

Fernando Henrique Correa Leite

Processo de automatização do alimentador para laminadora automática

Guaratinguetá - SP
2017

Fernando Henrique Correa Leite

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em **Engenharia Elétrica** da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em **Engenharia Elétrica**.

Orientador: Luiz Octávio Mattos dos Reis


Guaratinguetá - SP
2017

L533p Leite, Fernando Henrique Correa
Processo de automatização do alimentador para laminadora automática
/ Fernando Henrique Correa Leite – Guaratinguetá, 2017.
39 f : il.
Bibliografia: f. 39

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Octávio Mattos dos Reis

1. Automação industrial. 2. Processo decisório. 3. Concorrência.
I. Título

CDU 681.3:621.5


Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

FERNANDO HENRIQUE CORREA LEITE

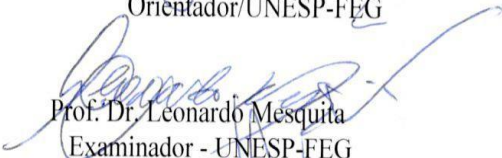
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA”


APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Prof. Dr. LUIZ OCTÁVIO MATTOS DOS REIS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Luiz Octávio Mattos dos Reis
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. Leonardo Mesquita
Examinador - UNESP-FEG


Prof. Eng. José Marcelo A. Wendling
Examinador - CTIG

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais Edgard Nilson Leite e Elaine Aparecida Martin Correa Leite, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos e me apoiaram em todas as minhas decisões e desafios. Também agradeço a meu irmão Felipe Augusto Correa Leite que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos. Todas as minhas conquistas são dedicadas à minha família e a Deus.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Octávio Mattos dos Reis que tornou possível a realização do meu trabalho de graduação.

Aos amigos da República Taj Mahal, que são minha segunda família, que me acompanharam durante todo o curso e em todos os momentos da minha vida estudantil e, que sem eles eu não estaria aqui hoje.

A minha namorada Daniele Mizuno, que esteve sempre me apoiando e me ajudando nas horas difíceis.

Ao meu amigo Sérgio Gimenez, que me transmitiu conhecimento e experiência durante a realização do trabalho.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e que foram essenciais na minha trajetória.

Aos professores da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá responsáveis pelo aprendizado e minha formação como engenheiro.

RESUMO

A automação industrial é atualmente a grande aliada da indústria na busca por vantagens competitivas dentro do mercado globalizado, pois ela consiste em um conjunto de métodos que envolvem a inserção de equipamentos físicos (*hardware*) e programas destinados ao controle desses equipamentos (*software*) que garantem a qualidade, rapidez no processo e sua otimização. O projeto, ora apresentado, utilizou o caso de uma empresa de usinagem, que tem como perspectivas automatizar o processo de laminação de eixos de motores elétricos visando o aumento da competitividade e a diminuição dos riscos que o operador da máquina fica exposto. O desenvolvimento do alimentador automático para essa laminadora atenderia todos os requisitos necessários à melhoria da produção na citada indústria. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário para elaboração do projeto o desenvolvimento de um programa *LADDER* para o controlador lógico programável (CLP) especificado para o autômato, o projeto do circuito de força e comando, a construção mecânica do alimentador e a análise do custo do projeto. O segundo passo foi colocar a integração das partes, ou seja, instalar o alimentador e integra-lo ao sistema elétrico eletrônico de controle.

PALAVRAS-CHAVE: Automação.Alimentador.*LADDER*

ABSTRACT

Industrial automation is currently one of the most important area to have a competitiveness differential on a global marketplace, once its consists on a set of methods that involves hardware (physical equipment's) and software (programs responsible for controlling the hardware's) which guarantee the optimization, quality and speed. The following project is focused on a machining company case which has a target to automate its electrical motor shaft laminating process, therefore there will be an increase of competitiveness and operator physical risk mitigation. The rolling mill automated feeder development would meet all the requirements necessary to improve the company's production. For this work elaboration it was necessary a development of a LADDER program for the CLP specified for automation, the power and command circuit design, the feeder mechanical construction and the project cost analysis. The second step was the parts integration, in other words, installing the feeder and integrate it into the electronics control.

KEYWORDS:Automation.Feeder.LADDER

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Motivação	7
1.2	Objetivos.....	7
1.3	Estrutura da Monografia	8
2	DESENVOLVIMENTO	9
2.1	Fluxograma de processo de planejamento.....	9
2.2	Projeto da parte elétrica	11
2.2.1	Escolha do controlador lógico programável	11
2.2.1.1	Conexões elétricas com o CLP	14
2.2.1.2	Comunicação RS232	16
2.2.2	Programa LADDER	18
2.2.3	Diagrama de comando	22
2.3	Projeto Mecânico	27
2.3.1	Medida das peças	27
2.3.2	Caixa de alimentação	29
2.3.3	Válvulas e cilindros pneumáticos	30
3	MATERIAIS E MÉTODO	33
4	RESULTADOS E CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresentará os aspectos que motivaram a opção por este tema de Trabalho de Graduação e apresentará os objetivos gerais e específicos a serem seguidos no desenvolvimento do trabalho. É indispensável em uma monografia a apresentação das bases das fundamentações teóricas e práticas, para esse fim, desenvolveu-se uma revisão bibliográfica apresentando as contribuições de cada publicação no desenvolvimento do trabalho. Cabe ressaltar que em face da natureza do trabalho de pesquisa, as publicações sobre o tema são poucas e bastante restritas. Por fim, se apresenta a estrutura final da monografia.

1.1 MOTIVAÇÃO

A automação industrial é atualmente um dos grandes destaques dentro da indústria metalúrgica, pois associa a melhora da produtividade e qualidade na linha de produção com a diminuição dos custos de industrialização e riscos operacionais. Considerando essas premissas e a elevada competitividade que o mercado vem apresentando, idealizou-se a automatização do processo industrial de uma laminadora da empresa USINESES USINAGEM DE PRECISÃO LTDA, que atualmente é alimentada manualmente de forma vagarosa e perigosa para o operador dessa máquina.

Para que a laminadora trabalhe de forma autônoma, é necessário o desenvolvimento de um alimentador automático que agregue as vantagens de uma automatização industrial, já citadas, à cadeia produtiva da laminadora. A elaboração desse projeto abrange diversos conceitos estudados no curso de engenharia elétrica, tais como: programa LADDER, utilização de CLP, elaboração de circuitos de força e comando, construção mecânica do alimentador e análise de desempenho e custo do projeto.

Além da aplicação dos conceitos adquiridos em sala de aula e laboratórios, a grande motivação do projeto é colocá-lo em prática e analisar sua influência dentro do contexto industrial que ele está inserido.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos gerais abrangem o desenvolvimento do projeto considerando todas as condições estabelecidas previamente, assim como, implementar o projeto e a seguir efetuar os ajustes necessários ao autômato desenvolvido. Por fim, deve-se estabelecer comparações na

produtividade e qualidade das peças produzidas após o processo de automação em relação à condição anterior.

Os objetivos específicos compreendem o estudo sobre o desempenho atual da máquina, efetuando o levantamento dos pontos a serem considerados no processo de automação e, posteriormente, efetuar um estudo detalhado para estabelecer as diretrizes do projeto.

1.3 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

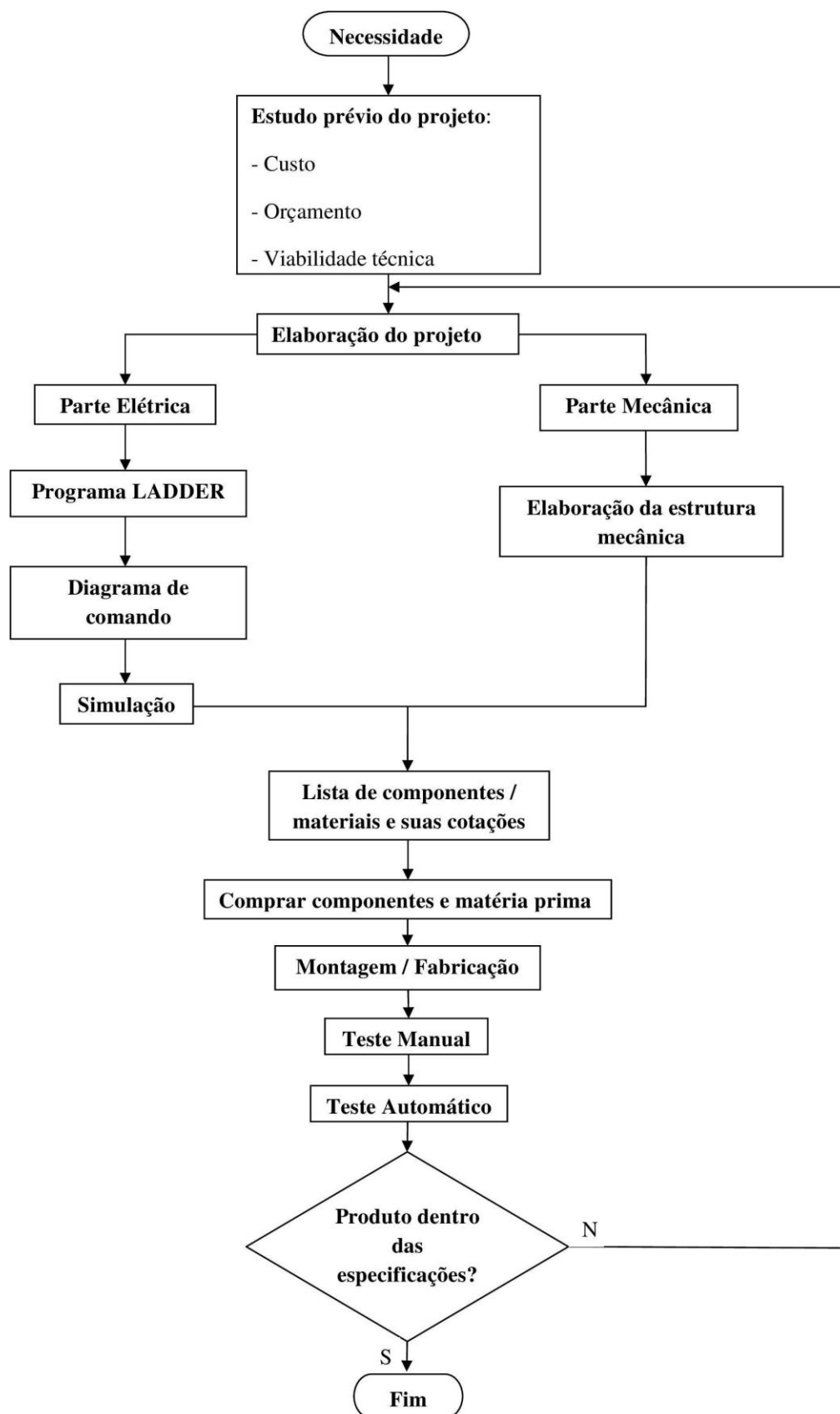
O Capítulo 1 tratou dos seguintes tópicos: motivação, objetivo, estrutura da monografia e revisão bibliográfica. Já o Capítulo 2, dedicou-se ao desenvolvimento do projeto, permitindo a fácil à compreensão de todas as etapas do mesmo. De forma sucinta, pode-se analisar a divisão desse capítulo em três partes: fluxo de processo, projeto elétrico e projeto mecânico. O Capítulo 3 abordou os materiais e métodos usados para realização do projeto, e por fim, o Capítulo 4 discorreu sobre os resultados e conclusões alcançadas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 FLUXOGRAMA DE PROCESSO DE PLANEJAMENTO

O fluxograma é a ferramenta utilizada para representar os processos pelo qual o projeto deve passar, mostrando a sequência e interação das etapas por meio de símbolos gráficos. Dessa maneira, a descrição do processo fica mais visual e intuitiva, o que ajuda nas tomadas de decisões para futuros ajustes que possam ser solicitados e na execução das etapas de forma organizada e sequencial. A figura 1 mostra o fluxograma de processo desse projeto.

Figura 1 – Fluxograma de processo



2.2 PROJETO DA PARTE ELÉTRICA

O projeto da parte elétrica deve seguir as diretrizes apresentadas no fluxograma de processo, garantindo assim que todas as etapas estabelecidas sejam realizadas. Um projeto detalhado garante o sucesso de sua execução prática, pois antecipa todas as questões técnicas envolvidas nos processos da parte elétrica.

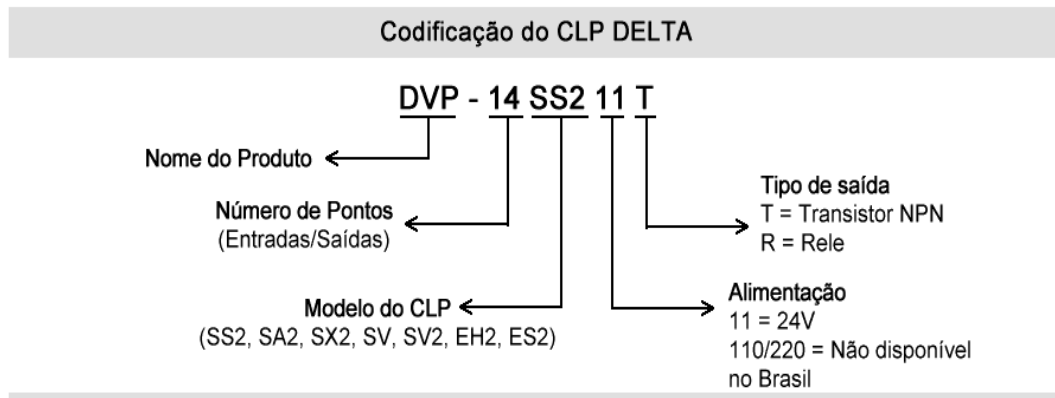
2.2.1 Escolha do Controlador Lógico Programável

O controlador lógico programável (CLP) é o responsável pelo controle de processo da alimentadora. Por meio da sua memória programável, ele armazena a lógica de funcionamento da máquina e a realiza com suas entradas e saídas, por isso a sua escolha é de grande importância e deve ser realizada de acordo com as características de cada projeto. Nesse caso, o CLP deve atender as especificações determinadas por meio do programa lógico bem como os aspectos estruturais e econômicos previamente elaborados, a saber:

- (1) Facilidade de programação
- (2) Aceitar programa em lógica LADDER
- (3) Possuir mais de 5 entradas
- (4) Possuir mais de 3 saídas
- (5) Possibilidade de expansão de entradas e saídas
- (6) Alimentação de 24 VDC
- (7) 1 porta de comunicação integrada RS-232
- (8) Temporizadores disponíveis
- (9) Software gratuito
- (10) Custo de até R\$650,00
- (11) Atender a norma IEC 61131

O controlador escolhido, por atender a todos esses requisitos, foi o CLP DVP-14SS211R fabricado pela empresa DELTA. A Figura 2 apresentará a codificação que a DELTA utiliza para seus produtos.

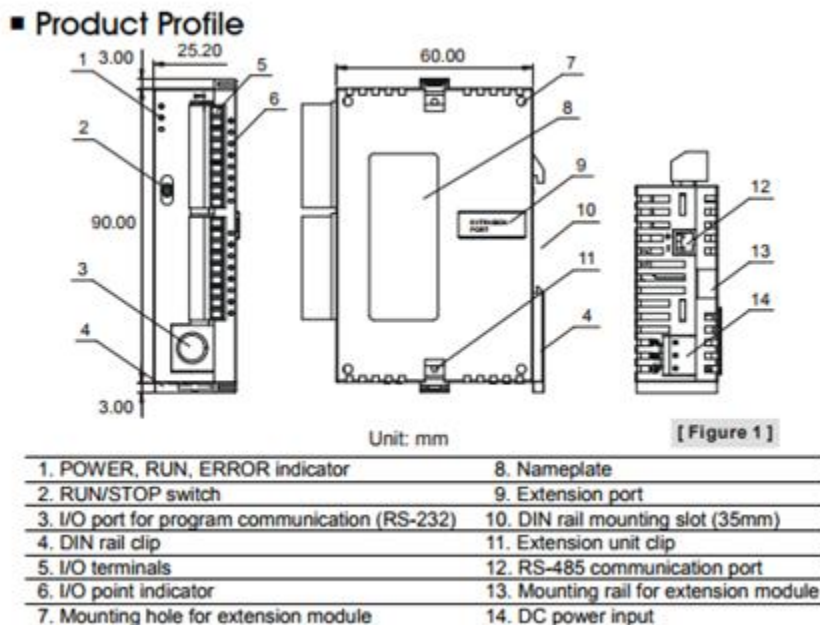
Figura 2 – Codificação do CLP DELTA



Fonte: Citisystems (2017)

Todas as informação técnica referentes ao produto podem ser encontradas em seu manual ou no site da empresa. As Figuras 3, 4 e 5 mostram as informações técnicas do CLP utilizado, que foram relevantes para o projeto.

Figura 3 – Perfil do produto DVP-14SS211R



Fonte: Deltaww (2017)

Figura 4 – Configuração de entrada e saída do CLP

■ I/O Configuration

Model	Input		Output		I/O Configuration		
	Point	Type	Point	Type	Relay	Transistor (NPN)	Transistor (PNP)
14SS211R	8	DC (Sink Or Source)	6	Relay	S/S X0 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7	S/S X0 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7	S/S X0 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7
14SS211T				Transistor (NPN)	C0 Y0 Y1 Y2 ■	UP ZP ■ Y0 Y1	UP ZP ■ DA PWM
12SS211S			4	Transistor (PNP)	C1 Y3 Y4 Y5	Y2 Y3 Y4 Y5	Y0 Y1 Y2 Y3

Fonte: Deltaww (2017)

Figura 5 – Especificações elétricas do CLP

■ Electrical Specifications

Item	Model	DVP14SS211R	DVP14SS211T	DVP12SS211S
Power supply voltage		24VDC (-15% ~ 20%) (with counter-connection protection on the polarity of DC input power) DVPPS01(PS02): input 100-240VAC, output 24VDC/1A(PS02: 2A)		
Inrush current		Max. 7.5A@24VDC		

Item	Model	DVP14SS211R	DVP14SS211T	DVP12SS211S
Fuse capacity		1.85A/30VDC, Polyswitch		
Power consumption		1.8W	1.5W	
Power protection		With counter-connection protection on the polarity of DC input power		
Insulation resistance		> 5MΩ (all I/O point-to-ground: 500VDC)		
Noise immunity		ESD (IEC 61131-2, IEC 61000-4-2): 8kV Air Discharge EFT (IEC 61131-2, IEC 61000-4-4): Power Line: 2kV, Digital I/O: 1kV, Analog & Communication I/O: 1kV RS (IEC 61131-2, IEC 61000-4-3): 26MHz ~ 1GHz, 10V/m		
Grounding		The diameter of grounding wire cannot be smaller than the wire diameter of terminals L and N (All DVP units should be grounded directly to the ground pole).		
Operation / storage		Operation: 0°C ~ 55°C (temp.), 5 ~ 95% (humidity), Pollution degree2 Storage: -25°C ~ 70°C (temp.), 5 ~ 95% (humidity)		
Vibration / shock resistance		International standards: IEC61131-2, IEC 68-2-6 (TEST Fc)/IEC61131-2 & IEC 68-2-27 (TEST Ea)		
Weight (g)		97g	82.5g	90g

Items	Spec.	Input Point	
		24VDC (-15% ~ 20%) single common port input	
Input No.		X0 ~ X3	X4 ~ X7
Input type		DC (SINK or SOURCE)	
Input Current (± 10%)		24VDC, 5mA	
Input impedance		4.7kΩ	
Max. frequency		20kHz	10kHz
Action level	Off→On	> 15VDC	
	On→Off	< 5VDC	
Response time	Off→On	< 10μs	< 20μs
	On→Off	< 20μs	< 50μs
Filter time		Adjustable within 0 ~ 20ms by D1020 (Default: 10ms)	

Items	Spec.	Output Point		
		Relay	Transistor	
Output No.		Y0 ~ Y5	Y0 ~ Y3	Y4, Y5
Max. frequency		1Hz	10kHz	1kHz
Working voltage		250VAC, < 30VDC	5 ~ 30VDC ^{#1}	
Max. load	Resistive	1.5A/1 point (5A/COM)	0.5A/1 point (3A/COM)	
	Inductive	^{#2}	15W (30VDC)	
	Lamp	20WDC/100WAC	2.5W (30VDC)	
Response time	Off→On	Approx. 10ms	20μs	100μs
	On→Off		30μs	100μs

Fonte: Deltaww (2017)

2.2.1.1 Conexões Elétricas com o CLP

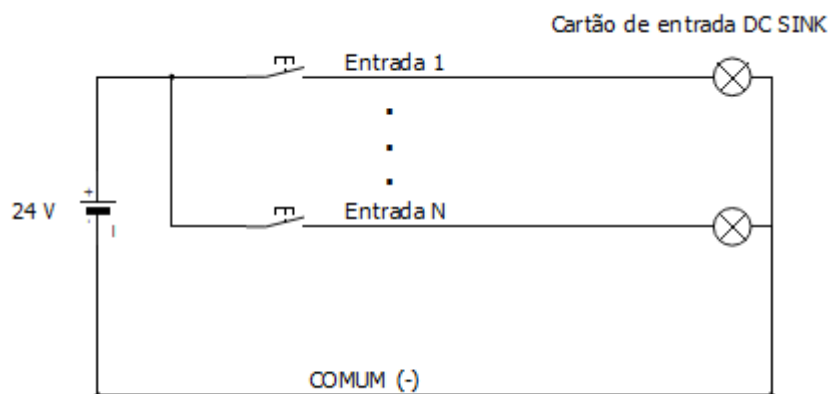
As ligações das entradas digitais do CLP são divididas em dois grupos:

- (a) Os cartões AC (para tensão alternada)
- (b) Os cartões DC (para tensões contínuas)

Ao utilizar cartões de entrada para tensão alternada, não se aplica o estudo da polaridade que será o comum do cartão, pois o único objetivo é que obtenha nos terminais de entrada a tensão nominal ideal. Porém, para os cartões de entrada para tensão contínua é importante o que se conheça a polaridade do comum, já que as ligações de alguns dispositivos de campo, como transdutores e sensores, dependem diretamente da definição da polaridade. Existem dois tipos de entrada DC: SINK e SOURCE.

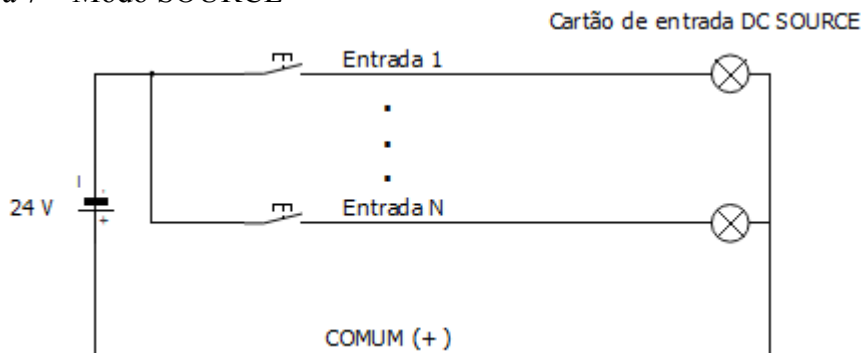
Para cartões em SINK, o comum é negativo e os dispositivos de campo precisam ser do tipo PNP, já para os cartões em SOURCE o comum é positivo e os dispositivos de campo precisam ser tipo NPN. É importante observar-se que ao utilizar dispositivos de contato seco, como uma botoeira, uma chave limite de curso, deve-se apenas se preocupar que a tensão de 24 VCC alimente os terminais de entrada em relação ao comum.

Figura 6 – Modo SINK



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 7 – Modo SOURCE

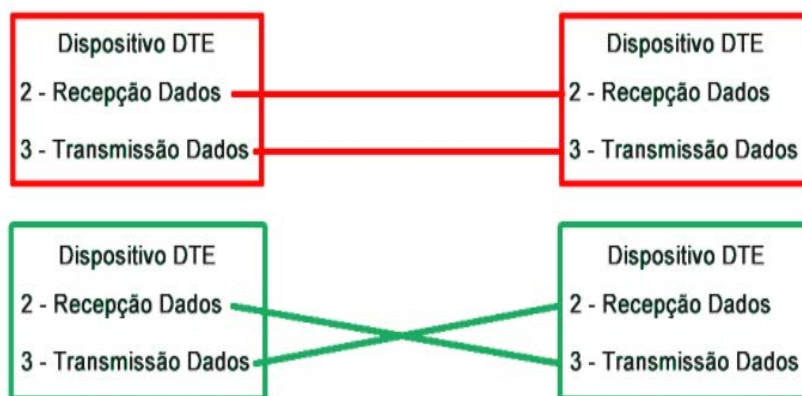


Fonte: Produção do próprio autor

2.2.1.2 Comunicação RS232

A comunicação entre o CLP e um dispositivo externo é realizada via comunicação RS232, sendo esta uma comunicação assíncrona que utiliza o sistema binário para transmitir dados em formato *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII). Os dispositivos RS232 são classificados em *Data Terminal Equipment* (DTE) e *Data Communications Equipment* (DCE), e o CLP deve se enquadrar em uma dessas classificações de acordo com o fabricante. Porém a conexão entre dois dispositivos de mesmo tipo podem apresentar problemas de comunicação, uma vez que as portas seriais possuem os mesmos pinos. Ou seja, o pino destinado à transmissão de dados tentaria se comunicar com o outro pino de transmissão de dados, o que não é permitido, e o mesmo problema se repetiria para os pinos de recepção de dados. A solução para este caso seria inverter os cabos, como sugere a figura 8.

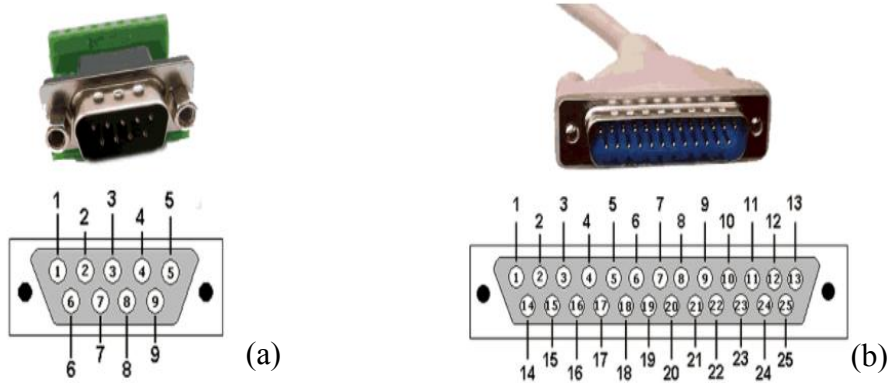
Figura 8 – Correção da pinagem para comunicação RS232



Fonte: Citisystems (2017)

A porta serial pode conter um número de 9 ou 25 pinos, representada nas figura 9, ilustradas a seguir:

Figura 9 – Portas seriais: (a) com 9 e (b) com 25 pinos, respectivamente



Fonte: Citisystems (2017)

A tabela 1 apresenta a função de cada pino nas portas seriais descritas previamente.

Tabela 1 – Finalidade dos pinos nos dois diferentes conectores na comunicação RS232

9 Pinos	25 Pinos	Finalidade
1	1	Terra ou GND do Chassi do Dispositivo
2	3	Recepção de Dados (RD)
3	2	Transmissão de Dados (TD)
4	20	Terminal de Dados Pronto (Ready) (DTR)
5	7	Terra ou GND do Sinal
6	6	Conjunto de Dados Pronto (Ready) (DSR)
7	4	Requisição para Enviar (RTS)
8	5	Limpar para Enviar (CTS)
9	22	Indicador de Campainha (RI) *somente para modems

Fonte: Citisystems (2017)

O formato de dado típico na comunicação RS232 pode ser especificado em quatro características: taxa de transmissão de dados, bits de dados, paridade e stop bits. A taxa de transmissão de dados refere-se ao número de bits por segundo que está sendo transmitido e as velocidades comuns que podem ser configuradas no RS232 são: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 e 38400. Já os bits de dados são sete bits utilizados para representar números e letras.

Ainda pode ser acrescentado mais um bit: o da paridade, que é usado para checagem de erro na transmissão e recepção das mensagens e por último, encontra-se o stop bit que tem a função a alertar a passagem do último carácter. É importante observar que antes de enviar qualquer carácter é necessário enviar o start bit, responsável pela sincronização da comunicação.

2.2.2 Programa LADDER

A elaboração do programa LADDER foi realizada através do software ISPsoft, versão 3.02, e o COMMGR, ambos softwares da DELTA Automation. Uma característica muito relevante para escolha desses softwares é a possibilidade de realizar a simulação do programa em modo online, ou seja, não é necessário passar o programa para o CLP para executá-lo e este procedimento permite a otimização do tempo de projeto, uma vez que os erros de programa podem ser rapidamente verificados e corrigidos.

O primeiro aspecto a se observar é o número de entradas e saídas que o programa apresenta o que influencia diretamente na escolha do CLP e no número de outros componentes, por exemplo, os conectores que são utilizados no painel elétrico. A Tabela 2 e a Tabela 3 apresentam respectivamente as entradas e saídas do programa da alimentadora.

Tabela 2 – Especificações das entradas utilizadas

Nomenclatura	Descrição
X0	Botão seleção Automático/manual
X1	Status da laminadora
X2	Botão avanço pistão e tope
X3	Sensor Alimentação
X4	Botão ciclo Automático

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 3 – Especificações das saídas utilizadas

Nomenclatura	Descrição
Y0	Pistão1
Y1	Tope
Y2	Pistão2 (caixa de alimentação)

Fonte: Produção do próprio autor

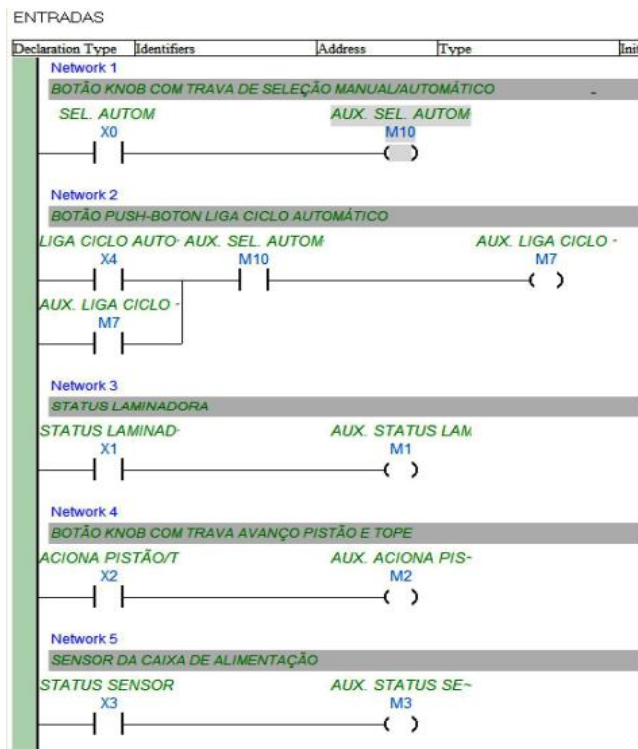
O programa possibilita que a alimentadora trabalhe tanto no modo manual como no modo automático, tornando possível efetuarem-se as análises preliminares da peça em modo manual para em seguida realizar o processo em modo automático (quando a peça apresentar as medidas dentro dos padrões determinados pelo cliente).

No modo manual, deve-se acionar botão responsável pelo avanço do pistão e tope que só irá responder quando a laminadora estiver aberta, e após a laminadora fechar, será permitido ao operador poder acionar esse mesmo botão. É importante observar que nesse caso, o pistão2 da caixa de alimentação não atuará deixando o operador responsável por colocar uma peça de cada vez na alimentadora.

No modo Automático, o funcionamento da alimentadora será: quando a laminadora abrir, o pistão1 deverá atuar empurrando a primeira peça e segundos depois, o tope deverá ser atuado para apoiar essa peça. No instante em que a laminadora fechar, tanto o pistão1 como o tope deverão voltar a sua posição inicial, com isso, outra peça deverá cair na canaleta e esperar que o pistão1 seja acionado novamente (quando a laminadora se abrir). O sensor da caixa de alimentação, ao perceber a ausência da peça na posição determinada na caixa de alimentação, deverá atuar o pistão2 que posicionará outro eixo nessa posição inicial, garantindo assim que o processo não pare por falta de material.

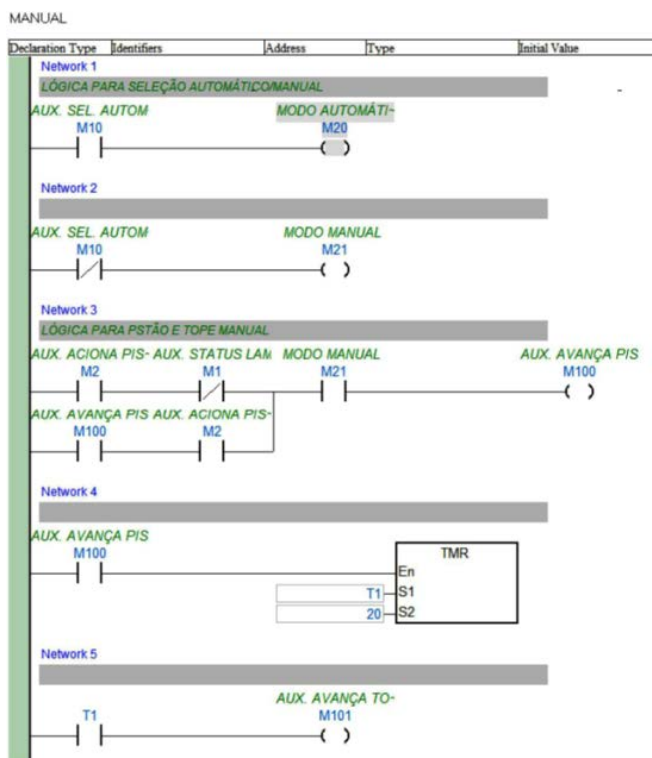
As Figuras 10, 11, 12 e 13 a seguir, ilustram o programa desenvolvido para realizar o funcionamento da laminadora.

Figura 10 – Entradas do programa



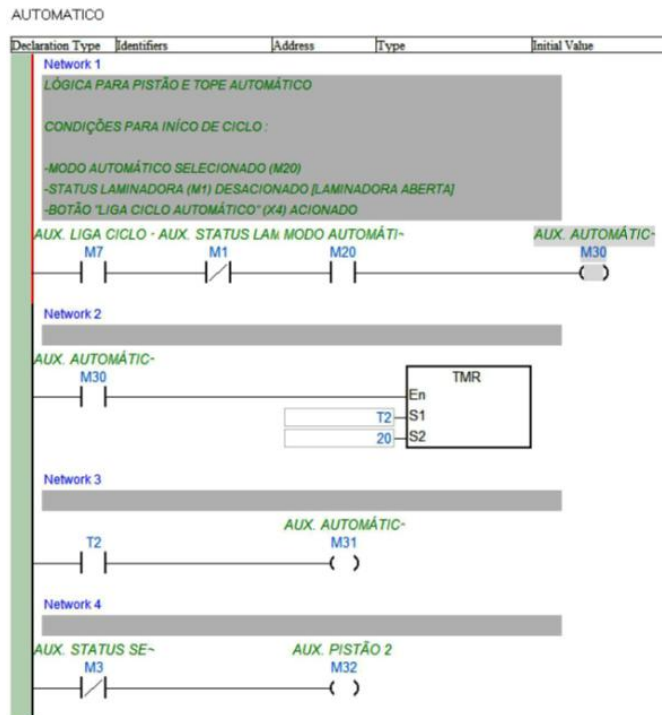
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 11 – Modo manual do programa



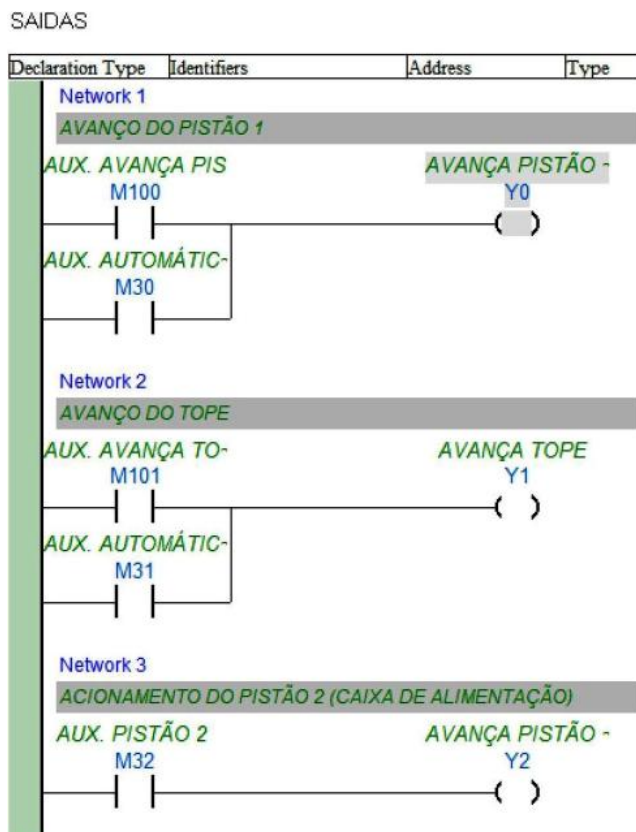
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 12 – Modo automático do programa



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 13 – Saídas do programa.



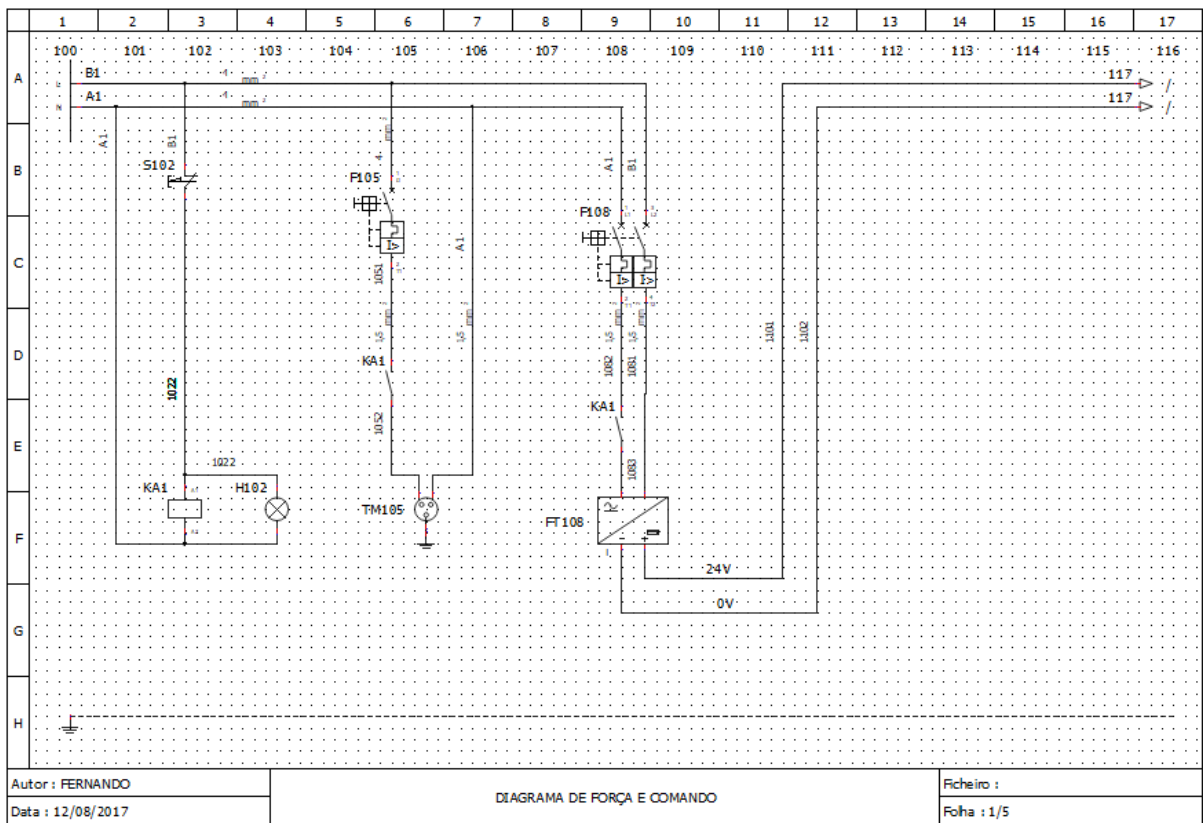
Fonte: Produção do próprio autor

2.2.3 Diagrama de comando

Esse circuito é utilizado para representar o comando do circuito de força, ou seja, mostra os acionamentos elétricos do sistema. Nesse diagrama, encontram-se os dispositivos de proteção, botões, contatores e vários outros elementos que garantem que o circuito funcione de forma segura e correta.

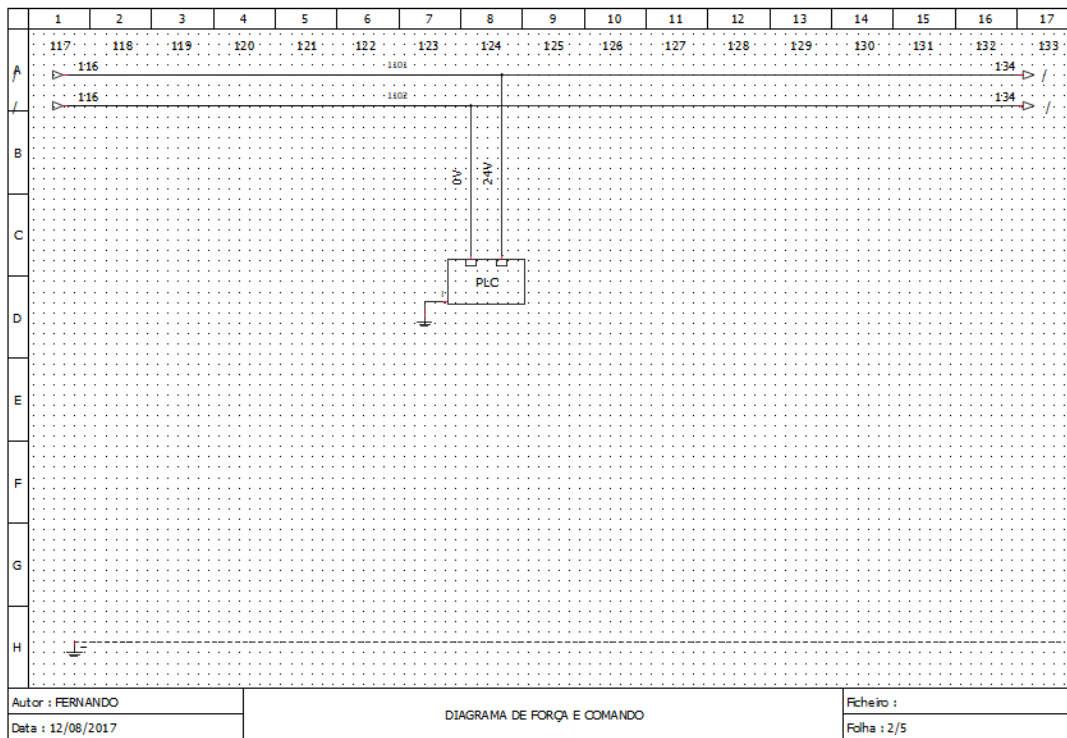
O diagrama de comando desse projeto foi desenvolvido no programa Qelectrotech e está representado nas Figuras 14, 15, 16, 17 e 18.

Figura 14 – Folha 1 do diagrama de comando



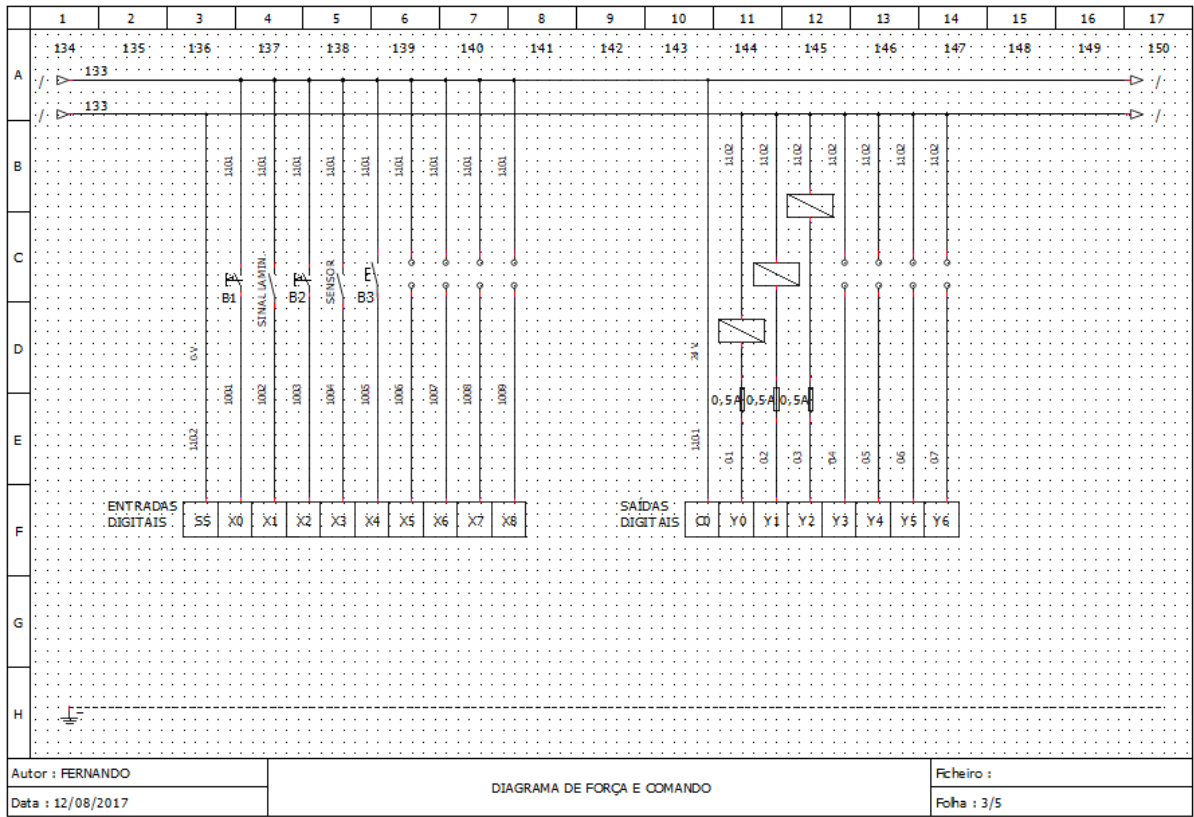
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 15 – Folha 2 do diagrama de comando



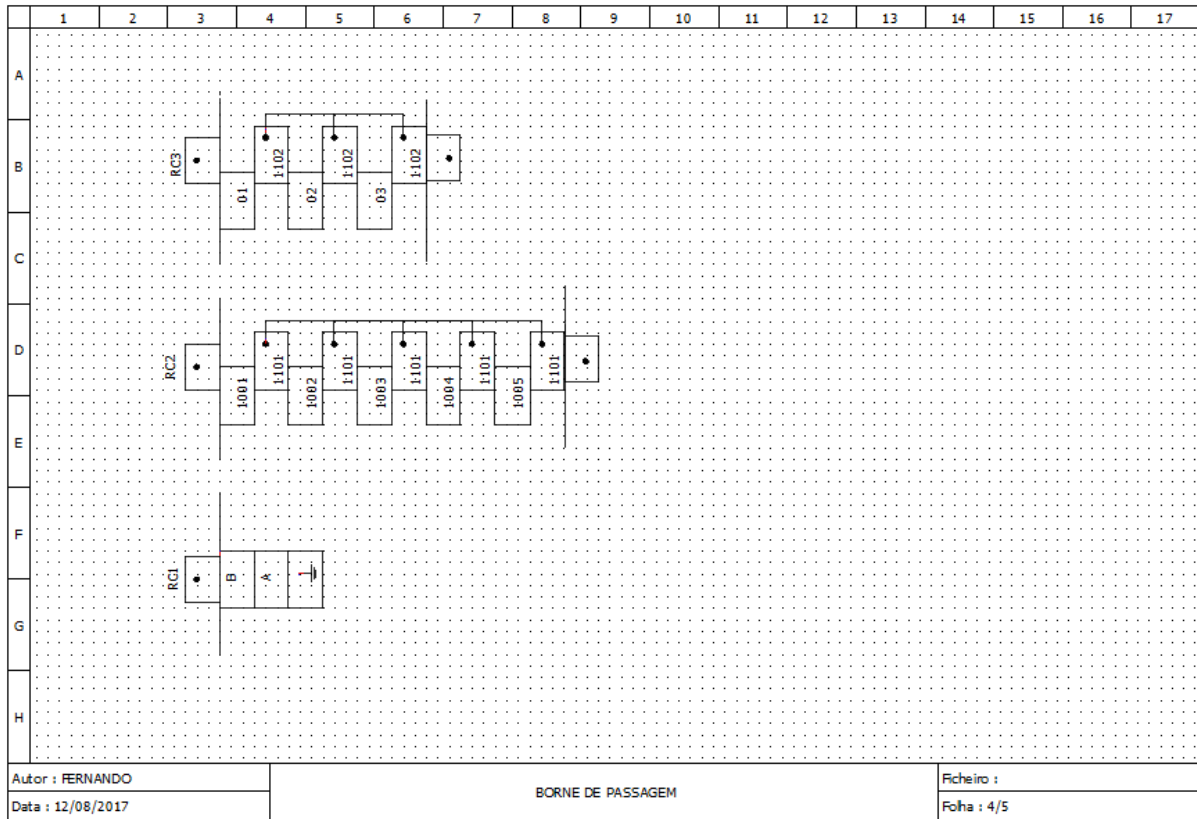
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 16 – Folha 3 do diagrama de comando



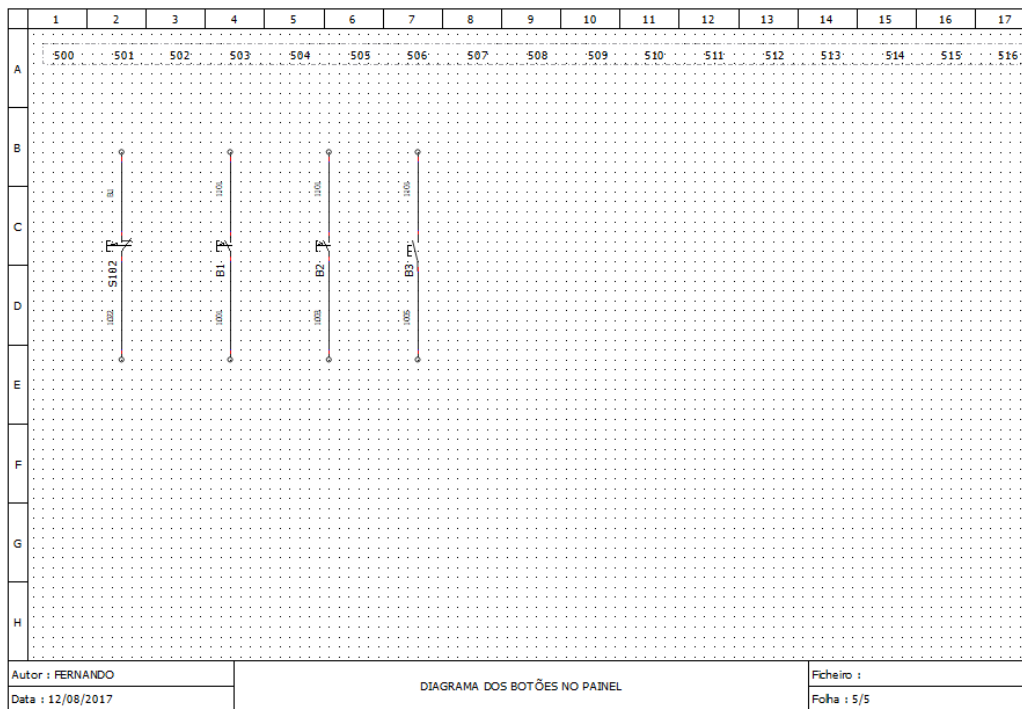
Fonte: Produção do próprio autor

Figura 17 – Folha 4 do diagrama de comando



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 18– Folha 5 do diagrama de comando



Fonte: Produção do próprio autor

Com o diagrama de comando terminado e testado, o próximo passo é montar o painel elétrico seguindo as diretrizes estabelecidas nesse diagrama. A figura 19 referente ao aspecto do painel em fase final de construção, mas ainda sem as conexões com a parte mecânica.

Figura 19 – Foto do painel elétrico em fase final.



Fonte: Produção do próprio autor

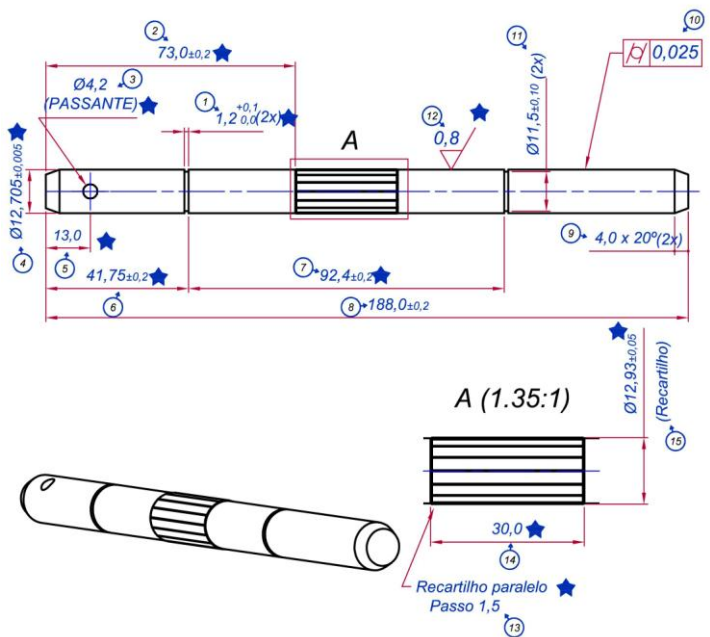
2.3 PROJETO MECÂNICO

Esta parte do projeto ilustra apenas os componentes mecânicos que garantem a funcionalidade da máquina e que foram projetados na empresa USINESES, pois alguns componentes foram comprados de forma que não houvesse necessidade de modificação ou não necessitaram de projeto mecânico.

2.3.1 Medida das peças

Para determinar a medida de alguns elementos da máquina, como a caixa de alimentação, é preciso conhecer as características mais relevantes das peças que são produzidas. Inicialmente, a alimentadora foi projetada para trabalhar apenas com eixos de motores pequenos, com a intenção de alimentar a laminadora deixando o eixo na posição correta para receber a recartilha. A Figura 20 mostra o desenho de um dos eixos (eixo 561) que serão fabricados no processo.

Figura 20 – Desenho Técnico do eixo 561



Tolerâncias não indicadas: [até 0,5: ±0,05] [até 6: ±0,1] [até 30: ±0,2] [até 120: ±0,3] [até 400: ±0,5] [até 1100: ±0,8] [até 2500: ±1,2] [até 5000: ±1,5] [Ângulos: ±1°] Item Crítico: ★

Fonte: Produção do próprio autor

Basicamente todos os eixos possuem esse formato, porém com dimensões diferentes. As medidas de cada eixo, necessárias para o projeto, estão representadas na tabela 4, assim como o deslocamento do pistão1.

Tabela 4 – Dimensões das peças e deslocamento do pistão1

Código	Comprimento total (mm) CT	Comprimento da ponta até o final da recartilha (mm) CR	Deslocamento do pistão1 (mm) D
560	186	65	251
573	151	86	237
2339	233	92,4	325,4
2509	231	95,5	326,5
2511	198	65	263
2655	154	70,5	224,5
3008	166	20,5	186,5
3080	140	63	203
3268	158	81	239
3281	178,5	55	233,5
3327	151	90	241
3442	188	70	258
3481	192,8	62,6	255,4
US952	181	63,9	244,9
550	140	20,5	160,5
553	158	93	251
557	166	85,5	251,5
561	186	103	289
570	155	90	245
574	158	68,5	226,5
1246	160	95	255
1247	170	93	263
2510	214,6	86,9	301,5
2846	196	64,1	260,1
2994	237	98	335
3187	151	86	237
3270	166	68,5	234,5
3544	180	63	243
3610	177	59	236
3627	149	70,5	219,5
3631	161	88,05	249,05
3632	183,5	99,3	282,8
3633	177,5	96,3	273,8
3650	151	87,5	238,5
3639	151	93	244

Fonte: Produção do próprio autor

A Equação (1) a baixo foi utilizada para calcular o deslocamento do pistão1.

$$CT + CR = D \quad (1)$$

2.3.2 Caixa de alimentação

Para a fabricação da caixa de alimentação, utilizaram-se duas medidas da tabela 3: o maior comprimento total (CT) entre os eixos e o maior deslocamento do pistão1 (D), sendo o primeiro igual a 237 mm e o segundo igual a 335 mm. Assim, pode-se estabelecer o comprimento mínimo da caixa igual ao maior CT, garantindo que todos os outros eixos também entrem na caixa, e uma distância mínima da caixa de alimentação até os rebolos da laminadora igual a, no mínimo, o maior D da tabela.

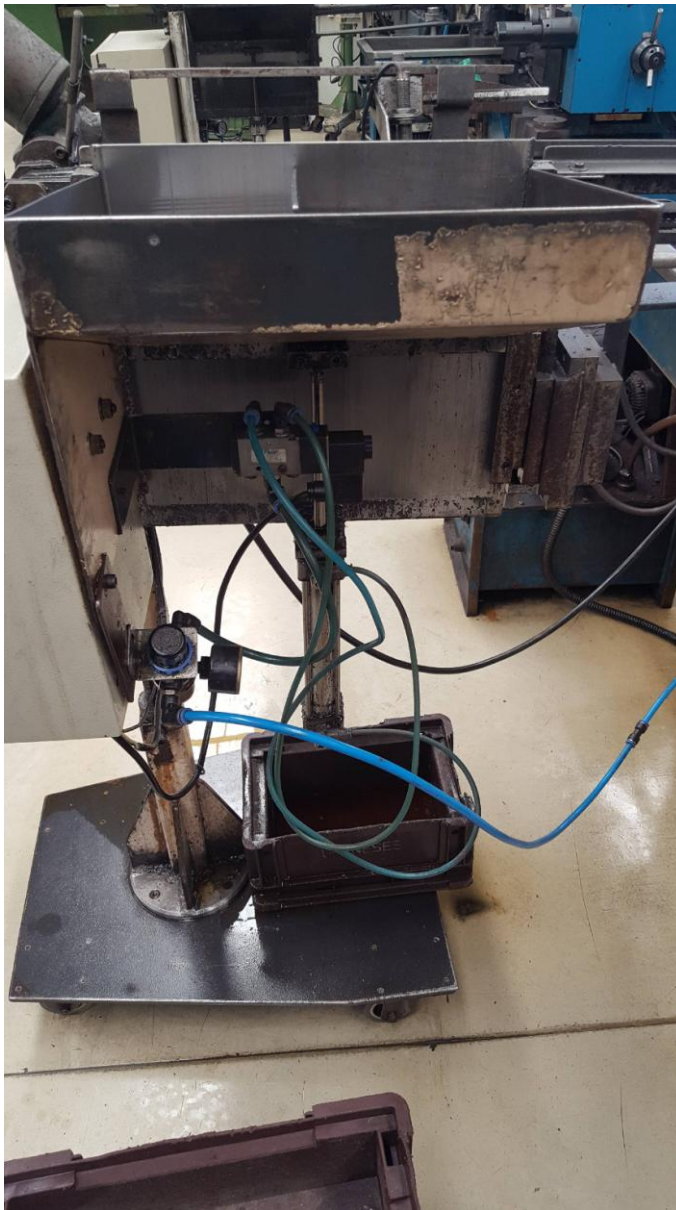
Como o projeto mecânico da caixa de alimentação é muito simples, não foi realizado nenhum desenho técnico no AutoCAD, apenas rascunhos a mão livre para orientar o operador sobre as medidas de cada parte e quais delas deveriam ser dobradas e soldadas. As Figuras 21 e 22 apresentam a caixa de alimentação finalizada.

Figura 21: Foto da caixa de alimentação



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 22: Foto da caixa de alimentação e pistão2.



Fonte: Produção do próprio autor

2.3.3 Válvulas e Cilindros pneumáticos

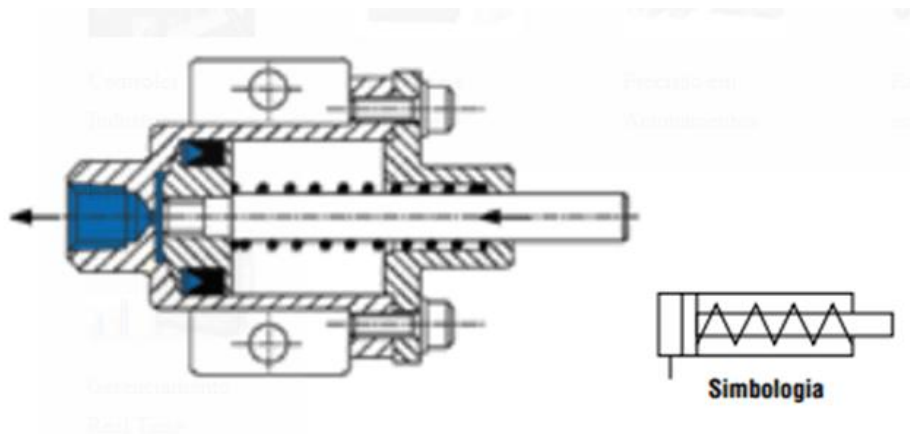
O cilindro pneumático é um dispositivo que realiza um movimento linear a partir de uma força direcionada no seu interior, resultante de um gás comprimido. Nesse projeto, foram empregados três cilindros pneumáticos de ar para as seguintes aplicações: movimentação das peças (pistão1), descida do tope e reabastecimento das peças na caixa de alimentação (pistão2). Para a escolha desse dispositivo levou-se em consideração sua ótima praticidade e a

existência de um compressor para linha de alimentação pneumática da empresa, o que torna mais fácil sua instalação nesse ambiente de trabalho.

Os tipos de cilindros cotados para o projeto foram:

- Cilindros de ação simples: Possuem uma única porta para permitir que o ar comprimido entre no cilindro para mover o pistão para a posição desejada. Eles contam com uma mola interna ou às vezes simplesmente gravidade para retornar o pistão para a posição “inicial” quando a pressão do ar é removida. A figura 23 ilustra o aspecto dos cilindros.

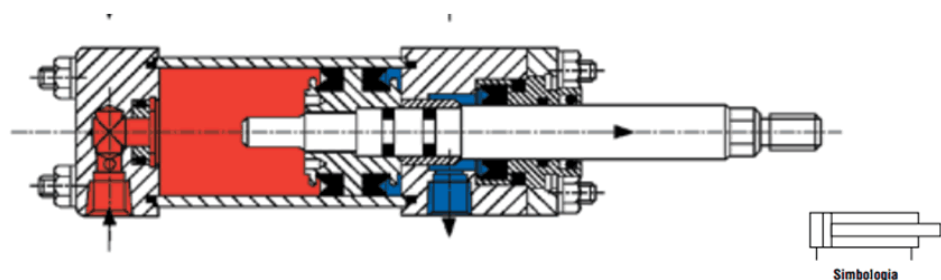
Figura 23 – Cilindro de ação simples



Fonte: Citisystems (2017)

- Cilindros de ação dupla: Possuem uma porta em cada extremidade (indicados em vermelho e azul na Figura 24) e movem o pistão para frente e para trás alternando a entrada que recebe o ar de alta pressão

Figura 24 – Cilindro de ação dupla

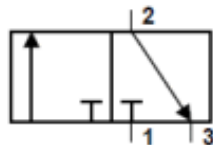


Fonte: Citisystems (2017)

A válvula utilizada para o controle de ar é usada para direcionar o ar comprimido na porta de extensão, enquanto abre a porta de retração para a atmosfera. A diferença de pressão nos dois lados do pistão resulta em uma força igual ao diferencial de pressão multiplicado pela área do pistão, ou seja, isso determina a máxima carga que a haste do pistão poderá deslocar. Alterar a válvula para direcionar o ar comprimido para a entrada de retração enquanto abre a porta de extensão para a atmosfera fará com que o conjunto do cilindro se retraísse de volta para a posição “inicial”.

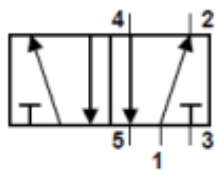
Para o cilindro de ação simples é necessário uma válvula 3 vias e 2 posições, mas devido a dificuldade de encontra-las no mercado, foi utilizado apenas cilindros de ação dupla com válvulas 5 vias e 2 posições. A figura 25 mostra a representação das válvulas direcionais comentadas anteriormente.

Figura 25 – Representação esquemática das válvulas



Válvula de Três vias e Duas posição

3/2



Válvula de Cinco vias e Duas posição

5/2

Fonte: Citisystems (2017)

3 MATERIAIS E MÉTODO

Muito dos materiais e componentes utilizados no projeto foram reutilizados de outras máquinas que estavam sem uso e de trabalhos anteriores que foram superdimensionados, o que abaixou o custo final desse projeto. Apesar disso, todas as quantidades e preços dos elementos utilizados foram relacionados na lista de materiais da Figura 26.

Figura 26 – Lista de materiais

ITEM	TAG	DESCRIÇÃO	FABRICANTE/MODELO	QUANTIDADE	PREÇO UNIDADE	PREÇO REAL	
P A I N E L	1	SI02	BOTÃO DE EMERGÊNCIA COGUMELO, 22mm, VERMELHO	VARIMASTER	1	R\$ 8,73	R\$ 8,73
	2	B1 e B2	BOTÃO SELETOR PLAST. 2P MANOPLA CURTA FIXA, INA	VARIMASTER	2	R\$ 6,70	R\$ 13,4
	3	B3	BOTÃO PULSADOR PLAST. VERDE, INA	VARIMASTER	1	R\$ 6,14	R\$ 6,14
	4	F105	DISJUNTOR MONOPOLAR CURVA C 10A	VARIMASTER	1	R\$ 4,37	R\$ 4,37
	5	F108	DISJUNTOR BIPOLAR CURVA C 6A	VARIMASTER	1	R\$ 16,44	R\$ 16,44
	6	KA1	MINICONTATOR TRIPOLAR 9A + 1 CONTATO NA - BOBINA 220 AC	VARIMASTER	1	R\$ 39,28	EM ESTOQUE
	7	TM105	TOMADA 2P-T/FUNDO DE PAINEL - 10A		1		EM ESTOQUE
	8	H102	SINALEIRO LED 220 VAC, 22mm VERMELHO	VARIMASTER	1	R\$ 4,15	R\$ 4,15
	9	FT108	FONTE CHAVEADA 110/220 VAC SAÍDA 24 VDC - 4,16 A	KALATEC	1	R\$ 150,00	R\$ 135,00
	10	PLC	CLP DELTA 8 ENTRADAS 6 SAÍDAS DIGITAIS A RELÉ	KALATEC	1	R\$ 611,00	R\$ 500,00
	11		FUSÍVEL VIDRO 5x20mm 1A		4	R\$ 1,00	
	12		BORNE PARA FUSÍVEL 2,5mm², PARA FUSÍVEL VIDRO 5x20mm		4	R\$ 4,60	R\$ 18,40
	13		SENSOR (ALIMENTAÇÃO)		1		EM ESTOQUE
	14		BORNE DE PASSAGEM SIMPLES SAK, 2,5mm²	VARIMASTER	5	R\$ 1,38	R\$ 6,90
	15		BORNE DE PASSAGEM TERRA 2,5mm²	VARIMASTER	1	R\$ 4,14	R\$ 4,14
	16		BORNE DE PASSAGEM DUPLO 2,5mm²	VARIMASTER	10	R\$ 4,72	R\$ 47,20
	17		CANALETA VENTILADA CINZA 30x50mm (BASExALTURA)				EM ESTOQUE
	18		CANALETA VENTILADA CINZA 50x50mm (BASExALTURA)				EM ESTOQUE
	19		TRILHO DIN TS-35 GALVANIZADO		2		EM ESTOQUE
	20		POSTE FINAL DE TRILHO EwK-35		4		EM ESTOQUE
21		CAIXA PAINEL AÇO CARBONO 60x40x200mm (AXLXP) COM FLANGE, CHAPA MONTAGEM AÇO CARBONO 1,5mm PINTURA COR DE LARANJA RAL 2003	BRUM	1PC	R\$ 229,15	EM ESTOQUE	
E S T R U T U R A M E C	1		PISTÃO1 (QUE EMUPURRA A PEÇA)		1		EM ESTOQUE
	2		PISTÃO2 (DO ALIMENTADOR)		1		EM ESTOQUE
	3		PISTÃO DO TOPE		1		EM ESTOQUE
	4		VÁLVULA SOL/MOLA 1/4" 5/2V 24	CASA DAS MANGUEIRAS	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00
	5		CONECTOR MACHO 6X1/4 BSP PC06G-02	CASA DAS MANGUEIRAS	6	R\$ 2,71	R\$ 16,26
	6		BASE MANIFOLD 3 VALV 1/4 5 VIAS	CASA DAS MANGUEIRAS	1	R\$ 55,44	R\$ 55,44
	7		SILENCIADOR 1/4 BSL-02	CASA DAS MANGUEIRAS	2	R\$ 4,94	R\$ 9,88
	8		BUJÃO 0522-CT-1/4	CASA DAS MANGUEIRAS	3	R\$ 2,57	R\$ 7,71
	9		CHAPAS DE AÇO				EM ESTOQUE
					TOTAL	R\$ 1.063,90	

Fonte: Produção do próprio autor

Por se tratar de um trabalho prático, entende-se que a metodologia aplicada no projeto se enquadra nas diretrizes a seguir:

- Estudo, técnico e financeiro, prévio do sistema a ser automatizado
- Determinação do fluxograma do projeto

- Busca por catálogos e materiais de apoio para elaborar programas e escolher componentes
- Desenvolver
- Implementar

4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados desse projeto dependem diretamente da sua aplicação prática na indústria, mas para que isso ocorra é necessário que a parte elétrica e mecânica da alimentadora estejam finalizadas e devidamente conectadas. Devido ao curto prazo para a realização do trabalho e por se tratar da automatização de uma máquina que está em constante funcionamento, ou seja, que não permite pausas na produção para implementação do projeto, ainda não foi possível finalizar a instalação completa da alimentadora. O prazo para instalação foi adiado para final do mês de dezembro do ano de 2017, quando os pedidos das peças produzidas na laminadora serão reavaliados, deixando a máquina parada e livre para ser automatizada.

Foi possível simular o funcionamento do painel elétrico e constatar que, tanto os componentes escolhidos quanto a programação executada no controlador lógico programável apresentaram bom funcionamento, demonstrando na prática os acionamentos elétricos pré-determinados no projeto. Financeiramente, o trabalho se mostrou viável em decorrência do baixo custo apresentado a partir da reutilização de materiais em estoque e grande pesquisa de mercado, por meio de solicitações de orçamentos dos componentes utilizados.

Por fim, o método aplicado conseguiu abranger todos os detalhes necessários para estabelecer as diretrizes do projeto de automação de uma laminadora a partir de um alimentador automático, de forma acessível e sistematizada.

REFERÊNCIAS

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. Saiba como selecionar um CLP delta, 2017, In: CITISYSTEMS. **clp-delta**. 2017. Disponível em: <. <https://www.citisystems.com.br/clp-delta/> >. Acesso em: a 08 nov. /2017

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. Desvendando a comunicação RS232, 2017, In: CITISYSTEMS. **rs232**. 2017. Disponível em: <. <https://www.citisystems.com.br/rs232/> >. Acesso em: a 13 nov. /2017

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. O que é um cilindro pneumático? e quais os tipos?, 2017, In: CITISYSTEMS. **Cilindro pneumático** 2017. Disponível em: <. <https://www.citisystems.com.br/cilindro-pneumatico/> >. Acesso em: 28 nov. /2017

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. Válvulas pneumáticas, 2017, In: CITISYSTEMS. **Válvulas pneumáticas** 2017. Disponível em: <. <https://www.citisystems.com.br/valvulas-pneumaticas/> >. Acesso em: 28 nov. /2017

DELTA. DVP-SS2 Instructions Sheet: programmable logic controller. Taiwan: Delta electronics, 2017. Disponível em: <. http://www.deltaww.com/filecenter/Products/download/06/060301/Manual/DELTA_IA-PLC_DVP-SS2_I_TSET_20140430.pdf >. Acesso em: 11 dez./2017