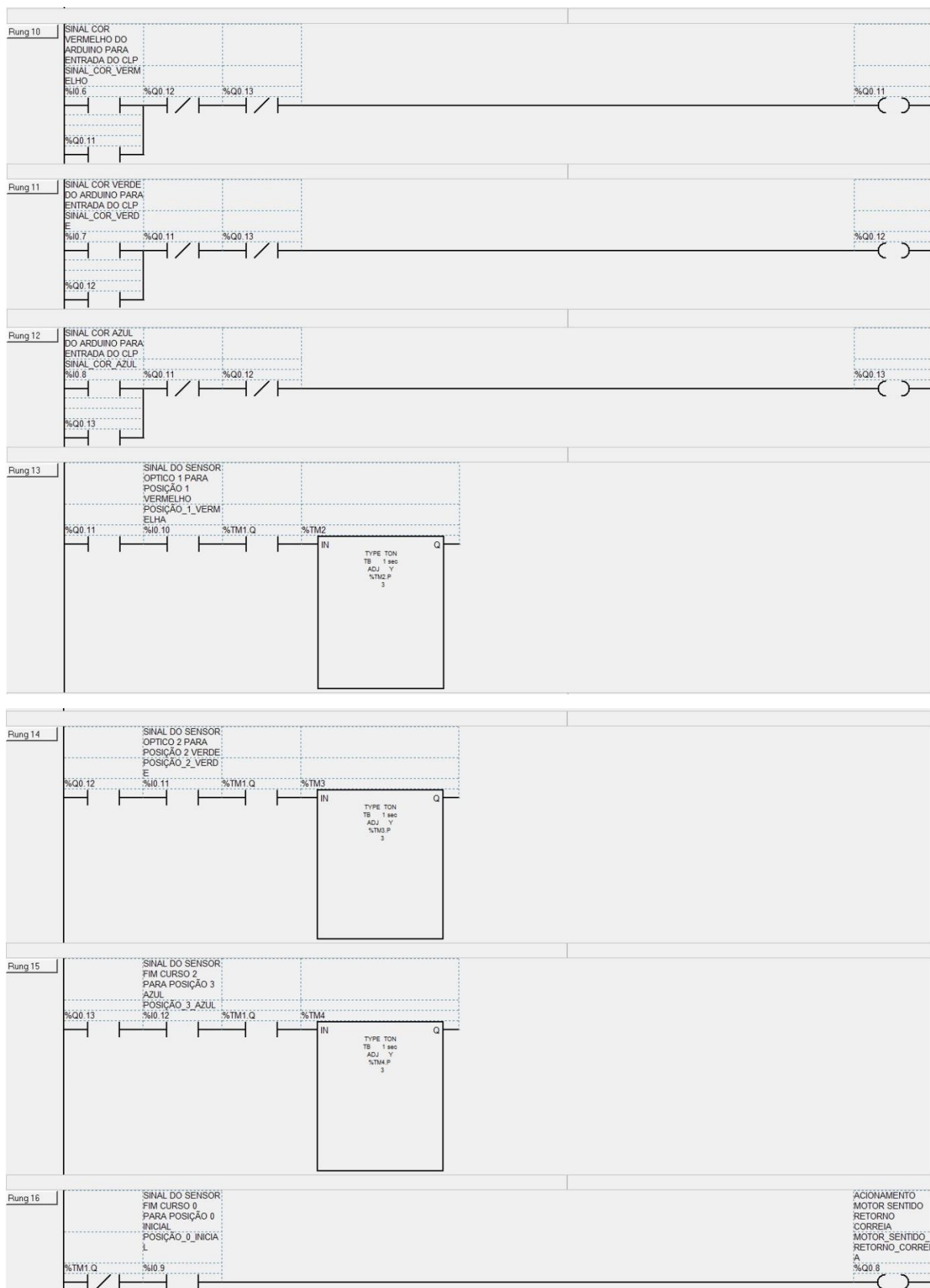
```
//Rotina que lê o valor das cores
```

```
digitalWrite(s2, LOW);
digitalWrite(s3, LOW);
//count OUT, pRed, RED
red = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s3, HIGH);
//count OUT, pBLUE, BLUE
blue = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(s2, HIGH);
//count OUT, pGreen, GREEN
green = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
}
```

APÊNDICE C – Lógica de Programação Ladder







APÊNDICE D – Questionário de Avaliação por Discentes da Utilização do Módulo Instrucional Didático

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC

Aluno: Cristiano Fracasso

DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO INSTRUCIONAL DIDÁTICO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Questionário de avaliação por discentes da utilização do módulo instrucional didático

Levando-se em consideração a utilização do módulo instrucional didático numa atividade de ensino-aprendizagem pergunta-se:

Em relação aos equipamentos e componentes pneumáticos e eletropneumáticos apresentados, qual seu nível de conhecimento anterior à apresentação?

- () de 0 a 24% - Muito pouco () de 75% a 89% - Muito bom
() de 25% a 59% - Pouco () de 90% a 100% - Excelente
() de 60% a 74% - Bom

Em relação aos equipamentos e componentes pneumáticos apresentados, qual seu nível de conhecimento anterior à apresentação?

- () de 0 a 24% - Muito pouco () de 75% a 89% - Muito bom
() de 25% a 59% - Pouco () de 90% a 100% - Excelente
() de 60% a 74% - Bom

Em relação ao equipamento Arduíno e componentes (sensor de cor) apresentados, qual seu nível de conhecimento anterior à apresentação?

- () de 0 a 24% - Muito pouco () de 75% a 89% - Muito bom
() de 25% a 59% - Pouco () de 90% a 100% - Excelente
() de 60% a 74% - Bom

Este módulo contribuiu para a melhoria da compreensão do sistema apresentado?
Se sim, em que nível você classifica essa melhoria?

- () de 0 a 24% - Muito pouco () de 75% a 89% - Muito bom
() de 25% a 59% - Pouco () de 90% a 100% - Excelente

() de 60% a 74% - Bom

Considere para as questões 5, 6 e 7 as seguintes definições dos indicadores:

Contextualização: o quanto a atividade foi capaz de adicionar a visão de um ambiente real.

Compleitude: o quanto a atividade demonstrou ser completa em relação aos conteúdos abordados.

Atenção: o quanto a atividade foi capaz de manter o foco na apresentação e explicações.

Assimilação: referente à compreensão do que foi apresentado e a integração aos saberes prévios possuídos.

Motivação: o quanto a atividade foi inspiradora

Em comparação com os laboratórios convencionais (Bancadas) disponíveis no laboratório, o módulo instrucional didático proposto representou alguma melhoria no processo de ensino-aprendizagem? Se for o caso, em qual nível % você classifica essa melhoria conforme os critérios:

Critérios	Muito Pouco (até 24%)	Pouco (25% a 59%)	Bom (60% a 74%)	Muito Bom (75% a 89%)	Excelente (90% a 100%)
Contextualização					
Compleitude					
Atenção					
Assimilação					
Motivação					

Em comparação com o modelo de aulas tradicionais dissertativas relacionados ao componente CLP, o módulo instrucional didático proposto representou alguma melhoria no processo de ensino-aprendizagem? Se sim, em que nível % você classifica essa melhoria conforme os critérios:

Critérios	Muito Pouco (até 24%)	Pouco (25% a 59%)	Bom (60% a 74%)	Muito Bom (75% a 89%)	Excelente (90% a 100%)
Contextualização					
Compleitude					
Atenção					
Assimilação					
Motivação					

Em comparação com o modelo de aulas tradicionais dissertativas relacionados a linguagem *Ladder*, o módulo didático proposto representou alguma melhoria no processo de ensino-aprendizagem? Se sim, em que nível % você classifica essa melhoria conforme os critérios:

Critérios	Muito Pouco (até 24%)	Pouco (25% a 59%)	Bom (60% a 74%)	Muito Bom (75% a 89%)	Excelente (90% a 100%)
Contextualização					
Compleitude					
Atenção					
Assimilação					
Motivação					

Como você pode resumir o seu entendimento sobre o funcionamento do módulo instrucional didático apresentado?

- () Não ajudou no entendimento.
 () Consegui assimilar em partes, fiquei um pouco confuso.
 () Gostei do módulo didático e compreendi o assunto.
 () Gostei, entendi e me interessei sobre o assunto abordado.
 () Outros:

Acha interessante a utilização deste módulo didático nas disciplinas curriculares da Engenharia de Produção?

- () SIM () NÃO

Se sim, em sua opinião, em quais disciplinas se utilizariam: