

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GENIR DOS SANTOS ROCHA

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA, ESTEIRA
TRANSPORTADORA, CONTADORA E SELETORA DE PEÇAS

Jataí - GO

2021

GENIR DOS SANTOS ROCHA

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA, ESTEIRA
TRANSPORTADORA, CONTADORA E SELETORA DE PEÇAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Professor Me. Tiago Romeiro de Jesus.

Coorientadora: Professora Ma. Camila Dias De Jesus.

Jataí - GO

2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

GENIR DOS SANTOS ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA: ESTEIRA TRANSPORTADORA, CONTADORA E SELETORA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Monografia defendida e aprovada, em 28 de julho de 2021, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Tiago Romeiro de Jesus
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Ma. Camila Dias de Jesus
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Ma. Kennya Resende Mendonça
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Ma. Patrícia Gomes Souza de Freitas
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Jataí – GO
2021

Documento assinado eletronicamente por:

- **Andre Luiz Silva Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/07/2021 13:51:53.
- **Patricia Gomes de Souza Freitas, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/07/2021 13:47:17.
- **Camila Dias de Jesus, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/07/2021 13:28:29.
- **Kennya Resende Mendonca, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/07/2021 11:32:29.
- **Tiago Romeiro de Jesus, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/07/2021 10:57:47.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/07/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 183872

Código de Autenticação: 89c35fd6b6



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua Maria Vieira Cunha, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0843 (ramal: 843)



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia - Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Genir Dos Santos Rocha

Matrícula: 20201020049237

Título do Trabalho: Desenvolvimento de uma banca de didática esteira transportadora, contadora e seletora de peixes.

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ 1. Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ 2. Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ 3. Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jatá
Local

13/09/2021
Data

Genir Dos Santos Rocha
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Rocha, Genir dos Santos.

Automação industrial: desenvolvimento de uma bancada didática, esteira transportadora, contadora e seletora de peças / Genir dos Santos Rocha. -- Jataí: IFG, Departamento de Processos Industriais – Engenharia Elétrica, 2021.

66 f., il.

Orientador: Prof. Me. Tiago Romeiro de Jesus.

Co-orientadora: Profa. Ma. Camila Dias de Jesus.

Bibliografias. Apêndices.

1. Automação. 2. Didático. 3. Esteira. 4. Contadora e Seleção. I. Jesus, Tiago Romeiro de. II. Jesus, Camila Dias de. III. IFG, Câmpus Jataí. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me dar força física e mental para suportar essa longa e difícil trajetória.

Ao meu querido esposo, Ronaldo Adriano Pinto, que sempre esteve ao meu lado me apoiando em todos os momentos.

Aos meus pais, Gerônimo Santana Rocha e Lucilda dos Santos Rocha que sempre me incentivaram.

Aos meus colegas e amigos do Instituto Federal de Goiás, em especial ao Lucas Oliveira Lima por sua disponibilidade.

Aos professores, Ma. Aline da Silva Magalhães, Dr. José Antônio Lambert, Dr. Luciano de Souza da Costa, Dr. André Luiz Silva Pereira, Ma. Kennya Mendonça e Ma. Patrícia Gomes de Souza Freitas, por todo conhecimento compartilhado. Fizeram muita diferença na minha vida.

Ao meu orientador, professor Me. Tiago Romeiro de Jesus e a minha coorientadora, professora Ma. Camila Dias De Jesus, por confiar e acreditar na minha capacidade para realizar esse importante trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram na conclusão dessa grande e importante jornada.

*“Aprendemos quando resolvemos nossas dívidas,
superamos nossas incertezas, satisfazemos nossa
curiosidade.”*

Maria Teresa Mantoan.

RESUMO

O processo de formação profissional ou tecnológica fornecida pelas instituições de ensino, de modo geral, necessita de recursos didáticos que auxiliem, professores e alunos. Esses recursos didáticos podem auxiliar os professores a ministrarem suas aulas de forma mais eficiente. Consequentemente, auxiliam os alunos na absorção dos conteúdos teóricos. Um tipo de recurso didático interessante, são as bancadas didáticas, pois têm influenciado positivamente no comportamento e na forma de pensar do discente diante da realidade do mercado de trabalho. As bancadas didáticas ajudam no entendimento dos conteúdos teóricos trabalhados durante as aulas. Na área da Engenharia Elétrica, por exemplo, auxiliam durante o estudo de disciplinas, como: CLP (Controlador Lógico Programável), Pneumática, Circuitos Elétricos e Acionamentos Elétricos. Este projeto visa o desenvolvimento de uma bancada didática que simula parte de um processo industrial. A bancada é composta por uma esteira transportadora, contadora e seletora de peças, bem como sensores, atuadores pneumáticos e painel de controle. Através do código de programação Ladder, inserido no CLP, foi possível fazer o controle dos componentes da bancada. Os sensores ao detectarem as peças, emitem pulsos elétricos nas entradas digitais do CLP, o controlador do sistema. Esses pulsos elétricos possibilitam que o CLP, faça a contagem das peças. O controlador lê e processa as informações recebidas, em seguida toma decisões de acordo com o algoritmo nele inserido. Posteriormente, uma das saídas a relé respectiva ao tipo de peça é acionada e o cilindro pneumático empurra a peça para a caixa de armazenagem a que pertence. O ciclo se repete até que chegue à quantidade de peças estabelecida na programação, consequentemente, faz o sistema parar. Além disso, o sistema gerado, futuramente terá uma aplicabilidade para o ensino de disciplinas do curso de bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Goiás, campus Jataí e possibilitará o estudo de novas metodologias de ensino.

Palavras-chave: Automação. Didático. Esteira. Contadora e Seleção.

ABSTRACT

The process of professional or technological training provided by educational institutions, in general, requires didactic resources to help teachers and students. These teaching resources can help teachers to teach their classes more efficiently. Consequently, they help students to absorb theoretical content. An interesting type of teaching resource is the didactic benches, as they have positively influenced the behavior and way of thinking of students in face of the reality of the labor market. The didactic benches help to understand the theoretical contents worked during classes. In the area of Electrical Engineering, for example, they help during the study of subjects such as: PLC (Programmable Logic Controller), Pneumatics, Electrical Circuits and Electrical Drives. This project aims to develop a didactic bench that simulates part of an industrial process. The workbench comprises a conveyor belt, counter and parts selector, as well as sensors, pneumatic actuators and a control panel. Through the Ladder programming code, inserted in the PLC, it was possible to control the bench components. When detecting the parts, the sensors emit electrical pulses on the digital inputs of the PLC, the system controller. These electrical pulses allow the PLC to count the pieces. The controller reads and processes the information received, then makes decisions according to the algorithm inserted in it. Afterwards, one of the relay outputs corresponding to the type of part is activated and the pneumatic cylinder pushes the part to the storage box to which it belongs. The cycle is repeated until it reaches the quantity of parts established in the schedule, consequently, it makes the system stop. In addition, the generated system will, in the future, have applicability for the teaching of subjects of the Bachelor's Degree in Electrical Engineering at the Federal Institute of Goiás, Jataí campus, and will enable the study of new teaching methodologies.

Keywords: Automation. Didactic. Running machine. Accountant and Selection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conceito de automação	16
Figura 2 - Princípio de funcionamento do CLP.....	20
Figura 3 - Partes principais de um motor CC. a) Rotor, b) Estator.	22
Figura 4 - Estrutura do sensor indutivo	23
Figura 5 - Compressor com manômetro	25
Figura 6 – Diagrama do sistema de acionamento pneumático	25
Figura 7 - Diagrama de funcionamento da bancada	29
Figura 8 - Diagrama em blocos do sistema de controle	31
Figura 9 - Fluxograma do código de programação	32
Figura 10 – CLP-CLIC02	33
Figura 11 - Alimentação e proteção do CLIC 02	34
Figura 12 - Kit esteira com motor CC acoplado.....	35
Figura 13 - Sensor indutivo	36
Figura 14 - Sensor capacitivo	36
Figura 15 - Cilindro pneumático	37
Figura 16 - Válvula solenoide 5/2 vias 1/4 modelo: 4V210-08	37
Figura 17 – Compressor de ar comprimido	38
Figura 18 – Filtro regulador de pressão - Manômetro.....	38
Figura 19 - Botão de emergência.....	39
Figura 20 - Botão de pulso	39
Figura 21 - Leds sinalizadores.....	40
Figura 22 - Fonte CC de 24V	41
Figura 23 - Fonte de 12V.....	41
Figura 24 - Regulador de tensão.....	42
Figura 25 - Proteção das fontes de alimentação CC e proteção geral do sistema de controle.	43
Figura 26 - Alimentação e proteção do CLP CLIC 02, sensores e esteira	44
Figura 27 - Alimentação das saídas a relés do CLPFonte: autora.	45
Figura 28 - Acionamento dos leds e ligação do comando dos sensores.....	46
Figura 29 - Acionamento das válvulas solenoides	47
Figura 30 - Alimentação das botoeiras de pulso e botoeira de emergência	48
Figura 31 - Suporte dos sensores.....	49
Figura 32 - Suporte do cilindro pneumático.....	49

Figura 33 - Fixação dos componentes na bancada	50
Figura 34 – Acoplamento componentes	50
Figura 35 - Serra copo, furo e fixação dos componentes	51
Figura 36 – Interface software CLIC02 EDIT Application.....	52
Figura 37 - Cabo de comunicação - WEG CLW-02-ULINK.....	52
Figura 38 - Tampa de acesso a conexão do cabo de programação.....	53
Figura 39 - Ajuste do painel de controle na mesa da bancada	54
Figura 40 - Painel de controle - fase final	55
Figura 41 - Peças - metal e plástico.....	55
Figura 42 - Caixas e calhas.....	56
Figura 43 - Destino final das peças	57
Figura 44 - Código Ladder 1	58
Figura 45 - Código Ladder 2	59
Figura 46 - Código Ladder 3	60
Figura 47 - Código Ladder 4	60
Figura 48 – Código Ladder 5.....	61
Figura 49 - Bancada finalizada.....	62
Figura 50 – Vista superior esquerda da bancada	63
Figura 51 - Vista superior direita da bancada.....	63
Figura 52 - Link de acesso ao vídeo da banca em pleno funcionamento	64
Figura 53 - Entrega da bancada ao IFG.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de materiais.....	71
------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CLP	Controlador Lógico Programável (Programmable Logic Controller)
IHM	Interface Homem-Máquina
LCD	Liquid Crystal Display (tela de cristal líquido)
DC/CC	Direct current (Corrente contínua)
min	Minutos
cm	Centímetros
mm	Milímetros
V	Volt
%	Porcentagem
°	Graus
°C	Graus Celsius
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado

SUMÁRIO

SEÇÃO 1	15
INTRODUÇÃO	15
<i>1.1 - Considerações Iniciais</i>	<i>15</i>
<i>1.2 - Objetivo Geral.....</i>	<i>17</i>
<u>1.2.1 - Objetivo Geral</u>	<u>18</u>
<u>1.2.2 - Objetivo Específico</u>	<u>18</u>
<i>1.3 – Estrutura do trabalho</i>	<i>18</i>
SEÇÃO 2	19
AUTOMAÇÃO	19
<i>2.1 – CLP (Controlador Lógico programável)</i>	<i>20</i>
<u>2.1.1 – Relação entre os contatos virtuais do CLP e a conexão física</u>	<u>21</u>
<i>2.2 - Esteiras e os motores CC (corrente continua).....</i>	<i>22</i>
<i>2.3 - Sensores indutivos e capacitivos</i>	<i>22</i>
<i>2.4 - Pneumática e Eletropneumática.....</i>	<i>23</i>
<u>2.4.1 - Válvula Solenoide</u>	<u>24</u>
<u>2.4.2 - Cilindro Pneumático.....</u>	<u>24</u>
<u>2.4.3 - Compressor e manômetro.....</u>	<u>24</u>
SEÇÃO 3	26
<i>3.1 Envolvimento com o tema</i>	<i>26</i>
SEÇÃO 4	28
MATERIAIS E METODOS	28
<i>4.1 Descrição e funcionamento da bancada didática.....</i>	<i>28</i>
<i>4.3 Adaptações necessárias</i>	<i>30</i>
<i>4.4 Diagrama em Blocos</i>	<i>30</i>
<i>4.5 - Fluxograma de funcionamento do sistema de controle.....</i>	<i>31</i>
<i>4.6 - Aquisição dos componentes</i>	<i>33</i>
<u>4.6.1 - Controlador Lógico Programável (CLP) - CLIC02</u>	<u>33</u>
<u>4.6.2 - Esteira transportadora + motor CC</u>	<u>35</u>
<u>4.6.3 - Sensor indutivo.....</u>	<u>35</u>
<u>4.6.4 - Sensor capacitivo.....</u>	<u>36</u>
<u>4.6.5 - Cilindro pneumático.....</u>	<u>36</u>
<u>4.6.6 - Válvula solenoide.....</u>	<u>37</u>

4.6.7 - Compressor de ar.....	37
3.6.8 - Manômetro – Regulador de pressão.....	38
4.6.9 – Botão de emergência	39
4.6.10 – Botões de pulso.....	39
4.6.11 – Leds sinalizadores.....	40
4.7 – Fontes de alimentação da bancada didática.....	40
4.7.1 - Fonte de 24V	40
4.7.2 - Fonte de 12V	41
4.7.3 - Regulador de tensão	42
4.8 – Esquemáticos - Acionamento do painel de controle	42
4.8.1 - Parte I – Proteção das fontes	42
4.8.2 - Parte II - Alimentação e proteção do CLP CLIC 02, sensores e esteira	43
4.8.3 - Parte III - Alimentação das saídas a relés do CLP	44
4.8.4 - Parte IV - Acionamento dos leds e ligação de comando dos sensores.....	45
4.8.5 - Parte V - Acionamento das válvulas solenoides	46
4.8.6 - Parte VI - Alimentação das botoeiras de pulso e botoeira de emergência	47
4.9 - Desenvolvimento e Materiais utilizados	48
4.9.1 - Design e acoplamento dos componentes da bancada.....	48
4.9.2 - Desenvolvimento do painel de controle	50
4.10 – Desenvolvimento do código de programação	51
SEÇÃO 5	54
RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1 - Fixação do painel na bancada.....	54
5.2 – Resultado da confecção das peças	55
5.2.1 – Calhas e caixas de armazenagem das peças	56
5.3 - Código de programação (LADDER)	57
5.3.1 – Parte I código Ladder	57
5.3.2 – Parte II código Ladder	58
5.3.3 – Parte III código Ladder.....	59
5.3.4 – Parte IV código Ladder.....	60
5.3.5 – Parte V código Ladder	61

5.4 Protótipo finalizado	61
5.4.1 - Testes com a bancada.....	61
SEÇÃO 6.....	67
CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
6.1 Conclusões	67
6.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE A - LISTA DE MATERIAIS COM ESTIMATIVA DE CUSTOS	71
APÊNDICE B - MANUAL DO USUÁRIO.....	73

SEÇÃO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações Iniciais

Desde o início da história, o homem cria invenções para tornar o dia a dia mais fácil e prático. Arar a terra utilizando a tração animal na agricultura, a criação da roda d'água para geração de energia elétrica e os moinhos de vento, são algumas invenções que foram tornando-se ultrapassadas devido ao desenvolvimento dos estudos e/ou pesquisas (ROGGIA; FUENTES, 2016).

A automação agrega de forma inteligente aos diferentes tipos de processos, fazendo com que o esforço físico empregado em atividades distintas, seja substituído mediante a utilização de máquinas, possibilitando que o controle de um determinado processo ocorra de forma automática. Um sistema automático possui instrumentos que interagem entre si, trocam informações e tomam suas próprias decisões controlando seu sistema sem a necessidade da intervenção humana. A automação corresponde a uma área muito ampla e exige conhecimentos em áreas distintas, pois está presente nas residências, indústrias e comércios (ROGGIA; FUENTES, 2016, p. 15).

Atualmente, a área da automação vem crescendo muito rapidamente. E consequentemente, surgem novos protocolos de serviços, que envolve desde o desenvolvimento de novas formas de comunicação até a implementação em hardware, sistemas embarcados. A tecnologia Fieldbus é um exemplo de nova forma de comunicação, que promete gerar bastante impacto no meio de produtividade, pois promete substituir a atual conexão física, ponto a ponto, por conexões que interligam diversos equipamentos por um único par de fios, conexão multiponto. Isso garante uma enorme economia de mão de obra, cabos, borneiras e bandejas (ROSÁRIO, 2012).

Portanto, o comportamento, anterior, da sociedade de observar, decidir e se esforçar, foram substituídos pela interação dos conhecimentos, dos quais são campos abrangidos pela automação, conforme pode ser verificado na Figura 1, a seguir. Envolvem modelagem de sistemas, computadores, redes de comunicação e sistemas lógicos, software e aquisição de dados e sensores e atuadores (ROSÁRIO, 2012).

Figura 1 - Conceito de automação



Fonte: Rosário, (2012).

A interação desses conceitos, se transformaram em um dos maiores saltos tecnológicos na história da humanidade. Entretanto, surge na sociedade, a necessidade de buscar conhecimentos pertinentes, as áreas da automação.

Consequentemente, a competitividade no mercado de trabalho, exige profissionais qualificados para lidar com os novos modelos de processos. Portanto, pressupõe que as instituições de ensino devem estar preparadas para capacitar profissionais conforme a demanda do mercado de trabalho, transmitindo conhecimento teórico e prático. Deve ser observada a relevância da abordagem prática dos conteúdos pertinentes aos diferentes campos da Engenharia Elétrica.

De acordo com Souza e Dourado (2015 apud CARVALHO, 2018), a aprendizagem baseada em problemas ou em projetos, prometem mudar, positivamente, a metodologia de ensino tradicional. Proporcionando que os problemas sejam resolvidos a partir de um determinado contexto. Isso deve estimular o estudante, a construir seu próprio conhecimento e se aprimorar para o mercado de trabalho.

É importante ressaltar que os conceitos transmitidos pelos professores aos alunos, intermediado pelas instituições de ensino, auxiliam na construção de um determinado nível de conhecimento. Possibilitando que o estudante, futuro profissional, use esse conhecimento para solucionar problemas futuros, e assim, consolidar o aprendizado de maior relevância.

Portanto, a otimização dos recursos didáticos, que associem os conceitos adquiridos com atividades práticas, são de suma importância para que os estudantes sejam estimulados a buscarem, de forma independente, novos conhecimentos específicos das áreas tecnológicas que futuramente vão atuar (CARVALHO, 2018).

As bancadas didáticas, são exemplos de recursos didáticos otimizados. São voltadas para a aprendizagem e, normalmente, representam uma miniaturização de um determinado modelo de processo existente no mercado de trabalho. Porém, atualmente, o custo de uma bancada didática comercial, é consideravelmente elevado, além de possuírem poucos recursos, o que dificulta a aquisição desse tipo de produto (BERNUY; SOUZA, 2007 apud MARQUES et al., 2018).

“As instituições de ensino utilizam bancadas didáticas nas mais diversas áreas, como a elétrica e a mecânica. Essas bancadas, geralmente, são adquiridas de fornecedores destinados à produção exclusiva das mesmas, no entanto, elas acabam não possuindo as funcionalidades aplicáveis à realidade da instituição, além de possuírem um custo elevado” (MARQUES et al., 2018, p. 48).

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo desenvolver uma bancada didática, a custos mais atrativos, que auxilie os alunos na absorção dos conteúdos pertinentes ao contexto da automação industrial. Além disso, a bancada pode auxiliar os professores na ministração das suas aulas.

Observar as bancadas didáticas disponíveis no mercado, foi de fundamental importância para a escolha da função dessa bancada didática. A conclusão desse projeto será de suma importância, para elevação dos níveis de conhecimento dos alunos, tornando-se estimulante e proveitoso a sua realização (BERNUY; SOUZA, 2007 apud MARQUES et al., 2018).

Neste projeto, é executado o controle de um processo que faz a contagem e a separação de peças de acordo com o tipo de material, o plástico e o metal. Esse controle é possível através do hardware CLP (Controlador Lógico Programável) em conjunto com uma esteira transportadora, sensores e atuadores que compõem a bancada. O CLP toma as decisões pré-estabelecidas em sua programação. A esteira é responsável por transportar as peças, os sensores as detectam, o CLP lê as informações recebidas, efetua a contagem e aciona o cilindro pneumático, que por sua vez, empurra a peça ao seu destino.

1.2 - Objetivo Geral

A seguir apresenta-se o objetivo geral e objetivos específicos:

1.2.1 - Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal possibilitar aos alunos, do Instituto Federal de Goiás, Câmpus de Jataí, a capacidade de compreender, analisar e absorver os conteúdos teóricos pertinentes a área da automação. Portanto, está diretamente relacionado com a conclusão da bancada didática.

1.2.2 - Objetivo Específico

Permitir humildemente, a extração dos principais conceitos de automação, durante o desenvolvimento da bancada. Conceitos envolvidos em disciplinas como, CLP, pneumática, eletrônica, programação, etc. Consequentemente, consolidar os conhecimentos adquiridos.

1.3 – Estrutura do trabalho

Este trabalho é composto por seis seções:

Seção 1 – É a seção dedicada a introdução, aborda os principais conceitos relacionados ao trabalho. Apresenta as justificativas, o objetivo geral e os objetivos específicos.

Seção 2 – Apresentação da fundamentação teórica sobre a automação. Serão apresentados os principais conceitos dos componentes relacionados.

Seção 3 – Apresentação do envolvimento com o tema do projeto.

Seção 4 - Apresentação do desenvolvimento e implementação do sistema de automação da bancada didática. Abordando as etapas da fabricação de cada item da bancada.

Seção 5 – Apresentação dos resultados e as discussões referentes ao desenvolvimento do trabalho.

Seção 6 - Apresentação das conclusões obtidas e as sugestões para trabalhos futuros a partir da construção do protótipo.

Nos apêndices são apresentadas algumas complementações.

Apêndice A, é apresentado a tabela com a lista dos materiais utilizados para construir a bancada.

Apêndice B, é apresentado ao usuário, o manual do usuário, para informar sobre os cuidados com a bancada, bem como orientação do seu funcionamento.

SEÇÃO 2

AUTOMAÇÃO

Os sistemas de automação são eficientes e versáteis, pois são econômicos e possuem uma considerável velocidade de operação. Surgiram conforme a necessidade da sociedade em substituir o trabalho cansativo e repetitivo por processo automático e econômico. Primeiramente, com a criação das ferramentas de trabalho, posteriormente com uso da energia elétrica para acioná-las. Daí surgiu a necessidade de obter informações de todo o processo com ferramentas de instrumentação. E por fim, a inserção da programação para realizar esse controle (RIBEIRO, 1999).

Segundo Silva (2017, pag. 17), ambientes automatizados só são possíveis devido, à grande revolução no ramo da automação com o surgimento da tecnologia dos circuitos integrados (CI's) e dos microprocessadores. Essas tecnologias trouxeram a possibilidade da implementação da linguagem de programação em softwares, os algoritmos. O programador faz a modelagem do sistema, de acordo com o comportamento desejado para o ambiente em que está inserido.

Portanto, de acordo com Ribeiro (1999, p. 1.1), o conceito de automação varia de acordo com o ambiente e a pessoa envolvida, cuja à atividade relaciona a interação entre a energia elétrica, a energia mecânica e/ou programação.

A máquina de lavar roupas, geralmente, está destinada ao ambiente domiciliar. Ambiente que exige do sistema operacional, controles distintos de funcionamento, de fácil entendimento, e facilidade de operação. Pois, o operador (domiciliar) precisa entender como o sistema funciona. Então, poderá escolher qual o tipo de lavagem desejada.

Um robô que está destinado ao ambiente industrial, geralmente, é utilizado para substituir tarefas perigosas e/ou repetitivas. Este ambiente exige que as pessoas envolvidas tenham conhecimento, treinamento, para estarem aptas a lidarem com os processos automáticos envolvidos (RIBEIRO, 1999).

Existem vários outros exemplos de ambientes automatizados. O que distingue é o comportamento entre o sistema e as pessoas envolvidas.

Para o sistema automático interagir entre si, facilitando o modo de vida das pessoas, são necessários alguns elementos básicos de operação. Geralmente os computadores tem um papel muito importante, pois possuem uma grande capacidade de processamento e armazenamento de dados e, normalmente, exercem a função do controlador do sistema. Outro controlador que

pode ser utilizado em sistemas automáticos, são os CLP's (controladores Lógicos programáveis).

De acordo com Roggia e Fuentes (2016), os sensores são os elementos utilizados para os mais diferentes tipos de processos, pois possuem uma variedade enorme de aplicações, como temperatura, umidade, presença, pressão, vazão, entre outros. Devem ser bem compreendidos para que possam serem empregados corretamente nos ambientes. Enviam informações do processo para o controlador.

Já os atuadores são os elementos que atuam conforme as decisões do controlador, que por sua vez, controla de acordo com o algoritmo nele inserido. Os atuadores podem ser mecânicos, pneumáticos, hidráulicos, entre outros.

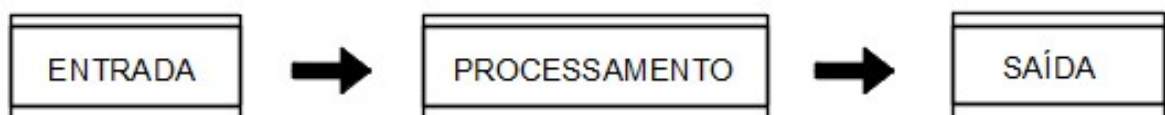
A seguir, são apresentados os principais conceitos dos sistemas e dos componentes envolvidos no contexto da automação, cuja aplicação foi utilizada no decorrer do desenvolvimento do projeto.

2.1 – CLP (Controlador Lógico programável)

Segundo Silva (2007), o CLP é um dispositivo que possui uma unidade central de processamento (CPU) que controla, comanda e supervisiona operações relacionadas à processos. Possui entradas e saídas digitais e analógicas e comporta uma memória que permite ao usuário programá-lo através de linguagens de programação.

É através das entradas que o CLP recebe informações sobre o processo. Essas informações são processadas e conforme o código de programação toma as decisões enviando sinais as suas saídas. A Figura 2 a seguir mostra parte desse processo.

Figura 2 - Princípio de funcionamento do CLP



Fonte: Modificado de Oliveira (2006, p. 10).

O processamento das informações das entradas e saídas do CLP são realizados através de ciclos de varreduras, fazendo leituras, de forma sequencial, afirma Roggia e Fuentes (2016).

De acordo com Oliveira (2006), atualmente, devido ao surgimento dos microprocessadores e microcontroladores, os CLPs possuem maior capacidade de processamento, flexibilidade para programação e expansão, comunicação em rede, manipulação de dados, aumento da memória e a possibilidade de fazer operações lógicas e aritméticas e são pertencentes a 5ª geração de fabricação.

Diante da vasta procura por CLP's, essencialmente no meio industrial, atualmente buscada padronização dos protocolos de comunicação dos CLP's, visando facilitar a comunicação entre CLPs de fabricantes diferentes, (OLIVEIRA, 2006).

O CLP possibilita que o usuário adquira conhecimento quanto a linguagens de programação, oferece meios para que o usuário faça alterações sem a necessidade de conectar-se a um computador, através da IHM (Interface Homem-Maquina). Essas alterações podem ser, uma modificação em um contador ou uma mudança no tempo de um temporizador, por exemplo.

2.1.1 – Relação entre os contatos virtuais do CLP e a conexão física

De acordo com Henrique (2018), o contato normalmente aberto é representado pela abreviatura NA. Um contato NA, significa que não há passagem de corrente elétrica entre suas extremidades/terminais quando está em repouso.

O contato normalmente fechado é representado pela sigla NF e significa que há a passagem de corrente entre seus terminais quando está em repouso. Os botões de pulso podem ser, NA, NF ou os dois estados ao mesmo tempo.

O contato de selo é utilizado para que haja a passagem de corrente elétrica seja garantida, mesmo após o usuário retirar o dedo do botão de pulso.

Contatos utilizados para fazer os intertravamentos são importantes para garantir a segurança do sistema.

“Intertravamento: Processo de ligação entre os contatos auxiliares de vários dispositivos, pelo qual as posições de operação desses dispositivos são dependentes umas das outras. Através do intertravamento, evita-se a ligação de certos dispositivos antes que os outros permitam essa ligação” (HENRIQUE, 2018).

Tanto os contatos empregados de forma virtual, na programação, quanto os contatos físicos se comportam da mesma maneira. Porém, quando há a representação física dos contatos virtuais do CLP deve-se tomar um pouco mais de atenção, devido ao modo de interpretação dos

níveis lógicos do CLP, zero sinal elétrico baixo ou um, sinal elétrico alto. O botão de emergência por exemplo, pode levar a esse tipo de problema, que será discutido na subseção 5.3.1 na linguagem de programação Ladder.

2.2 - Esteiras e os motores CC (corrente contínua)

Segundo Yamamoto et al. (2014), na indústria as esteiras transportadoras são elementos indispensáveis. São utilizadas nos mais diversos tipos de tarefas. O transporte de grãos de um setor para outro, por exemplo. O transporte de peças com o objetivo de selecioná-las conforme o tipo de material, entre outras. As esteiras utilizadas para o transporte de produtos de forma automática, normalmente são movimentadas por motores CC.

De acordo com Torga (2016) e Villar (2006), os motores CC são caracterizados por transformar energia elétrica em energia mecânica. São utilizados para acionar e/ou movimentar algum tipo de equipamento por sua grande facilidade de controle e versatilidade.

A Figura 3 a seguir, mostra as principais partes de um motor CC. São compostos por duas partes, o estator e rotor. A velocidade pode ser controlada através da tensão aplicada em seus terminais. Desse modo, o torque permanece constante e a potência varia proporcionalmente com a velocidade, como afirma Roggia e Fuentes (2016).

Figura 3 - Partes principais de um motor CC. a) Rotor, b) Estator.



Fonte: MATOS, (2008 p.14).

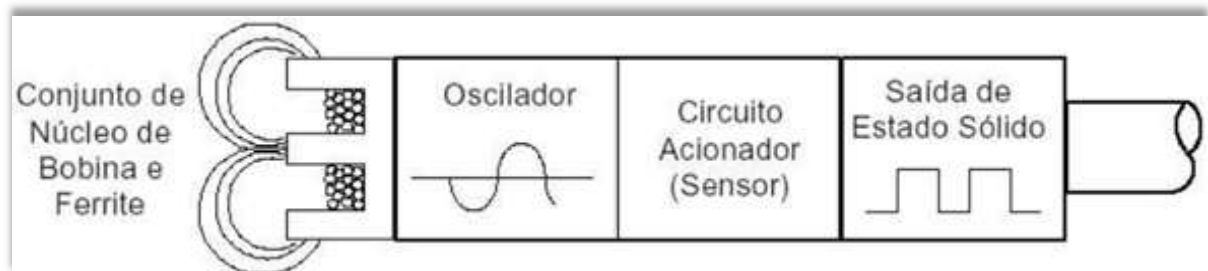
2.3 - Sensores indutivos e capacitivos

Esses tipos de sensores são alimentados por uma fonte de corrente contínua. Ligam ou desligam conforme o transistor localizado em sua saída. Esse transistor pode ser NPN ou PNP.

Os sensores são utilizados para a leitura das variáveis de processos. De acordo com Roggia e Fuentes (2016), os sensores digitais possuem dois estágios de saída, ligado ou desligado, sinal alto ou sinal baixo. São utilizados em sistemas automáticos para identificar a presença ou não de um determinado evento. É o elemento que detecta as alterações do meio em que está inserido e está conectado diretamente com a variável de processo.

A Figura 4 a seguir, mostra a estrutura do sensor indutivo, conjunto núcleo de ferrite e bobina, oscilador, circuito acionador e o circuito de saída. Possui uma bobina ressonante instalada em sua face que produz um campo eletromagnético que é absorvido quando um objeto de metal se aproxima e modifica a variável de saída (ROGGIA; FUENTES, 2016; CURZEL, 2013).

Figura 4 - Estrutura do sensor indutivo



Fonte: Modificado de Curzel, (2013).

Com princípio de funcionamento próximo ao anterior, o sensor capacitivo possui um circuito oscilador que é ativado ao perceber um objeto. O oscilador gera um campo elétrico devido a variação da capacitância interna modificando o estado de saída (WENDLING; 2010, p.16).

2.4 - Pneumática e Eletropneumática

De acordo com Silva (2002), a pneumática é um tipo de energia extraída do ar comprimido, que oferece solução eficiente e de baixo custo. Esse tipo de fonte de energia passou a ser utilizada na automação industrial, a partir do século XX para acionamentos e comandos elétricos.

Segundo Bonacorso e Noll (2000), a combinação da energia elétrica com a energia pneumática chamamos de eletropneumática. O uso de dispositivos, como as válvulas pneumáticas com solenoides, tem causado efeito positivo nos sistemas de automação, para

controlar força e movimento mecânico, bastante difundida na indústria, em equipamentos hospitalares ou em veículos, devido a facilidade de implantação.

2.4.1 - Válvula Solenoide

Estudos e pesquisas sobre eletromagnetismo possibilitaram o surgimento das válvulas eletropneumáticas. As válvulas com solenoides funcionam de modo que ao receberem comandos elétricos em suas bobinas, liberam a passagem do ar para acionar os atuadores/cilindros que por sua vez transformam a energia pneumática em energia mecânica.

“Em eletroválvulas pneumáticas, quando o campo magnético é gerado em consequência da energização da bobina, o êmbolo da válvula é atraído. Esta atração do êmbolo, por sua vez, resulta na abertura ou fechamento das tubulações do ar comprimido no interior da carcaça da válvula” (ROGGIA; FUENTES, 2016).

2.4.2 - Cilindro Pneumático

De acordo com Wendling (2010, p. 3) a pressão é um fenômeno físico considerada como uma variável que é modificada pelo atuador. O atuador transforma a variável de processo em energia mecânica.

Os cilindros são regulamentados pelas normas internacionais ISO 6430 e 6432, que definem as características técnicas como o tipo, dimensões, pressão de trabalho, tipo de fluido, material etc. Especificamente a (Organização Internacional de Normalização) ISO 6432 padroniza cilindros com diâmetros a partir de 10 mm como cilindros MINI - ISO.

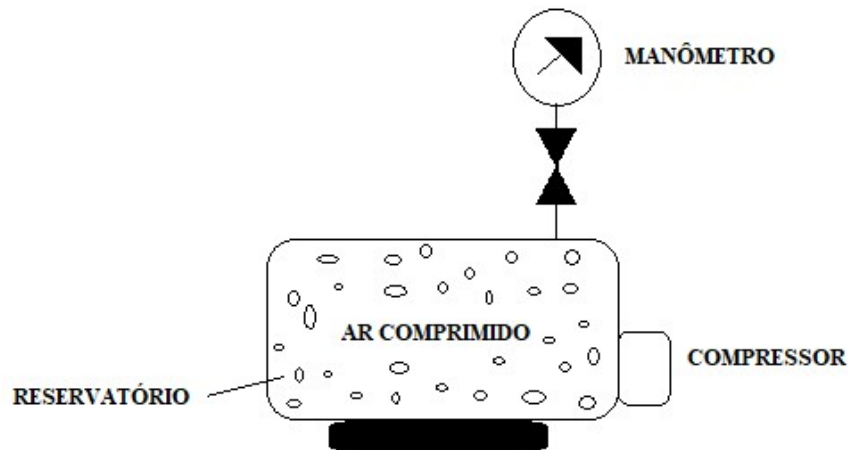
2.4.3 - Compressor e manômetro

Para que o sistema eletropneumático funcione é necessário utilizar compressores de ar comprimido. O compressor é um recipiente onde é armazenado ar comprimido a uma determinada pressão (força por unidade de área, $\frac{F}{A}$). Esse recipiente fechado possui uma válvula de retenção que impede que o ar saia após a compressão. Quanto maior a quantidade de ar comprimido maior a pressão. A unidade de pressão determinada pelo S.I. é em N/m² ou Pa. (UERJ, 2012 pag.6).

O manômetro é utilizado para regular a pressão desejada para gerar força em um determinado sistema.

A Figura 5 a seguir, ilustra esquematicamente um sistema de ar comprimido em que um manômetro é empregado para a regulação da pressão do ar.

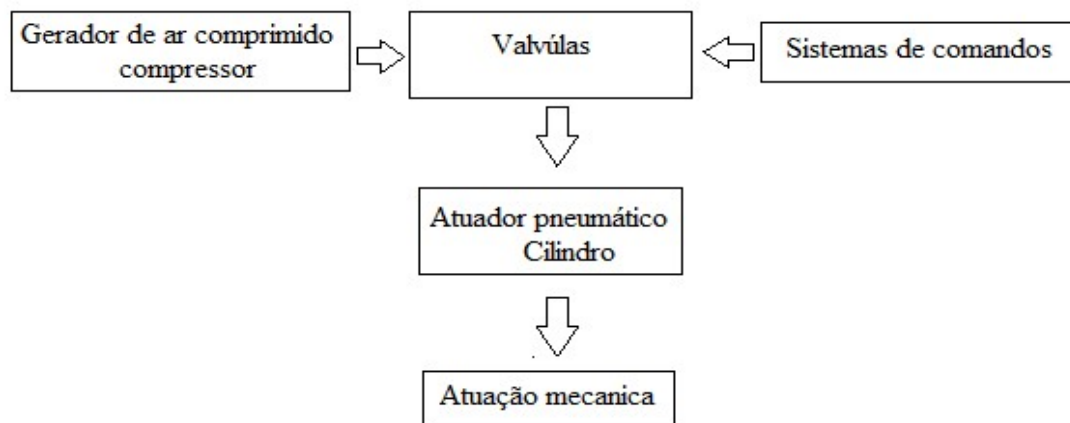
Figura 5 - Compressor com manômetro



Fonte: Adaptado de (UERJ, 2012 p.6).

Segundo Silva (2002), nos sistemas de ar comprimido, as válvulas são conectadas ao sistema e são controladas por solenoides, a uma determinada pressão. Os solenoides aguardam sinais elétricos do sistema de comando e assim que os recebem, liberam a passagem do ar comprimido. Após o ar ser liberado, o atuador mecânico é acionado, como no diagrama ilustrado na Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Diagrama do sistema de acionamento pneumático



Fonte: Adaptado de Bonacorso, (2007).

SEÇÃO 3

3.1 Envolvimento com o tema

Os aspectos sociais e técnicos de uma organização ou a sociedade como um todo, nos leva a observar a problemática que envolve o processo formativo nos cursos das áreas de Engenharia. Normalmente, para ingressar em uma universidade, o estudante precisa optar pelo curso que desperta seu interesse. Entretanto, é possível que muitos deles não tenham ou nunca tiveram contato com sua área de interesse (BORDIM, 2018).

Portanto, é compreensível sentir-se completamente perdido ao optar por um curso que possua em sua grade curricular disciplinas que envolvam automação, Engenharia Elétrica por exemplo. Pois, previamente, o estudante não consegue compreender a interação entre os conteúdos teóricos das disciplinas envolvidas. Se esses conteúdos são mais ou menos importantes.

Entretanto, a fase mais importante na vida acadêmica é quando o estudante percebe a necessidade de compreender como funciona o sistema que ele está prestes a ser inserido. Isso acontece quando as aulas teóricas passam serem divididas com as aulas práticas. Infelizmente, isso não é sempre possível, pois o sistema brasileiro de educação ainda é falho neste quesito.

Precisamente durante as aulas práticas em laboratório que começa a surgir a curiosidade, provida pela dúvida, conseqüentemente, aguça a capacidade de buscar por mais conhecimentos, mesmo com todas as dificuldades e limitações que cada um possui (CARVALHO, 2018, BORDIM, 2018).

Entretanto, é possível que, além dos problemas pessoais e socioeconômicos que todos possuem em suas particularidades, o envolvimento do estudante com a grande quantidade de conteúdos teóricos, supram sua capacidade de avaliar, como exatamente esse ou aquele conteúdo irá beneficia-lo, futuramente, na busca por possíveis soluções para os problemas, quando ingressar no mercado de trabalho (BORDIM, 2018).

“A aposta, para uma possível mudança, é numa nova abordagem de educação. Os autores acreditam no aperfeiçoamento da condição humana através de uma educação mais reflexiva, crítica, libertadora, humanitária, contextualizada e comprometida com os problemas coletivos (BORDIN, 2018 p. 95).”

Infelizmente, essa improficiência ainda acontece e não é responsabilidade das instituições ou dos professores que ministram as aulas. Pois, obedecem ao sistema que lhe foram inseridos. A realidade é que o sistema atual de ensino tenta preparar os estudantes para absorverem uma razoável quantidade de conteúdos teóricos e pouca habilidade para o mercado de trabalho. Muitas vezes esse problema se justifica pela falta de outros métodos e/ou materiais que auxiliem a mudar essa realidade (DOS SANTOS, 2018).

Portanto, é importante destacar que a elaboração deste trabalho foi motivada pela percepção vivenciada pelas dificuldades encontradas, durante o curso de graduação, em assimilar a teoria com a prática. Principalmente, quando não há recursos auxiliem essa que as complementem.

“O fenômeno que desenvolve o conhecimento e o aprendizado baseia-se no “aprender fazendo”, já que o esforço intelectual desencadeia ações e avalia os erros, permitindo, assim, a aprendizagem da investigação, análise e conhecimento dos objetivos técnicos (AGUIRRE et al., 2007 apud MARQUES, 2018)”.

É de fundamental importância que mais ações como essa sejam incentivadas em prol de um cenário mais favorável tanto para os alunos, quanto para os professores.

SEÇÃO 4

MATERIAIS E METODOS

Nos subitens a seguir, são descritas as etapas da elaboração e implementação da bancada.

A bancada é composta por uma esteira transportadora que está inserida em um processo automático de contagem e seleção de peças por tipo de material. Esses materiais são o plástico e o metal.

O primeiro método utilizado, foi pensar em como seria o modo de funcionamento da bancada. Pois, isso auxiliaria a definir os componentes e avaliar o que poderia ser adaptado ou reaproveitado.

4.1 Descrição e funcionamento da bancada didática

Neste trabalho, a bancada didática implementada é composta por uma esteira transportadora movimentada por um motor CC (corrente contínua) de 3 a 6V.

O sistema é composto por um sensor indutivo, um sensor capacitivo, dois cilindros pneumáticos, duas válvulas solenoides, um compressor de ar comprimido e um painel de controle.

Na bancada, foram inseridos dois tipos de sensores, sensor capacitivo para detectar peças de material plástico e sensor indutivo para a detectar peças de material metálico.

Acopladas ao mesmo suporte dos atuadores, cilindros pneumáticos, estão as válvulas solenoides. Elas são acionadas, de maneiras distintas, conforme o tipo de material.

Para direcionar as peças até suas respectivas caixas, metal ou plástico, estão acopladas a mesa da bancada e a esteira, duas calhas e duas caixas. Feita a separação da peça pelo atuador, a peça desce pela calha e cai na caixa de armazenagem provisória.

A figura 7 a seguir, descreve parte do funcionamento do painel de controle bem como dos componentes. Localizado na parte inferior da mesa da bancada está fixado o painel de controle. Na porta do painel, no meio, um botão de pulso vermelho nomeado como botão de start e um led vermelho para simbolizar, “programa em andamento”.

Os leds amarelos localizados na parte direita superior e esquerda superior na porta do painel. São acionados quando a contagem de qualquer um dos dois tipos de peças chega ao seu limite.

Na parte direita inferior e esquerda inferior do painel estão localizados os botões de reset. São para resetar o contador interno do CLP, pois quando chega ao limite de peças pré-estabelecido pelo usuário o sistema para. Só volta a funcionar quando o botão de reset for pressionado, sinalizando que os recipientes foram desocupados.

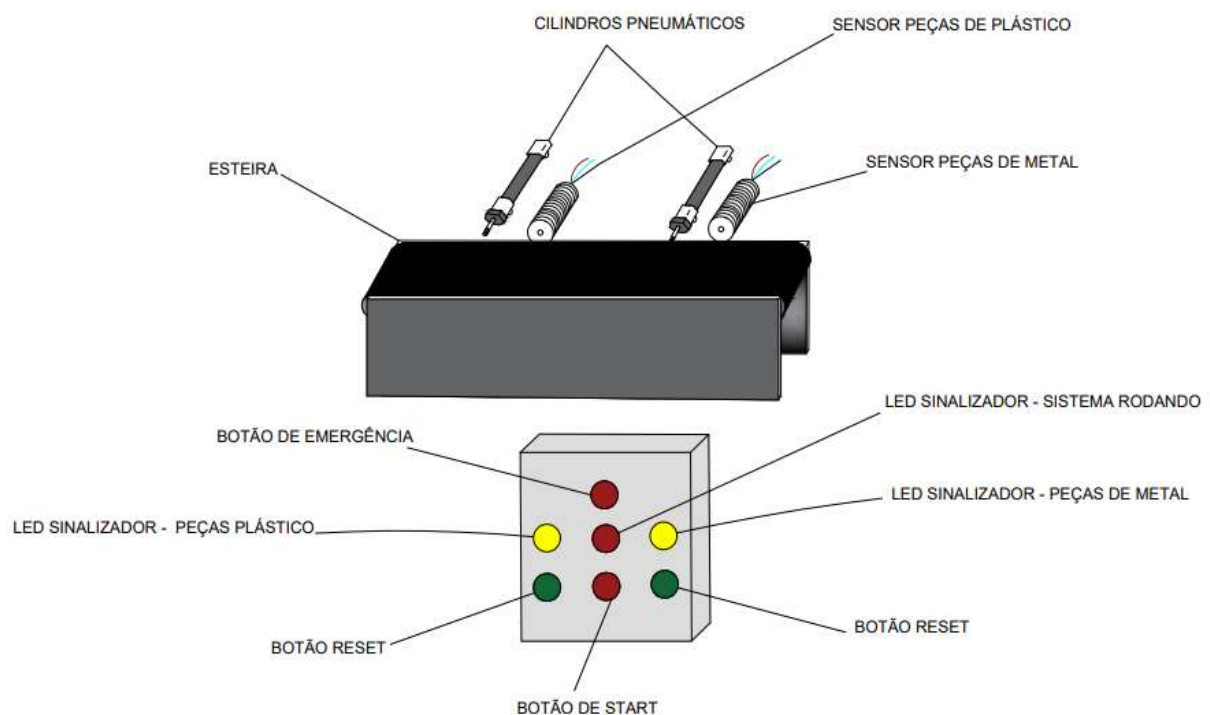
O botão de pulso reset e o led amarelo da direita, na posição vertical do painel de controle, são das peças do tipo metal. O botão de pulso reset e o led amarelo da esquerda, na posição vertical do painel de controle, são das peças do tipo plástico.

O botão de emergência foi instalado no meio superior da porta do painel de controle para as funções de emergência e caso o usuário queira parar o sistema.

À medida que o usuário for acrescentando as peças o sistema de controle detecta a peça através dos sensores. O sensor envia um sinal alto para o controlador (CLP), que por sua vez conta a peça e fecha o relé da sua saída que está conectada a solenoide. Assim a solenoide libera a passagem do ar para que o cilindro pneumático avance, efetuando a separação da peça.

Portanto, toda vez que for atingido o limite de peças, pré-estabelecido, seja de plástico ou de metal a esteira deve parar e o led correspondente ao tipo de peça acende. O sistema só volta a funcionar se o respectivo botão de reset for pressionado para zerar o contador do CLP.

Figura 7 - Diagrama de funcionamento da bancada



Fonte: autora.

4.3 Adaptações necessárias

Após a definição do modo de funcionamento da bancada, foi possível listar os materiais e componentes necessários para a sua construção.

Um dos objetivos do trabalho era desenvolver a bancada didática a um custo reduzido em comparação com as bancadas comerciais. Verificou-se que a loja de reciclagem, localizada na avenida Leomar Ferreira de Melo no setor cidade Jardim 1, fornecia o material para a construção da mesa da bancada com menor preço. E material novo inclusive.

A autora se dispôs de materiais que eram utilizados para outras finalidades. Além disso houve componente recebido como forma de doação e outros como empréstimos. Dessa forma, algumas adaptações foram necessárias, contribuindo para que o valor final da bancada fosse o menor possível.

A fim de reutilizar a fonte CA/CC com entrada de 220 V e saída dupla de 24 V, foi feito a aquisição das solenoide e leds com a mesma tensão de alimentação que a fonte fornece. A fonte de 12V foi reutilizada para alimentação dos sensores e botões de pulso.

Um regulador de tensão, adquirido como doação, permitiu reduzir o nível de uma das saídas da fonte de 24V ao nível da tensão de alimentação, elétrica, do motor CC da esteira.

4.4 Diagrama em Blocos

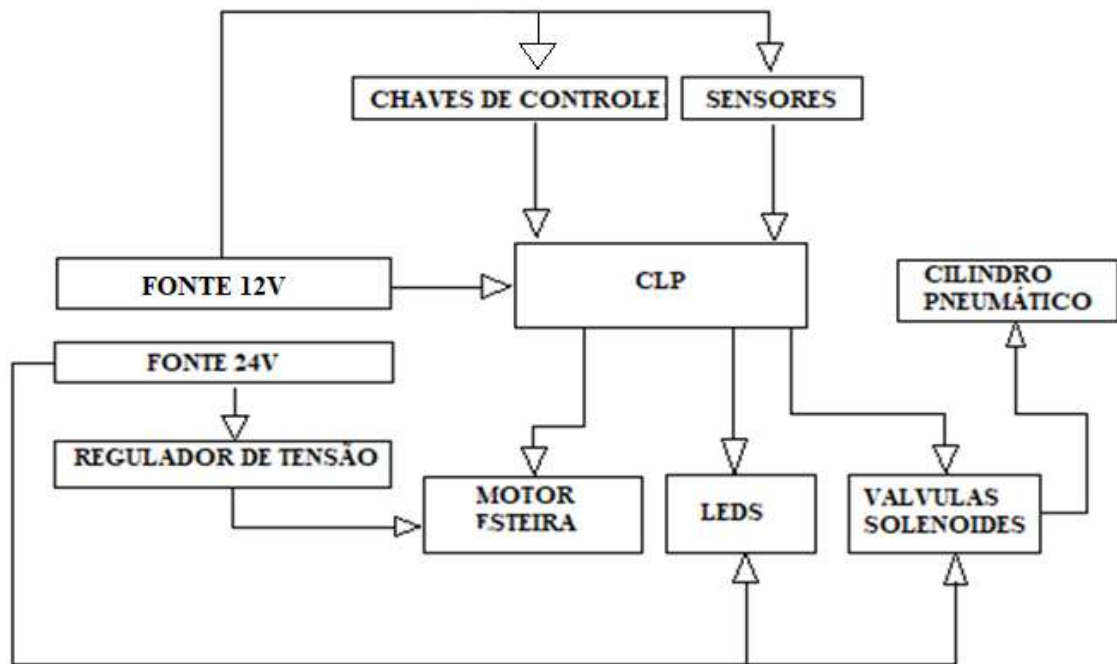
Foi desenvolvido o diagrama em blocos do sistema de controle para facilitar a montagem da fiação do painel de controle.

A Fonte de alimentação de 12V alimenta o CLP e os sensores. O CLP recebe os sinais das chaves de controle, (botões de pulso e o botão de emergência), e o retorno dos sensores.

A fonte de 24V alimenta as bobinas dos relés do CLP que acionam os leds e as válvulas solenoides. A fonte de 24V alimenta em outra saída o regulador de tensão, que por sua vez, abaixa a tensão para 5.5V e alimenta a bobina do relé do CLP que aciona o motor da esteira.

As válvulas solenoides quando acionadas, o cilindro pneumático avança. O diagrama em blocos que representa essa descrição está ilustrado na Figura 8 a seguir.

Figura 8 - Diagrama em blocos do sistema de controle



Fonte: autora.

4.5 - Fluxograma de funcionamento do sistema de controle

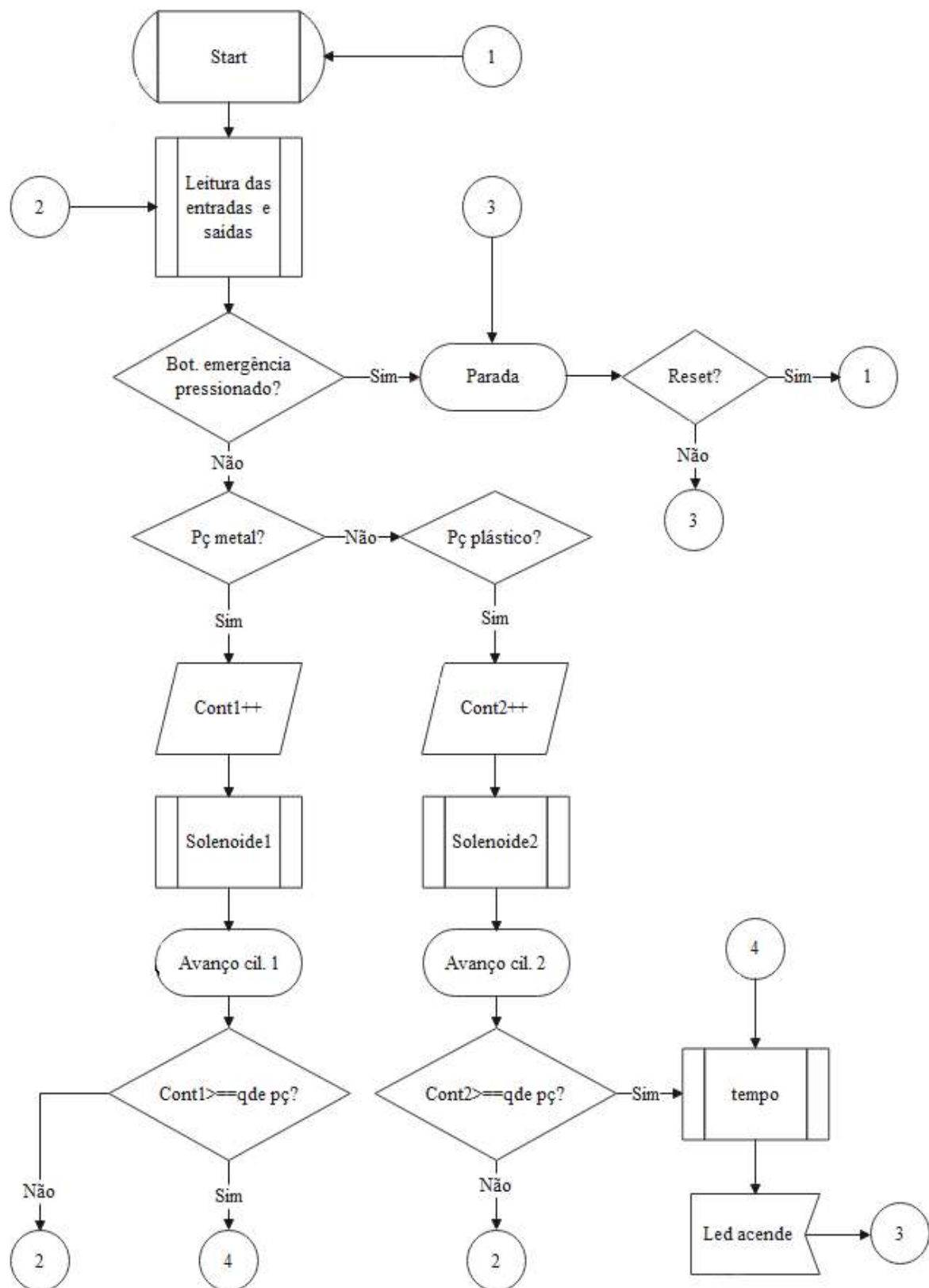
O fluxograma é um diagrama/algoritmo, que descreve a sequência de passos utilizada para elaboração da programação. A Figura 9 a seguir, mostra como foi elaborado a sequência de passos e será discutido a seguir:

Ao pressionar o botão de Start, no estágio 1, o CLP faz as leituras das suas entradas e saídas no estágio 2. Se o botão de emergência estiver pressionado o programa permanece parado, estágio 3, e a esteira não liga. O sistema fica aguardando no estágio 3. Se o botão de emergência não estiver pressionado, a esteira roda e o CLP aguarda o sinal dos sensores.

Caso o sensor indutivo não detecte a peça, o sensor capacitivo detectará. O sensor enviará o sinal para o CLP. Então o CLP, incrementa, conta a peça e fecha a saída correspondente ao tipo de peça. Posteriormente, a válvula solenoide é acionada que por sua vez, libera a passagem do ar e o cilindro respectivo ao tipo de peça avança.

E o ciclo se repete até para os dois casos até chegar ao estágio 4, em que se conta um tempo e o led respectivo acende. Então o programa volta ao estágio 3 e fica aguardando a confirmação do botão de reset ou do botão de emergência para reiniciar voltando para o estágio 2.

Figura 9 - Fluxograma do código de programação



Fonte: autora.

4.6 - Aquisição dos componentes

Considerando que a fabricação da esteira demandaria bastante tempo, optou-se por fazer a aquisição de um kit composto por uma esteira transportadora com motor CC acoplado, disponível para a compra no site de vendas mercado livre.

A lista de materiais utilizados para a construção e automação da bancada didática estão listados na Tabela 1, no apêndice A.

Um amigo se dispôs a emprestar o controlador CLIC02 para controlar o sistema. O compressor de ar comprimido foi cedido por um dos meus irmãos da autora. E o regulador de tensão foi um presente de outro amigo.

Foram reutilizados uma fonte, CA/CC de 220V/24V para alimentação de alguns componentes. Uma fonte de 12V para alimentar os sensores e os botões de pulso. E um sensor indutivo para detectar as peças de metal.

Com base na proposta apresentada na secção 4.1, que trata da descrição do funcionamento da bancada, a seguir, serão apresentadas as particularidades dos componentes e a descrição dos materiais utilizados para a construção da bancada didática.

4.6.1 - Controlador Lógico Programável (CLP) - CLIC02

Neste trabalho foi utilizado o CLP CLIC-02, modelo CLW – 02/20HR -12D do fabricante Weg, como mostra a Figura 10 a seguir.

Figura 10 – CLP-CLIC02



Fonte: autora.

Características - 20HR -12D:

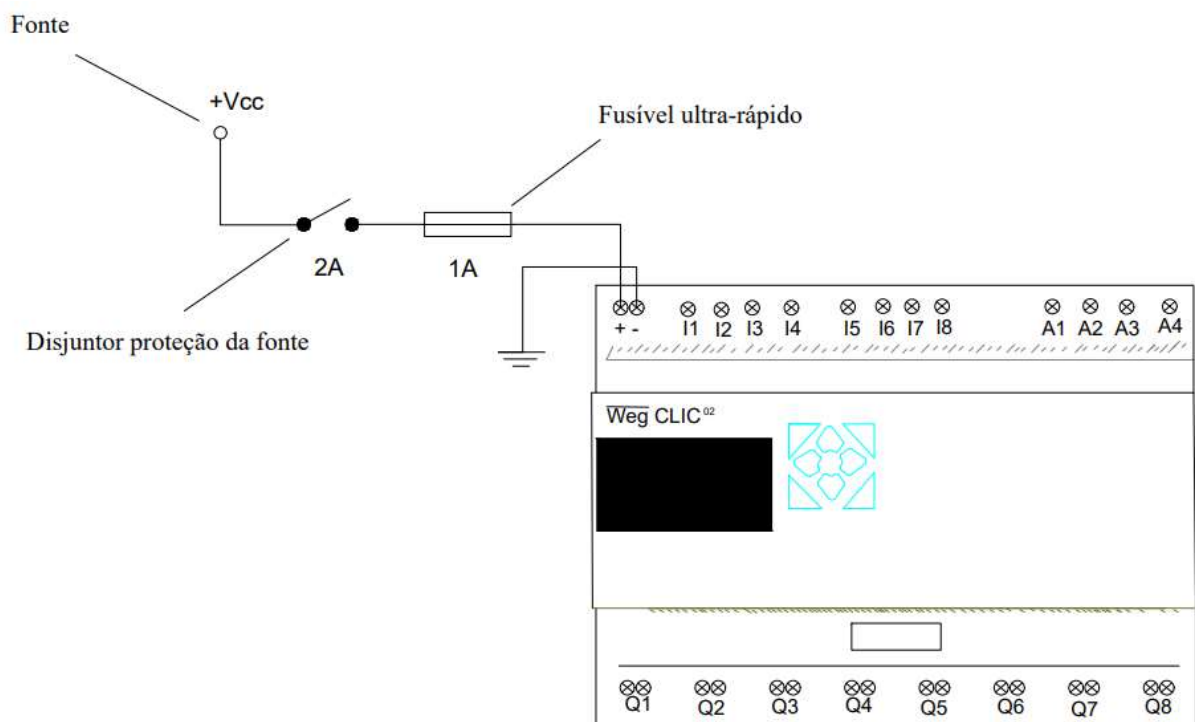
- 20 pontos de entradas e saídas analógicas ou digitais;
- H – Tipo de módulo: LCD e teclado;
- R - Tipo de saída: Relé com regime de corrente 8A;
- 12D – Alimentação elétrica de entrada: 12V corrente contínua.

Programação conforme o manual do usuário:

- Linguagem de programação Ladder/FBD;
- Tamanho máximo do programa é de 300 linhas ou 260 Blocos de Função;
- Armazenamento do programa é na memória Flash;
- Velocidade de processamento é de 10ms/ciclo;
- Tamanho do Display LCD – 4 linhas x 16 caracteres.

Conforme o manual do usuário, o controlador CLIC02 demanda uma corrente de alimentação de 265mA e uma proteção a fusível de 1A. Disjuntor ou protetor de circuito, a fonte por exemplo, como mostra a Figura 11, a seguir.

Figura 11 - Alimentação e proteção do CLIC 02



Fonte: Baseado em manual do usuário CLIC02 Weg (2021).

Os valores de tensões utilizados para as entradas digitais serão 12Vcc, conforme a especificação de tensão do CLP escolhido. As tensões de alimentação das bobinas das saídas a relés, Q1, Q2, Q3..., serão de acordo com os componentes a serem acionados.

4.6.2 - Esteira transportadora + motor CC

Neste trabalho será utilizado um kit composto por um motor de corrente contínua acoplado a uma esteira transportadora. A esteira transportadora apresenta as seguintes dimensões: 55cm de comprimento, 9cm de largura e 9cm de altura. Um motor de corrente contínua cuja a tensão de trabalho fica entre 3V a 6 V como mostra a Figura 12 a seguir.

Figura 12 - Kit esteira com motor CC acoplado



Fonte: autora.

4.6.3 - Sensor indutivo

O sensor indutivo utilizado neste projeto é da marca Sense de 10 a 30VCC 200mA, PNP, NA normalmente aberto, não faceado, como mostra a Figura 13 a seguir. Será responsável pela detecção das peças de metal.

Para este projeto, tanto o sensor indutivo quanto o sensor capacitivo serão do tipo PNP, pois fazem a comutação com o terminal positivo da fonte de alimentação. Ou seja, alimentação +VCC (positivo e negativo) e comutação positiva (sinal de comando enviado ao CLP). NA, porque o transistor na sua saída está em bloqueio, ou seja, desenergizado.

Figura 13 - Sensor indutivo



Fonte: autora.

4.6.4 - Sensor capacitivo

O sensor capacitivo utilizado neste projeto está ilustrado na Figura 14 a seguir. É um sensor faceado, porque seu alcance é linear a sua face sensora. PNP 6~36VCC (NA) normalmente aberto a três fios. Consome uma corrente de até 200mA. Ao perceber a peça envia um sinal na entrada do CLP.

Figura 14 - Sensor capacitivo



Fonte: autora.

Como o sensor capacitivo tem a capacidade de “enxergar” qualquer tipo de peça, será de fundamental importância para auxiliar na separação das peças de material plástico.

4.6.5 - Cilindro pneumático

O cilindro fará a separação das peças conforme o tipo de material, encaminhando-as até os seus respectivos destinos. Devido a demanda de mercado, o cilindro escolhido para o projeto foi o MINI ISO de 12 x 100mm, dupla ação, conforme mostra a Figura 15 a seguir. É facilmente encontrado no mercado, pois possui maior procura e preço mais acessível em comparação aos demais.

Figura 15 - Cilindro pneumático



Fonte: autora.

4.6.6 - Válvula solenoide

A válvula controlada por solenoide utilizada neste projeto, foi a válvula de 5/2 vias retorno por mola, de 24V e 4.8W. Suporta pressão de 0.15 a 0.8 MPa, como mostra a Figura 16 a seguir.

A válvula fica conectada ao sistema de ar comprimido e ao sistema de controle. Só libera a passagem do ar comprimido, após receber sem sua bobina o sinal de comando vindo da saída do CLP.

Figura 16 - Válvula solenoide 5/2 vias 1/4 modelo: 4V210-08



Fonte: autora.

4.6.7 - Compressor de ar

É importante ressaltar que o Instituto Federal de Goiás, campus Jataí dispõe de compressor próprio. Mas devido as dificuldades impostas, de distanciamento social, devido a pandemia de covi19, o compressor utilizado para execução dos testes, foi cedido pelo irmão da

autora. Figura 17 a seguir, mostra o compressor utilizado para execução dos testes com a bancada didática. Compressor de ar mini elétrico portátil Schulz hobby MS 2.3 Jet Master monofásico 220V 60Hz

Figura 17 – Compressor de ar comprimido

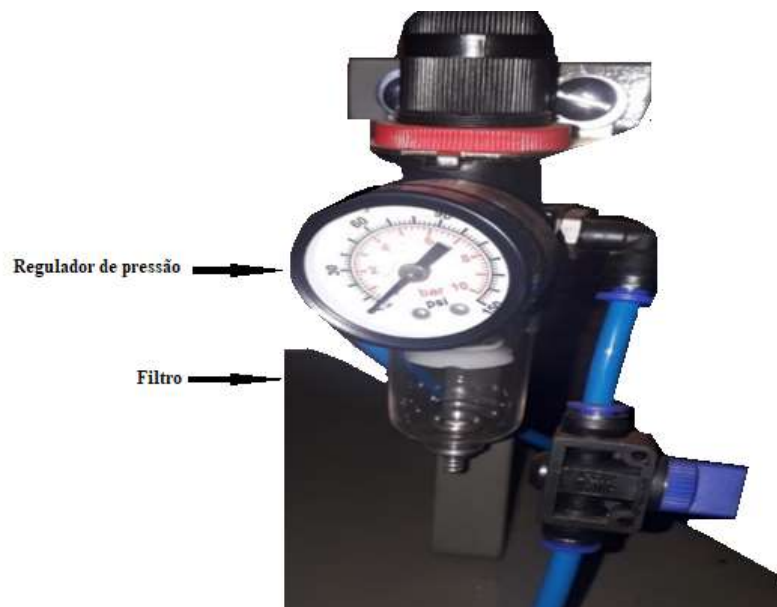


Fonte: autora.

3.6.8 - Manômetro – Regulador de pressão

A Figura 18 a seguir, mostra o manômetro fixo ao seu suporte, utilizado no projeto. Ele tem a função de regular a pressão e filtrar o ar comprimido que deriva do compressor. A regulagem da pressão auxilia na variação da velocidade e a força que os cilindros empurram as peças. A regulagem da pressão ficou em 3 bar ou 44 psi.

Figura 18 – Filtro regulador de pressão - Manômetro



Fonte: autora.

4.6.9 – Botão de emergência

A função do botão de emergência, é parar o processo a qualquer momento. Seja devido a problemas em equipamentos e/ou devido a um determinado acidente. O botão de emergência utilizado neste projeto é NF, normalmente fechado como mostra a Figura 19 a seguir.

Figura 19 - Botão de emergência



Fonte: autora.

4.6.10 – Botões de pulso

A função do botão de pulso, é enviar um sinal de comando (pulso elétrico) para o CLP. São (NA) normalmente abertos ou (NF) normalmente fechados. Os normalmente abertos funcionam como um interruptor, que ao ser pressionado fecha o circuito e a lâmpada acende. Porém, o botão de pulso não permanece pressionado, pois envia somente o pulso e volta ao seu estado anterior.

Neste projeto foram usados três botões de pulso que estão localizados na porta do painel de controle. São dois botões de pulso de cor verde, utilizados como reset dos contadores do CLP. E um botão de pulso, de cor vermelha, utilizado para mandar o pulso de start para o CLP e a bancada entrar em funcionamento.

A Figura 20 a seguir, mostra o modelo dos botões de pulso utilizados no projeto.

Figura 20 - Botão de pulso



Fonte: autora.

4.6.11 – Leds sinalizadores

Alguns apelidam popularmente como “sinaleiros”, os leds sinalizadores são utilizados para fornecer informação luminosa sobre o que acontece no processo. Foram utilizados neste projeto três leds sinalizadores.

Dois leds amarelos, sinalizam quando a quantidade de peças chega ao limite pré-estabelecido. Um led vermelho para sinalizar que o sistema está em andamento, ou seja, esteira rodando.

A Figura 21 a seguir, mostra o modelo dos leds utilizados no projeto. Ou seja, se desejar que o led de cor verde seja da cor amarelo, é possível fazer a troca somente da que da capa frontal referente a tonalidade de cor.

Figura 21 - Leds sinalizadores



Fonte: autora.

4.7 – Fontes de alimentação da bancada didática

4.7.1 - Fonte de 24V

O objetivo da aquisição de uma fonte de potência, geralmente, está no desejo de se obter uma saída regulada, com isolamento e/ou múltiplas saídas.

Para esse projeto foi utilizada uma fonte de 220Vca/24Vcc, duas saídas CC, 2.5A como mostra a Figura 22 a seguir. Esta fonte supria outras necessidades e foi reutilizada no projeto.

Figura 22 - Fonte CC de 24V



Fonte: autora.

4.7.2 - Fonte de 12V

Através dos conhecimentos adquiridos em circuitos elétricos, é possível avaliar quando uma determinada fonte CC supri as necessidades de potência (tensão e corrente) demandadas por um determinado circuito.

Uma fonte de 220Vca/12Vcc, 1A foi utilizada para alimentar o CLP CLIC02 e os sensores. Lembrando que a corrente do CLP CLIC02 é de 265mA, conforme o manual do usuário, e a corrente dos sensores somam 400mA, como serão abordados nos itens a seguir.

- $265\text{m} + 400\text{m} = 665\text{mA}$.

A Figura 23 a seguir, mostra a fonte usada no projeto já instalada dentro do painel de comando.

Figura 23 - Fonte de 12V



Fonte: autora.

4.7.3 - Regulador de tensão

Para o melhor aproveitamento da fonte de 24V, será utilizado um regulador de tensão CC/CC. Ele irá controlar o nível de tensão adequado para alimentar o motor CC esteira.

A Figura 24 a seguir, mostra o regulador de tensão utilizado no projeto. Entrada de 24V e saída ajustada entre 3 e 6V, a depender da velocidade desejada.

Figura 24 - Regulador de tensão



Fonte: autora.

4.8 – Esquemáticos - Acionamento do painel de controle

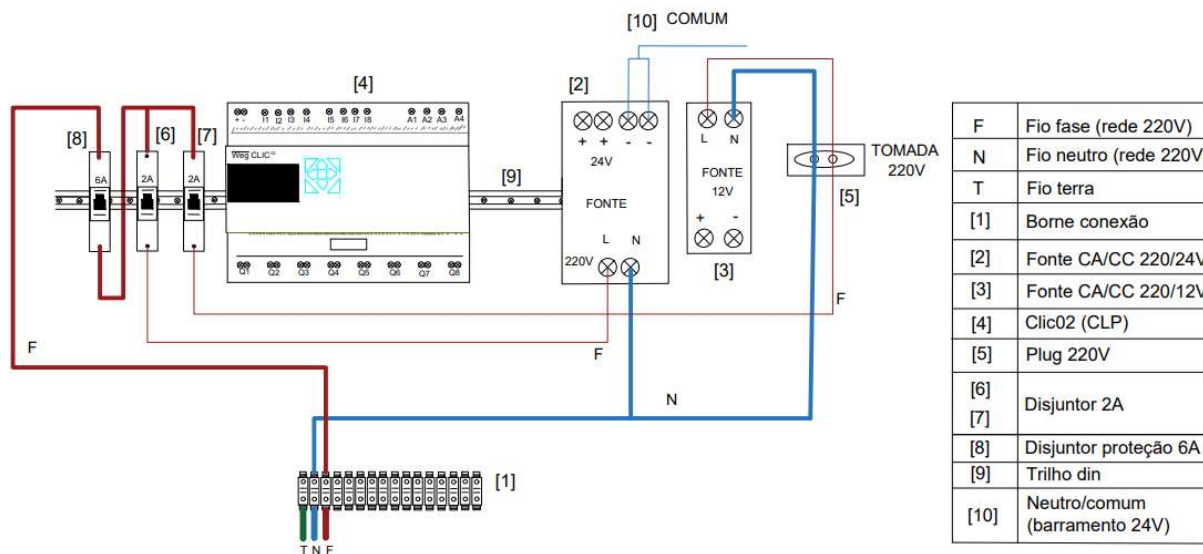
Nos itens a seguir, serão apresentados esquemáticos das ligações e acionamentos do painel de controle, exatamente como as conexões físicas. Com o objetivo de facilitar o entendimento os esquemáticos foram divididos por partes.

4.8.1 - Parte I – Proteção das fontes

O esquemático, parte I, da Figura 25 a seguir, mostra as conexões de proteção das fontes de alimentação CC no painel de controle:

O primeiro disjuntor da esquerda de 6A, utilizado para proteger o sistema de controle (disjuntor geral). O segundo disjuntor de 2A, localizado entre os três disjuntores do esquemático, utilizado como proteção da fonte de 24V. O terceiro disjuntor de 2A da direita do esquemático foi utilizado para a proteção da fonte de 12V. O fio (azul) denominado como comum é o neutro do circuito CC.

Figura 25 - Proteção das fontes de alimentação CC e proteção geral do sistema de controle.



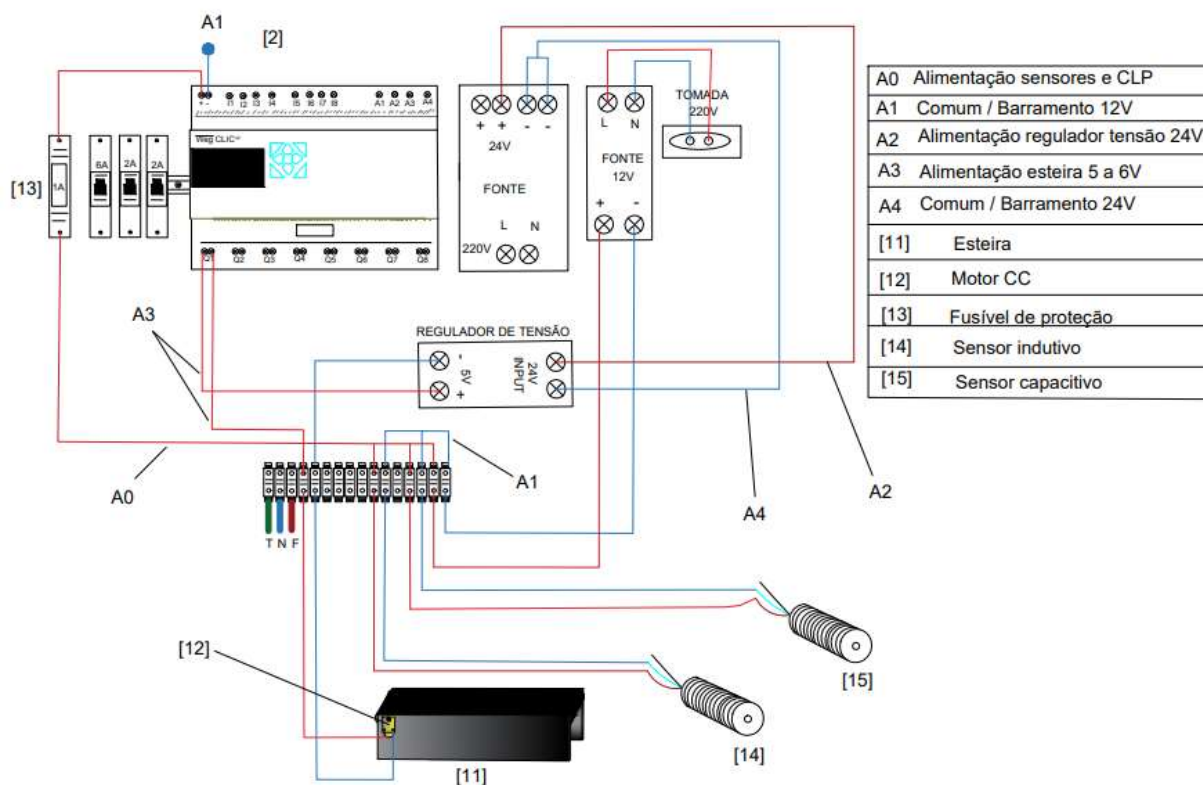
Fonte: autora.

4.8.2 - Parte II - Alimentação e proteção do CLP CLIC 02, sensores e esteira

O esquemático da Figura 26 a seguir, mostra que a fonte de 12V foi utilizada para alimentação do CLP CLIC 02 e para alimentação dos sensores. O fusível de 1A como proteção do CLP CLIC 02.

O regulador de tensão abaixa/regula a tensão da fonte de 24Vcc para a tensão de alimentação do motor da esteira, 3 a 6Vcc.

Figura 26 - Alimentação e proteção do CLP CLIC 02, sensores e esteira

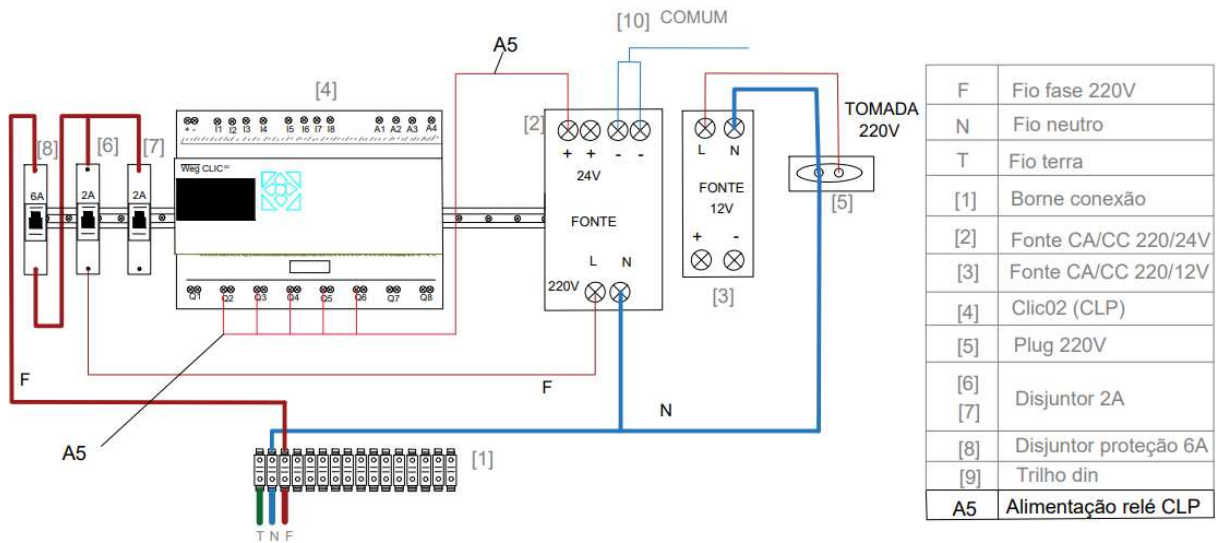


Fonte: autora.

4.8.3 - Parte III - Alimentação das saídas a relés do CLP

A fonte de 24V CC alimenta as bobinas das saídas a relés Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6 do CLP como mostra o esquemático da Figura 27 a seguir. Esses relés farão o acionamento dos leds sinalizadores e o acionamento das válvulas solenoides respectivamente.

Figura 27 - Alimentação das saídas a relés do CLP



4.8.4 - Parte IV - Acionamento dos leds e ligação de comando dos sensores

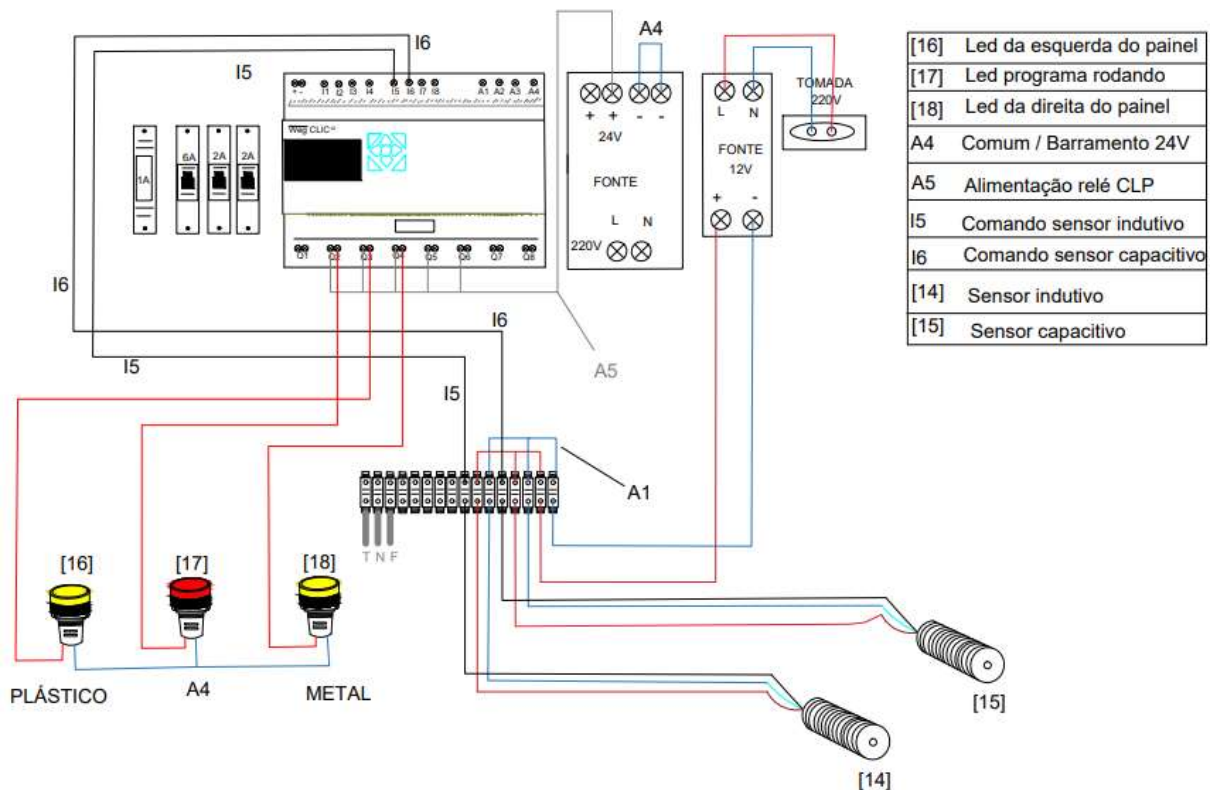
No painel de controle foi fixado dois leds sinalizadores de cor amarelo e um led cor vermelho. Quando o contador das peças indutivas (metal) ou das peças capacitivas (plástico) totalizam a contagem das peças, o CLP CLIC 02 fecha o contato das saídas a relé. O led da esquerda (Q3) sinaliza peças de plástico e o led da direita (Q4) sinaliza peças de metal.

Se o recipiente de qualquer um dos dois tipos de peças estiver cheio, um dos leds amarelo da esquerda ou da direita acende. Assim o sistema para e só reinicia se o botão de reset for pressionado zerando a contagem das peças.

O led vermelho (Q2) sinaliza que o botão de start foi pressionado e a esteira está rodando.

A Figura 28 a seguir, mostra o esquemático de ligações dos leds sinalizadores, localizados na porta do painel e o comando dos sensores.

Figura 28 - Acionamento dos leds e ligação do comando dos sensores



Fonte: autora.

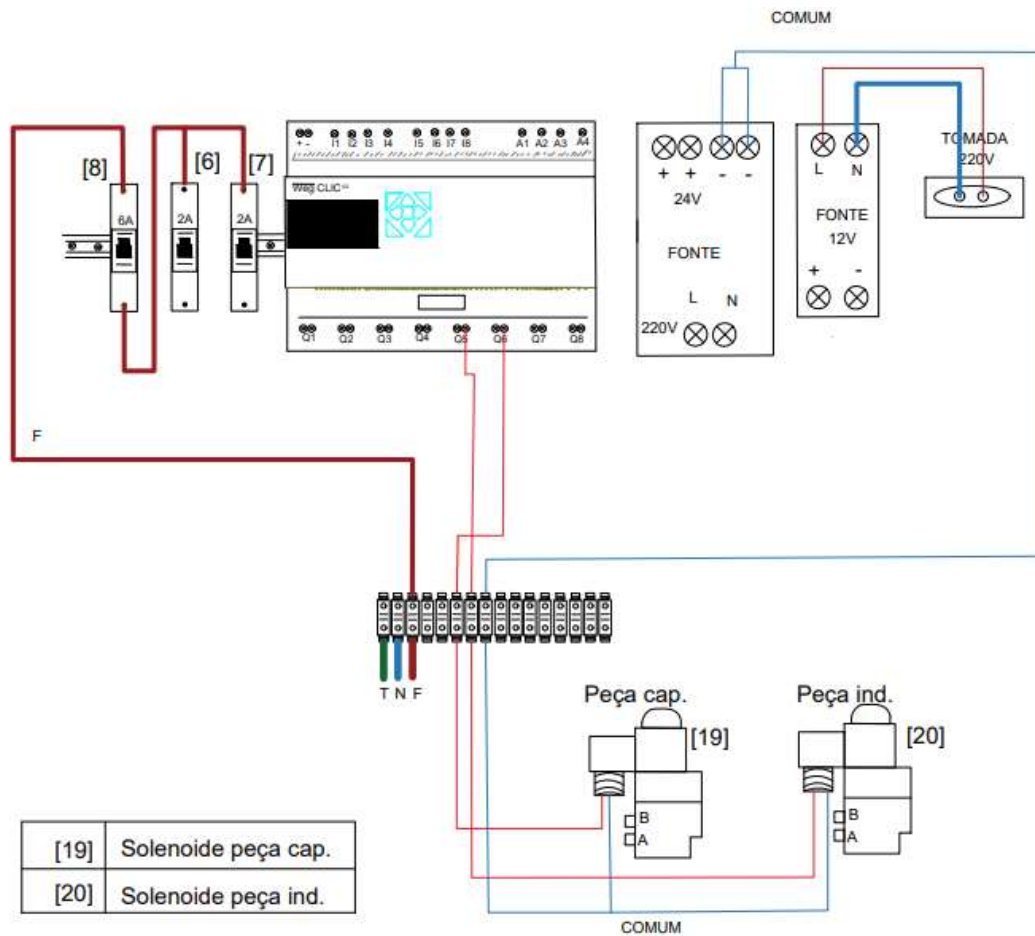
4.8.5 - Parte V - Acionamento das válvulas solenoides

O sensor das peças de plástico ao perceber a peça envia sinal positivo, pois se trata de um sensor do tipo PNP, para a entrada digital I6. O CLP CLIC 02, por sua vez, fecha o contato da saída a relé Q6 acionando a solenoide. Quando acionadas, através de suas bobinas, libera a passagem do ar comprimido e o cilindro empurra a peça de plástico.

Da mesma forma acontece com o sensor indutivo que envia sinal positivo para a entrada digital, do CLP CLIC 02, I5. O CLP CLIC 02 fecha o contato da saída a relé Q5 que aciona a solenoide e o cilindro empurra a peça de metal.

O Esquemático da Figura 29 a seguir, mostra as ligações do comando das válvulas solenoides.

Figura 29 - Acionamento das válvulas solenoides

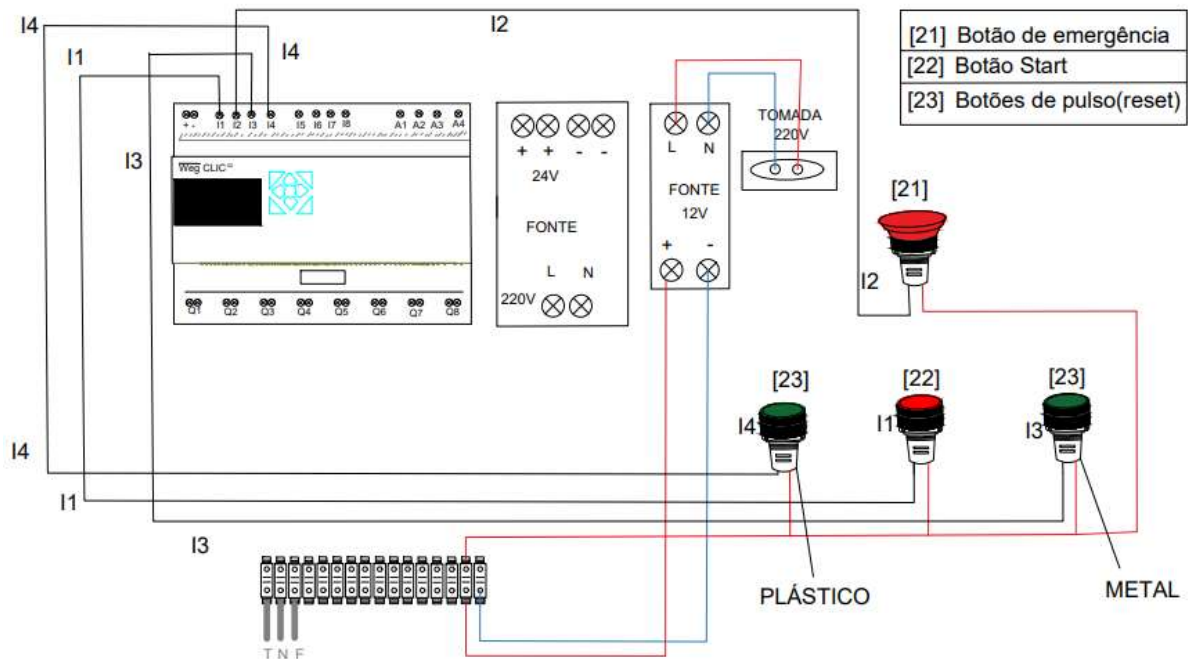


Fonte: autora.

4.8.6 - Parte VI - Alimentação das botoeiras de pulso e botoeira de emergência

E por fim será ilustrado no esquemático da Figura 30 a seguir, o circuito de controle do botão de pulso, Start, o botão de emergência e os botões de pulso Reset.

Figura 30 - Alimentação das botoeiras de pulso e botoeira de emergência



Fonte: autora

4.9 - Desenvolvimento e Materiais utilizados

Para o desenvolvimento e modelagem dos componentes do projeto, foi necessário utilizar ferramentas distintas, adquiridas em oficina de torno mecânico, tais como, morsa, furadeira, lixadeira, solda, trena, chaves, entre outras. Utilizou-se tinta automotiva esmalte sintético cor cinza, cor padrão, para a pintura de todos os componentes.

A mesa da bancada foi fabricada com dimensões de 1m² de área e 0.80cm de altura

4.9.1 - Design e acoplamento dos componentes da bancada

Foram confeccionados dobrados e modelados os suportes, de material em aço 1020, para o acoplamento dos componentes na bancada. Dois suportes em formato de U para os atuadores, dois suportes em L para os sensores, um suporte para o manômetro, um suporte para a fixação da esteira.

Todos os suportes possuem furos alongados com o propósito de obter regulagem adequada e pintados com a mesma cor da mesa da bancada. A figura 28 mostra os suportes dos sensores.

Figura 31 - Suporte dos sensores



Fonte :autora.

A Figura 32 a seguir, mostra o suporte em U para a fixação do cilindro pneumático e a válvula solenoide. A válvula solenoide foi instalada atrás do cilindro pneumático.

Figura 32 - Suporte do cilindro pneumático



Fonte: autora.

A Figura 33 a seguir, mostra parte do processo de acoplamento dos componentes na mesa da bancada.

Figura 33 - Fixação dos componentes na bancada



Fonte: autora.

A Figura 34 a seguir, mostra mais uma etapa do acoplamento dos suportes.

Figura 34 – Acoplamento componentes

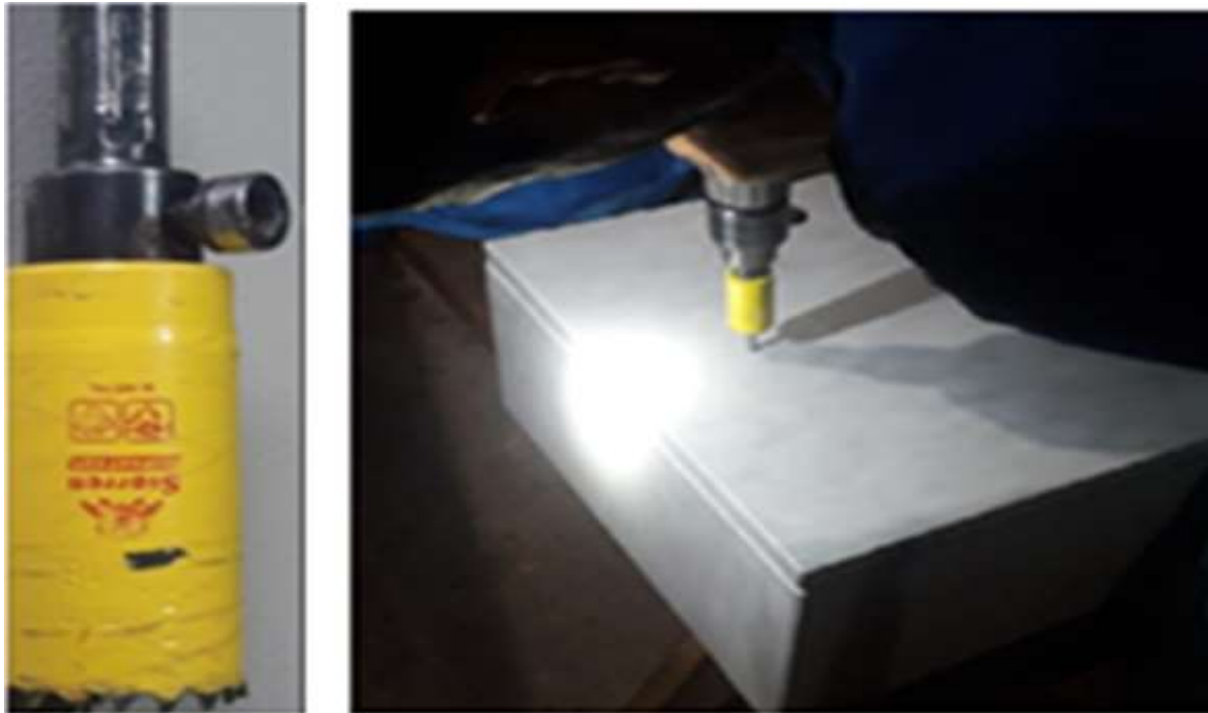


Fonte: autora.

4.9.2 - Desenvolvimento do painel de controle

Foram feitos furos na porta do painel, com a furadeira utilizando serra copo 22mm para adicionar o botão de emergência, um botão de pulso para a função de liga, dois botões de pulso para a função de reset e dois leds (sinaleiros) de sinalização de recipiente cheio de peças. O painel com dimensões de 40x20x20 cm. A Figura 35 a seguir, mostra parte desse processo.

Figura 35 - Serra copo, furo e fixação dos componentes



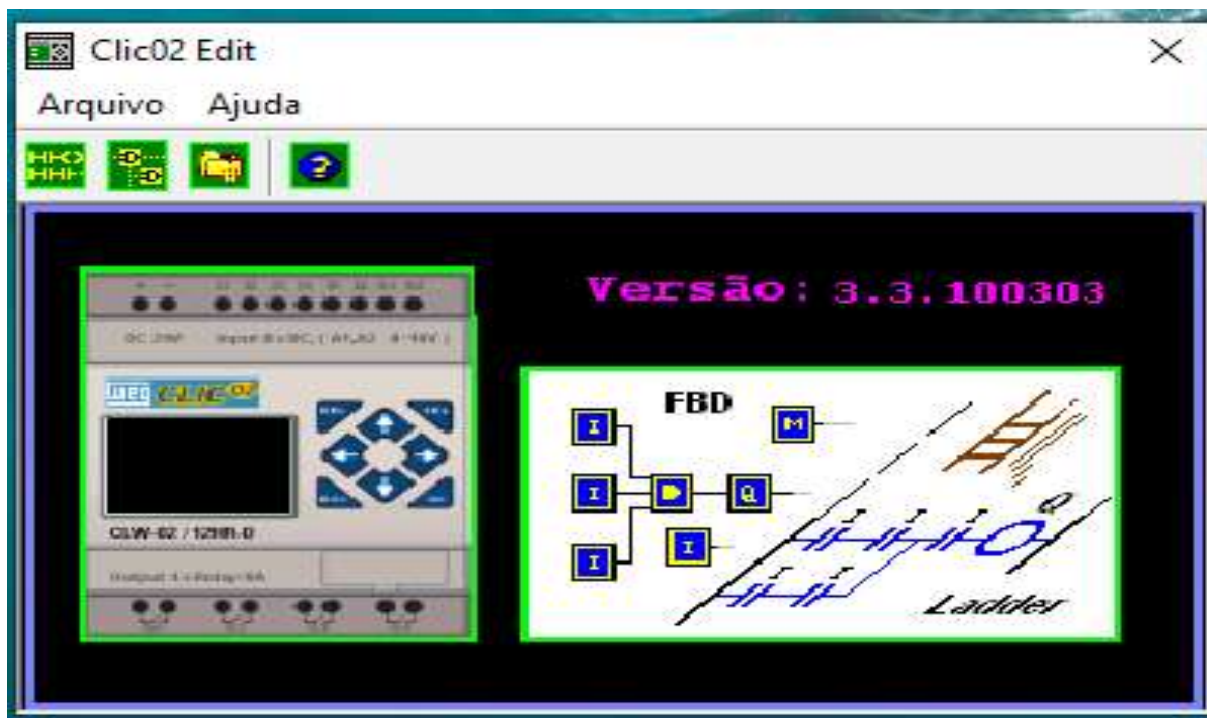
Fonte: autora.

4.10 – Desenvolvimento do código de programação

A linguagem utilizada para a programação foi a Ladder e pode ser implementada via teclado, IHM (Interface Homem- Máquina). Entretanto, optou-se por implementá-la em um computador. Nesse caso, foi utilizado um notebook, da marca Acer, de uso pessoal.

Com parte dos componentes acoplados, foi possível fazer a implementação do código no computador. O software de programação utilizado foi o CLIC02 EDIT Application, como ilustra a figura 36 a seguir.

Figura 36 – Interface software CLIC02 EDIT Application.



Fonte: www.weg.com.br.

Após a implementação do código no computador, o usuário deve transferi-lo para o CLP. Foi utilizado o cabo de comunicação, WEG CLW-02-ULINK com USB para CLP CLIC-02, como mostra a figura 37 a seguir.

Figura 37 - Cabo de comunicação - WEG CLW-02-ULINK

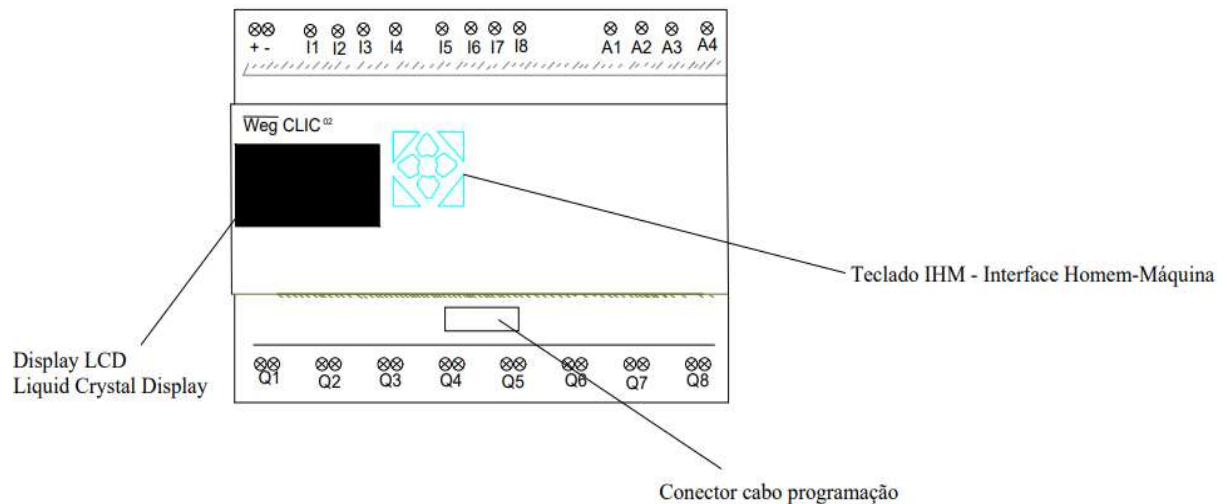


Fonte: autora.

Para conectar o cabo de programação ao CLP, deve-se abrir a tampa plástica do conector, como ilustra a figura 38 a seguir.

Nos próximos itens a seguir, serão descritas a função de cada linha do código fonte desenvolvido software CLIC02 EDIT e transferido para o CLP.

Figura 38 - Tampa de acesso a conexão do cabo de programação



Fonte: Baseada manual do usuário Weg.

Deve ser realizado, previamente, o download do software de programação, bem como do drive do cabo de comunicação. Disponível, gratuitamente, no site do fabricante WEG, posicionado ao final da página na central de downloads. O link de acesso, para ambos downloads, está disponível nas referências bibliográficas.

SEÇÃO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - Fixação do painel na bancada

Por razões de estética e organização, o painel de controle foi fixado com solda em baixo da mesa da bancada por como mostra a Figura 39 a seguir.

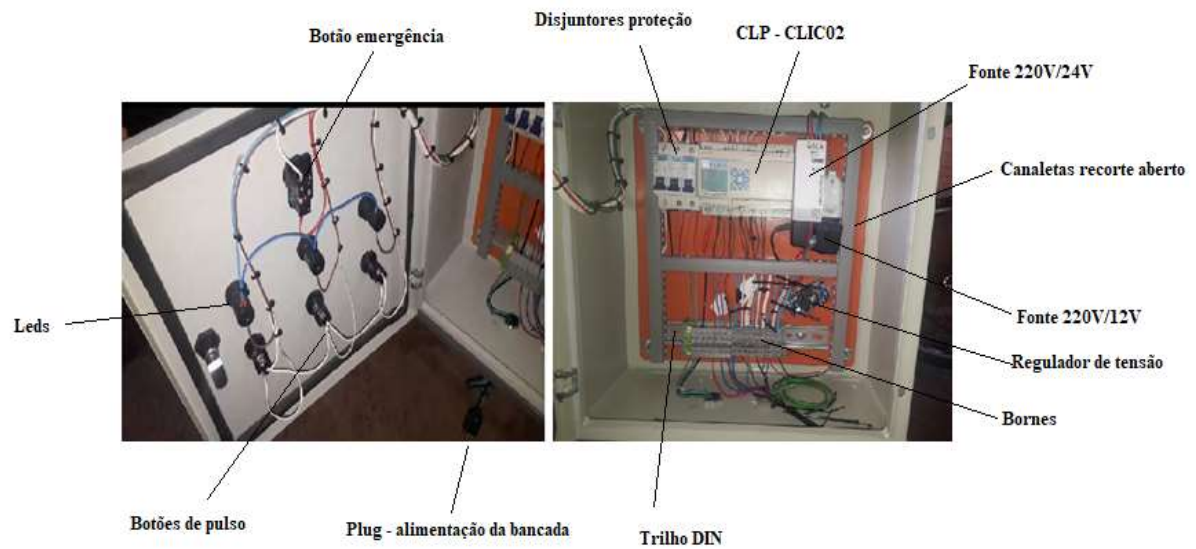
Figura 39 - Ajuste do painel de controle na mesa da bancada



Fonte: autora.

Na Figura 40 a seguir, mostra a montagem da fiação interna do painel de comando. Foi utilizado canaleta recorte aberto para proteger a fiação e “enforca gato” para a organização dos fios.

Figura 40 - Painel de controle - fase final



Fonte: autora.

5.2 – Resultado da confecção das peças

Foram confeccionadas 2 peças em metal, retangulares, para a realização dos testes. As peças de metal medem 6 cm de largura x 6cm altura.

Em material acrílico foram confeccionadas 2 peças, que representarão as peças de material plástico. Empenhou-se em atingir o formato de garrafa “pitchula”, proporcionais ao tamanho da esteira.

A Figura 41 a seguir, mostra o resultado da confecção dos dois tipos de peças. As peças da esquerda correspondem as peças de metal e as da direita correspondem as peças de plástico.

Figura 41 - Peças - metal e plástico



Fonte: autora.

5.2.1 – Calhas e caixas de armazenagem das peças

Foram confeccionadas 2 caixas, em metal, para fazer o armazenamento provisório das peças. As caixas tem área de 15 cm² e 7 cm de altura.

Foram confeccionadas 2 calhas, em metal, para direcionar as peças até as caixas de armazenamento provisório, com medidas de 16,5 cm de comprimento, 10 cm de largura e 4 cm de altura.

As calhas e as caixas foram acoplados uma à outra utilizando parafusos com rosca e porcas. Logo após foram fixadas, com a possibilidade de regulagem, a mesa da bancada, como mostra a Figura 42 a seguir.

Figura 42 - Caixas e calhas



Fonte: autora.

A Figura 43 a seguir, são apresentadas as peças dentro das suas respectivas caixas de armazenagem.

Figura 43 - Destino final das peças



Fonte: autora.

5.3 - Código de programação (LADDER)

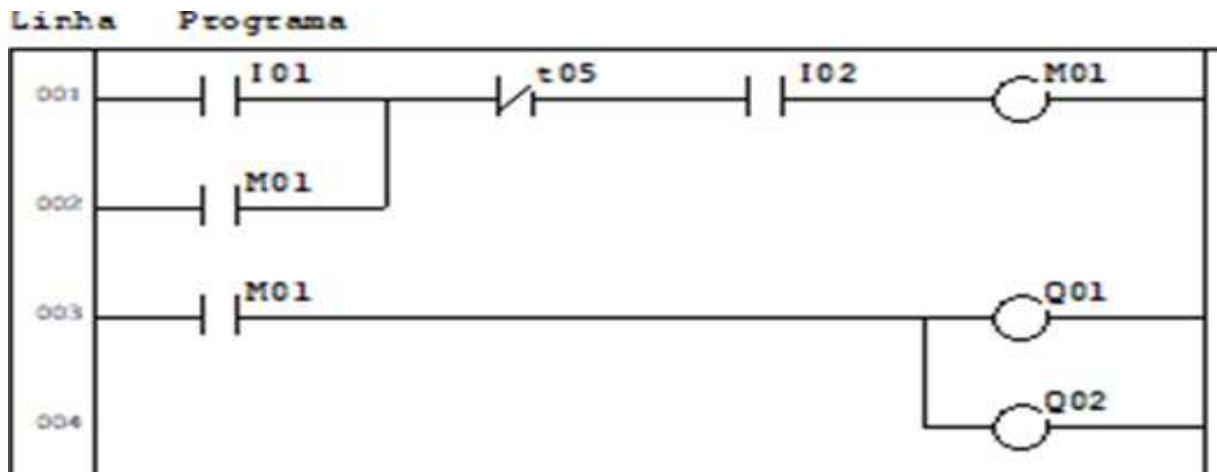
5.3.1 – Parte I código Ladder

Nesta subseção são apresentados o código de programação inserido no CLP. Foram utilizados dois contadores, **C01** e **C02**, para execução da contagem de cada tipo de peça (cinco peças). O contado auxiliar dos contadores desabilita o sistema se o limite de peças pré-estabelecido for atingido.

Na linha 001, o programa foi inicializado com botão de start representado pelo contato aberto **I01**. A saída **M01** do controlador, foi utilizada como memória auxiliar.

Com o contato auxiliar **M01**, foi possível fazer o selo (linha 002) do botão de pulso **I01**, pertencente a linha 001. Ele é responsável por acionar a esteira e o led vermelho quando **I01** for pressionado, como mostra a Figura 44 a seguir.

Figura 44 - Código Ladder 1



Fonte: autora.

Olhando sob a perspectiva do aluno, normalmente nas implementações feitas nos softwares de simulação o contato do botão de emergência, deveria estar normalmente fechado. Não é o que acontece na Figura 44 acima. Pois, o esperado é que, ao pressionar esse contato virtual o programa pare.

Inicialmente com a realização dos testes, o contato I02 do botão de emergência, estava normalmente fechado. E por isso o sistema não rodava. Entretanto, isso irá depender do tipo de botão físico, NA ou NF, empregado no sistema. Essa percepção foi possível ser analisada ao inserir o programa no CLP, que mostrou que o programa rodava somente quando o botão de emergência era pressionado. Portanto, isso explica o motivo que levou o contato I02 da Figura 44 acima, estar normalmente aberto.

5.3.2 – Parte II código Ladder

O contato que representa o sensor das peças de metal **I05**, está na linha 006 da Figura 45 a seguir. Serve para detectar as peças de metal.

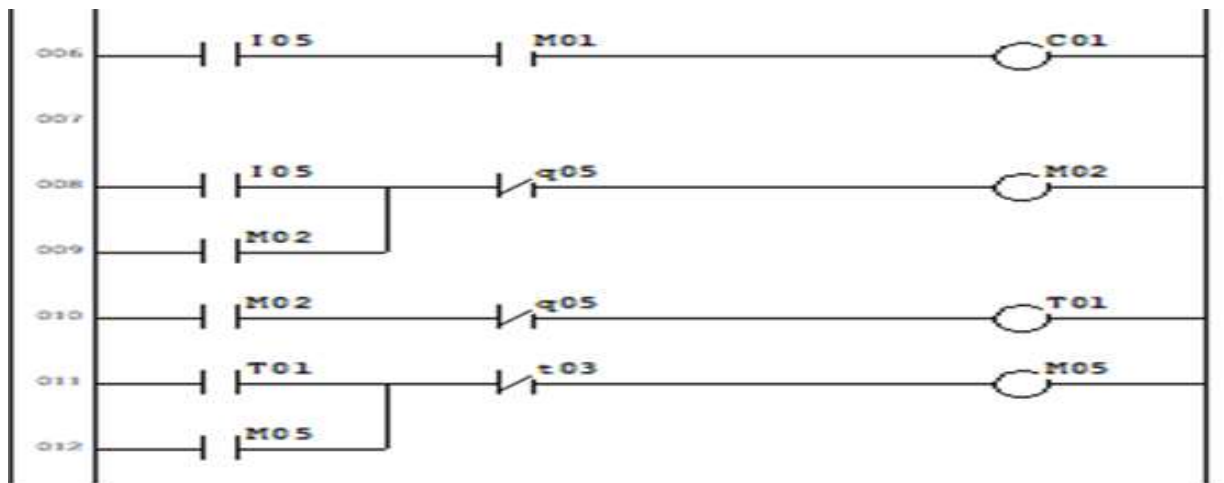
Daqui a diante, o contato auxiliar M01 é utilizado para fazer um intertravamento. Os contadores não devem contar as peças e os cilindros não podem atuar se o botão de Start, I01, não for pressionado, mesmo que a bancada se encontre alimentada. Ou seja, se a esteira não estiver em movimento, não devem atuar. **C01** é o contador das peças de metal.

Na linha 008 caso **I05** detecte a peça aciona a memória auxiliar interna do CLP **M02**. O **q05**, é o contato auxiliar normalmente fechado (NF) que aciona a solenoide que atua o cilindro que empurra as peças de metal. É NF para que a memória **M02** não seja acionada caso a solenoide/cilindro esteja atuado, no caso de um curto na bobina solenoide, por exemplo.

Na linha 009 há o contato de selo da memória auxiliar **M02**. Necessária para manter o temporizador interno do CLP alimentado.

Na linha 010, **M02** aciona o temporizador **T01**, que conta o tempo para e aciona a saída da memória auxiliar **M05** na linha 011. Linha 012, selo da memória auxiliar **M05**. **T03** desativa o selo de M05.

Figura 45 - Código Ladder 2



Fonte: autora.

5.3.3 – Parte III código Ladder

A Figura 46 a seguir, mostra que na linha 013 as memórias auxiliares **M05** e **M01** acionam a solenoide das peças de metal e o temporizador **T03**.

Na linha 016, o contato normalmente aberto **I06** do sensor capacitivo aciona o contador das peças de plástico, seguindo o mesmo raciocínio da logica anterior para as peças de metal.

M06 memória auxiliar, **q06** contato normalmente fechado da saída que aciona a solenoide que atua o cilindro das peças de plástico. Faz o intertravamento com o mesmo objetivo de **q05**.

Figura 46 - Código Ladder 3



Fonte: autora.

5.3.4 – Parte IV código Ladder

Na Figura 47 a seguir, mostra os intertravamentos feitos por **q06**, os temporizadores utilizados para ajudar os cilindros atuarem de maneira correta.

Q06 é a saída que aciona o solenoide das peças capacitivas. **T04** desativa o selo de **M07**.

I03 é o contato do botão de pulso utilizado para resetar o contador **C01** das peças de metal. **I04** é o contato do botão de pulso utilizado para resetar o contador **C02** das peças de plástico. Ao chegar a quantidade de peças pré-estabelecida na programação o contato auxiliar de **C01** ou **C02** se fecha e a memória auxiliar **M03** é acionada.

Figura 47 - Código Ladder 4



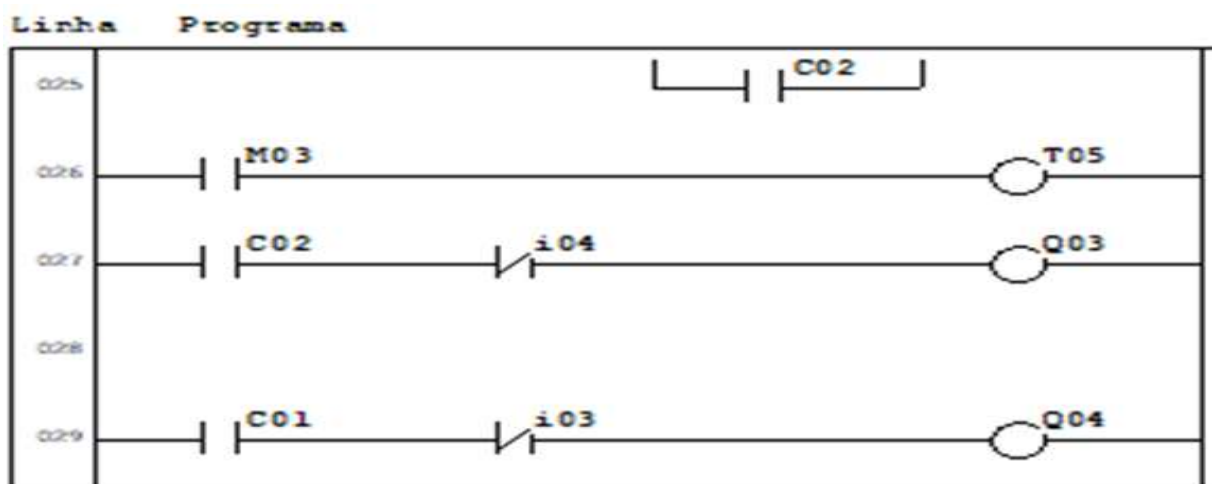
Fonte: autora.

Portanto, **T03** e **T04** foram utilizados para controlar o tempo de atuação do acionamento dos cilindros.

5.3.5 – Parte V código Ladder

A seguir na Figura 48 a seguir, na linha 026 a memória auxiliar **M03** aciona o temporizador interno **T05** do CLP. Quando **C01** ou **C02** atingem a contagem das peças pré-estabelecidas, na linha 027 e 028, o led sinalizador respectivo ao tipo de peça é acionado através de **Q03**, plástico, ou **Q04**, metal. Ao pressionar qualquer um dos botões de reset o led sinalizador se apaga como é ilustrado na linha 027 e 028, através dos contatos normalmente fechados de **i03** e **i04**.

Figura 48 – Código Ladder 5



Fonte: autora.

5.4 Protótipo finalizado

5.4.1 - Testes com a bancada

Os testes com a bancada didática mostram que o CLP CLIC02 executou muito bem o controle dos componentes da bancada.

Durante os testes percebeu-se que seria necessário utilizar vários temporizadores para que a execução do programa corresse de maneira natural com relação a velocidade da esteira. Em algum momento foi necessário mexer na regulação da tensão de alimentação da esteira fornecida pelo regulador de tensão ficando em 5.5V.

Observou-se que esteira era vulnerável a força e os avanços dos cilindros. A solução foi a confecção do suporte que a fixasse na mesa da bancada.

O alcance dos sensores, principalmente o sensor capacitivo deixou muito a desejar. Por isso as peças tiveram que ter uma modelagem um pouco maior do que o desejado. Porém o tempo de resposta entre o sinal enviado pelos sensores, e o sinal recebido pelas bobinas das válvulas solenoides e a atuação dos cilindros pneumáticos são, praticamente, instantâneos.

Com a tensão de alimentação da esteira a 6V, verificou-se que a peça passava muito rápido pela face dos sensores e os cilindros atuavam depois que a peça passava. Então ficou definida em 5.5V, além das mudanças na programação como já havia mencionado anteriormente.

A seguir são apresentadas as ilustrações do resultado final da bancada didática.

A Figura 49 a seguir, mostra a vista frontal da bancada didática, esteira, painel de controle, sensores, atuadores e as peças de metal e de plástico.

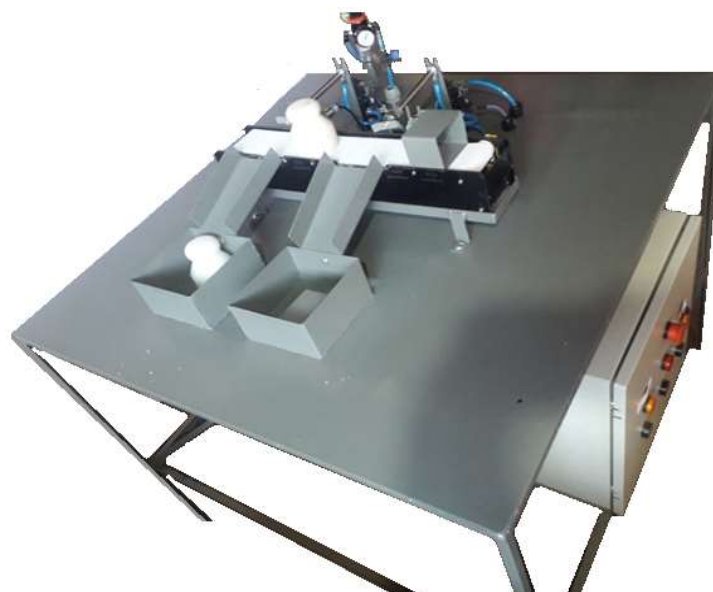
Figura 49 - Bancada finalizada



Fonte: autora.

Na Figura 50 a seguir está apresentada a vista superior esquerda da bancada didática.

Figura 50 – Vista superior esquerda da bancada



Fonte: autora.

Na Figura 51 a seguir, apresenta a vista superior direita da bancada didática.

Figura 51 - Vista superior direita da bancada



Fonte: autora

Apesar dos ajustes citados anteriormente, os testes com a bancada foram bastante satisfatórios.

A seguir na figura 52, é o link de acesso ao vídeo da apresentação da bancada didática em pleno funcionamento, dedicado a quem se interessar. Esse vídeo foi gravado com propósito de apresentá-la aos integrantes da banca avaliadora do Instituto Federal de Goiás, Câmpus de Jataí, bem como para os convidados a assistirem a minha defesa de TCC, Trabalho de Conclusão de Curso, no dia 28/07/2021.

Figura 52 - Link de acesso ao vídeo da banca em pleno funcionamento



Fonte: autora.

Disponibilizo, logo abaixo, o link de acesso ao vídeo da apresentação da defesa do TCC, para a banca avaliadora do IFG. Nele estão contidos os comentários e as correções dos avaliadores.

https://drive.google.com/file/d/1foIOvm7Qf_7M37oqE8G4jdSDyKgyA5PP/view?usp=sharing

Felizmente, com perseverança, foi possível realizar a conclusão da bancada didática, mas os testes em sala de aula vão ficar entre as sugestões de trabalhos futuros, quando tudo se normalizar. Pois a construção dessa bancada foi realizada em meio a pandemia de covid 19 em 2020/2021. Consequentemente, foram encontradas algumas dificuldades como, as restrições

para a compra de materiais e a privação do acesso a faculdade devido ao distanciamento social, por exemplo.

Entretanto, foi possível absorver bastante os conteúdos envolvidos nessa área de automação. Esse assunto vem sendo bastante discutido durante a apresentação do projeto. Pois, muitas vezes, nós alunos, ficamos em dúvidas com relação a determinados conteúdos e somente são esclarecidas na prática. A dúvida se realmente aprendeu suficientemente os conteúdos para conseguir se sair bem na resolução dos problemas.

Felizmente foi satisfatório! Mostrou que os conhecimentos teóricos adquiridos durante a vida acadêmica foram suficientes para buscar e resolver os problemas encontrados durante o desenvolvimento do projeto.

É o caso da alimentação das saídas a relés do CLP, pois não possuía entendimento sobre como seria. A programação do CLP mostrou como a programação interage com a parte física do sistema. Através da implementação da linguagem de programação, LADDER, observou-se que os conhecimentos adquiridos em sala de aula foram suficientes para o seu desenvolvimento.

Fazendo as ligações dos circuitos do painel de controle, pôde ser analisado a teoria de circuitos elétricos.

Pneumática, também, causou bastante surpresa ao observar a interação da mesma com a parte de controle e pressão do ar. Enfim, foram inúmeros os benefícios adquiridos com o desenvolvimento do projeto.

A figura 53 a seguir, mostra a entrega da bancada didática ao Instituto Federal de Goiás, Câmpus de Jataí.

Figura 53 - Entrega da bancada ao IFG



Fonte: Autora.

SEÇÃO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

Conclui-se que o objetivo geral deste trabalho foi atendido. A construção e montagem da bancada didática, bem como a implantação do sistema de controle e implementação da linguagem de programação, mostram o perfeito funcionamento das partes mecânicas com as partes de controle.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

A mesa da bancada foi projetada pensando no aprimoramento futuro do projeto. Aconselho aos futuros acadêmicos do Instituto Federal de Goiás, campus jataí, uma ampliação na seleção das peças. Pois, além da função atual, o sistema pode ser ampliado para selecionar as peças por tamanho.

Pode ser projetada um novo modelo de esteira transportadora, maior em comprimento, utilizando o motor e as engrenagens da esteira atual.

Pode ser projetado um braço robótico para auxiliar com a retirada das peças inseridas nas caixas de armazenamento.

E por fim, podem serem feitas as análises envolvendo os testes da bancada didática com os estudantes em sala de aula, pois não foram realizados devido a pandemia de covid 19.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZINHEIRA, J. R. **Sensores e Actuadores**. Folhas AEIST. Instituto superior técnico, Lisboa, p. 75-76, 2002.

BARBOSA, Lucas Pencinato; CANAZARO, Joelmir Vinhoza; DE OLIVEIRA BARBOSA, Vinícius. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NACIONAL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS DO FUTURO. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 6, n. 1, 2020.

BONACORSO, Nelso Gauze, – NOLL, Valdir, **Automação Eletropneumática** – Editora Érica – 2007.

BONACORSO, Nelso Gauze; NOLL, VALDIR. **AUTOMAÇÃO ELETROPNEUMÁTICA**. SARAIVA EDUCAÇÃO SA, 2000.

BORDIN, Leandro. **A educação em engenharia numa perspectiva sociotécnica**. 2018.

CARVALHO, J. M D. **Utilização de bancada didática de simulação de defeitos na UC de instalações industriais: Uma abordagem inspirada na aprendizagem baseada em problemas**. Instituto Federal De Santa Catarina (IFSC). Florianópolis/SC. 2018.

CURZEL, Jeferson Luiz. **Sensores Industriais**. Slides. Disponível em:< <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~jlcurzel/CLP/1>, 2013. disponível em: www.weg.com.br. acesso em: 25/01/2021, às 22:07 horas.

DA SILVA MOREIRA, Ilo. **Comandos elétricos de sistemas pneumáticos e hidráulicos**. SESI SENAI Editora, 2015.

DOS SANTOS, Carolina Maia; DE MORAES FIGUEIREDO, Fernanda Abreu. **Estudos sobre metodologias de aprendizagem ativa na Engenharia publicados nos anais do ENEGEP de 2013 a 2017: análise do perfil acadêmico e instituições de origem dos autores**. 2018.

DOS SANTOS, Filipe José Martins. **Elaboração de uma instalação didática para estudo de um compressor de ar**. 2020. il. p.23.

UERJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. FAT. **Apostila de pneumática**. Pdf. 2012. p. 72. disponível em: [Apostila de Pneumática \(proalpha.com.br\)](http://Apostila de Pneumática (proalpha.com.br)). acesso em: 06/01/2021.

HENRIQUE, Hélio. **Comandos Elétricos: Simbologia, Associação de Contatos e Conceitos Básicos**. 2018.

JUNIOR, Lucas Arthur Dutra. **Implementação e aplicação scada em bancada didática voltada para ensino em controle de processos**: Adaptação virtual do projeto. Florianópolis, 2021.

LIMA, Israel Antônio Macedo de. **Proposição de uma bancada didática para análise de vibração em manutenção preditiva**. 2014.

LIRIO, Julio Cesar Schemberg. **DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO DE LUMINOTÉCNICA**. Santa Maria, RS. 2021.

MARQUES, Jean Liecheski et al. **Proposta de uma bancada de baixo custo para o ensino de automação industrial de acordo com as normas de segurança**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 36, n. 2, 2018.

MARTINS, Andressa Bertoni et al. **SISTEMA DE CONTROLE COM PLP PARA SECAGEM DE ROUPA**. 2014.

MARTINS, Juliana Carvalho de. **Utilização de bancada didática de simulação de defeitos na uc de instalações industriais**. 2018.

MOREIRA, Ilo da Silva. **Sistemas Pneumáticos**. São Paulo: Senai-sp, 2015. 224 p. (solenóide) pag25.

MATOS, Bruno Guilherme Gonçalves de. **Controlador e accionador para motor DC em malha fechada**. 2008. Tese de Doutorado.

NEGRI, Victor Juliano De. **PARA AUTOMAÇÃO, PARTE II - Sistemas Pneumáticos. Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos para Automação e Controle**. 2001.

OLIVEIRA, Diego Santos. **Automação dos experimentos do Laboratório de Instalações Elétricas**. 2006.

OLIVEIRA, Diego Santos. **Automação dos experimentos do Laboratório de Instalações Elétricas**. 2006. il. 37p.

PIZZA, João Paulo Andreassa. **Construção de uma bancada didática com compressor alternativo**. Universidade Federal de Uberlândia. Curso De Graduação em Engenharia Mecânica. Uberlândia Goiás, 2018.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação Industrial**. 4ª edição. Salvador, Outono 1999.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial**, 2016.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial**. Editora Baraúna, 2012. il.

SILVA, Derlone Araújo Jarcelon. **Desenvolvimento e construção de processadores: Uma breve história da micro a nanotecnologia**. 2017.

SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro da. **TRAÇÃO ANIMAL** - BRASIL ESCOLA (UOL.COM.BR). Acesso em: 19/05/2021 às 17:03 horas.

SILVA, Emílio Carlos Nelli. **Apostila de pneumática**. São Paulo: Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da Poli (USP), 2002.

SILVA, Marcelo Eurípedes Da. **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL**. Apostila para, 2007.

SOUZA, José de. **Manual de Automação**. Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato.
TORGA, Diego Santana. **Desenvolvimento de uma plataforma didática para práticas de controle de velocidade de motor de corrente contínua**. 2016.

VILLAR, Gileno José De Vasconcelos. **Geradores e Motores CC**. il. 2006.

Weg Equipamentos Elétricos S.A. **Manual do usuário. Micro Controlador Programável CLIC02**. São Paulo - SP – 2021. Acesso em: 10/03/2021. Disponível em: [Busca manual do usuário clic 02 - Downloads | WEG](#) .

WENDLING, Marcelo. **SENSORES**. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, v. 2010, p. 20, 2010.

WENDLING, Marcelo. Sensores. **Universidade Estadual Paulista. São Paulo**, v. 2010, p. 20, 2010.

YAMAMOTO, Allan Cesar Seiji et al. **Esteira seletora e contadora de objetos metálicos**. 2014.

WEG – PRODUTOS. **Software/drives**. Disponível em:

https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/Controle-de-Processos/Controladores-L%C3%B3gicos-Program%C3%A1veis/Rel%C3%A9-Program%C3%A1vel-CLIC02/Rel%C3%A9s-Program%C3%A1veis-CLIC02/p/MKT_WDC_BRAZIL_PROGRAMMABLE_MICRO-CONTROLLER_PLC_CLIC02

Orçamentos materiais. Acesso em: 30/07/2021. Disponível em: [Cantoneira 3/4 x 1/8" NBR7007 MR 250 6 Metros - ArcelorMittal](#)

APÊNDICE A - LISTA DE MATERIAIS COM ESTIMATIVA DE CUSTOS

A Tabela 1 a seguir, mostra uma estimativa dos valores de cada um dos principais componentes empregados na confecção da bancada. E ao final da Tabela 1 o valor da soma desses componentes.

Entretanto, não está incluso na Tabela 1, o valor estimado do serviço de mão de obra que seria cobrado caso a confecção da bancada fosse ministrada por uma empresa especialista nesse tipo de serviço. O valor da mão de obra corresponde a 35 reais por hora, segundo um amigo (José Aloísio), vulgo Luizinho, dono de uma torneadora, TORMAQ, localizada em Jataí goiás.

Tabela 1 - Lista de materiais

Descrição	Tipo	Quantidade	Valor estimado por unidade (Reais)
Barra chata	7/8 x 1/8"	Barra 6m	36.20
Cantoneira	3/4" x 1/8"	Barra 6m	56,25
Chapa metálica	1mx1m	1	280
Tinta cor cinza BRASILUX	Esmalte sintético	2L	90
Kit esteira + motor DC		1	400
CLP-CLIC02 - CLW- 02/20HR-12D	Empréstimo	1	1470
Cabo programação CLIC02			420
Quadro painel de comando elétrico	40x40x20cm	1	280
Fonte 220/24V – 60W/2,5A - Phoenix	CA/CC	1	480
Fonte 220/12V – 1A	CA/CC	1	55
Regulador de tensão com display	Input 24V	1	60

Fios	Espessuras e cores variadas		150
Sensor capacitivo	6~30V	1	104
Sensor indutivo	6~30V	1	130
Cilindro pneumático dupla ação 12mmx100mm	-	2	150
Válvula solenoide	5/2 vias 1/4	2	70
Filtro regulador de pressão (10bar)	1/4	1	80
Mangueira pneumática PUN06	6mm	10m	70
Conectores Ilhos	0.75/1.5/2.5	17	30
Disjuntores/proteção	6A/2A/2A	3	25
Trilho DIN		1m	100
Canaleta recorte aberto – cinza - proteção p/ quadro de comando	30mm x 30mm		60
Sinalizador/led	24V	3	50
Botão de pulso		3	40
Botão de emergência		1	45
Compressor	Empréstimo	1	670
Serra copo para furadeira	22mm	1	80
Conectores pneumáticos	PC0602 - BSL02 - HVFF06		150
Total			5861,45

Fonte: autora.

APÊNDICE B - MANUAL DO USUÁRIO

Energizando a bancada

A tensão de alimentação da bancada é 220Vca, monofásica. Logo abaixo do painel de controle, embaixo, da bancada tem o plug de conexão para conecta-la a tomada.

Observação: Por segurança o plug da alimentação da bancada possui três pinos e não deve ser substituído por plug de dois pinos, devido fio de aterramento da bancada.

Botão de Start

Após conectar o plug na tomada de 220V, o botão de start (vermelho), localizado no meio da porta do painel de controle deve ser pressionado para que o sistema seja habilitado. Após o botão de start ser pressionado o sistema deve começar a rodar. (nota que a esteira começa a rodar). O led vermelho sinaliza indicando que o processo está em andamento.

Acrescentando as peças na esteira

Cinco são a quantidade de peças estabelecida na programação. Cinco peças de metal e cinco peças de plástico. Devem ser acrescentadas uma por vez, até que a contagem das peças chegue ao limite estabelecido.

Ao chegar ao limite das peças de plástico, por exemplo, o led amarelo localizado no lado esquerdo do painel sinalizará e o sistema é desabilitado parando a esteira.

Da mesma forma acontece com as peças de metal, porém o led que sinalizará que chegou ao limite estabelecido, será o led amarelo localizado no lado direito do painel.

Pressionando o botão Reset

Se o botão reset for pressionado zera a contagem das peças cujo o botão foi pressionado. Portanto o botão de reset deve ser pressionado a qualquer momento quando o sistema sinalizar.

Se o botão reset for pressionado e as peças não forem retiradas quando o sistema sinalizar, poderá ocorrer congestionamento na esteira podendo danificá-la.

Botão de emergência

- O botão ou botoeira de emergência deve ser pressionado, somente, caso o usuário queira que o sistema pare.

Manutenção e cuidados com a bancada

- A bancada didática não deve ser alimentada com tensões diferentes da tensão de alimentação que foi projetada 220V.
- A bancada não deve ficar exposta a umidade e/ou poeira, para não serem danificados os sensores e atuadores.
- Observar a pressão de trabalho dos pistões, que devem ficar em torno de 3 bar. Prestar atenção na regulagem dos componentes que compõem a bancada.

“Desejo a todos(as) docentes do IFG – Jataí, um bom uso da bancada. E aos discentes uma boa aprendizagem!!!”