



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA**

LEANDRO CAXIAS LEÃO

PROTÓTIPO DE PRENSA ELETROPNEUMÁTICA BIMANUAL

MANAUS-AM

2025

LEANDRO CAXIAS LEÃO

PROTÓTIPO DE PRENSA ELETROPNEUMÁTICA BIMANUAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Mecatrônica do Instituto Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: José Geraldo de Pontes e Souza.

MANAUS-AM

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L437p	<p>Leão, Leandro Caxias. Protótipo de prensa eletropneumática bimanual / Leandro Caxias. — Manaus, 2025. 40 f.: il. color.</p> <p>Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, <i>Campus</i> Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2025. Orientador: Prof. José Geraldo de Pontes e Souza, Me.</p> <p>1. Eletropneumática. 2. Prensa. 3. Eficiência. I. Souza, José Geraldo de Pontes e Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.</p> <p>CDD 629.892</p>
-------	---

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB 11/ nº 734).

ANEXO 7

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 10 dias do mês de junho, de 2025, às 18:00, o discente LEANDRO CAXIAS LEÃO apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes: JOSÉ GERMÃO DE P. e SOUZA (docente-orientador), JOSÉ FÁBIO DE LIMA NASCIMENTO (Membro 1) e ELGONOR CASCENÇIO DOS SANTOS (Membro 2). A sessão pública de defesa foi aberta pelo presidente da banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC, que tem como título PROTEÇÃO DE PRENSA GENEALÓGICA NA BINA. Na sequência, o discente teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho. Cada integrante da banca examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do discente, a banca examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO com média final 9,0 (NOVE) do referido trabalho.

Foi dada ciência ao discente que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 08 / 09 / 2025, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 19:00, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo discente.

Prof.(a) Orientador(a)/Presidente: JOSÉ GERMÃO DE P. e SOUZA
Prof.(a) Avaliador 1: JOSÉ FÁBIO DE LIMA NASCIMENTO
Prof.(a) Avaliador 2: ELGONOR CASCENÇIO DOS SANTOS
Discente: LEANDRO CAXIAS LEÃO

AGRADECIMENTOS

Dedico primeiramente essa conquista a Deus e a minha família, em especial à minha esposa, Francidaisy Leão e meus pais, Luiza Caxias e Hildegardo Leão, pois sempre acreditaram no meu potencial e na capacidade de superar as dificuldades.

A todos os professores pelo ensino, orientação, em especial ao professor José Geraldo pelas orientações para a conclusão do TCC. Aos companheiros de curso que estiveram ao meu lado nos momentos de maiores dificuldades, em especial ao meu amigo William Lessa pelo apoio constante e a todos que colaboraram para a minha formação acadêmica direta ou indiretamente

RESUMO:

O presente trabalho consiste em mostrar o processo de funcionamento da prensa eletropneumática na aplicação de diversos ramos. O processo de prensa eletropneumática pode ser realizado em diversas modalidades de trabalhos e produtos desde usos mais simples como reciclagem de materiais até montagem de produtos mais robustos como nas indústrias automobilísticas. Com o intuito de manter a competitividade e longevidade no mercado, as organizações buscam cada vez mais velocidade em seus processos produtivos, aumento de eficiência, bem como redução de custos com perdas materiais e diminuição de afastamento operacional. Considerando essas necessidades, o uso da pneumática aumenta a velocidade dos procedimentos, proporcionando maior precisão, redução de gastos com perda material e aumenta a segurança dos trabalhadores, além de reduzir os afastamentos por LER (lesões por esforços repetitivos) tornando o sistema produtivo mais eficiente.

Palavras-chave: prensa, eletropneumática, eficiência

ABSTRACT:

This paper aims to demonstrate the operation of an electropneumatic press in various applications. The electropneumatic press process can be used in various types of work and products, from simpler uses such as recycling materials to the assembly of more robust products, such as in the automotive industry. In order to maintain competitiveness and longevity in the market, organizations are increasingly seeking to speed up their production processes, increase efficiency, reduce costs with material losses and reduce operational absences. Considering these needs, the use of pneumatics increases the speed of procedures, providing greater precision, reducing costs with material losses and increasing worker safety, in addition to reducing absences due to RSI (repetitive exercise injuries), making the production system more efficient.

Keywords: press, electropneumatics, efficiency

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 - Esboço da estação de metrô pneumática de Ely Beach	16
Figura 2 - Correio de tubos pneumáticos	16
Figura 3 - Furadeira Pneumática.....	17
Figura 4 - Processo de transporte de bebidas	17
Figura 5 - Processo de pintura com pulverização pneumática	18
Figura 6 - Pneumática na fabricação de carregadores de celular.....	18
Figura 7 - Bomba de vácuo para a indústria moveleira	19
Figura 8 - Sistema de correio pneumático para hospital	19
Figura 9 - Sistema pneumático no ramo de cosméticos	20
Figura 10 – Ladder-parte 1.....	22
Figura 11 – Ladder-parte 2.....	23
Figura 12 - Parte frontal do protótipo	28
Figura 13 – Parte traseira do protótipo.....	28
Figura 14 - Parte lateral esquerda do protótipo.....	28
Figura 15 - Parte lateral direita do protótipo.....	28
Figura 16 – Desenho ilustrativo do protótipo.....	29
Figura 17 - Diagrama de circuito eletropneumático da prensa bimanual- programa Fluidsim.....	30
Figura 18 - IHM Samkoom EA-043A.....	32
Figura 19 - CLP FX3U-24MT.....	32
Figura 20 - Fonte de alimentação 24V/12V.....	32
Figura 21 - Válvula dupla solenoide 4V220-08 5/2 vias 1/4".....	32
Figura 22 - Válvula dupla solenoide 4V220-08 5/2 vias 1/4".....	32
Figura 23 - Silenciador de escape 1/8"	32
Figura 24- Botoeira de emergência.....	32
Figura 25- Regulador de fluxo pneumático 1/4"	32

Figura 26 - Regulador de fluxo pneumático 1/8"	33
Figura 27 - Botoeira de pulso com LED.....	33
Figura 28 - Guia Linear 25mm com patins.....	33
Figura 29 - Rolamento Linear com eixo.....	33
Figura 30- Manômetro.....	33
Figura 31- Sensor Magnético ISO Perfilado (3 fios)	33
Figura 32 - Estrutura (corpo do projeto)	33
Figura 33 - Cilindro SMC CDQ2B50-100D.....	33
Figura 34 - Cilindro SMC CDM2B20-150.....	34
Figura 35- Sensor magnético sobrepor com fio de porta NA.....	34
Figura 36- Conector reto 6mm x rosca macho 1/4".....	34
Figura 37 - Conexão pneumática T 6mm.....	34
Figura 38 - Mangueira pneumática 6 mm.....	34
Figura 39 - Cabo manga 3 vias.....	34
Figura 40 - Dobradiça metálica.....	34
Figura 41 - Placa de acrílico transparente	34
Figura 42 - Caneleta PVC.....	34
Figura 43 – Parafusos diversos.....	34

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 - Descrição do modelo de CLP FX3U-24MT.....	21
Tabela 2 - Entradas digitais-sensores e botões.....	21
Tabela 3 - Saídas digitais-atuadores.....	21
Tabela 4 - Especificações do IHM.....	25
Tabela 5 – Configuração de comunicação.....	25
Tabela 6 – Telas principais da IHM.....	26
Tabela 7 – Registradores de comunicação com a CLP.....	27
Tabela 8 – Dimensionamento da estrutura.....	29
Tabela 9 - Lista de materiais utilizados.....	31
Tabela 10 – Distribuição física dos componentes.....	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS:

CLP..... Controlador Lógico Programável

ISO..... International Organization for Standardization

IHM.....Interface homem-máquina

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 METODOLOGIA.....	15
2.DESENVOLVIMENTO	15
2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	15
2.2 HISTÓRICO.....	15
2.3 PNEUMÁTICA NA INDÚSTRIA.....	17
2.4 CLP.....	20
2.4.1 CONCEITO E FUNÇÃO DO CLP.....	20
2.4.2 MODELO E CARACTERÍSTICA.....	20
2.4.3 ENTRADAS E SAÍDAS USADAS.....	21
2.4.4 PROGRAMA LADDER.....	22
2.4.4.1 SEQUÊNCIA GERAL.....	24
2.4.5 SEGURANÇA E INTERTRAVAMENTO.....	24
2.5 IHM.....	24
2.5.1 MODELO UTILIZADO.....	24
2.5.2 COMUNICAÇÃO COM O CLP.....	25
2.5.3 BENEFÍCIOS DO IHM NO PROJETO.....	25
2.5.4 TELAS E FUNCIONALIDADES.....	25
2.5.5 MAPEAMENTO DE ENDEREÇOS.....	27
2.6 PROTÓTIPO DE PRENSA ELETROPNEUMÁTICA.....	28
2.6.1 DESENHO ILUSTRATIVO.....	29
2.6.2 DIAGRAMA ELETROPNEUMÁTICO.....	30
2.6.3 LISTA DE COMPONENTES UTILIZADOS.....	31
2.6.3.1 FIGURAS DOS COMPONENTES.....	32
2.6.4 CONFIGURAÇÃO DO PAINEL.....	35
2.6.5 INTEGRAÇÃO CLP e IHM.....	36
2.6.5.1 OBJETIVO DA INTEGRAÇÃO.....	36
2.6.5.2 FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA IHM.....	36

2.6.6 FUNCIONAMENTO DA PRENSA BIMANUAL.....	36
2.6.6.1 CICLO DE FUNCIONAMENTO.....	37
2.6.6.2 ITENS DE SEGURANÇA INTEGRADOS.....	38
2.6.7 CONFORMIDADE COM A NR-12.....	38
2.6.7.1 TESTES DE VALIDAÇÃO.....	39
2.6.7.2 CERTIFICAÇÕES E LIMITAÇÕES.....	39
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Com a constante aplicação de automação nos processos produtivos, a pneumática é essencial na indústria em razão da capacidade de realizar ações rápidas e de forma segura, principalmente quando se trata de servir como atuação mecânica em equipamentos com ciclos operacionais complexos. Com o auxílio da automação, a indústria conseguiu reduzir os custos com os colaboradores, aumentar a velocidade dos procedimentos, aumentar a segurança dos operadores, melhora a qualidade dos produtos e também torna o sistema eficaz e eficiente (Portapilla, 2019)

As organizações desejam aumentar velocidade de processamento, bem como ter maior controle dos processos, a redução de custo e o aumento de qualidade. Esta mudança na visão industrial teve início com a Revolução Industrial no século XVIII e, dois séculos depois, Henry Ford mudou o mundo com a produção em série nos Estados Unidos, demonstrando que a automação vem aumentando a cada dia (BAU, 2013).

A automação dos processos viabiliza reduzir o tempo de processamento, elevar a escala de produção, padronizar procedimentos, aumentar a segurança dos trabalhadores e a qualidade dos produtos, aperfeiçoando o processo produtivo. Considerando isso, a prensa foi desenvolvida, sendo um dispositivo que comprime ou achata objetos entre a sua base e a pulsão; a prensa pneumática, objeto de estudo em questão, é um dispositivo alimentado por um compressor de ar comprimido, acionado por alavanca, que comanda a válvula, acionando, dessa maneira, o pistão (Portapilla, 2019).

1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar o funcionamento de uma prensa eletropneumática utilizando CLP com software GX Developer supervisionado por IHM.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Montar circuito de protótipo de prensa eletropneumática
- Programar o CLP FX3U-24MT para controlar sequência operacional.
- Desenvolver protótipo com a interface gráfica da IHM Samkoon EA-043A
- Realizar teste de aplicação e simulação do sistema

1.3 JUSTIFICATIVA

A indústria de dispositivos eletrônicos, especialmente a fabricação de aparelhos celulares, exige constante inovação e melhorias nos processos produtivos, com foco na eficiência, precisão e segurança. Segundo Kalil (2015), no setor eletroeletrônico da Zona Franca de Manaus, as linhas de montagem de celulares e similares operam em ritmo acelerado, exigindo precisão, eficiência e alto controle de qualidade, o que torna indispensável a adoção de ferramentas e métodos que preservem a saúde e segurança do operador.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação da prensa eletropneumática bimanual, exemplificando o processo produtivo de aparelhos celulares, visando ressaltar a otimização da linha de montagem e a melhoria das condições de trabalho. Segundo Silva e Almeida (SciELO Brasil, 2009), o comando bimanual com exigência simultânea das duas mãos, conjugado com sistemas de redundância e autoteste, garante segurança operacional ao impedir acionamentos involuntários e acidentes com prensas — princípios que são aplicáveis ao uso da prensa eletropneumática bimanual em linhas de montagem de celulares.

Dessa forma, este estudo se justifica pela necessidade de mostrar a otimização dos processos industriais com o uso da eletropneumática, proporcionando maior

segurança e eficiência no ambiente de trabalho, além de contribuir para abrir novos horizontes acerca da visão da aplicabilidade em outros ramos industriais e não-industriais.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada segue uma abordagem experimental, com etapas que incluem revisão bibliográfica, desenvolvimento do protótipo e teste em ambiente controlado.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

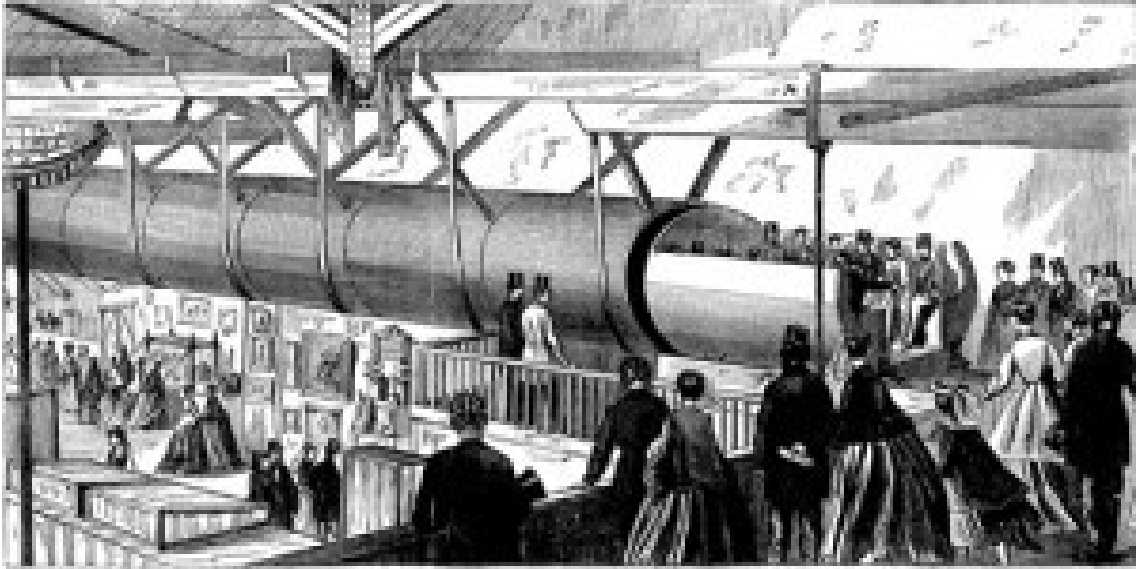
Conforme estabelecido na ISO 5598, a pneumática refere-se à ciência e tecnologia que usa o ar ou gases neutros como meio de transmissão de potência. Prensas pneumáticas têm seu funcionamento baseado no princípio de Pascal, em que a pressão aplicada a um fluido dentro de um recipiente fechado é transmitida, sem variação, a todas as partes do fluido, bem como às partes do recipiente (SILVA, 2014).

2.2 HISTÓRICO

Conforme relatado na Wikipédia (*Energia pneumática*), o uso da pneumática remonta à antiga Alexandria, onde Ctesíbios desenvolveu aparelhos movidos a ar comprimido por volta do século III a.C., e Heron de Alexandria, no século I d.C., compilou experimentos em seu tratado *Pneumática*, documentando máquinas movidas por ar e vapor, como a eolípila. Somente nos séculos XVI-XVII, com Otto von Guericke e sua bomba de vácuo (~1650), a técnica ganhou evidência científica. O século XIX foi crucial na evolução da pneumática, pois muitos mais se conscientizaram de como o ar comprimido poderia ser usado com grande efeito (Manutenção em Foco, 2025).

O primeiro grande desenvolvimento funcional ocorreu em 1867, quando um inventor americano, Alfred Beach, construiu um trem de metrô pneumático em Nova York (Manutenção em Foco, 2025).

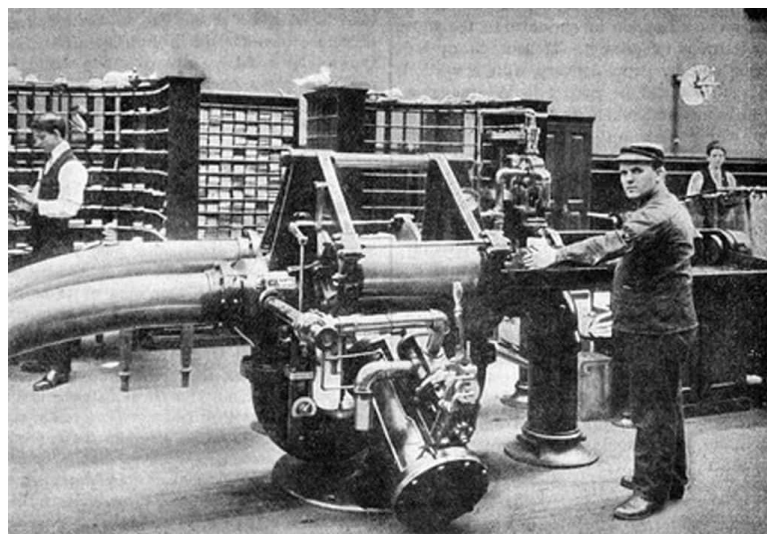
Figura 1-Esboço da estação de metrô pneumática de Ely Beach



Fonte: Pneumatictips, 2024

Ao final do século XIX, John Wanamaker, um comerciante americano ilustre, tornou-se o primeiro a introduzir tubos pneumáticos no Correio dos Estados Unidos para transportar rapidamente cartas de uma área do edifício para outro, até 1953, NYC tinha uma rede de correio de tubos pneumáticos que se estendia por 27 milhas e conectava 23 agências de correio, apresentou o mesmo sistema em sua loja de departamento para transportar dinheiro e para caixas junto com documentos importantes de uma parte da loja para uma área diferente (POPE, 2013).

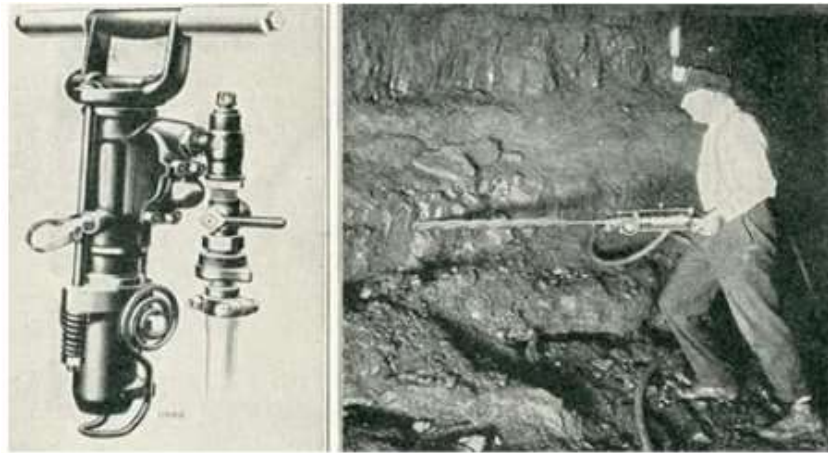
Figura 2 - Correio de tubos pneumáticos



Fonte: Factinate, 2024

Samuel Ingersoll, em 1871, inventou a furadeira pneumática. Mais tarde, em 1890, Charles Brady inventou um martelo pneumático (POPE, 2013).

Figura 3 – Furadeira Pneumática



Fonte: txr.br, 2024

2.3 PNEUMÁTICA NA INDÚSTRIA

A pneumática está presente, em diversos níveis, em praticamente todos os ramos industriais.

- Alimentos e bebidas: operações de pasteurização, dosadores, movimentação, filtragem, esterilização, enchimento, lacração e vedação, rotulação, paletização, misturadores. Um dos principais benefícios da automação pneumática para a indústria alimentícia é a redução do risco de contaminação dos produtos (SCHMIDT, 2020).

Figura 4- Processo de transporte de bebidas



Fonte: mtibrasil, 2024

- Automotiva: a indústria automobilística é um dos segmentos que mais empregam a pneumática para automação de processos como: pintura, manipulação, montagem, perfuração, corte e movimentação de peças (GHPC, 2024).

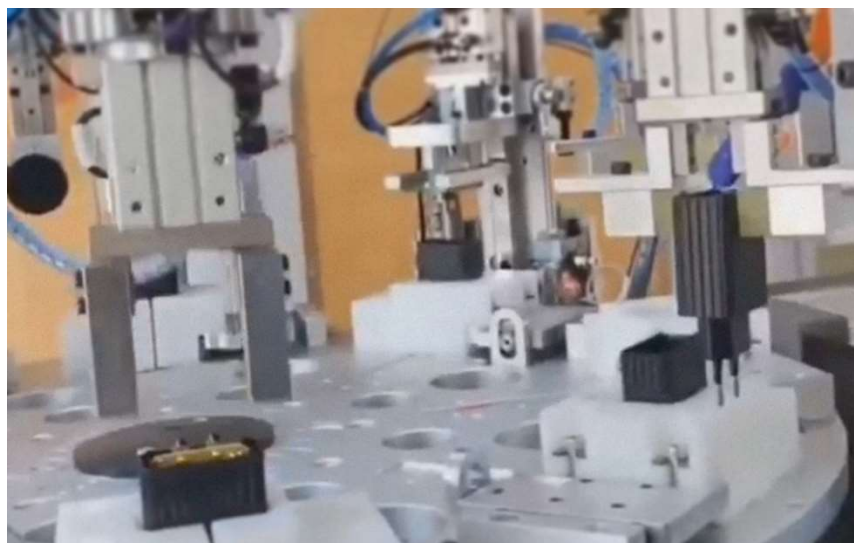
Figura 5- Processo de pintura com pulverização pneumática



Fonte: vergoautomacao, 2024

- Máquinas e equipamentos: A automação pneumática é capaz de exercer diversas funções na indústria de eletrônicos, podendo ser configurada para cortar, encaixar, prender, fechar, grampear, parafusar etc. (PUMA BRASIL, 2021).

Figura 6- Automação pneumática na fabricação de carregadores de celular



Fonte: vergoautomacao,2024

- Móveis: as ferramentas pneumáticas trazem facilidade para a indústria moveleira, como o uso de lixadeiras pneumáticas para acabamentos mais finos, além de furadeiras e parafusadeiras pneumáticas trabalhando com maior precisão, agilidade, segurança e eficiência (PUMA BRASIL, 2021).

Figura 7- Bomba de vácuo para a indústria moveleira



Fonte: dpvbrasil, 2024

- Médico-hospitalar: o sistema de correio pneumático ajuda a melhorar a rotina dentro do ambiente hospitalar, transportando com mais agilidade e segurança dos insumos proporcionando maior eficiência nos processos (AUTOMED SYSTEM, 2021).

Figura 8- Sistema de correio pneumático para hospital



Fonte: medical expo, 2024

- Indústria farmacêutica e cosmética: A precisão e a confiabilidade dos sistemas pneumáticos possibilitam uma produção ágil e sem erros humanos, a automação pneumática é utilizada para dosagem precisa, enchimento de frascos e controle de qualidade, aumentando a segurança necessária para não haver contaminação no ambiente (FESTO BRASIL, 2020).

Figura 9- Sistema pneumático no ramo de cosméticos



Fonte: pumabrasil, 2024

2.4 CLP

2.4.1 CONCEITO E FUNÇÃO DO CLP

O Controlador Lógico Programável (CLP) é o elemento central do sistema de controle da prensa eletropneumática bimanual, sendo responsável pela interpretação dos sinais de entrada (como botões e sensores), pela tomada de decisões lógicas com base no programa desenvolvido e pelo acionamento das saídas (como válvulas solenoides e indicadores). Além disso, realiza a comunicação com a IHM para troca de dados e comandos.

2.4.2 MODELO E CARACTERÍSTICA

O CLP utilizado é o **FX3U-24MT** (versão chinesa). Este modelo foi escolhido por sua robustez, confiabilidade e compatibilidade com comunicação Modbus RS-485.

Tabela 1-Descrição do modelo de CLP FX3U-24MT

Modelo	FX3U-24MT
Entradas digitais	14 pontos (X00 a X07; X10 a X15)
Saídas digitais	10 pontos transistorizadas (Y0 a Y7; Y10 e Y11)
Tensão de alimentação	24 VDC
Interface de comunicação	Porta RS-485 integrada (sem necessidade de módulo adicional)
Software de programação	GX Developer

Fonte: Elaborada pelo autor,2025

2.4.3 ENTRADAS E SAÍDAS USADAS

Tabela 2-Entradas digitais- sensores e botões

ENDEREÇO	FUNÇÃO
X0	Botão bimanual esquerdo
X1	Botão bimanual direito
X2	Botão de emergência
X4	Sensor magnético - porta
X10	Sensor magnético- cilindro guia recuado
X11	Sensor magnético- cilindro guia avançado
X12	Sensor magnético- cilindro prensador recuado
X13	Sensor magnético- cilindro prensador avançado

Fonte: Elaborada pelo autor,2025

Tabela 3-Saídas digitais-atuadores

ENDEREÇO	FUNÇÃO
Y0	Válvula solenoide - cilindro guia
Y2	Válvula solenoide - cilindro prensador
Y3	Válvula solenoide - cilindro prensador
Y4	Válvula solenoide - cilindro guia

Fonte: Elaborada pelo autor,2025

2.4.4 PROGRAMA LADDER

O programa ladder desenvolvido no GX Developer implementa a lógica de operação e segurança da prensa.

Figura 10- Ladder parte 1

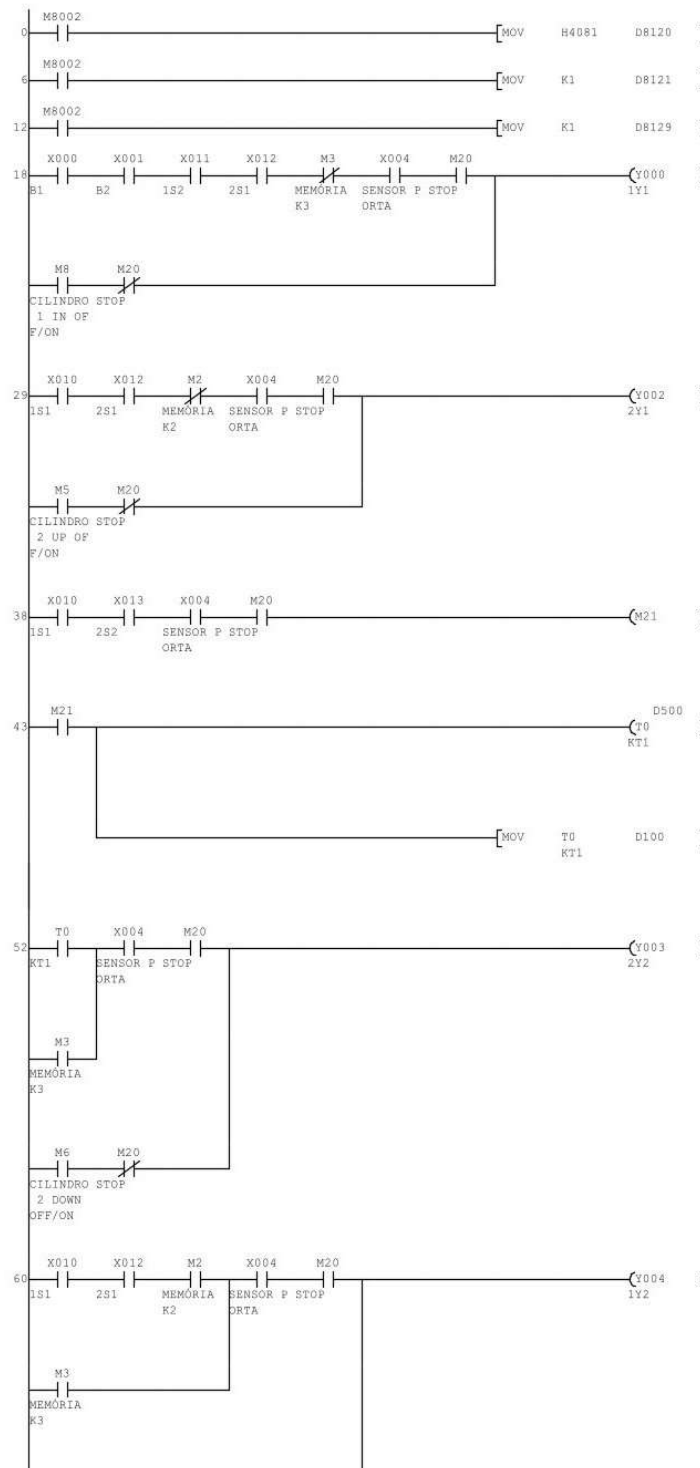
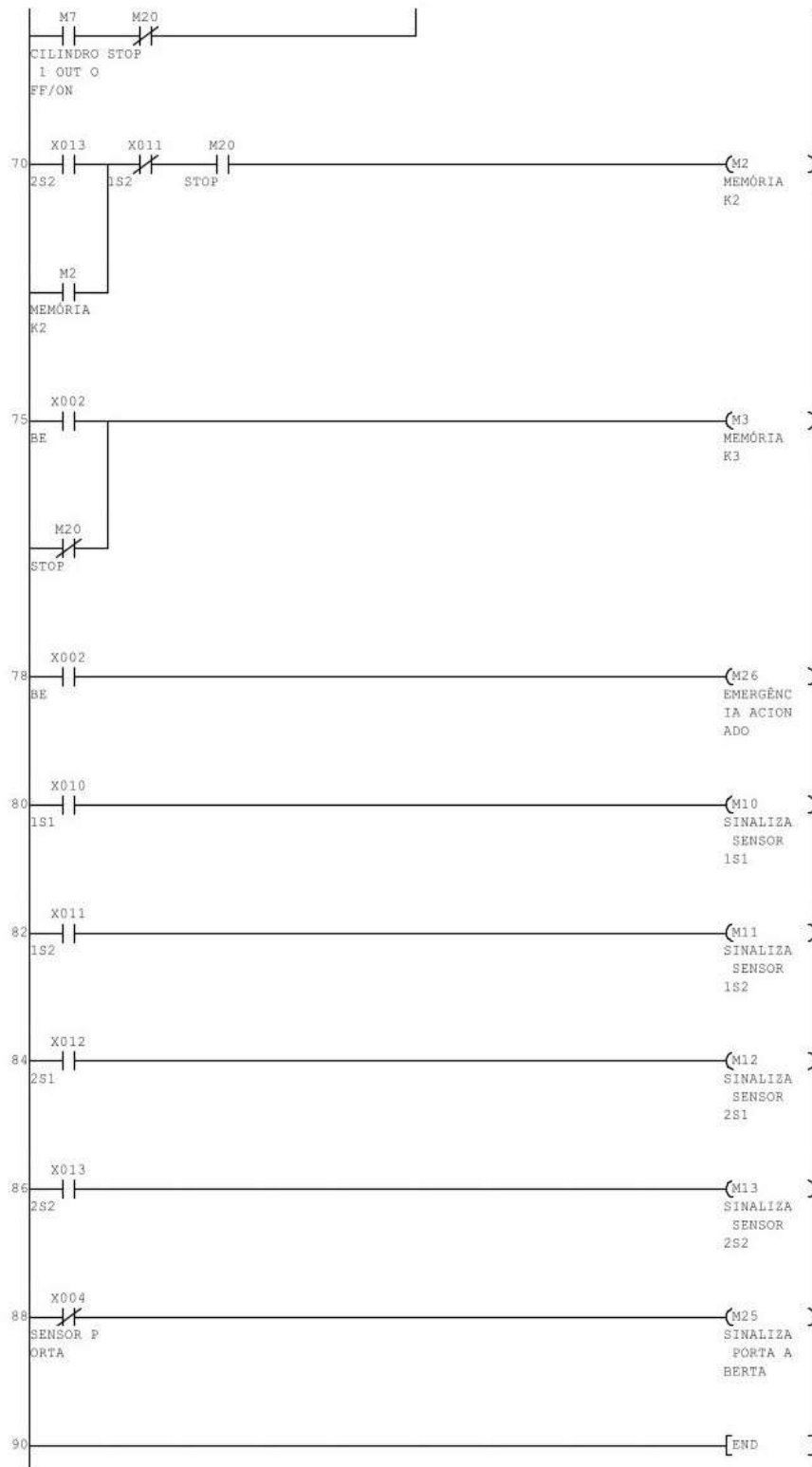


Figura 10- Ladder parte 2



2.4.4.1 SEQUÊNCIA GERAL

- O ciclo só pode iniciar se os botões bimanuais (X0 e X1) forem pressionados simultaneamente;
- O botão de emergência (X2), se acionado, impede o funcionamento do sistema;
- Após a validação dos botões e sensores, o CLP aciona a válvula do cilindro guia (Y0) e em seguida o cilindro prensador (Y2) e inicia a contagem do tempo de prensagem com o temporizador T0 (valor configurado em D500);
- Ao fim do tempo, o cilindro retorna, e o CLP aguarda os sensores indicarem que ele voltou à posição inicial;
- O ciclo é registrado no contador e enviado à IHM via registrador D100.

2.4.5 SEGURANÇA E INTERTRAVAMENTO

A lógica implementada no CLP também assegura a integridade do operador e da máquina, com as seguintes medidas:

- Bimanual obrigatório: previne o acionamento acidental do ciclo;
- Emergência ativa: bloqueia todas as saídas enquanto estiver acionada;
- Detecção de sensores de posição: impede o acionamento se os cilindros estiverem em posição incorreta;
- Reset manual: após cada emergência, é necessário reinicializar o sistema pela IHM ou comando específico.

2.5 IHM

A Interface Homem-Máquina (IHM) é o componente responsável por permitir a comunicação entre o operador e o sistema automatizado da prensa eletropneumática. Por meio da IHM, é possível monitorar variáveis do processo, configurar parâmetros, emitir comandos e visualizar alertas em tempo real, tornando a operação mais segura, intuitiva e eficiente.

2.5.1 MODELO UTILIZADO

A IHM empregada no projeto é a **Samkoon EA-043A**, um modelo compacto e

econômico, com tela sensível ao toque (touchscreen).

Tabela 4-Especificação IHM

MODELO	SAMKOON EA-043A
TELA	4,3" TFT colorida
RESOLUÇÃO	480 × 272 pixels
INTERFACE DE COMUNICAÇÃO	RS-485 (porta COM1)
PROTOCOLO	Modbus RTU Master
TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO	24 VDC
SOFTWARE DE PROGRAMAÇÃO	SATOOL 6.2

Elaborada pelo autor,2025

2.5.2 COMUNICAÇÃO COM O CLP

A comunicação da IHM com o CLP é feita por meio da porta serial RS-485, utilizando o protocolo **Modbus RTU**. Nesta comunicação, a IHM atua como **mestre (master)** e o CLP como **escravo (slave)**, solicitando dados ou enviando comandos conforme a necessidade da operação.

Tabela 5-Configuração de comunicação

PROTOCOLO	MODBUS RTU
PORTA	COM1 (RS-485)
VELOCIDADE	9600 bps
PARIDADE	Nenhuma
BITS DE DADOS	8
BITS DE PARADA	1
ID DO CLP	1

Elaborada pelo autor,2025



2.5.3 BENEFÍCIOS DO IHM NO PROJETO

- **Interação amigável:** o operador não precisa interagir diretamente com o CLP ou painéis físicos;
- **Ajuste rápido de parâmetros:** permite ajustes sem reprogramar o CLP;
- **Feedback imediato:** facilita a identificação de problemas durante a operação;
- **Segurança:** exibição clara de alertas e condições críticas.

2.5.4 TELAS E FUNCIONALIDADES

As telas da IHM foram desenvolvidas no software SATOOL 6.2 e organizadas para facilitar a operação da prensa, com foco em clareza visual, acessibilidade e segurança.

Tabela 6-telas principais da IHM

 <p>INSTITUTO FEDERAL Amazonas Campus Manaus-Distrito Industrial</p> <p>TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL PROTÓTIPO PRENSA ELETROPNEUMÁTICA BIMANUAL</p> <p>TELA PRINCIPAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Logotipo do projeto e nome do sistema; • Acesso às demais telas via botões sensíveis ao toque. 																																	
 <p>18/05/25 TELA PRINCIPAL PRENSA BIMANUAL V1.0 18:45</p> <p>Contagem de tempo</p> <p>0.0</p> <p>ALARME</p> <p>TELA INICIAL TELA PRINCIPAL MANUAL E/S ALARMES STOP</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Botões de exibição de outras telas; • Exibição do tempo restante do ciclo de prensagem; • Informação sobre o estado do botão stop/start; • Informação de alarme porta aberta e emergência. 																																	
 <p>CONFIGURAÇÃO MANUAL</p> <p>CILINDRO 1 CILINDRO 2</p> <p>IN UP</p> <p>OUT DOWN</p> <p>Inserir tempo</p> <p>99.9</p> <p>TELA INICIAL TELA PRINCIPAL CONFIG. MANUAL E/S ALARMES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Campo para ajuste do tempo de prensagem (escreve valor em D500); • Campo de visualização da contagem de ciclos (lê valor de D100); • Botões de exibição de outras telas. 																																	
 <p>E/S</p> <p>X00 BOTÃO 1 X01 BOTÃO 2 X02 BOTÃO EMERGÊNCIA X04 SENSOR PORTA X10 1S1 SENSOR CILINDRO 1 IN X11 1S2 SENSOR CILINDRO 1 OUT X12 2S1 SENSOR CILINDRO 2 IN X13 2S2 SENSOR CILINDRO 2 OUT</p> <p>Y00 1Y1 SOLENOIDE Y02 2Y1 SOLENOIDE Y03 2Y2 SOLENOIDE Y04 1Y2 SOLENOIDE</p> <p>TELA INICIAL TELA PRINCIPAL MANUAL E/S ALARMES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Informação visual de estado entrada e saída; • Botões de exibição de outras telas. 																																	
 <p>ALARMES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DATA</th> <th>TEMPO</th> <th>ERRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>TELA INICIAL TELA PRINCIPAL MANUAL E/S ALARMES LIMPAR ALARMES</p>	DATA	TEMPO	ERRO																															<ul style="list-style-type: none"> • Histórico de alarmes; • Botão limpar alarmes; • Botões de exibição de outras telas.
DATA	TEMPO	ERRO																																

2.5.5 MAPEAMENTO DE ENDEREÇOS

Tabela 7- Registradores de comunicação com a CLP

Função	Endereço CLP	Endereço Modbus IHM	Descrição da Função
Tempo de prensagem	D500	4X500	Define o tempo que os cilindros permanecem pressionando a peça. Valor programável via IHM.
Contador de ciclos	D100	4X100	Conta quantas vezes o ciclo da prensa foi executado. Útil para controle de produção.
Comando de iniciar ciclo (botão bimanual esquerdo)	X00	1X0	Leitura do botão bimanual esquerdo para iniciar o ciclo.
Comando de iniciar ciclo (botão bimanual direito)	X01	1X1	Leitura do botão bimanual direito; ambos botões devem ser pressionados simultaneamente.
Status do botão de emergência	X02	1X2	Indica se o botão de emergência foi acionado, interrompendo o ciclo.
Sensor de porta	X04	1X4	Detecta se a porta de proteção está fechada; ciclo só inicia se estiver segura.
Sensor cilindro 1 IN	X10	0X10	Detecta se cilindro 1 está totalmente retraído (posição inicial).
Sensor cilindro 1 OUT	X11	0X11	Detecta se cilindro 1 está totalmente avançado (posição final).
Sensor cilindro 2 IN	X12	0X12	Detecta se cilindro 2 está recolhido.
Sensor cilindro 2 OUT	X13	0X13	Detecta se cilindro 2 está descido (em prensagem).
Solenóide Y00	Y00	0X8	Aciona cilindro 1 para avançar (direção OUT).
Solenóide Y02	Y02	0X5	Aciona cilindro 2 para subir (posição IN).
Solenóide Y03	Y03	0X6	Aciona cilindro 2 para descer (posição OUT).
Solenóide Y04	Y04	0X7	Aciona cilindro 1 para recolher (retração).
Stop/Start	M20	0X20	Marcador interno para habilitar/desabilitar o ciclo geral.
Cilindro 1 IN OFF/ON	M8	0X8	Ativa função de recolhimento do cilindro 1.
Cilindro 1 OUT OFF/ON	M7	0X7	Ativa função de avanço do cilindro 1.
Cilindro 2 UP OFF/ON	M5	0X5	Ativa recolhimento (subida) do cilindro 2.
Cilindro 2 Down OFF/ON	M6	0X6	Ativa avanço (descida) do cilindro 2 para prensagem.

Elaborada pelo autor, 2025

2.6 PROTÓTIPO DE PRENSA ELETROPNEUMÁTICA

Figura 12-Parte frontal do Protótipo

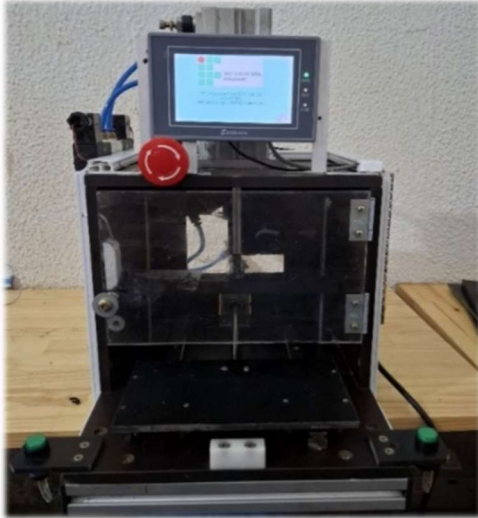


Figura 13-Parte traseira do Protótipo

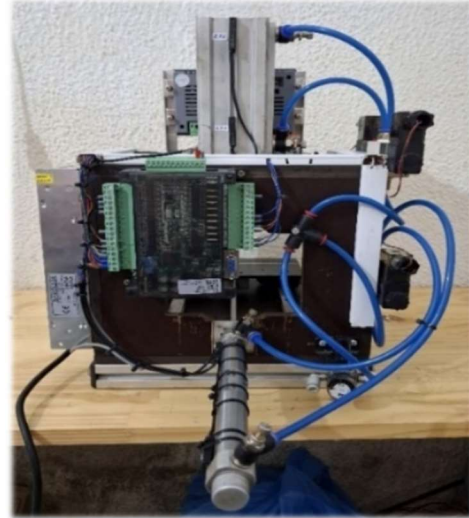


Figura 14-Parte lateral direita do protótipo

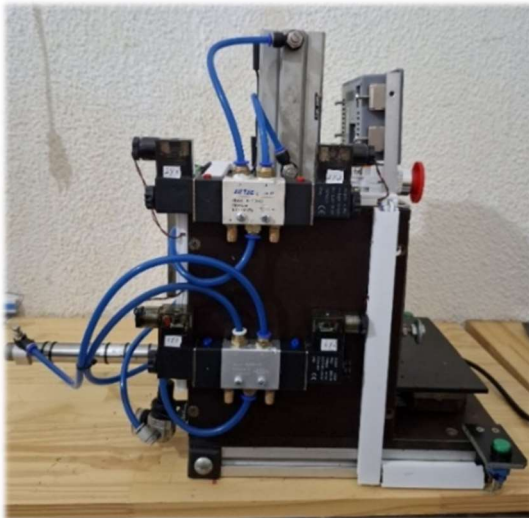


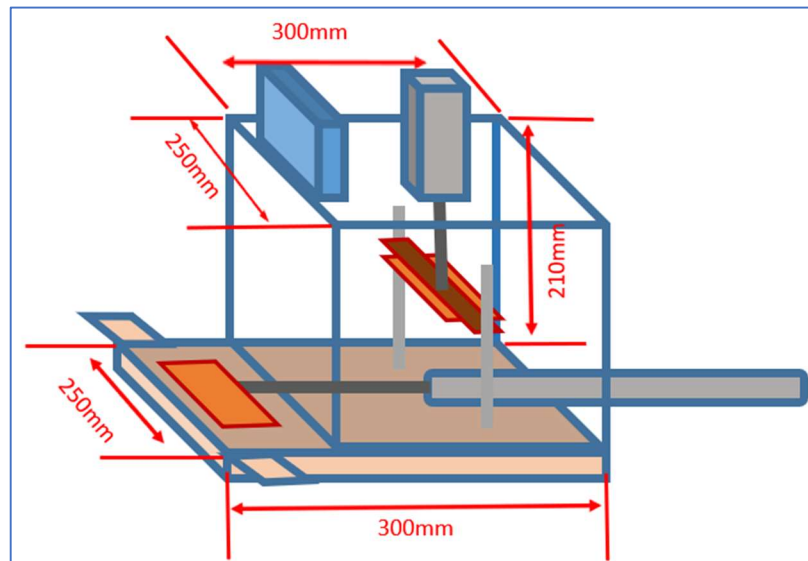
Figura 15-Parte lateral esquerda do protótipo



Fonte: elaborado pelo autor, 2025

2.6.1 DESENHO ILUSTRATIVO

Figura 16-Desenho ilustrativo do protótipo



Fonte: elaborado pelo autor, 2025

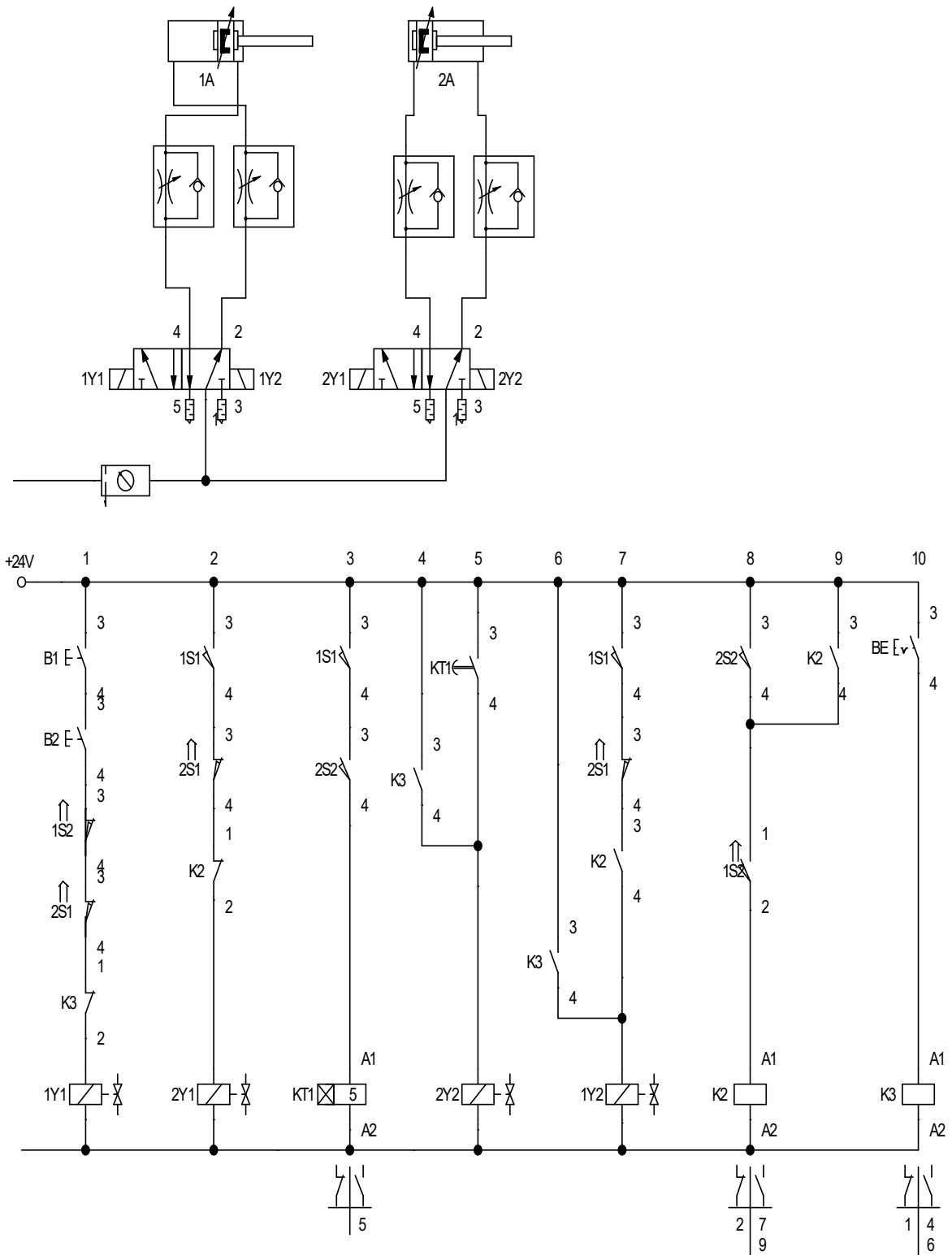
Tabela 8- Dimensionamento da estrutura

1. Dimensões gerais da estrutura	
Altura total	210mm
Largura total	250mm
Profundidade total	300mm
2. Mesa de prensagem	
Largura e profundidade da mesa (área útil)	180X100mm
Altura da mesa em relação à base da estrutura	30mm
Espessura da chapa da mesa (caso aplicável)	5mm
3. Curso dos cilindros	
Curso total do cilindro guia	150mm
Curso do cilindro prensador	100mm
4. Guias lineares ou colunas	
Distância entre colunas/guia linear	182mm
Diâmetro das colunas (se aplicável)	8mm
Altura das colunas	185mm
5. Espaço interno útil	
Largura interna entre colunas ou paredes laterais	230mm
Altura útil interna (para acomodar peças a serem prensadas)	195mm
6. Tampa de proteção (acrílico)	
Altura e largura da tampa	145X230mm
Espessura do material de proteção	3mm
Raio de abertura da tampa (se for articulada)	180°

Fonte: elaborado pelo autor, 2025

2.6.2 DIAGRAMA ELETROPNEUMÁTICO

Figura 17- Diagrama de circuito eletropneumático da prensa bimanual-programa Fluidsim



Fonte: elaborado pelo autor, 2025

2.6.3 LISTA DE COMPONENTES UTILIZADOS

Tabela 9- Lista de materiais utilizados

No.	Item	Quantidade	Preço
1	IHM Samkoom EA-043A	1	R\$ 529,15
2	CLP FX3U-24MT	1	R\$ 158,26
3	Fonte de alimentação 24V/12V	1	R\$ 53,00
4	Válvula dupla solenoide 4V220-08 5/2 vias 1/4"	1	R\$ 40,00
5	Válvula dupla solenoide 4V220-08 5/2 vias 1/4"	1	R\$ 124,36
6	Silenciador de escape 1/8"	4	R\$ 9,56
7	Boteira de emergência	1	R\$ 8,65
8	Regulador de fluxo pneumático 1/4"	2	R\$ 37,49
9	Regulador de fluxo pneumático 1/8"	2	R\$ 33,43
10	Botoeira de pulso com led	2	R\$ 25,40
11	Guia Linear 25mm com patins	2	R\$ 50,00
12	Rolamento Linear com eixo	2	R\$ 35,00
13	Manômetro	1	R\$ 20,00
14	Sensor Magnético Para Cilindro Iso Tubo Perfilado 3 Fios	4	R\$ 69,00
15	Estrutura (Corpo do projeto)	1	R\$ 50,00
16	Cilindro SMC CDQ2B50-100D	1	R\$ 50,00
17	Cilindro SMC CDM2B20-150	1	R\$ 40,00
18	Sensor magnético sobrepor com fio de porta NA	1	R\$ 21,09
19	Conector Reto Tubo 6 mm x Rosca Macho 1/4"	6	R\$ 24,00
20	Conexão pneumático T 6mm	1	R\$ 3,50
21	Mangueira pneumática 6mm	10	R\$ 21,87
22	Cabo manga 3 vias	1	R\$ 0,00
23	Dobradiça metálica	2	R\$ 10,00
24	Placa acrílico transparente	1	R\$ 5,00
25	Canaleta PVC	1	R\$ 5,50
26	Parafusos diversos	46	R\$ 0,00
	Total	51	R\$ 1,424,26

Fonte: elaborado pelo autor, 2025

2.6.3.1 FIGURAS DOS COMPONENTES

Figura 18-IHM Samkoom EA-043A



Fonte da imagem: site Samkoom, 2025

Figura 19-CLP FX3U-24MT



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 20-Fonte de alimentação 24V/12V



Fonte da imagem: Shopee, 2025

Figura 21- Válvula dupla solenoide 4V220-08 5/2 vias 1/4"



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 22- Válvula dupla solenoide 4V220-08 5/2 vias 1/4"



Fonte da imagem: Ali Express, 2025

Figura 23- Silenciador de escape 1/8"



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 24-Boteira de emergência



Fonte da imagem: Shopee, 2025

Figura 25-Regulador de fluxo pneumático 1/4"



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 26-Regulador de fluxo pneumático 1/8"



Fonte da imagem: Shopee, 2025

Figura 27- Botoeira de pulso com led



Fonte da imagem: Ali Express, 2025

Figura 28-Guia Linear 25mm com patins



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 29-Rolamento Linear com eixo



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 30-Manômetro



Fonte da imagem: site yahoo, 2025

Figura 31-Sensor Magnético Para Cilindro Iso Tubo



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 32- Estrutura (corpo do projeto)



Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2024

Figura 33- Cilindro SMC CDQ2B50-100D



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 34- Cilindro SMC CDM2B20-150



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 35-Sensor magnético sobrepor com fio de porta NA



Fonte da imagem: Shopee, 2025

Figura 36-Conector Reto Tubo 6 mm x Rosca Macho 1/4"



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 37-Conexão pneumática T 6mm



Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 38- Mangueira pneumática 6 mm



Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2024

Figura 39-Cabo manga 3 vias



Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2024

Figura 40- Dobradiça metálica



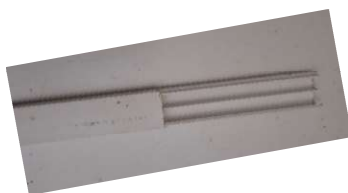
Fonte da imagem: mercado livre, 2025

Figura 41- Placa de acrílico transparente e Canaleta PVC



Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2024

Figura 42- Canaleta PVC



Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2024

Figura 43- Parafusos diversos



Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2024

2.6.4 CONFIGURAÇÃO DO PAINEL

Tabela 10-Distribuição física dos componentes

Componente	Localização na prensa	Função principal
IHM Samkoon EA-043A	Painel frontal superior da estrutura	Interface gráfica com operador (controle e monitoramento)
CLP FX3U-24MT	Compartimento externo traseiro da prensa	Controle lógico da operação (entradas/saídas)
Fonte de alimentação 24V/12V	Ao lado do CLP, fixado lateral direito	Fornece energia ao CLP, sensores e IHM
Válvula dupla solenoide 5/2 vias 1/4" Escape 1/8" 24V	Fixado parte lateral esquerdo	Controla avanço e recuo dos cilindros pneumáticos
Solenoide AirTAC 4V220-08 5/2 vias	Fixado parte lateral esquerdo	Controla avanço e recuo dos cilindros pneumáticos
Silenciador de escape 1/8"	Acoplado à válvula solenoide	Reduz ruído e pressão de escape
Boteira de emergência	Abaixo da IHM no painel frontal	Interrompe imediatamente o funcionamento em emergência
Regulador de fluxo pneumático 1/4"	Instalados nas entradas da válvula solenoide	Controla vazão geral de ar comprimido
Regulador de fluxo pneumático 1/8"	Instalados nas entradas da válvula solenoide	Controla a velocidade de avanço/recuo dos cilindros
Botoeira de pulso com LED	Lateral direita e esquerda da parte frontal (bimanual)	Acionamento simultâneo com as duas mãos
Guia Linear 25mm com patins	Sob o cilindro principal, alinhado com a mesa	Garante alinhamento retilíneo do movimento
Rolamento Linear com eixo	Integrado ao sistema de movimento vertical	Suaviza o movimento dos cilindros
Manômetro	Na linha principal de ar comprimido na parte traseira	Indica a pressão do sistema
Sensor Magnético ISO Perfilado (3 fios)	Fixado no corpo do cilindro principal (CDQ2B50-100D) e (CDM2B20-150)	Detecta fim de curso e envia sinal ao CLP
Estrutura (corpo do projeto)	Toda a carcaça metálica da prensa	Suporte físico para todos os componentes
Cilindro SMC CDQ2B50-100D	Superior central, sobre a mesa de prensagem	Realiza a prensagem (principal)
Cilindro SMC CDM2B20-150	Parte central abaixo da mesa de prensagem	Ação auxiliar (como expulsão ou travamento)
Sensor magnético sobrepor com fio de porta NA	Instalação externa nos cilindros ou atuadores	Detecta posições e envia sinal ao CLP
Conector reto 6mm x rosca macho 1/4"	Ligações pneumáticas entre tubos e válvulas	Conecta linhas de ar aos componentes
Conexão pneumática T 6mm	Divisões de linha pneumática	Permite bifurcação de fluxo de ar
Mangueira pneumática 6 mm	Entre válvulas, cilindros e conexões	Transporte do ar comprimido
Cabo manga 3 vias	Entre botoeiras e CLP	Transmissão de sinal dos botões
Dobradiça metálica	Na tampa de acesso frontal	Abertura da tampa de inspeção/manutenção
Placa de acrílico transparente	Envolve a área de prensagem	Proteção visual e física do operador contra acidentes
Canaleta PVC	Envolve a área de prensagem	Proteção visual e física do operador contra acidentes

Fonte da imagem: elaborada pelo autor, 2025

2.6.5 INTEGRAÇÃO CLP e IHM

A integração entre o CLP (Controlador Lógico Programável) e a IHM (Interface Homem-Máquina) é fundamental para o controle eficiente e seguro da prensa eletropneumática bimanual. Essa integração permite a comunicação entre o sistema de controle automático e o operador, oferecendo interface gráfica, monitoramento em tempo real e ajustes dinâmicos dos parâmetros do processo.

2.6.5.1 OBJETIVO DA INTEGRAÇÃO

O principal objetivo da integração é permitir que o operador visualize o estado atual da prensa, modifique parâmetros (como o tempo de prensagem) e execute comandos diretamente pela tela da IHM, sem a necessidade de intervenção direta no CLP. Ao mesmo tempo, o CLP envia dados em tempo real para a IHM, que exibe essas informações de forma amigável e intuitiva.

2.6.5.2 FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA IHM

A IHM Samkoon EA-043A utilizada neste projeto foi programada para oferecer ao operador as seguintes funções:

- Tela inicial com identificação do sistema;
- Ajuste do tempo de prensagem;
- Exibição do número de ciclos executados;
- Botões virtuais de comando (iniciar/reset);
- Indicadores de falha ou emergência;
- Feedback dos sensores de posição dos cilindros.

2.6.6 FUNCIONAMENTO DA PRENSA BIMANUAL

O protótipo trata-se de uma prensa eletropneumática de operação bimanual, desenvolvida para simular um processo de prensagem seguro, automatizado e didático, utilizando cilindros pneumáticos, válvulas solenoides, sensores magnéticos e controle por CLP. A operação do sistema ocorre apenas quando os dois botões de acionamento (bimanual) são pressionados simultaneamente, garantindo a conformidade com a NR-12 em relação à segurança do operador.

2.6.6.1 CICLO DE FUNCIONAMENTO

Início e segurança:

- O sistema é energizado através de uma fonte de alimentação 24V/12V, alimentando o CLP FX3U-24MT, a IHM Samkoon EA-043A e os solenoides da válvula pneumática.
- tampa de acrílico transparente cobre a área de prensagem, impedindo contato acidental com o mecanismo durante o ciclo.
- A botoeira de emergência é posicionada abaixo da IHM e pode interromper todo o sistema em caso de anomalia.

Aguardando comando:

- A IHM exibe o estado de espera. O operador deve pressionar simultaneamente as duas botoeiras com LED localizadas nas laterais frontais da prensa.
- O CLP verifica o tempo de acionamento de ambos os botões (janela de segurança de 0,5s) e só autoriza o movimento se ambos forem acionados dentro desse tempo.

Atuação dos cilindros:

- Ao receber o comando, o CLP ativa o solenoide AirTAC 4V220-08.
- A válvula 5/2 vias direciona o ar comprimido ao cilindro SMC CDQ2B50-100D, que realiza o movimento de prensagem para baixo.
- O guia linear com patins garante precisão no alinhamento vertical do movimento.
- Sensores magnéticos ISO de 3 fios, acoplados nos cilindros, informam ao CLP quando o curso foi finalizado.

Retorno:

- Após o tempo programado (ou condição de ciclo final), o CLP comuta a válvula, e o cilindro retorna à posição inicial.
- O cilindro auxiliar SMC CDM2B20-150 pode atuar para ajustes de posição ou outra função adicional (ex: avanço de peça).
- Os reguladores de fluxo 1/8" e 1/4" ajustam a velocidade dos cilindros.

Monitoramento e controle:

- O manômetro permite a leitura visual da pressão de trabalho.
- Os sinais dos sensores e botões são levados ao CLP por cabos manga 2 vias.
- A comunicação com o operador é feita via IHM, que mostra mensagens de status, alertas e permite reinicializações.
- Todos os cabos e mangueiras pneumáticas 6 mm estão organizados e conectados por conexões T e conectores retos.

2.6.6.2 ITENS DE SEGURANÇA INTEGRADOS

- Acionamento bimanual (eliminação de risco de prensagem acidental);
- Tampa de acrílico transparente para proteção visual e física;
- Botoeira de emergência de fácil acesso;
- Controle por CLP com lógica segura (verificação dos tempos dos botões);
- Sensores magnéticos de fim de curso para controle preciso dos movimentos.

2.6.7 CONFORMIDADE COM A NR-12

A prensa eletropneumática bimanual foi projetada para cumprir os requisitos da **Norma Regulamentadora 12 (NR-12)** do Ministério do Trabalho, que estabelece padrões para segurança em máquinas e equipamentos. As principais medidas implementadas são:

Acionamento Bimanual

- Exige que o operador pressione dois botões simultaneamente (X0 e X1 no CLP) para iniciar o ciclo, evitando acionamentos acidentais (item 12.36 da NR-12).

Proteções Mecânicas

- Tampa de acrílico transparente: impede acesso à área de prensagem durante a operação (item 12.32 – barreiras físicas).
- Botoeira de emergência (X2): desliga instantaneamente o sistema quando acionada (item 12.130 – parada de emergência).

Sensores de Posição

- Sensores magnéticos (X10 a X13) garantem que os cilindros só avancem/retornem após confirmação da posição correta (item 12.38 – dispositivos de segurança).

Intertravamento Elétrico

- O CLP bloqueia o ciclo se a tampa estiver aberta (via sensor X4) ou se houver falha nos sensores de curso (item 12.35 – sistemas de controle seguros).

2.6.7.1 TESTES DE VALIDAÇÃO

Foram realizados testes práticos para validar a segurança e eficiência do protótipo:

- Teste de Funcionamento Bimanual: Verificou-se que o sistema só iniciava com acionamento simultâneo dos botões.
- Teste de Emergência: O botão de parada desligou todos os atuadores e CLP em menos de 1 segundo.

2.6.7.2 CERTIFICAÇÕES E LIMITAÇÕES

- Certificação: O protótipo segue as diretrizes da NR-12, mas não possui certificação oficial (por ser um modelo acadêmico). Em escala industrial, seria necessária avaliação por um *Engenheiro de Segurança do Trabalho*.
- Melhorias Futuras: Sugere-se a inclusão de cortina de luz (sensores ópticos) para proteção adicional, conforme item 12.37 da NR-12.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento do projeto de protótipo de prensa eletropneumática bimanual, foi possível a aplicação prática dos conceitos de automação industrial fazendo a integração dos componentes pneumáticos, eletromecânicos e eletrônicos atendendo aos requisitos de segurança e eficiência operacional. A escolha do CLP Mitsubishi FX3U-24MT, aliado à IHM Samkoon EA-043A, propiciou um controle preciso e intuitivo do sistema, facilitando a operação e o monitoramento em tempo real.

O projeto atendeu aos objetivos propostos, demonstrando que a combinação de tecnologia eletropneumática com comandos digitais pode resultar em máquinas seguras, eficazes e com boa ergonomia para o operador, especialmente em aplicações que demandam a utilização simultânea das duas mãos, garantindo a conformidade com normas de segurança.

Além disso, o protótipo serviu como uma base para futuras melhorias e implementações, como a inclusão de sensores adicionais, aprimoramento do software de controle e otimização do layout mecânico. Assim, este trabalho contribui para a formação técnica e prática na área de mecatrônica industrial, mostrando o potencial de integração entre automação e segurança em processos produtivos.

REFERÊNCIAS

AUTOMED SYSTEM. **Correio pneumático hospitalar: como funciona e quais os benefícios?** Automed System, 16 mar. 2021. Disponível em: <https://automedsystem.com.br/correio-pneumatico-hospitalar-como-funciona-e-quais-os-beneficios/>. Acesso em: 04 ago. 2025.

BAU, YVES RIOS. MODERNIZAÇÃO NA AUTOMAÇÃO DE UMA PRENSA PARA FECHAMENTO DE ROLOS DE LIXA. *In*: BAU, YVES RIOS. **MODERNIZAÇÃO NA AUTOMAÇÃO DE UMA PRENSA PARA FECHAMENTO DE ROLOS DE LIXA**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Mecatrônica Industrial dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica) - ACADÊMICO, Curitiba, 2013. p. 77. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9559/2/CT_COMET_2012_2_12.pdf. Acesso em: 15 mar. 2025.

BOTTO, Caio Vinicius de Oliveira *et al.* PROJETO DE UMA PRENSA HIDRÁULICA: DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DOS COMPONENTES. *In*: BOTTO, Caio Vinicius de Oliveira *et al.* **PROJETO DE UMA PRENSA HIDRAULICA: DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DOS COMPONENTES**. Orientador: Francisco José da Silva Henriques. 2016. MONOGRAFIA (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECANICA) - ACADÊMICO, CAMPINAS, 2016. p. 105. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2957.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2024.

COELHO, Igor de Jesus. DESENVOLVIMENTO DE UMA PRENSA PNEUMÁTICA PARA FABRICAÇÃO E ESTAMPAGEM DE BOTÕES PARA ESTOFADOS. *In*: COELHO, Igor de Jesus. **DESENVOLVIMENTO DE UMA PRENSA PNEUMÁTICA PARA FABRICAÇÃO E ESTAMPAGEM DE BOTÕES PARA ESTOFADOS**. Orientador: IGOR DE JESUS COELHO. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Mecânica) - ACADÊMICO, VARGINHA, 2019. p. 48. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1217>. Acesso em: 6 dez. 2024.

DE NEGRI, Prof. Dr. Eng. Victor Juliano. **Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos para Automação e Controle: PARTE II - Sistemas Pneumáticos para Automação**. Florianópolis: [s. n.], 2011. 84 p. v. II- obra não publicada. Disponível em: <https://laship.ufsc.br/site/wp-content/uploads/2013/06/SistHPContAutP2.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2025.

FESTO BRASIL. **Automação na indústria farmacêutica e cosmética: mais produtividade e segurança**. Festo, 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.festo.com/br/pt/blog/industria-farmaceutica-e-cosmetica>. Acesso em: 04 ago. 2025

GHPC – Automação Pneumática. **As aplicações da pneumática na indústria automotiva**. Blog GHPC, 28 out. 2024. Disponível em: <https://www.ghpc.com.br/blog/automacao-pneumatica/as-aplicacoes-da-pneumatica-na-industria-automotiva> . Acesso em: 04 ago. 2025.

KALIL, Renan Bernardi. **Segurança e saúde do trabalho na Amazônia: um estudo do setor eletroeletrônico na Zona Franca de Manaus** = Work health and safety in the Amazon region: a study of eletroeletronics sector in the Manaus free trade zone. Revista de direito do trabalho, São Paulo, v. 41, n. 163, p. 179-202, maio/jun. 2015.

MANUTENÇÃO EM FOCO. **Pneumática: história e sua evolução**. Disponível em: <https://manutencaoemfoco.com.br/servicos/pneumatica-historia-e-sua-evolucao/>. Acesso em: 04 ago. 2025.

MENDES, René. **Máquinas e Acidentes de Trabalho**: Coleção Previdência Social. 13. ed. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego -MTE, 2001. 86 p. v. 13. ISBN 85-88219-12-3. Disponível em: https://www.academia.edu/6594713/M%C3%A1quinas_e_Acidentes_de_Trabalho_Ren%C3%A9_Mendes. Acesso em: 3 fev. 2025.

NOPPENEY, Victor Tamassia. SISTEMA DE PRENSAGEM ELETRÔNICA. In: NOPPENEY, VICTOR TAMASSIA. **SISTEMA DE PRENSAGEM ELETRÔNICA**. 2019. MONOGRAFIA (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA) - ACADÊMICO, [S. l.], 2019.

POPE, Nancy A. *Pneumático*. In: **Pneumatic Tube Mail**, Museu Postal Nacional dos EUA (versão em português). Disponível em: Museu Postal Nacional – Pneumático. Acesso em: 04 ago. 2025.

PORTAPILLA, Thiago Freire; VOLANTE, Carlos Rodrigo. **OS CONCEITOS FÍSICOS APLICADOS EM UMA PRENSA PNEUMÁTICA**. Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga, SP, v. 16, n. 1, p. 641–652, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/595>. Acesso em: 4 ago. 2025.

PUMA BRASIL. **Conheça mais sobre a automação pneumática na indústria eletrônica**. Puma Brasil, 6 set. 2021. Disponível em: <https://pumabrasil.com.br/conheca-mais-sobre-a-automacao-pneumatica-na-industria-eletronica/> . Acesso em: 04 ago. 2025.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. P. *Uma reflexão sobre os critérios de prevenção de riscos na atividade de trabalho em prensas*. **Produção**, SciELO Brasil, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/sZLD5kWQVTT3pnjhvKCgNRf/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SILVA, Prof. Dr. Emilio Carlos Nelli. **PMR 2481-SISTEMAS FLUIDOMECÂNICOS**: apostila de pneumática. APOSTILA DE PNEUMÁTICA. 2002. SÃO PAULO. Disponível em: https://www.academia.edu/35422134/PMR_2481_SISTEMAS_FLUIDOMECANICOS_Apostila_de_Pneumatica. Acesso em: 09 jan. 2025.

SILVA, Anderson Luiz *et al.* PRENSA PNEUMÁTICA. In: SILVA, Anderson Luiz *et al.* **PRENSA PNEUMÁTICA**. Orientador: Fernando Henrique Gomes de Souza. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Mecânica) - ACADÊMICO, SAO JOSE DOS CAMPOS, 2014. p. 32. Disponível em: https://www.academia.edu/37583401/Prensa_Pneumatica. Acesso em: 26 dez. 2024.

SCHMIDT, Enio. ***Automação pneumática na indústria de alimentos: aplicações e benefícios.*** Revista NEI, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.nei.com.br/mais/artigos/automacao-pneumatica-na-industria-de-alimentos>. Acesso em: 04 ago. 2025.

STURARO, André Zelioli. **AUTOMAÇÃO DE BOMBAS DOSADORAS COM AUXÍLIO DE CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL:** Coleção Previdência Social. Orientador: Prof. Paulo José Coelho Canavezi. 2009. 86 p. MONOGRAFIA (Graduação em Engenharia Mecânica – Automação e Sistemas) - ACADÊMICO, Campinas, 2009. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2892.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2025.