



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Luís Carlos Pacheco Magalhães

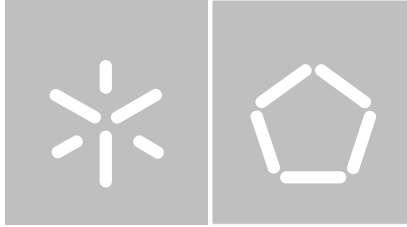
**Elaboração do projeto de uma máquina
de contagem de cabos automática**

**Elaboração do projeto de uma máquina de contagem
de cabos automática**

Luís Carlos Pacheco Magalhães

UMinho | 2023

Abril de 2023



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Luís Carlos Pacheco Magalhães

Elaboração do projeto de uma máquina de contagem de cabos automática

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica

Área de especialização em Manufatura Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor Doutor José Mendes Machado

Professor Mestre Filipe Pereira

Abril de 2023

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-Compartilhaigual
CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Aos meus pais, irmã, avós, Isabella e ao Alberto Costa.

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que de qualquer forma contribuíram para o desenvolvimento e concretização deste trabalho:

Aos meus pais José Magalhães e Ana Pacheco, Irmã Ana Magalhães e avós por todo o apoio emocional e económico que tornaram esta jornada da minha vida possível. Sem eles seria completamente impossível concretizar esta fase da minha vida.

À Isabella Carvalho por todo o apoio emocional, por todas as dicas e pelo companheirismo ao longo desta etapa.

Aos meus orientadores, o prof. Doutor José Machado e ao prof. Mestre Filipe Pereira pela sua disponibilidade, apoio durante todo este projeto, por terem facilitado diverso material e conhecimentos ao longo deste projeto. Também agradeço aos professores por terem acreditado em mim e no sucesso deste.

Aos sócios-gerentes, orientador, e funcionários da Fabricabos – Luís Oliveira de Magalhães por todo o apoio e por me receberem sempre com muito carinho e atenção ao longo deste projeto.

Aos meus colegas Ricardo, Alberto, Marco, Eduardo, Francisco, Tiago e Diogo por todo o apoio, aprendizagens e momentos inesquecíveis que tornaram esta etapa muito divertida.

Ao David e ao Rafael da Tectoma – Eletrotécnica e Automação por todo o apoio e dicas dadas a este projeto que foram cruciais e determinantes para a realização do mesmo.

Quero deixar um agradecimento especial ao Alberto Costa por todo o apoio incondicional, dicas, aprendizagens e por todo o material que disponibilizava, que tornou esta aventura muito mais enriquecedora.

Também quero deixar um agradecimento muito especial à Valéria Carvalho pelos conselhos que foram determinantes para que esta etapa se concretizasse.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducentes à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Este trabalho consiste na realização de um projeto que envolve a Fabricabos – Luís Oliveira de Magalhães. Esta possuía uma dificuldade na contagem final dos seus artigos. O corrente trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema de contagem de cabos automático desde a ideia até á sua aplicação industrial, implementação e testes finais.

Nos primeiros capítulos, é demonstrado o problema em questão, assim como os produtos que são fabricados nesta empresa. Por forma a compreender todo o funcionamento inerente ao processo fabril em causa, é dado a conhecer um pouco acerca das suas etapas de fabrico. Serão apresentados todos os conceitos teóricos relacionados com a implementação deste projeto.

De seguida, neste documento estão presentes todas as etapas de projeto de um equipamento deste tipo, tais como a realização do projeto mecânico segundo a norma VDI 2221 [34], a confeção do Desenho CAD 3D da mesma e a realização do projeto mecatrónico segundo a norma VDI 2206 [2].

Por fim, foi feita a implementação do projeto nos quais foram realizados alguns testes de modo a garantir o pleno funcionamento deste sistema e a resolução do problema inicial.

Palavras-chave: Cabos de Madeira, Contagem, Projeto, VDI 2221, VDI 2206.

Abstract

This work consists in the realization of a project involving Fabricabos - Luís Oliveira de Magalhães. This company had a difficulty in the final counting of its articles. The current work describes the development of an automatic cable counting system from the idea to its industrial application, implementation and final tests.

In the first chapters, the problem at hand is demonstrated, as well as the products that are manufactured in this company. In order to understand all the operation inherent to the manufacturing process in question, a little about its manufacturing stages is given. All the theoretical concepts related to the implementation of this project will be presented.

Next, this document presents all the project stages of this type of equipment, such as the mechanical design according to the VDI 2221 standard [34], the preparation of its 3D CAD drawing and the mechatronic design according to the VDI 2206 standard [2].

Finally, the project was implemented, in which some tests were performed in order to ensure the full operation of this system and the resolution of the initial problem.

Keywords: Cables of Wood, Counting, Design, VDI 2221, VDI 2206.

Índice

Agradecimentos.....	iv
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	viii
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xv
Símbolos e abreviaturas.....	xvi
Capítulo 1: Introdução	1
1.1. Enquadramento e Motivação	2
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	3
Capítulo 2: Estado da Arte e Conceitos Fundamentais	4
2.1. Cabos de Madeira	5
2.1.1. Etapas de fabrico.....	5
2.1.2. Controlo de qualidade	12
2.1.3. Características relevantes	12
2.1.4. Processo de contagem dos cabos atual	14
2.1.5. Sistemas de contagem existentes no mercado	16
2.1.6. Contagem por pesagem	16
2.1.7. Método de contagem ideal	24
2.2. Sensores, Atuadores e Controladores.....	24
2.3. DFX – Design for Excellence.....	44
2.4. Metodologia de projeto – Norma VDI 2206.....	46

2.5. Metodologia de Projeto – Norma VDI 2221.....	48
Capítulo 3: Desenvolvimento do Sistema	50
3.1. Projeto Mecânico	51
3.1.1. Desenvolvimento da teoria do projeto mecânico	51
3.1.1. Projeto da parte estrutural.....	57
3.1.2. Seleção e dimensionamento dos componentes mecânicos	68
3.1.2.1. Seleção dos fusos trapezoidais	68
3.1.2.2. Seleção do motor elétrico (Sistema de embalagem)	72
3.1.2.3. Seleção da transmissão entre os Fusos Trapezoidais	75
3.1.2.4. Seleção da transmissão entre o servomotor e os Fusos Trapezoidais.....	79
3.1.2.5. Seleção dos cilindros pneumáticos	83
3.1.2.6. Seleção dos rolamentos contidos nas chumaceiras de base dos fusos trapezoidais	85
4. Automatização do equipamento	87
4.1. Finalidade e Princípios Básicos de Funcionamento	88
4.1.1. Considerações gerais sobre o funcionamento	88
4.1.2. Funcionamento pretendido	90
4.1.3. Considerações Gerais sobre Segurança no manuseamento	97
4.1.4. Tabela de entradas e Saídas	97
4.1.5. Grafcet máquina de contagem de cabos automática	99
5. Implementação e Testes	109
6. Considerações finais	125
6.1. Conclusões	125
6.2. Trabalhos Futuros	126
Referências Bibliográficas	127
Anexos.....	132

Lista de Figuras

Figura 1 - Fabricabos – Luís Oliveira de Magalhães.....	2
Figura 2 - Cabos de Madeira produzidos na Fabricabos [1]	5
Figura 3 – Esquema explicativo do processo de extração de madeiras [4]	6
Figura 4 – Corte de toros em tábuas num <i>charriot</i> [4]	6
Figura 5 – Paletização das tábuas de madeira para secagem [5]	7
Figura 6 – Medição da humidade da madeira [6]	8
Figura 7 – Estufa de secagem de madeiras [7].....	9
Figura 8 - Entrada/ Saída da tábua na Multiserra	10
Figura 9 – Madeira seccionada em barrotes.....	10
Figura 10 – Operação de torneamento automático de madeiras	11
Figura 11 - Aparecimento de uma imperfeição/ Corte evitando a imperfeição/ Corte seguido de um barrote sem imperfeições.....	12
Figura 12 – Processo manual de contagem atual	14
Figura 13 – Máquinas de contagem por pesagem existentes no mercado [8] [9]	16
Figura 14 – Sistemas de contagem por pesagem na indústria dos parafusos [10] [11] ...	17
Figura 15 – Gráfico que traduz a massa de cada saco de cabos	22
Figura 16 – Extração de sete amostras (barrotes) de uma tábua de Faia	22
Figura 17 - Dispositivo de medição da percentagem de humidade na madeira [12]	23
Figura 18 – Funcionamento do sensor indutivo [13]	25
Figura 19 – Funcionamento de um sensor capacitivo [13].....	27
Figura 20 – Funcionamento de um sensor fotoelétrico difuso [14].....	28
Figura 21 – Funcionamento de um sensor fotoelétrico de barreira [14]	28
Figura 22 – Funcionamento de um sensor fotoelétrico retro refletivo [14]	29
Figura 23 – Sensores fibra ótica [15]	29
Figura 24 – Motor elétrico [18]	30
Figura 25 – Servomotor [20]	32
Figura 26 – Servomotor e os seus componentes [21]	34
Figura 27 – Componentes de um Motor de Passo [22].....	35
Figura 28 – Vista em corte de um Cilindro de simples efeito / Simbologia [23]	36

Figura 29 – Vista em corte de um Cilindro de duplo efeito / Simbologia [23]	36
Figura 30 – Vista em corte de um Cilindro de Duplo efeito com haste passante / Simbologia [23].....	37
Figura 31 – Válvulas pneumáticas direcionais (esquerda)/ Electroválvulas (direita) [24] [25].....	38
Figura 32 – Válvula reguladora de fluxo [26]	38
Figura 33 – Válvula Reguladora de Pressão [27]	39
Figura 34 – Válvula de bloqueio [28]	39
Figura 35 – Alimentador vibratório utilizado para organizar e orientar peças depositadas a granel [29]	40
Figura 36 – Variador de frequência de vibração [30]	41
Figura 37 – PLC LX3V-1616MR-D WECON PORTUGAL [31]	42
Figura 38 – Excerto de programa de linguagem Ladder [32].....	43
Figura 39 – Consola HMI 7” TECTOMA - WECON PORTUGAL [33]	44
Figura 40 – DFX – Design For Excellence [34]	45
Figura 41 - Modelo em V para o projeto de um Sistema Mecatrónico	46
Figura 42 – Modelo de desenvolvimento da norma VDI 2221 [3]	48
Figura 43 – Árvore de objetivos	52
Figura 44 – Conversão de inputs em outputs após ter sido cumprida a função global [36] [3].....	52
Figura 45 – Transparent Box – Representação das subfunções essenciais	53
Figura 46 – Mapa morfológico de um sistema de recolha de batatas na agricultura [36] [3]	54
Figura 47 – Mapa morfológico do sistema de contagem de Cabos Automático	55
Figura 48 – Mapa morfológico – Combinação da solução adotada para este mecanismo	56
Figura 49 – Alimentador Vibratório adquirido	57
Figura 50 – Modelação CAD 3D do alimentador vibratório	58
Figura 51 – Sacos de ráfia utilizados como embalagem fechado vs. cheio	59
Figura 52 – Primeira versão do sistema de embalagem dos cabos de madeira após contagem	59
Figura 53 – Componentes do sistema de embalagem numerados.....	60

Figura 54 – Primeiro passo do funcionamento do sistema de embalagem	61
Figura 55 – Segundo passo do funcionamento do sistema de embalagem	62
Figura 56 – Terceiro passo do funcionamento do sistema de embalagem.....	62
Figura 57 – Quarto passo do funcionamento do sistema de embalagem	63
Figura 58 – Último passo do funcionamento do sistema de embalagem	63
Figura 59 – Sistema de embalagem final	64
Figura 60 – Base estrutural da máquina de contagem de cabos	65
Figura 61 – Primeira visualização da disposição dos componentes da máquina	65
Figura 62 – Esteira transportadora.....	66
Figura 63 – Desnível entre a cuba vibratória e o sistema de embalagem.....	66
Figura 64 – Suportes de Fixação da esteira ao sistema de embalagem.....	67
Figura 65 – Demonstração dos componentes do sistema de aperto do saco.....	67
Figura 66 – Montagem da máquina	68
Figura 67 – Representação dos fusos trapezoidais	69
Figura 68 – Tabela de valores de coeficientes estáticos de superfícies em contato [38] .	70
Figura 69 – Componentes do carrinho de transporte vertical com as massas (kg).....	70
Figura 70 – Catálogo de fusos trapezoidais da “RolPedra” [39]	71
Figura 71 – Servomotor utilizado no sistema de embalagem/ Caraterísticas do servomotor.....	74
Figura 72 – Tabela de seleção do fator de serviço básico C0 [41]	75
Figura 73 – Tabela de seleção do fator de correção de velocidade C3 [41]	76
Figura 74 – Tabela de seleção do fator de correção de fadiga C6 [41]	76
Figura 75 – Diagrama de seleção do tipo de correia [41].....	78
Figura 76 – Tabela de seleção do fator de serviço básico C0 [41]	79
Figura 77 – Tabela de seleção do fator de correção de velocidade C3 [41].....	80
Figura 78 – Tabela de seleção do fator de correção de fadiga C6 [41]	80
Figura 79 – Diagrama de seleção do tipo de correia [41].....	82
Figura 80 – Representação das forças exercidas nas placas de suporte do saco	83
Figura 81 – Tabela de cilindros pneumáticos AirTac gama SE [42].....	84
Figura 82 – Tabela SKF rolamentos de uma carreira de esferas de contacto angular [43]	86

Figura 83 – Representação CAD 3D da máquina de contagem de cabos automática com os componentes identificados	88
Figura 84 – Cadeias cinemáticas do sistema de embalagem.....	89
Figura 85 – Modos de funcionamento	91
Figura 86 – Demonstração do sensor Zero máquina	92
Figura 87 – Demonstração dos cilindros pneumáticos recuados	92
Figura 88 – Demonstração do sensor no final da pista da cuba vibratória	93
Figura 89 – Demonstração da célula de contagem	93
Figura 90 – Demonstração da localização do sensor responsável pela descida do carrinho	94
Figura 91 – Demonstração do sensor inferior e dos cilindros pneumáticos avançados ...	95
Figura 92 – Demonstração da consola na área da manutenção.....	96
Figura 93 – Colocação da máquina no ponto zero máquina e definição da quantidade a colocar no saco.....	100
Figura 94 – Contador inserido na máquina.....	101
Figura 95 – Fase final deste modo de funcionamento	102
Figura 96 – Grafcet auxiliar de análise de 10 em 10 segundos do sensor do alimentador	103
Figura 97 – Sensor de descida carrinho (verificação do nível de cabos a manter a uma determinada altura)	104
Figura 98 - Grafcet que controla manualmente a subida e a descida do carrinho.....	105
Figura 99 - Grafcet que controla manualmente o fecho e a abertura dos cilindros pneumáticos (placas horizontais)	106
Figura 100 - Grafcet que permite ligar e desligar alimentador vibratório	106
Figura 101 - Grafcet que permite ligar e desligar o tapete transportador	107
Figura 102 - Grafcet modo emergência	108
Figura 103 - Fabricação do sistema de embalagem do saco	109
Figura 104 - Fabricação da base da máquina.....	109
Figura 105 - Colocação dos componentes sobre a base da máquina	110
Figura 106 - Implementação do sensor de descida do carrinho e aperto do saco	110
Figura 107 - Consola HMI 7" WECON Portugal	111

Figura 108 - Colocação das paralelas de guiamento dos cabos e aplicação dos sensores de fibra ótica responsáveis pela análise dos cabos do alimentador e pela contagem.....	111
Figura 109 - Sensores de Contagem e do Alimentador vibratório.....	112
Figura 110 - Colocação do sensor de Descida.....	112
Figura 111 - Emergência sistema de embalagem.....	113
Figura 112 - Emergência painel da consola.....	113
Figura 113 – Electroválvula atuação placas horizontais.....	114
Figura 114 - Alimentação de ar na máquina.....	114
Figura 115 - Movimento rotacional da consola entre 0 e 90 graus.....	115
Figura 116 - Tomada de alimentação de energia 220V.....	115
Figura 117 - Barras de Reforço da estrutura do sistema de embalagem do saco.....	116
Figura 118 - Batentes limitadores do fecho das placas horizontais.....	116
Figura 119 – Montagem Quadro elétrico.....	117
Figura 120 - Corte geral de energia no quadro elétrico.....	117
Figura 121 - Sensor de deteção de movimento do fuso trapezoidal.....	119
Figura 122 - Alerta que aparece na consola quando existe alguma anomalia na correia dentada de ligação dos fusos.....	120
Figura 123 - Cuba vibratória com borracha vs. Sem borracha.....	120
Figura 124 - Cuba vibratória cheia com cabos de madeira.....	121
Figura 125 - Imagem capturada durante o funcionamento (contagem) da máquina.....	122
Figura 126 - Carrinho subido (Quantidade menor de cabos no interior do saco) vs. Saco descido (quantidade maior dentro do saco).....	122
Figura 127 - Aviso que surge na consola quando falta cabos na cuba e a máquina.....	123
Figura 128 - Aviso que surge após terminar o ciclo de contagem.....	123
Figura 129 - Alarme zero máquina.....	124

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Aproximação das vendas realizadas na Fabricabos em gamas de diâmetros e de comprimentos	13
Tabela 2 - Lista de vantagens e desvantagens do processo atual de contagem	15
Tabela 3 – Método de contagem por pesagem	17
Tabela 4 – Primeiro estudo à contagem por pesagem.....	18
Tabela 5 – Valores de massa obtidos na experiência.....	20
Tabela 6– Estudo à diferença de densidades nas amostras	23
Tabela 7 – Estudo à diferença de humidade nas amostras	24
Tabela 8 – Tabela de componentes do sistema de embalagem.....	60
Tabela 9 – Cadeias cinemáticas relevantes para o projeto mecatrónico.....	89
Tabela 10 – Entradas máquina de contagem de cabos automática	98
Tabela 11 – Saídas máquina de contagem de cabos automática	99
Tabela 12 - Tabela de componentes do quadro eléctrico.....	118

Símbolos e abreviaturas

CAD - Computer Aided Design

DFX - Design for Excellence

DFC - Design for Cost

DFM - Design for Manufacturing

DFm - Design for Maintenance

N.m - Newton-metro (binário)

G - Constante da gravidade

HMI - Interface Homem-máquina

kg - Quilograma

kN - Kilonewton

kW - Quilowatt

mm - Milímetro

N - Newton

PLC - Programmable logic controller

rpm - Rotações por minuto

Capítulo 1: Introdução

Neste capítulo, será dada a introdução a este trabalho no sentido de realizar o enquadramento, definir objetivos e abordar um pouco como será a estrutura do mesmo.

1.1. Enquadramento e Motivação

A empresa Fabricabos - Luís Oliveira de Magalhães Lda, é responsável pelo fabrico de cabos de madeira para o mercado nacional e estrangeiro há cerca de 45 anos. Os cabos são utilizados em ferramentas de jardinagem, cutelarias, no ramo automóvel entre outras áreas [1].

Com a mudança de gerência, a necessidade de automatizar alguns processos de produção prevalece. A contagem dos produtos nesta empresa, atualmente é processada manualmente. Para tal foi proposto o desenvolvimento de um sistema de contagem de cabos automático para permitir a redução da mão-de-obra utilizada e o tempo despendido neste processo.

No mercado, não é encontrada uma solução específica para este problema, sendo que, tem de ser desenvolvido e dimensionado um sistema que satisfaça esta necessidade. Este sistema deve ser simples, rápido, transportável e de custo reduzido. Este projeto tem de seguir alguns requisitos impostos pelo setor responsável pela contagem, sendo descritos ao longo da dissertação.

Assim, de modo detalhado e organizado, foi realizado o projeto da máquina em questão, na qual foi implementada a sua montagem. A metodologia de projeto que foi seguida é a norma VDI 2206 [2].

Após a conclusão da construção deste sistema fisicamente, será reproduzida a respetiva programação e realizar-se-á diversos testes de modo a obter o funcionamento desejado e para que cumpra todos os requisitos impostos.



Figura 1 - Fabricabos – Luís Oliveira de Magalhães

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal a automatização de um processo de contagem de cabos de madeira que atualmente está a ser realizado de forma manual. Assim, foi desenvolvido um sistema mecânico e mecatrónico para o realizar de forma automática, sendo que este deve obedecer a um conjunto de requisitos:

- Contar os cabos de forma exata para uma embalagem específica definida pelos membros da empresa;
- Automatizar o processo reduzindo a mão-de-obra e o tempo despendido, de modo que o mesmo seja mais rentável;
- Permitir o armazenamento de dados de programação da máquina para cada modelo de cabos fabricados nesta empresa;
- Permitir uma programação e utilização simples, rápida e intuitiva;
- Garantir a segurança do utilizador;
- Deve ser um sistema o mais compacto possível;
- Ser um sistema transportável;
- Ser um sistema fiável;

Este sistema deverá seguir uma metodologia de projeto segundo a Norma VDI 2206 [2].

1.3. Estrutura da dissertação

Este trabalho, apresenta de forma organizada o projeto desenvolvido desta dissertação de mestrado em que o tema foi proposto no início.

Inicialmente é feita uma introdução ao tema em que é apresentada a empresa e o enquadramento e os objetivos a atingir como resultado deste elaborado trabalho.

No capítulo seguinte, é feito um resumo de toda a informação relevante para a realização deste trabalho, assim como todas as noções teóricas para que este seja devidamente compreendido.

Já no terceiro capítulo, é apresentado o projeto em detalhe. É devidamente discriminado o projeto mecânico segundo a norma VDI 2221 [3].

No quarto capítulo é realizado o projeto mecatrónico segundo a norma VDI 2206 [2] e são apresentadas as considerações gerais sobre segurança.

Por fim, são apresentados dois capítulos que relatam como foi efetuada a implementação e testes deste sistema, assim como trabalhos futuros a realizar e algumas considerações finais do mesmo.

Capítulo 2: Estado da Arte e Conceitos Fundamentais

Neste capítulo será apresentado o estado de arte em que todos os conceitos necessários e fundamentais para o desenvolvimento deste projeto serão expostos. Aqui é possível encontrar informações relativas aos produtos que serão alvo de estudo, sendo abordadas e aprofundadas todas as características relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. Também serão expostos alguns sistemas existentes no mercado, assim como alguns componentes mecatrónicos que serão cruciais para o desenvolvimento deste mecanismo. Por último, serão abordados os aspetos da norma VDI 2206 [2] e da norma 2221 [3] aplicáveis a este projeto, que são imprescindíveis á sua estrutura.

2.1. Cabos de Madeira

Os cabos de madeira são componentes principalmente utilizados em ferramentas. Na grande maioria dos casos, os cabos de madeira servem para facilitar o contacto entre o homem e a ferramenta em si. Através de diferentes configurações (como por exemplo a utilização de ranhuras) é possível obter coeficientes de atrito elevados, facilitando o manuseamento da ferramenta. Posteriormente serão ilustrados alguns modelos de cabos produzidos nesta empresa.



Figura 2 - Cabos de Madeira produzidos na Fabricabos [1]

Como é possível verificar na Figura 2, esta empresa fabrica uma grande variedade de artigos para diferentes aplicações. De seguida serão abordadas todas as características relevantes nos cabos de madeira para a realização deste trabalho.

2.1.1. Etapas de fabrico

Os cabos de madeira são artigos que para a sua produção exigem uma mão-de-obra qualificada, visto que a madeira é um material anisotrópico. Sendo assim a mesma possui demasiadas imperfeições na sua constituição. De seguida serão apresentadas as etapas de fabrico dos cabos de madeira desde o processo inicial até ao processo de acabamento.

O processo inicial é designado por extração, ou seja, é a operação que consiste em extrair as árvores da natureza. A árvore é derrubada, e de seguida cortada em toros, sendo os mesmos posteriormente transportados até a uma serração. Na Figura 3 ilustra este processo.



Figura 3 – Esquema explicativo do processo de extração de madeiras [4]

De seguida, é feita a transformação dos toros em tábuas através do corte dos mesmos. A máquina que realiza essa operação é designada por *charriot*. De seguida é possível visualizar a máquina que realiza esta operação na Figura 4



Figura 4 – Corte de toros em tábuas num *charriot* [4]

Assim que este processo está concluído é feita a paletização, ou seja, este processo é responsável pela colocação das tábuas em forma de palete. Abaixo são demonstradas paletes de madeira na Figura 5.



Figura 5 – Paletização das tábuas de madeira para secagem [5]

Este processo é muito importante, pois vai ser crucial para o processo de secagem da madeira. Após a paletização, é controlada a humidade antes do processo de secagem. O valor de humidade é um valor de elevada relevância pois vai definir as condições de secagem que a palete de madeira vai ser exposta.



Figura 6 – Medição da humidade da madeira [6]

A secagem da madeira, é um processo que retira a humidade da madeira, de modo a tornar a madeira pronta para ser trabalhada é muito importante, pois vai fazer com que a madeira abata (contração volumétrica), ainda em tábuas evitando que este processo aconteça já com o produto acabado. Este processo é crucial e tem de ser minuciosamente controlado, já que a contração volumétrica da madeira é elevada e se acontecer em produtos acabados, pode resultar em fendas e reduções de espessura desse mesmo produto. Nos cabos de madeira a redução de espessura pode resultar numa não conformidade com as exigências do cliente. Posteriormente será exibido o equipamento onde é realizada a secagem da madeira na Figura 7.



Figura 7 – Estufa de secagem de madeiras [7]

Estando concluída a secagem da madeira, a mesma encontra-se pronta para ser seccionada em barrotes. Esta operação consiste em cortar as tábuas em barrotes que posteriormente sofrerão uma operação de torneamento. Recorrendo a uma máquina designada por multiserra, as tábuas são seccionadas em tiras. De seguida, será ilustrado este processo assim como a máquina responsável por esta operação na Figura 8.



Figura 8 - Entrada/ Saída da tábua na Multiserra

Após obter as tiras extraídas das tábuas, é necessário realizar uma operação de corte às mesmas de modo que o seu comprimento seja igual ao do cabo pretendido. Assim, após todos estes processos, inicia-se a produção do cabo de madeira em si.



Figura 9 – Madeira seccionada em barrotes

A primeira etapa de fabrico dos cabos de madeira é o torneamento ou fresagem. Quando o cabo que se pretende obter possui uma secção circular, é produzido por torneamento. O torneamento automático é realizado através de lâminas que percorrem um molde escantilhão, quando o barrote se encontra em rotação.

Esta operação, permite que o barrote previamente extraído das tábuas seja transformando num cabo ainda numa fase sem acabamento.



Figura 10 – Operação de torneamento automático de madeiras

A etapa seguinte consiste em realizar uma operação de lixamento para diminuir a rugosidade superficial, eliminar saliências e imperfeições dos cabos. Para tal, existem lixadeiras específicas para a realização desta operação. O funcionamento destas máquinas é considerado simples, sendo que consiste em colocar o cabo em rotação e fazer com que uma lixa entre em contacto com os mesmos, diminuindo a rugosidade superficial dando um toque suave ao utilizador.

De seguida, procedem-se outras operações como furação, retificação dos topos, corte de superfícies utilizadas na fixação na operação de torneamento e envernizamento.

As operações finais são a contagem e embalagem. Estes processos são executados com maior cuidado, pois, como são posteriores ao envernizamento, o risco de criar mossas e marcas devido a quedas e ao contacto entre os cabos é demasiado elevado. Estes processos têm de ser executados com cautela, caso contrário trará um prejuízo económico à empresa, por se tratar de uma operação final (tendo os cabos passado por todas as outras operações).

Este trabalho incide nestas etapas de fabrico (contagem e embalagem), sendo estas, mais pormenorizadamente descritas ao longo do mesmo.

2.1.2. Controlo de qualidade

Uma das funções mais importantes numa empresa de produção em série é o controlo de qualidade. Na Fabricabos, não existe uma etapa de controlo de qualidade específica, contudo, esta é feita de forma constante pelos funcionários da mesma. Os colaboradores possuem uma formação dada pela empresa, de modo a conhecerem todos os defeitos que são possíveis encontrar nos cabos.

O processo de seccionamento das tiras em barrotes apresentado no subcapítulo anterior é o processo mais importante no controlo de qualidade desta empresa, isto porque, se os barrotes que serão maquinados não conter defeitos, grande parte da seleção já se encontra feita. Na fase de seccionamento, os defeitos são visíveis. Assim, na operação de corte dos barrotes é possível evitar galhos e outras imperfeições.



Figura 11 - Aparecimento de uma imperfeição/ Corte evitando a imperfeição/ Corte seguido de um barrote sem imperfeições

Após o torneamento ou a fresagem, os cabos de madeira passam por um processo de fabrico com um número elevado de etapas, sendo que em cada uma delas é exigido uma pessoa a fazer a alimentação das máquinas. Assim, cada vez que um cabo passa por cada etapa é analisado pelo funcionário, sendo isto repetido nos vários processos até estar produzido na sua totalidade.

2.1.3. Características relevantes

Com uma grande variedade de aplicações, estes artigos diferem em grande parte a sua forma, diâmetro e comprimento. Sendo estas as principais variáveis, realizou-se um estudo que demonstra qual a gama de produtos mais vendidos, de modo a perceber quais as

características mais relevantes a ter em conta, para que futuramente a solução de contagem destes artigos seja maioritariamente incidente nas mesmas.

Este estudo incide nas vendas do ano de 2021. O mesmo consistiu em dividir duas variáveis (comprimentos e diâmetros) em gamas de intervalos de modo a obtermos uma relação entre as duas e percebermos quais foram as mais vendidas. Na Tabela 1 é possível observar uma aproximação das vendas realizadas no ano passado.

Tabela 1 - Aproximação das vendas realizadas na Fabricabos em gamas de diâmetros e de comprimentos

Diâmetros	Comprimentos				
	<50mm	50-100mm	100-150mm	150-200mm	>200mm
<15mm	0	5000	70000	0	0
15-25mm	10000	5000	20000	2000	7000
25-35mm	2000	30000	2500000	17000	35000
35-45mm	1000	8000	120000	20000	5000
>45mm	500	0	0	1000	0

Através da Tabela 1, extraímos que a maioria das vendas desta empresa são cabos com comprimentos compreendidos entre 100 e 150 milímetros e diâmetros compreendidos entre 25 e 35 milímetros. Assim, através deste estudo, conseguimos obter uma referência dos modelos mais vendidos, para que sirva como uma forte variável na construção da solução de contagem destes artigos. De seguida serão mostradas as etapas de fabrico resumidas de forma geral dos cabos de madeira.

Em termos de diferenças entre modelos destes artigos, as características exploradas anteriormente são explicitadas com sucesso. Contudo, também existem variações no mesmo modelo de cabos, sendo ela a diferença de densidades e a humidade da madeira.

2.1.4. Processo de contagem dos cabos atual

Após todas as operações de fabrico que foram descritas anteriormente, é necessário proceder à contagem e embalagem dos cabos de modo a criar condições de transporte até ao cliente. Atualmente, é reunida uma equipa para realizar a contagem. O processo de contagem dos cabos neste momento é um processo manual, ou seja, “um a um”. De seguida, será apresentada na Figura 12 o processo de contagem atual.



Figura 12 – Processo manual de contagem atual

Como podemos observar na Figura 12 dois funcionários realizam a contagem dos cabos manualmente, em que um deles realiza a contagem e o outro segura a embalagem, realizando de uma vez só o processo de contagem e embalagem do processo. Após a embalagem se encher completamente, um dos funcionários fecha o saco recorrendo a uma fita de *nylon* maleável.

Como podemos reter, com a evolução da tecnologia e da indústria, este processo é considerado arcaico. Contudo, este possui vantagens e desvantagens. De modo esquemático e para facilitar a compreensão, será apresentada na Tabela 2 os pós e os contras deste processo atual.

Tabela 2 - Lista de vantagens e desvantagens do processo atual de contagem

Processo de contagem atual	
Vantagens	Desvantagens
Processo rápido para baixas quantidades	Processo lento para encomendas de elevada amplitude
Não há exigência de equipamento específico	Ocupação de vários funcionários para realizar o processo
Existe controlo de qualidade	Elevado erro associado ao cansaço do funcionário
-	Processo com baixa ergonomia
-	Propensão a lesões devido a movimentos repetitivos
-	Rotação repetitiva do tronco
-	Esforço físico elevado devido à movimentação de caixas e de sacos

Com a tabela acima, é possível reter que existem mais desvantagens que vantagens na utilização deste processo. Além de não ser vantajoso ergonomicamente para o funcionário, este processo não é rentável devido à elevada utilização de funcionários para realizar a contagem.

Este trabalho tem como principal objetivo obter uma solução para que seja realizada a contagem de forma automática ou mais simplificada, e para se torne economicamente mais rentável, fazendo com que não se ocupe um elevado número de funcionários.

Uma solução que suscitou interesse foi a contagem por pesagem. Este método de contagem será explorado no seguinte subcapítulo.

2.1.5. Sistemas de contagem existentes no mercado

Atualmente, no mercado existem variadas soluções no mundo da contagem de artigos, contudo são sistemas muito específicos para um determinado artigo. Neste caso, o sistema de contagem terá de ser elástico, ou seja, tem de contar uma grande variedade de cabos mesmo sendo eles de diferentes configurações.

Os sistemas de contagem mais utilizados pela indústria são através de balanças, ou seja, por pesagem. Abaixo serão demonstrados alguns exemplos de sistemas existentes no mercado na Figura 13.



Figura 13 – Máquinas de contagem por pesagem existentes no mercado [8] [9]

No subcapítulo seguinte será abordada a contagem por pesagem, visto que na indústria é o método mais utilizado para a resolução deste problema.

2.1.6. Contagem por pesagem

A contagem por pesagem automatizada pode reduzir custos de trabalho e o tempo despendido no processo. Este tipo de solução pode ser incorporado em máquinas de produção realizando assim a contagem das peças. A contagem por pesagem é um processo utilizado nas empresas de elevada produção, nomeadamente as que trabalham em série, por ser um sistema rápido, eficaz e de fácil manuseamento. Posteriormente serão exibidos alguns equipamentos que realizam a contagem recorrendo à massa das suas peças na Figura 14.



Figura 14 – Sistemas de contagem por pesagem na indústria dos parafusos [10] [11]

Este método segue um procedimento correto a ser executado. Um dos métodos a utilizar será exposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Método de contagem por pesagem

Nº de Etapa	Designação da Etapa	Descrição
1	Adquirir uma balança de precisão	O primeiro passo passa por adquirir uma balança de precisão que consiga pesar 1 grama, pois, no caso de produtos mais leves trará uma maior precisão de contagem
2	Pesar um recipiente (retirar a tara)	O segundo passo é retirar a tara do recipiente que vamos utilizar como referência para pesar as peças.
3	Com o recipiente colocado, pesar algumas unidades	O terceiro passo consiste em pesar algumas peças e assim é possível descobrir quanto pesa cada peça
4	Realizar a multiplicação pelo lote de produtos	O passo final passa por fazer a multiplicação. Sabendo o peso de cada peça, descobre-se assim quantas peças possui o lote.

Sendo o processo de contagem o mesmo referido na Tabela 3, seria perfeitamente adequável nesta empresa visto que todas as peças produzidas na mesma são exatamente

semelhantes. Contudo, há alguns aspetos que contrariam todo o processo, que são a diferença de densidades e a humidade da madeira.

A Densidade da madeira é um fator completamente importante, pois o mesmo varia consoante a tabua que extraímos os cabos. Como sabemos, uma palete de madeira (Figura 5) possui diversas tábuas extraídas de diversos troncos diferentes. Isto pode ter um problema associado, pois, se tivermos densidades diferentes, provavelmente não é possível obter cabos com aproximadamente a mesma massa.

A humidade da madeira também se torna um aspeto muito relevante, pois, nas diferentes tábuas que existem numa palete de madeira, a mesma nunca é exatamente igual em todas. Outro problema que pode estar associado é a utilização de madeiras de paletes diferentes, pois, após a produção dos cabos, não existe qualquer tipo de controlo e todos são misturados.

De modo a obter resultados concretos acerca destes aspetos, foi realizado um estudo com o seguinte procedimento.

Tabela 4 – Primeiro estudo à contagem por pesagem

Nº da Etapa	Designação da Etapa	Descrição	Resultado
1	Contagem de 600 cabos para um recipiente	-	-
2	Pesagem dos cabos	-	26,94 Kg (massa de referência)
3	Colocação do recipiente na balança	Colocação do recipiente na balança pronto para receber cabos para o seu interior	-

Nº da Etapa	Designação da Etapa	Descrição	Resultado
4	Colocação de cabos no interior do recipiente até à massa de referência	Procedeu-se à colocação de cabos no interior do recipiente até obtermos 26,94 Kg (Massa de referência obtida anteriormente)	-
5	Contagem dos cabos anteriormente pesados	Nesta etapa procedeu-se à contagem dos cabos anteriormente pesados tendo em conta a massa de referência	638
6	Repetição do processo	De seguida o processo foi novamente realizado	634

Como é possível observar a Tabela 4, as mesmas massas de cabos possuem quantidades diferentes. Estes resultados confirmam que a densidade e a humidade da madeira são fatores representativos neste método de contagem por pesagem. Contudo, de modo a realizar um estudo mais abrangente, procedeu-se à contagem de 30 sacos de cabos, possuindo os

mesmos 600 cabos cada um. Assim, com uma grande quantidade de amostras, conseguimos observar a diferença de massas entre os sacos. Abaixo é representada a Tabela 5 com os valores de massa dos 30 sacos de cabos.

Tabela 5 – Valores de massa obtidos na experiência

Nº do saco	Quantidade de cabos	Massa (Kg)
1	600	25,98
2	600	27,31
3	600	27,77
4	600	26,21
5	600	27,66
6	600	27,97
7	600	25,26
8	600	26,48
9	600	26,86
10	600	27,31
11	600	25,95
12	600	26,07
13	600	26,03
14	600	25,95
15	600	25,93
16	600	28,60
17	600	25,97

Nº do saco	Quantidade de cabos	Massa (Kg)
18	600	27,92
19	600	25,74
20	600	25,97
21	600	25,84
22	600	27,77
23	600	28,04
24	600	27,82
25	600	27,46
26	600	27,01
27	600	27,96
28	600	28,01
29	600	27,03
30	600	25,99

De seguida, foi elaborado um gráfico de modo que a observação dos resultados seja mais facilitada.

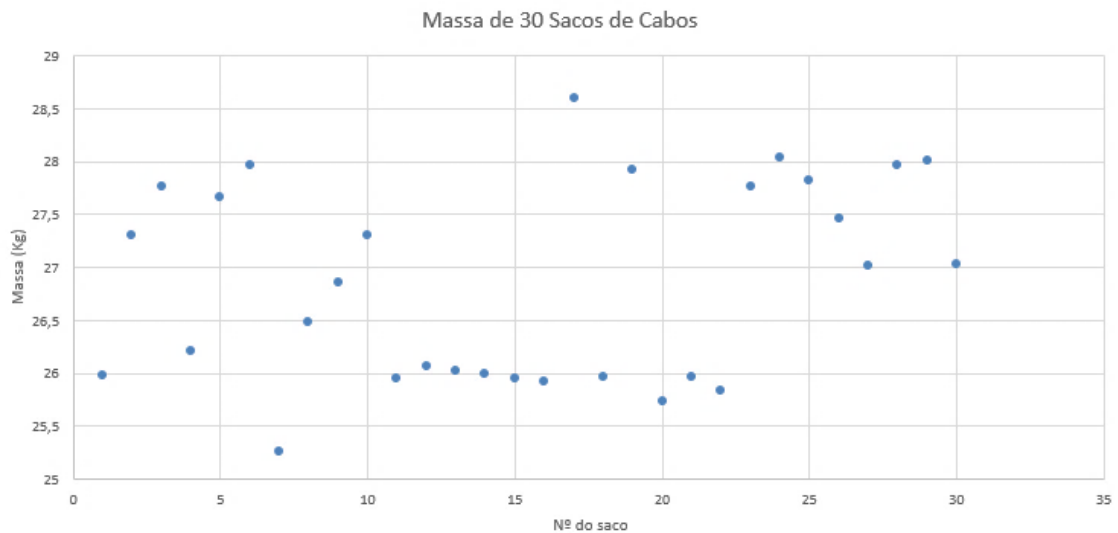


Figura 15 – Gráfico que traduz a massa de cada saco de cabos

Com este gráfico é possível ter uma visão clara do problema, ou seja, os valores de massa diferem muito entre os sacos. Assim, com a pesagem destes sacos de cabos idênticos, podemos obter uma diferença de 3,34Kg entre os mesmos. Este fator deve-se à diferença de humidades e de densidades entre as madeiras. De modo a provar este facto, foi feito um estudo à diferença de densidades da madeira e á humidade.

De seguida será demonstrada uma imagem de uma tábua que foi completamente serrada de modo a serem retiradas algumas amostras de madeira com o mesmo volume.



Figura 16 – Extração de sete amostras (barrotes) de uma tábua de Faia

Essas pequenas amostras foram pesadas e foi feito o cálculo da densidade (g/cm^3).

Tabela 6– Estudo à diferença de densidades nas amostras

Nº da amostra	Densidade (g/cm ³)
1	0,6914
2	0,7197
3	0,6970
4	0,6970
5	0,8274
6	0,8670
7	0,7140

Posto isto, nestas mesmas amostras foi feito um estudo à humidade nas mesmas amostras utilizadas para o cálculo da massa volúmica. Para tal foi utilizado um dispositivo de medição da percentagem de humidade na madeira. Este dispositivo pode ser observado na Figura 17.



Figura 17 - Dispositivo de medição da percentagem de humidade na madeira [12]

Numa das extremidades deste aparelho temos duas agulhas que têm de ser inseridas na amostra de madeira. Assim que introduzidas, conseguimos obter a percentagem de humidade presente na amostra. De modo a demonstrar os resultados obtidos e a facilitar a sua compreensão, foi criada uma tabela.

Tabela 7 – Estudo à diferença de humidade nas amostras

Nº da amostra	Humidade (%)
1	13,8
2	13,8
3	13,4
4	13,1
5	13,0
6	13,5
7	13,1

Em modo de conclusão, como podemos verificar os valores de densidade e humidade retirados das amostras são muito distintos uns dos outros o que se justifica a diferença de massas representada na Tabela 7.

2.1.7. Método de contagem ideal

Como foi possível reter no capítulo anterior, a contagem por pesagem não é solução para este problema, devido à possibilidade de trazer prejuízos tanto para a empresa tanto para o cliente. Assim, o método mais adequado para este problema seria a contagem peça a peça, ou seja, muito parecido com o método de contagem atual.

O método de contagem atual possui um erro mais reduzido, contudo é um processo demorado e arcaico, sendo que, a ideia é automatizá-lo criando um mecanismo para esse propósito. Com a contagem “um a um”, é possível obter erros associados muito reduzidos. Ao longo desta dissertação, será desenvolvido um projeto de uns sistemas que contem o método de contagem ideal para a resolução deste problema. Para tal, este mecanismo, terá de seguir um conjunto de requisitos impostos pela empresa ditados no subcapítulo 1.2.

2.2. Sensores, Atuadores e Controladores

Sensores

No mercado existem vários tipos de sensores. Neste trabalho serão abordados aqueles que são fortes potenciais a serem usados neste sistema. Estes são designados como sensores indutivos, capacitivos e fotoelétricos.

Sensores indutivos

Para definir este tipo de sensores é necessário ter alguns conceitos básicos presentes:

- **Indutor:** este sensor é constituído por um núcleo de material ferromagnético usado para obter campos de maior intensidade, sendo que possui ao seu redor espiras que produzem um fluxo magnético a partir de uma corrente elétrica. [13]
- **Indutância:** representa a capacidade que o indutor tem para armazenar energia sob a forma de campo magnético. [13]

Tendo presente estes conceitos, um **sensor indutivo** é um dispositivo sensível à proximidade de materiais metálicos através da variação do campo magnético. [13]

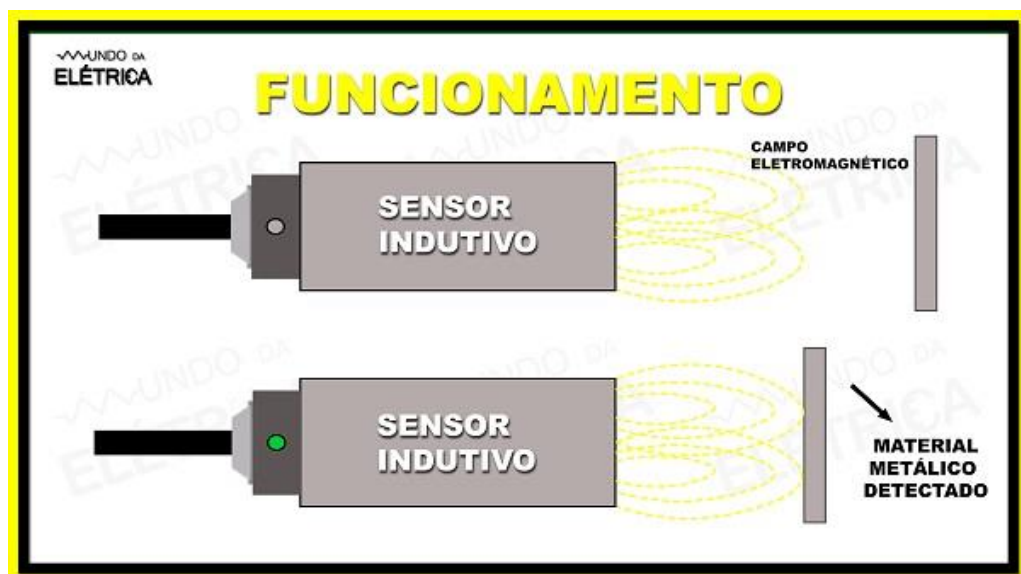


Figura 18 – Funcionamento do sensor indutivo [13]

Aplicações

Os sensores indutivos são muito utilizados nos equipamentos industriais por serem versáteis e seguros. Entre as suas aplicações podemos citar algumas: [13]

- Detetam a presença de materiais metálicos;
- Deteção de fim de curso;
- Leitura de posição do material a incidir;
- Contagem.

Sensores capacitivos

Assim como no sensor indutivo, é necessário ter conceitos presentes para entender o funcionamento do sensor capacitivo como os conceitos de condensador, capacidade e reatância capacitiva. [13]

- Condensador: é um dispositivo capaz de armazenar carga elétrica nos seus terminais, ao ser alimentado com uma tensão elétrica. Ele é constituído por dois ou mais materiais condutores, isolados entre si por um meio isolante. [13]
- Capacidade: é a grandeza física que representa a capacidade do condensador de armazenar carga elétrica. [13]
- Reatância capacitiva: é a oposição que o condensador tem à passagem de energia elétrica. [13]

Sendo assim, o sensor capacitivo é um componente que tem a sua função principal semelhante ao sensor estudado anteriormente (indutivo). Ele é sensível à proximidade de materiais, contudo, de forma distinta em relação ao sensor indutivo, este é capaz de detetar outros materiais além dos metálicos, devido ao seu campo elétrico. [13]

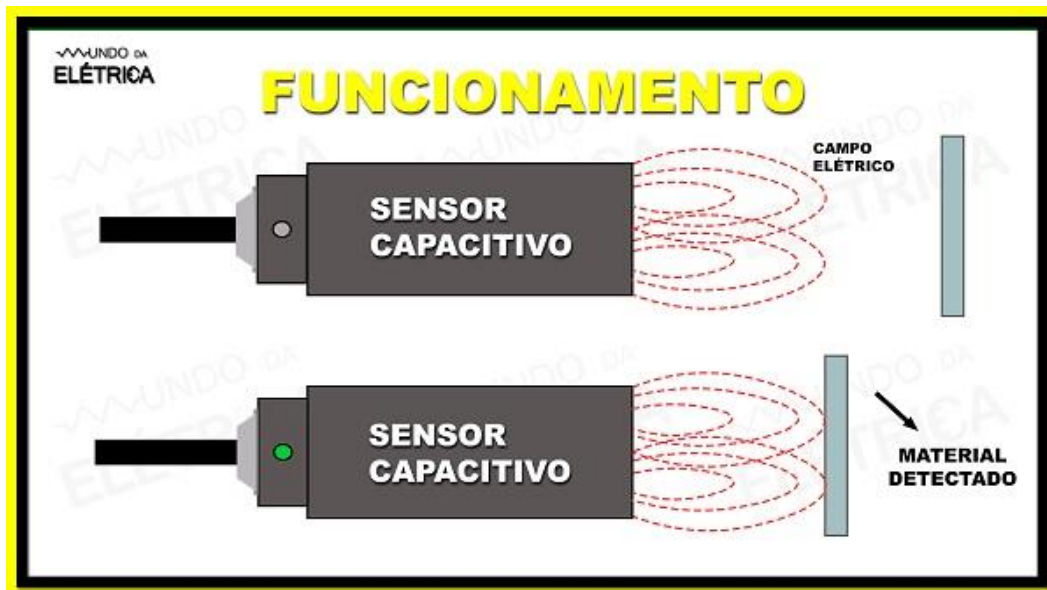


Figura 19 – Funcionamento de um sensor capacitivo [13]

Aplicações

Estes tipos de sensores são muito usados quando é necessária uma alta resolução. Quanto às suas aplicações, estes sensores efetuam [13]

- Medições de posicionamento com uma elevada precisão;
- Medições de espessura;
- Identificação de materiais através da deteção das suas propriedades.

Sensores fotoelétricos

Os sensores fotoelétricos equipamentos utilizados no processo de deteção de qualquer tipo de material. Quando o assunto são sensores fotoelétricos, existem 3 tipos:

- **Sensor Fotoelétrico Difuso:** é um tipo de sensor que possui um emissor e um recetor de luz no mesmo corpo. Quando um determinado objeto entra na região de sensibilidade, refletindo para o refletor o feixe de luz recebido do transmissor, este é acionado. A distância que é colocado o sensor ao objeto a ser detetado, depende da cor da superfície do material. Consoante a variação de cor e de tonalidade, essa distância pode ser alterada.

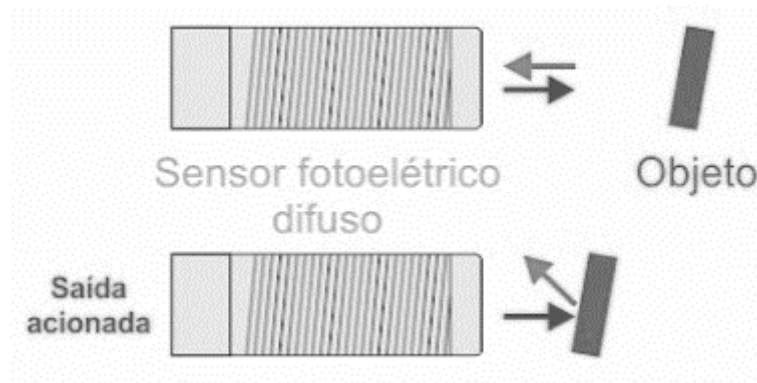


Figura 20 – Funcionamento de um sensor fotoelétrico difuso [14]

- **Sensor Fotoelétrico de Barreira:** Este sensor, diferente do sensor fotoelétrico difuso, é dividido em duas partes em que o emissor e o recetor são peças distintas. O emissor e o recetor são fixados de frente um para o outro, de modo que a luz do emissor seja projetada diretamente para o recetor. Este processo de emissão da luz é contínuo, até que algum objeto quebre a barreira de luz. Quando um certo objeto atravessa o feixe de luz, faz com que ela não chegue ao recetor. A quebra desse feixe de luz, produzirá um impulso que será transmitido a um controlador informando que foi detetado um objeto.

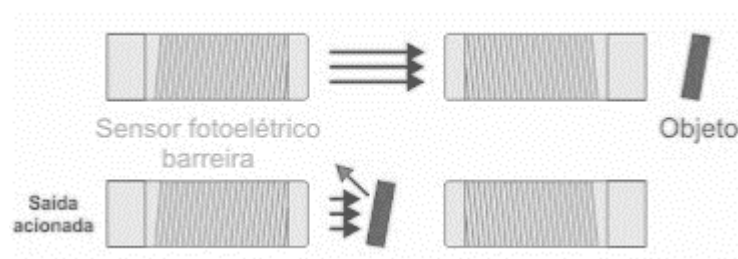


Figura 21 – Funcionamento de um sensor fotoelétrico de barreira [14]

- **Sensor Fotoelétrico Retro refletivo:** Este tipo de sensor possui o emissor e o recetor lado a lado. O seu funcionamento é parecido com sensor fotoelétrico de barreira. Devido à presença de um espelho prismático fixado frontalmente a luz é refletida para o emissor. Quando é atravessado um objeto pelo feixe de luz, é detetada a presença de um objeto no meio deles.

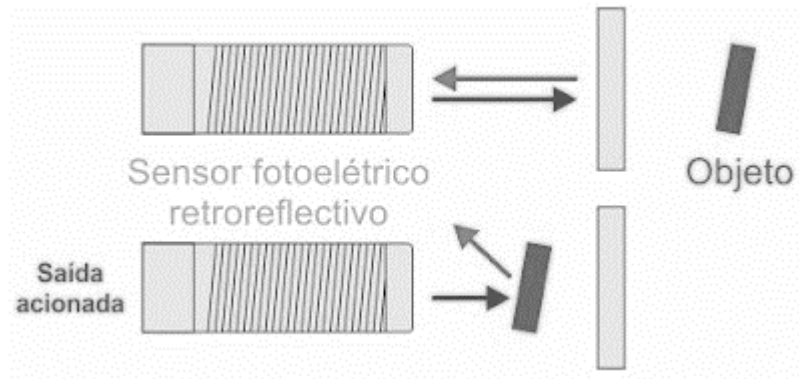


Figura 22 – Funcionamento de um sensor fotoelétrico retro refletivo [14]

Sensores Fibra ótica

Estes tipos de sensores funcionam através da emissão e da recepção de um feixe de luz em que é emitida uma luz e dependendo do índice de reflexão e difração é possível que este entenda o formato, cor, espessura, tamanho e ainda a distância que o objeto está do sensor [15].



Figura 23 – Sensores fibra ótica [15]

Atuadores

Neste subcapítulo serão abordados alguns atuadores utilizados em mecanismos do género deste sistema de modo a complementar alguma informação útil para a realização deste trabalho. O objetivo é que todos os conhecimentos acerca deste mecanismo desenvolvido sejam consolidados.

Os atuadores são mecanismos que produzem movimento, convertendo vários tipos de energia como pneumática, elétrica e hidráulica em energia mecânica. Estes podem ser classificados em dois grandes grupos [16]:

Lineares: os atuadores lineares são classificados desta forma pois o movimento resultante é sempre de translação [16];

Rotativos: os atuadores rotativos são classificados assim devido ao seu movimento resultante ser sempre de rotação [16].

Posteriormente serão exibidos alguns exemplos de atuadores que extraem movimento de diversos tipos de energia sendo que alguns deles serão utilizados no mecanismo desenvolvido neste trabalho [16].

Motor elétrico

O motor elétrico é um dos componentes mais antigos utilizados na indústria, pois é conhecido pelo seu princípio de conversão de energia elétrica em energia mecânica rotativa. [17]

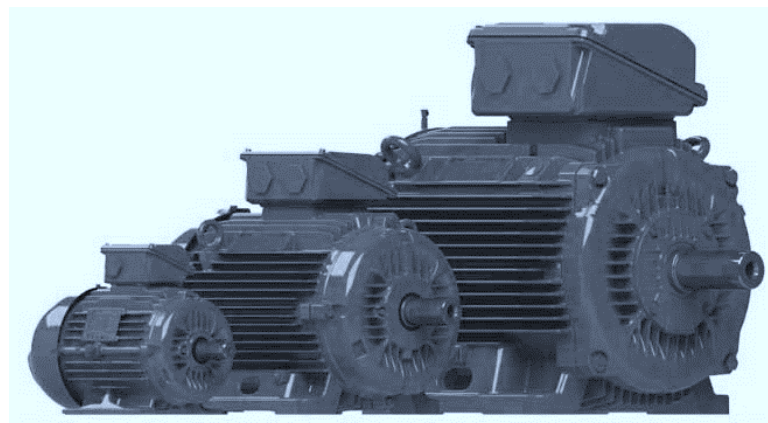


Figura 24 – Motor elétrico [18]

Este atuador encontra-se na gama de atuadores rotativos, pois transforma a energia elétrica no movimento rotacional de um veio.

Existem vários tipos de motores elétricos que serão discriminados de modo a facilitar a sua compreensão. [17]

Cada motor elétrico é específico para a sua aplicação devido a estes terem algumas diferenças de características. Para clarificar todos os tipos de motores e quais os seus princípios, estes foram abordados de seguida.

Tipos de motores elétricos:

- **Motor elétrico de corrente alternada (CA)**

Este tipo de motor, é alimentado através de corrente elétrica alternada. Os motores elétricos de corrente alternada convertem eletricidade em trabalho mecânico rotativo. Isto deve-se ao facto de haver a interação dos campos magnéticos do estator e do rotor. Para tal, existem vários tipos de motores de corrente alternada [18]:

- **Motor elétrico de corrente alternada monofásica**

Os motores elétricos monofásicos são os motores que todos nós lidamos diariamente. Estes são encontrados em eletrodomésticos que temos em casa. Estes utilizam dois condutores de entrada de energia elétrica e podem receber 127 a 220 Volt de tensão. Este tipo de motor necessita de um condensador para iniciarem a sua movimentação, devido à força eletromagnética gerada no rotor não ser suficiente para vencer a inércia. Sem um condensador torna-se complicado acionar um motor devido à massa do rotor ser elevada sendo que este possui um conjunto de bobinas [18].

- **Motor elétrico de corrente alternada trifásica**

Estes motores em termos de componentes são muito semelhantes aos descritos anteriormente, contudo estes como entrada de energia recebem tensões de 380 a 400 Volt. Devido à tensão elevada que recebem de entrada, estes quando acionados geram uma força eletromagnética resultante muito superior ao motor descrito anteriormente. Como a força eletromagnética é muito superior, este tipo de motor não necessita de um condensador pois vence facilmente a inércia do rotor [18].

- **Motor elétrico de corrente alternada síncrona**

Os motores de corrente alternada podem ser classificados como síncronos e assíncronos. O motor síncrono é um tipo de motor em que a velocidade de rotação (velocidade de sincronismo) é constante (independente da variação das cargas) e está sincronizada com a frequência da tensão elétrica à qual está conectado. Devido à frequência da rede ser constante, estes motores são apenas de uma velocidade, em que não há força eletromotriz induzida no rotor porque não existe movimento relativo entre o campo girante e o rotor [18].

- **Motores de corrente alternada assíncrona**

O motor assíncrono gira a uma velocidade ligeiramente menor que a velocidade de rotação do campo girante do estator. Sendo assim o rotor não está sincronizado com esse campo girante, por isso recebe o nome de motor assíncrono. A diferença entre a velocidade do rotor e a velocidade do campo magnético é denominada escorregamento do motor. Este tipo de motor também é conhecido como motor de indução porque pode funcionar como alternador. Se for aplicada uma força externa ao rotor para que adquira uma velocidade de rotação superior à do campo magnético do estator, o motor funciona como se fosse um gerador elétrico assíncrono [18].

- **Motores de corrente contínua (CC)**

Esses tipos de motores diferentes dos motores de corrente alternada, são acionados a partir de uma fonte de corrente contínua. Estes possuem várias aplicações como por exemplo, em eletrodomésticos, certos equipamentos industriais, entre outras.

- **Servomotor**

O servo motor é um atuador rotativo que permite movimentar e controlar o posicionamento, aceleração e velocidade de uma carga atuada. O servo motor possui algumas características que nem todos os motores as têm. Estes motores trabalham com sensores para que o seu movimento seja extremamente preciso. O controlador é a parte mais sofisticada do servo motor, pois é projetado para a máxima precisão e binário. [19].

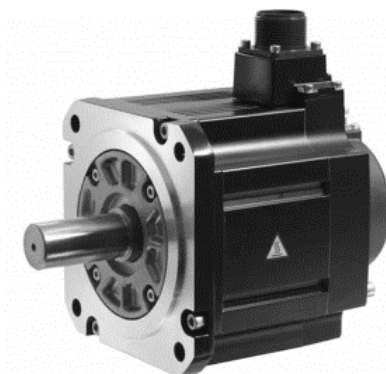


Figura 25 – Servomotor [20]

Estes motores possuem um eixo com apenas cerca de 180°, sendo em alguns de 360°, tornando-os muito precisos quanto à sua posição. Para isso possuem três componentes básicos:

Sistema atuador: é constituído por um motor elétrico, que maioritariamente trabalham com corrente contínua. Contudo, também é possível encontrar motores de corrente alternada [19].

Este tipo de motor também é constituído por um conjunto de engrenagens, causando uma redução na velocidade, contudo aumentando muito o binário no veio. Sem dúvida o atravancamento a velocidade e o binário do servomotor entre outras características, são muito relevantes, sendo este tipo de motor bastante utilizado na indústria [19].

Sensor: O servomotor também é constituído por um sensor interligado com o eixo do motor, designado potenciómetro. O valor que o mesmo extrai de resistência elétrica, indica a posição angular em que se encontra o eixo. O que transmite maior qualidade de precisão ao servomotor é o potenciómetro [19]

Circuito de controlo: Este geralmente é formado por certos componentes sendo um oscilador e um controlador PID (controlo proporcional integrativo e derivativo). Este é responsável por receber o sinal de posição do sensor e o sinal de controlo decidindo para onde tem de acionar o motor indo para a posição desejada [19].

Em relação à sua ligação, os servomotores possuem 3 fios, dois para a alimentação e um para o sinal de controlo [19].

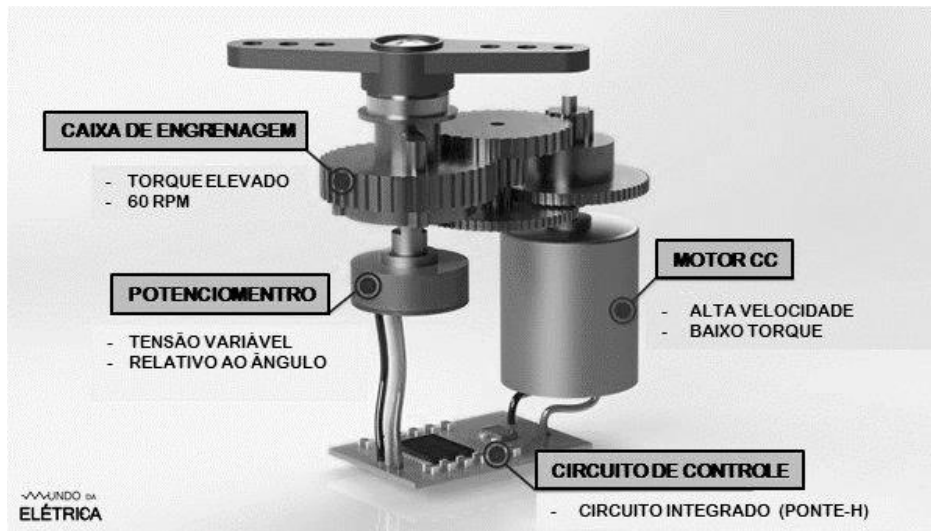


Figura 26 – Servomotor e os seus componentes [21]

- **Motor de Passo**

O motor de Passo é um tipo de motor elétrico em que há necessidade de algo tem de ser colocado muito precisamente num angulo definido exato. Este tipo de motor possui alguns componentes como o balancete e a rotação do mesmo. Este é controlado por uma serie de campos eletromagnéticos que são ativados e desativados eletronicamente. Estes tipos de motores não utilizam escovas e possuem um número fixo de polos magnéticos que determinam o número de passo por revolução do eixo.

Os motores de passo funcionam através do controlo individual de bobines que quando são ativadas atraem os ímanes que estão fixos ao veio do motor. Isto provoca a rotação do mesmo, sendo por esse mesmo motivo é necessário que estes sejam controlados externamente por controladores aliados a transístores que acionam as bobines na ordem correta e na velocidade desejada.

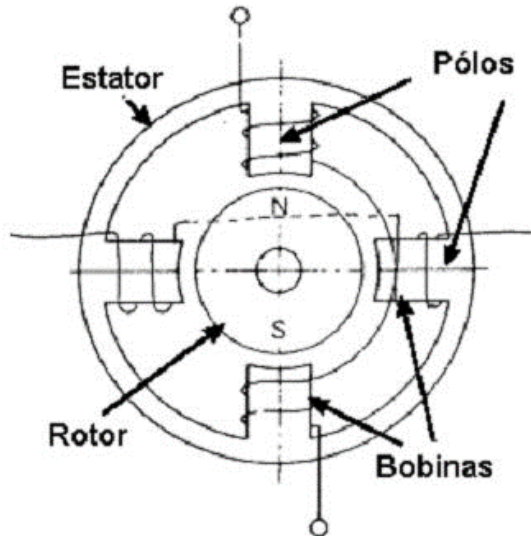


Figura 27 – Componentes de um Motor de Passo [22]

Cilindros e Válvulas Pneumáticos

Os cilindros pneumáticos são atuadores que utilizam a energia proveniente da compressão do ar atmosférico, sendo designados atuadores lineares. Estes são utilizados no mundo da indústria numa vasta extensão, pois a energia que utilizam para criar movimento de translação é muito barata e bastante simples de ser obtida. De seguida serão abordados alguns dos tipos de cilindros pneumáticos existentes na indústria e utilizados neste sistema desenvolvido neste trabalho.

Um cilindro pneumático é constituído por um pistão fixo a uma haste que se movimenta no interior de uma câmara fechada. Com a entrada de ar na câmara, há um aumento de pressão, sendo criado um movimento de translação ao pistão que, conseqüentemente movimenta a haste do cilindro.

Existem cilindros pneumáticos de simples e duplo efeito, em que a haste pode ser passante ou não. De seguida serão apresentados os tipos de cilindros, assim como algumas figuras que os demonstram.

- **Cilindro de simples efeito:**

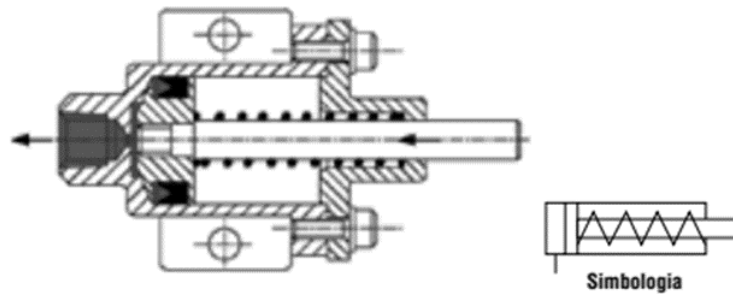


Figura 28 – Vista em corte de um Cilindro de simples efeito / Simbologia [23]

Como é possível verificar Figura 28, este tipo de cilindro apenas possui uma entrada de ar e um escape. Quando o ar entra na câmara, o pistão e a haste do cilindro avançam juntamente. Quando se deixa de introduzir ar na câmara, o cilindro recua por meio de uma mola contida no seu interior. A este designamos de cilindro de simples efeito, porque apenas conseguimos a pressão máxima no avanço.

- **Cilindro de Duplo efeito:**

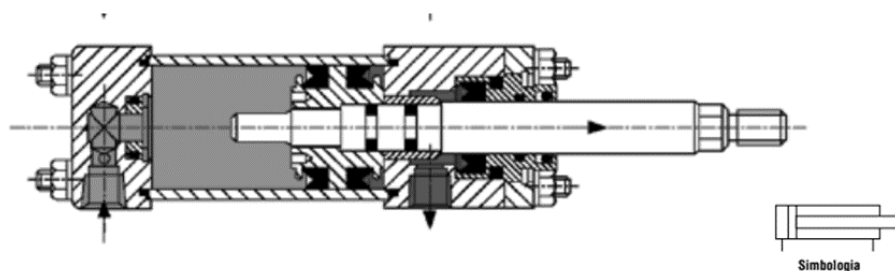


Figura 29 – Vista em corte de um Cilindro de duplo efeito / Simbologia [23]

Observando a Figura 29, podemos verificar que este tipo de cilindro possui duas entradas de ar nas suas extremidades, sendo que quando se pretende avançar o cilindro é

introduzido ar. De frisar que uma das entradas de ar, sempre oposta ao sentido de acionamento do cilindro, funciona como escape de ar. Quando se pretende recuar o cilindro, como não possui uma mola, é necessário introduzir ar na extremidade oposta que foi utilizada para avançar o cilindro. Assim, ele recua.

- **Cilindro de duplo efeito com haste passante:**

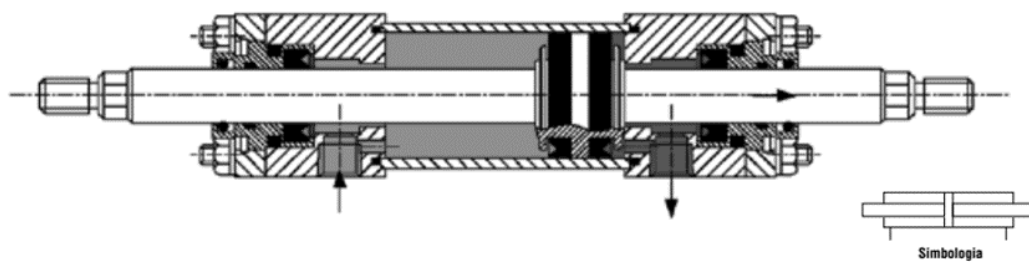


Figura 30 – Vista em corte de um Cilindro de Duplo efeito com haste passante / Simbologia [23]

O cilindro de haste passante é semelhante ao de duplo efeito como visto anteriormente. A única diferença é que se encontra haste nas duas extremidades do cilindro. Uma grande vantagem deste tipo de cilindro é que a haste pode transmitir a mesma força para ambos os lados.

Válvulas pneumáticas

As válvulas pneumáticas são componentes com a finalidade de controlar o funcionamento automático de um conjunto de componentes pneumáticos (motores, cilindros entre outros). Estas são utilizadas para controlar e manipular o fluxo de ar comprimido introduzido nos componentes. Assim, as válvulas pneumáticas são ótimas soluções quando o assunto é a automação industrial, e além disso comparativamente com outras soluções é mais económico.

Existem vários tipos de válvulas pneumáticas:

- **Válvula direcional:** Controlam a partida, a parada e o sentido do movimento de um atuador. Estas podem ser impulsionadas

eletronicamente sendo designadas **electroválvulas**, podendo ser guiadas por um controlador eletrônico que emita sinais elétricos.

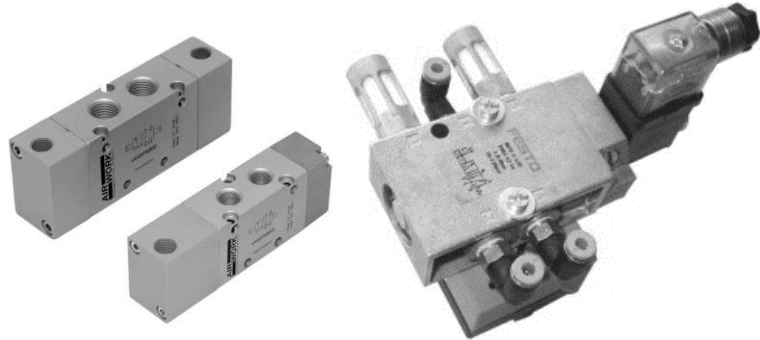


Figura 31 – Válvulas pneumáticas direcionais (esquerda)/ Electroválvulas (direita) [24] [25]

- **Válvulas reguladoras de fluxo:** Controla o caudal de ar comprimido, tendo como influencia o aumento ou a redução da velocidade de acionamento dos atuadores.



Figura 32 – Válvula reguladora de fluxo [26]

- **Válvula reguladora de pressão:** Controlam ou são controladas pela pressão do ar comprimido.



Figura 33 – Válvula Reguladora de Pressão [27]

- **Válvula de bloqueio:** Este tipo de válvula bloqueia o sentido de ar comprimido.



Figura 34 – Válvula de bloqueio [28]

Alimentadores vibratórios

Um sistema de alimentação vibratório tem como particularidade selecionar, orientar e posicionar peças pretendidas facilitando e possibilitando o seu manuseamento e uma posterior montagem. Os sistemas de alimentação vibratórios recebem as peças que são

depositadas a granel numa cuba, colocam-nas na posição necessária. Isto é muito vantajoso para essas peças serem fornecidas para uma próxima etapa de um certo processo que a peça tem de passar.



Figura 35 – Alimentador vibratório utilizado para organizar e orientar peças depositadas a granel [29]

Como podemos verificar na Figura 35, o alimentador vibratório é constituído por 3 grandes componentes:

- Cuba (Onde são depositadas as peças);
- Estrutura;
- Mesa;
- Molas de Lâmina aplicadas com ângulo;
- Bobinas.

O funcionamento destes sistemas é básico e simples de compreender: As bobinas quando são energizadas criam um campo magnético. Esse campo magnético é variável, e como as bobinas possuem um íman no seu interior, o íman circula horizontalmente e cria uma vibração na estrutura. As molas de lâmina encontram-se fixas à estrutura, e quando as bobinas criam a vibração, a cuba vibratória sofre um impulso na direção diagonal devido à sua inclinação (molas). Este impulso na direção diagonal faz com que as peças que estão no seu interior subam ao longo das pistas do interior da cuba, organizando-as.

De modo a controlar o aumento e a diminuição da cadência de peças à saída da cuba, existem controladores próprios que variam a frequência de vibração.



Figura 36 – Variador de frequência de vibração [30]

Controladores

PLC – Programmable Logic Controller

O PLC é utilizado para controlar máquinas e processos industriais de vários tipos de aplicações desde os mais básicos aos de maioríssima dificuldade. Este tipo de controlador é executado através programas específicos desenvolvidos pelo programador sendo que este possui uma memória interna programável que configura executa e gerência tarefas consoante o programa introduzido. Uma das grandes vantagens deste é que pode ser programado e reprogramado quantas vezes forem necessárias (permitindo ao programador errar e realizar experiências até obter o programa definitivo), sendo que pode controlar mais que um equipamento ao mesmo tempo. Estes podem variar o seu tamanho, tendo relação direta com o número de entradas e saídas (sendo as entradas os sinais ao PLC e as saídas as respostas ao sistema, ou seja, as ações), o tipo de processamento e a marca.

Os tipos de PLC mais comuns na indústria da automação são com saídas e entradas a transístor ou a relé. Os dispositivos que utilizam transístor são mais rápidos no processamento da ação, contudo o seu custo é superior.

Estes dispositivos quando são incorporados por relé, são mais lentos no processamento devido ao relé ser um sistema eletromecânico, ou seja, recebe um impulso de energia e coloca o sinal na determinada saída desejada. De seguida é possível visualizar um PLC bastante utilizado na indústria da automação.



Figura 37 – PLC LX3V-1616MR-D WECON PORTUGAL [31]

Este equipamento utiliza uma linguagem específica designada por Ladder, porém existem outros equipamentos que podem ser programados com outras linguagens. Esta foi criada para que circuitos de relés sejam gerados em que, são muito recorridos nos dias de hoje na automação de processos industriais. Assim, a linguagem Ladder é um auxílio gráfico para a programação de PLC. [32].

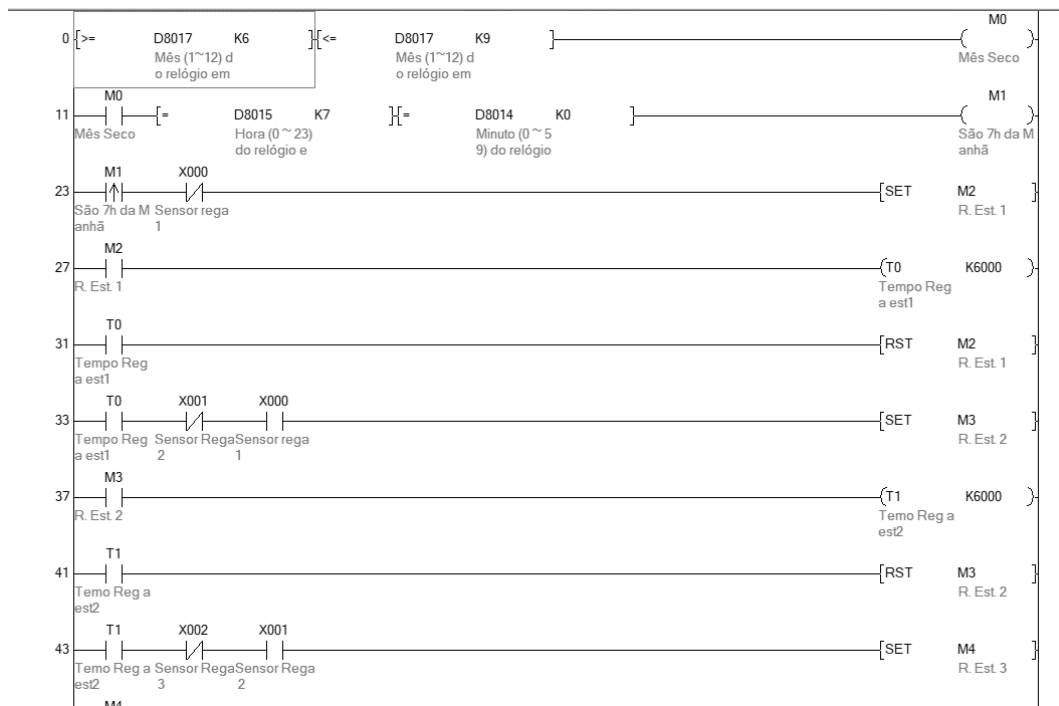


Figura 38 – Excerto de programa de linguagem Ladder [32]

Esta linguagem é utilizada nos sistemas mais complexos que podemos imaginar, substituindo os antigos circuitos controladores a relés que eram de difícil manutenção e de um custo muito elevado. Os componentes desta linguagem são 3 [32]:

- As entradas (contactos) sendo estes NO (Normalmente abertos) e NC (Normalmente fechados);
- As saídas (Bobinas) que podem ser bobinas, relés, contactores entre outras;
- Blocos funcionais que permitem realizar funções avançadas como temporizadores, contadores e incrementadores.

Consola HMI

De modo a termos uma interface que interage com o utilizador do equipamento existem as consolas HMI. Este tipo de equipamento pode funcionar como uma interface que possui todos os botões para controlar a máquina, traduzir dados em tempo real e também pode ajudar na atribuição de valores a algumas variáveis do PLC. Um exemplo disso é uma máquina de embalagem, em que o operador coloca na consola o número de artigos que quer depositar numa certa embalagem. Como podemos concluir, as consolas HMI são elementos muito importantes porque permitem comunicar diretamente com o controlador principal da

máquina. De seguida é demonstrada uma consola HMI muito utilizada no mundo da automação industrial.



Figura 39 – Consola HMI 7” TECTOMA - WECON PORTUGAL [33]

2.3. DFX – Design for Excellence

O Design para a excelência é um conceito muito importante nos dias de hoje. A engenharia atual utiliza este conceito para que sejam obtidos resultados o mais próximo da excelência possível num determinado projeto. Este conceito é uma filosofia em constante evolução trazendo diversos princípios de projeto e fabricação. Este adota uma abordagem sistemática de projeto, com foco em todos os aspetos de um produto desde a geração da ideia até à entrega final do produto. Este tipo de projeto, fornece boas práticas e diretrizes para garantir que sejam obtidos métodos de fabrico corretos logo na primeira vez, ou seja, reduzir o número de iterações até ser obtido o produto final. Esta metodologia é aplicada a um certo produto antes do mesmo chegar ao chão de fábrica [34] [35].

Resumindo, a Engenharia Tradicional dedica 25% do tempo ao projeto e 75% do tempo ao fabrico. O DFX traduz-se completamente no cenário inverso, ou seja 75% ao projeto e 25% ao fabrico. Com isto, ao pormenorizar mais o projeto é possível evitar erros que se podem tornar posteriormente em grandes prejuízos e atrasos no desenvolvimento [35].

O DFX ajuda a construção de produtos incríveis sem que haja a necessidade de proceder a modificações em etapas posteriores, já que leva em consideração muitos dos aspetos mais cruciais já na fase de projeto. As áreas que o DFX incide são as seguintes [34].

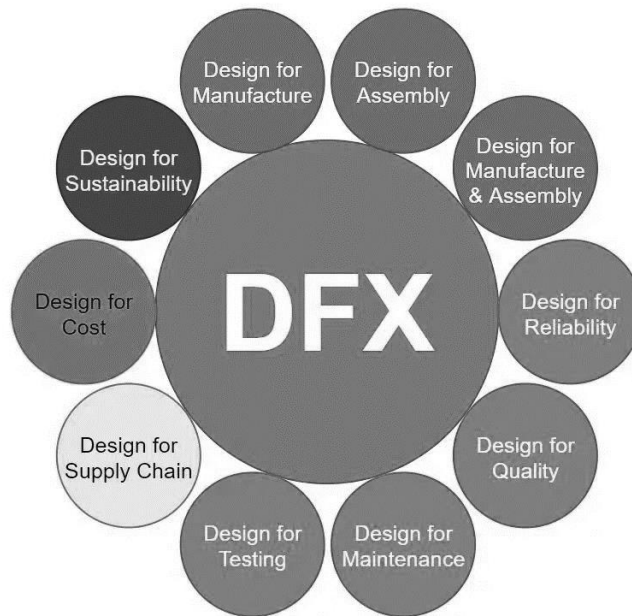


Figura 40 – DFX – Design For Excellence [34]

Para este projeto será explorado o DFM (Design for Manufacturing), DfM (Design for maintenance) e o DfC (Design for Cost). Estes conceitos são sem margem de dúvida os mais importantes para a conceção deste projeto. De seguida serão abordados estes conceitos de modo a compreendermos a sua importância.

- **DFM (Design for Manufacturing)** – Este conceito é um dos mais importantes a estar presentes num determinado projeto. Se este conceito não estiver bem consolidado e aprofundado, pode-se tornar num pesadelo para o fabrico do produto em questão. O DFM relaciona o projeto com o seu posterior fabrico, ou seja, consiste em ir ao mínimo detalhe no projeto tendo em conta que aquele produto será construído. Tendo esta faceta de projeto, é possível tornar o fabrico muito mais facilitado e de custos mais reduzidos, devido ao projetista ter a noção que aquele componente será fabricado. Resumindo, DFM consiste em estruturar todo o processo de fabricação antes do produto ser projetado, sendo esse processo de fabrico menos dispendioso e mais facilitado [35].

- **DfM (Design for maintenance)** – O DfM consiste no projetista ao realizar o projeto daquele produto ou mecanismo, ter em conta que o mesmo sofrerá as devidas manutenções. Quando um projetista não prevê uma posterior manutenção necessária ao produto, podem aparecer diversos problemas. Quando o projetista tem a visão futura das possíveis manutenções necessárias àquele produto, facilitará em grande parte o trabalho ao operador que realizará a respetiva intervenção [35].
- **DfC (Design for Cost)** – Este conceito é muito importante, sendo que o projetista tem de dar especial atenção ao mesmo. Se o projetista tiver este conceito bem consolidado, podem ser evitados diversos custos desnecessários. Por exemplo, a utilização de componentes *standards* ao invés de serem fabricados exclusivamente pode reduzir significativamente o orçamento de um projeto [35].

2.4. Metodologia de projeto – Norma VDI 2206

A norma VDI 2206 propõe uma metodologia para o desenvolvimento multidisciplinar de sistemas mecatrónicos, principalmente, os que incluem componentes eletrónicos e mecânicos em simultâneo e com tecnologia da informação. Esta metodologia possui como referência o modelo em V que é demonstrada na Figura 41 [2].

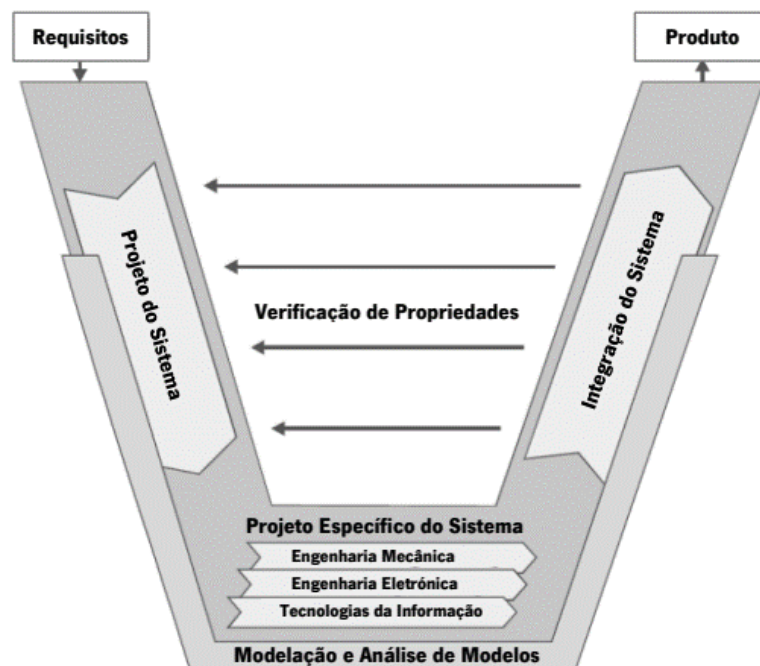


Figura 41 - Modelo em V para o projeto de um Sistema Mecatrónico

Este método de projeto de sistemas mecatrónicos possui um conjunto de passos sendo os mesmos discriminados de seguida [2].

1. **Requisitos** – Esta é a primeira etapa, sendo que, consiste na descrição do sistema em requisitos nos quais terão de ser cumpridos. Estes serão avaliados posteriormente.
2. **Projeto do sistema** - Nesta etapa é criada uma solução multidisciplinar de modo que o sistema cumpra as exigências impostas anteriormente. Para isto, é feita uma divisão da função principal em subfunções, sendo que, para cada subfunção são encontrados princípios de solução ou de operação, cujo desempenho é dividido pelos vários domínios envolvidos.
3. **Projeto Específico do Sistema** - Durante esta etapa são desenvolvidas soluções de todas as subfunções envolvendo áreas como a Engenharia Mecânica, Eletrónica, Informática, etc.
4. **Integração** – Todos os resultados obtidos anteriormente para as subfunções, são integrados de modo a ser obtida uma solução global para o sistema.
5. **Verificação de Propriedades** - Aqui é feita uma comparação das propriedades do sistema em desenvolvimento com as definidas para o mesmo, estando associada aos conceitos de verificação e de validação. A verificação tem como objetivo realizar uma análise formal, de modo a verificar se o sistema cumpre todos os requisitos propostos anteriormente. A validação trata-se de verificar se o sistema é o indicado, sendo tal verificado geralmente de forma informal. O processo de verificação de propriedades é contínuo ao longo de todo projeto, embora esteja localizado formalmente aquando da integração do sistema. Este poderá ser executado virtualmente, fisicamente ou numa vertente mista.

6. **Modelação e Análise de Modelos** - etapa é paralela a todos os passos exceto aos requisitos, e consiste na representação das propriedades do sistema através de modelos ou ferramentas computadorizadas para simulação.

Com todos estes conceitos bem definidos, é possível obter um projeto de um sistema detalhado e devidamente organizado.

2.5. Metodologia de Projeto – Norma VDI 2221

A norma VDI 2221 é uma metodologia para o desenvolvimento multidisciplinar de sistemas mecânicos. Tal como a norma VDI 2206, possui um modelo que é demonstrado na Figura 42 [3].

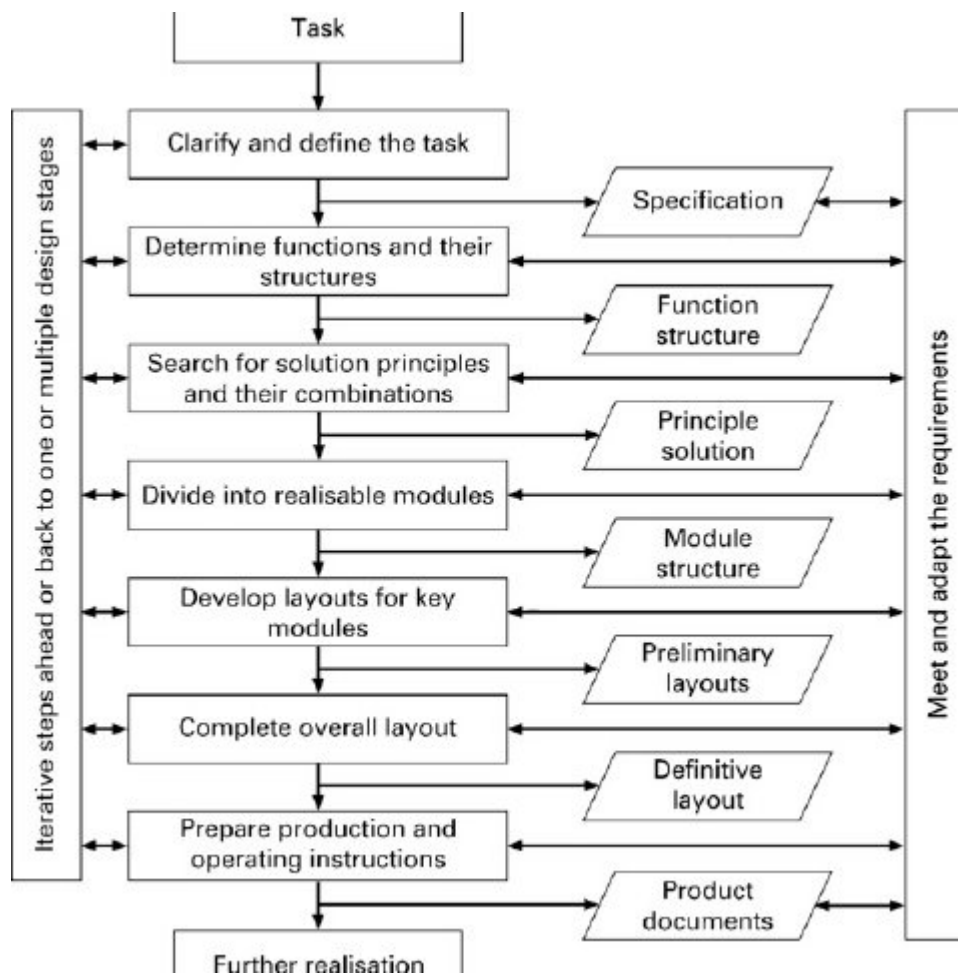


Figura 42 – Modelo de desenvolvimento da norma VDI 2221 [3]

Este método de projeto de sistemas mecatrónicos possui um conjunto de passos:

1. Clarificação e definição do objetivo, especificando-o bem de modo à criação de requisitos;
2. Determinar as funções e as suas soluções para que cumpram os requisitos impostos;
3. Pesquisa de soluções e proceder a um conjunto de combinações até que seja obtida uma solução principal;
4. Divisão da solução em módulos realizáveis;
5. Desenvolvimento dos *layouts* para os módulos-chave;
6. Geração de um *layout* completo;
7. Preparação de instruções de produção e de operação.

Tendo presentes todos estes conceitos, é possível proceder a um projeto mecânico com um grau de eficácia mais elevado.

Neste capítulo foram abordados conceitos muito importantes que serão uma ponte de ligação com todo o desenvolvimento que se encontra no seguinte capítulo. Este vai ser dedicado ao desenvolvimento do sistema, tais como o desenvolvimento do projeto mecânico e do projeto mecatrónico.

Capítulo 3: Desenvolvimento do Sistema

Neste capítulo é apresentado detalhadamente o projeto mecânico deste equipamento. Será desenvolvida toda a teoria do projeto mecânico baseado na norma VDI 2221, assim como a confecção da parte estrutural do equipamento e o dimensionamento dos seus componentes mecânicos que permitem o funcionamento pretendido.

3.1. Projeto Mecânico

Quando se procede ao desenvolvimento de um mecanismo para desempenhar uma determinada função, é necessário detalhar muito bem todo o projeto. Por detrás de todo o mecanismo existe sempre um conjunto de estudos realizados de modo a ser obtida a melhor solução para o problema. Assim, neste capítulo é apresentada toda a teoria do projeto mecânico, o seu projeto conceptual e a respetiva seleção de componentes cumprindo os requisitos da Metodologia de projeto da norma VDI 2221 [3].

3.1.1. Desenvolvimento da teoria do projeto mecânico

Para que o projeto seja bem-sucedido e organizado, tem de ser dividido num conjunto de etapas, sendo discriminadas de seguida por ordem de aplicação [3]:

1. Clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto
2. Estabelecimento da Estrutura de funções do produto
3. Estabelecimento das Especificações do Produto
4. Criação de Soluções Alternativas
5. Avaliação das Soluções Alternativas
6. Aperfeiçoamento de Detalhes

Com todas as etapas a seguir para prosseguir clarificadas, segue-se o início deste projeto mecânico de uma máquina de contagem de cabos automática.

Clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto

O primeiro passo para a realização do projeto mecânico é proceder a uma clarificação de objetivos. Por vezes, numa fase inicial de um projeto os requisitos são algo muito vago, contudo, para que não existam discordâncias na solução final entre o projetista e o consumidor deve-se clarificar bem os objetivos. Assim, de seguida é apresentada uma metodologia que contém todos os objetivos a atingir com este projeto. Esta metodologia é designada árvore dos objetivos.

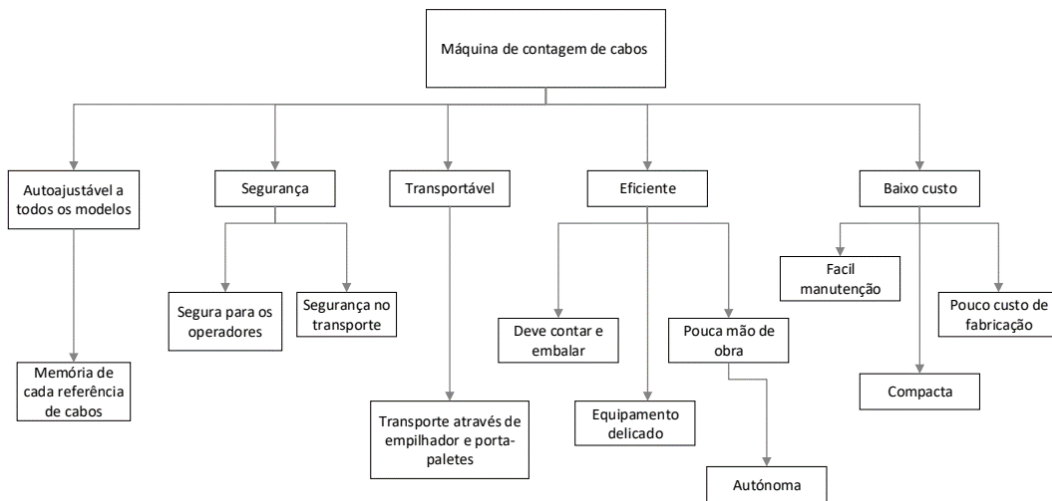


Figura 43 – Árvore de objetivos

A representação da árvore de objetivos permite o início do processo de sugestão de meios para se alcançarem os objetivos do projeto, e, portanto, o início do processo de planeamento de potenciais soluções.

Estabelecimento da Estrutura de funções do produto

A partir do método da Árvore de objetivos, foi possível verificar que os problemas podem ter diferentes níveis de generalidade e de detalhe. Nesta fase, é necessário começar a tratar de outro passo que é fazer uma seleção das funções essenciais que o sistema tem de satisfazer obrigatoriamente. Para isso é utilizado o método da análise de funções.

O primeiro passo para a utilização deste método é expressar a função global em termos de conversão de entradas em saídas.

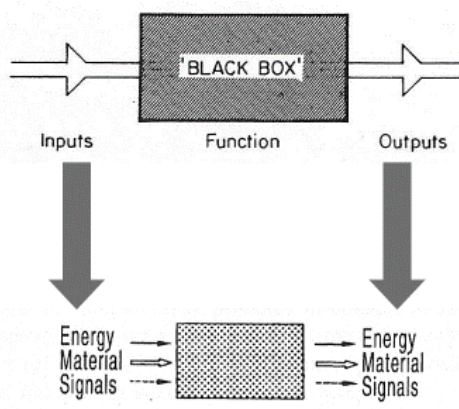


Figura 44 – Conversão de inputs em outputs após ter sido cumprida a função global [36] [3]

Representamos a função global com uma “*Black box*” porque nesta fase ainda não sabemos como a mesma vai ser concretizada.

O passo seguinte passa por dividir a função global em diversas subfunções essenciais representando-as num diagrama. A “*Black box*” representada na Figura 44, torna-se numa “*Transparent Box*”. De seguida a mesma será demonstrada na Figura 45.

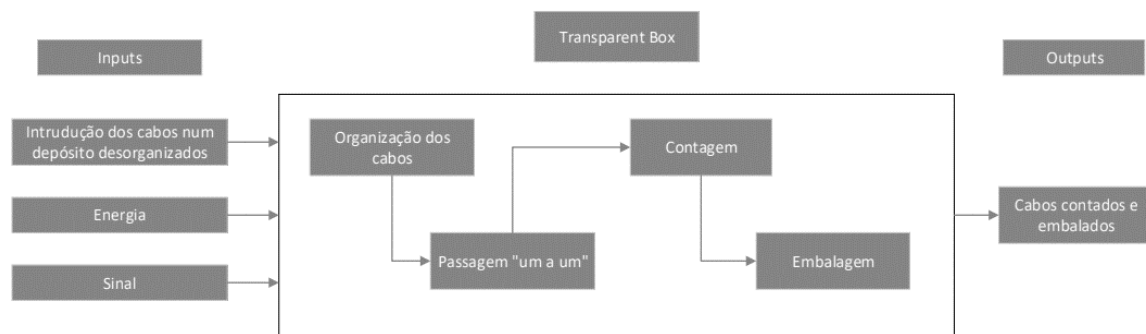

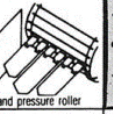
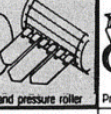
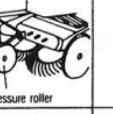

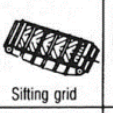
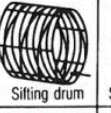
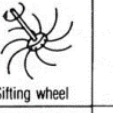
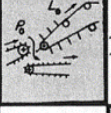
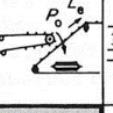
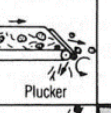
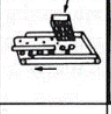
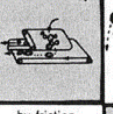
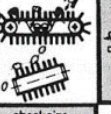
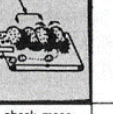


Figura 45 – Transparent Box – Representação das subfunções essenciais

Sabendo qual a função global a cumprir e todas as subfunções, agora é necessário proceder à criação de soluções alternativas. Para tal, este processo recorre ao método dos mapas morfológicos. Este método permite obter uma exploração mais ampla do projeto, e encoraja o projetista a encontrar novas combinações de elementos encontrando diversas soluções. Com este método, o número de combinações de soluções é muito elevado, e normalmente já inclui na grande maioria das vezes soluções já existentes, contudo também possui um vasto leque de variações e de outras soluções completamente novas. Na Figura 46 encontra-se um exemplo de um mapa morfológico.

Soluções físicas

Solutions		Solutions				...
		1	2	3	4	
6 funções essenciais	Sub-functions					...
	1	Lift  and pressure roller	 and pressure roller	 and pressure roller	 Pressure roller	...
	2	Sift  Sifting belt	 Sifting grid	 Sifting drum	 Sifting wheel	...
	3	Separate leaves  L_0	 P_0 L_0	 Plucker
	4	Separate stones  L_0	 L_0	 L_0	 L_0	...
	5	Sort potatoes by hand	by friction (inclined plane)	checksize (hole gauge)	check mass (weighing)	...
6	Collect Tipping hopper	Conveyor	Sack-filling device	

↓ Combination of principles

Figura 46 – Mapa morfológico de um sistema de recolha de batatas na agricultura [36] [3]

Para o mecanismo de contagem de cabos automático, foi elaborado um mapa morfológico que auxilia a obtermos um conjunto de diversas soluções.

Mapa morfológico sistema de contagem de Cabos Automático				
Soluções	1	2	3	4
Subfunções				
<u>Depósito dos cabos</u>	Armazenagem em Funil	Depositação de um cesto de cada vez manualmente	-	-
<u>Organização dos cabos</u>	Esteira	Sistema mecatrónico de visão	Alimentador vibratório	-
<u>Passagem "um a um"</u>	Alimentador vibratório	Esteira	Sistema pneumático	-
<u>Contagem</u>	Sensor	Sistema mecânico de tambor	Sistema de mesa rotativa	Impulsos de um cilindro pneumático
<u>Embalagem no Saco</u>	Manualmente através da deposição em cestos e posteriormente em sacos	Sistema automático de embalagem	Argola de fixação do saco	-
<u>Selagem do Saco</u>	Através de uma fita de nylon	Selagem com Fita-cola	Costura do saco	Selagem com filme plástico

Figura 47 – Mapa morfológico do sistema de contagem de Cabos Automático

Com o mapa morfológico representado com todas as soluções atribuídas às subfunções, possuímos um número muito elevado de combinações. Para este projeto foi determinada a combinação através deste mapa morfológico acima demonstrado. A solução combinada será representada na Figura 48 através de uma linha.

Mapa morfológico sistema de contagem de Cabos Automático				
Soluções	1	2	3	4
Subfunções				
<u>Depósito dos cabos</u>	Armazenagem em Funil	Deposição de um cesto de cada vez manualmente	-	-
<u>Organização dos cabos</u>	Esteira	Sistema mecatrónico de visão	Alimentador vibratório	-
<u>Passagem "um a um"</u>	Alimentador vibratório	Esteira	Sistema pneumático	-
<u>Contagem</u>	Sensor	Sistema mecânico de tambor	Sistema de mesa rotativa	Impulsos de um cilindro pneumático
<u>Embalagem no Saco</u>	Manualmente através da deposição em cestos e posteriormente em sacos	Sistema automático de embalagem	Argola de fixação do saco	-
<u>Selagem do Saco</u>	Através de uma fita de nylon	Selagem com Fita-cola	Costura do saco	Selagem com filme plástico

Figura 48 – Mapa morfológico – Combinação da solução adotada para este mecanismo

A solução adotada através deste método dos mapas morfológicos consiste num mecanismo em que o operador deposita um cesto de cada vez na máquina. Recorrendo a um alimentador vibratório podemos orientar os cabos de maneira que os mesmos passem num determinado local controladamente. Através de uma esteira os cabos são retirados do alimentador vibratório. Assim procede-se à contagem interrompendo o sinal a um sensor. No que toca ao

sistema de embalagem será desenvolvido um sistema inteiramente específico, de modo a cumprir todos os requisitos impostos pela empresa. Por fim, o saco é costurado e encontra-se pronto para seguir para o cliente. Com a utilização destes métodos, o projeto mecânico tornou-se mais facilitado.

3.1.1. Projeto da parte estrutural

Com a solução teórica bem definida anteriormente, é necessário proceder ao projeto conceptual. Para tal, foi utilizado o software CAD 3D “Inventor Professional 2021”.

De seguida será demonstrado o projeto conceptual da máquina passo a passo determinado no capítulo anterior [37].

Em primeiro lugar, como os cabos são colocados diretamente num alimentador vibratório, o mesmo tem de possuir uma cuba com um diâmetro considerável. Para tal, foi feita uma pesquisa de diversas empresas responsáveis pela fabricação de alimentadores vibratórios. Com a reunião de diversos orçamentos, juntamente com os sócios-gerentes concluiu-se que era um investimento demasiado elevado. Assim, recorreu-se a um alimentador vibratório usado com as características que eram pretendidas. O alimentador vibratório utilizado é possível visualizar na Figura 49.



Figura 49 – Alimentador Vibratório adquirido

Após ter chegado às instalações da Fabricabos, procedeu-se à realização do projeto CAD 3D como é demonstrado na Figura 50.

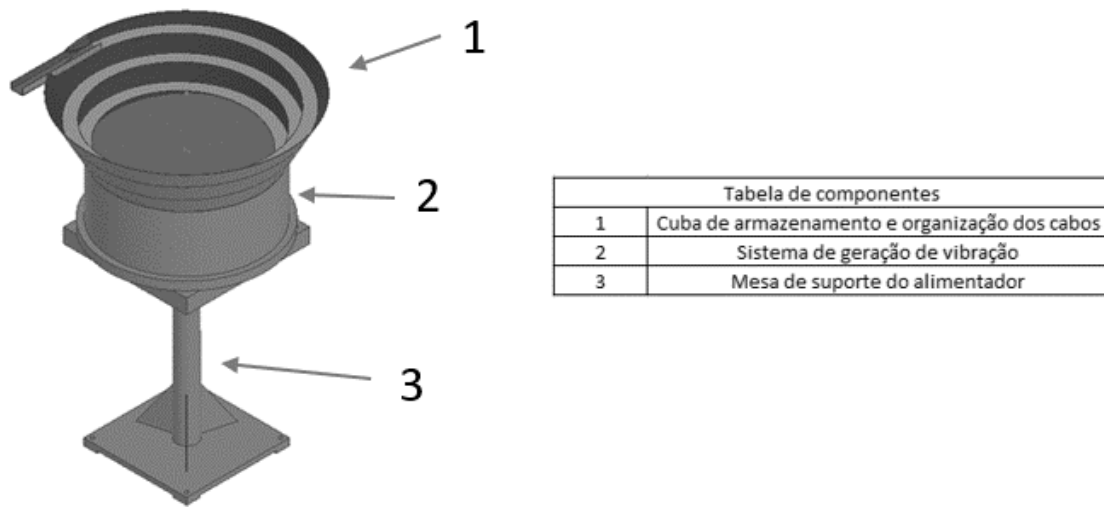


Figura 50 – Modelação CAD 3D do alimentador vibratório

Posto isto, é necessário continuar para o passo seguinte. Como foi referido inicialmente, este equipamento teria de contar e embalar os cabos de madeira. Nesta fase, é crucial ter noção de como vai ser feita a embalagem. Como sabemos, a empresa definiu como embalagem a mesma que utilizam atualmente. As embalagens utilizadas atualmente são sacos de ráfia como podem ser apresentados na Figura 51.



Figura 51 – Sacos de ráfia utilizados como embalagem fechado vs. cheio

Como foi definido anteriormente pela empresa que os cabos não poderiam ter uma altitude de queda superior a 50 cm, o projeto tornou-se um pouco mais complexo. Dessa forma, após algumas pesquisas de sistemas existentes no mercado e a realiza o de vários esboços foi concluída a primeira versão do sistema de embalagem dos cabos.

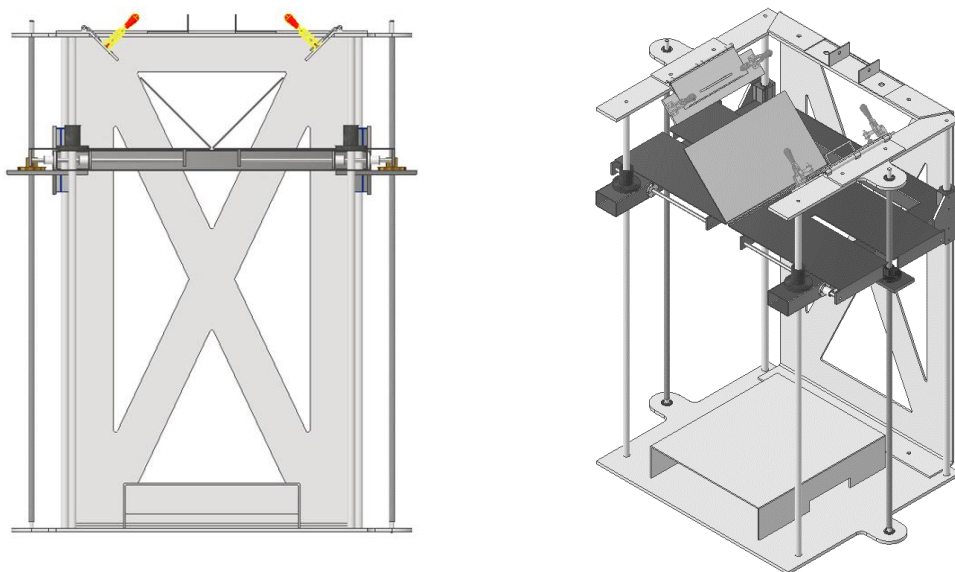


Figura 52 – Primeira versão do sistema de embalagem dos cabos de madeira após contagem

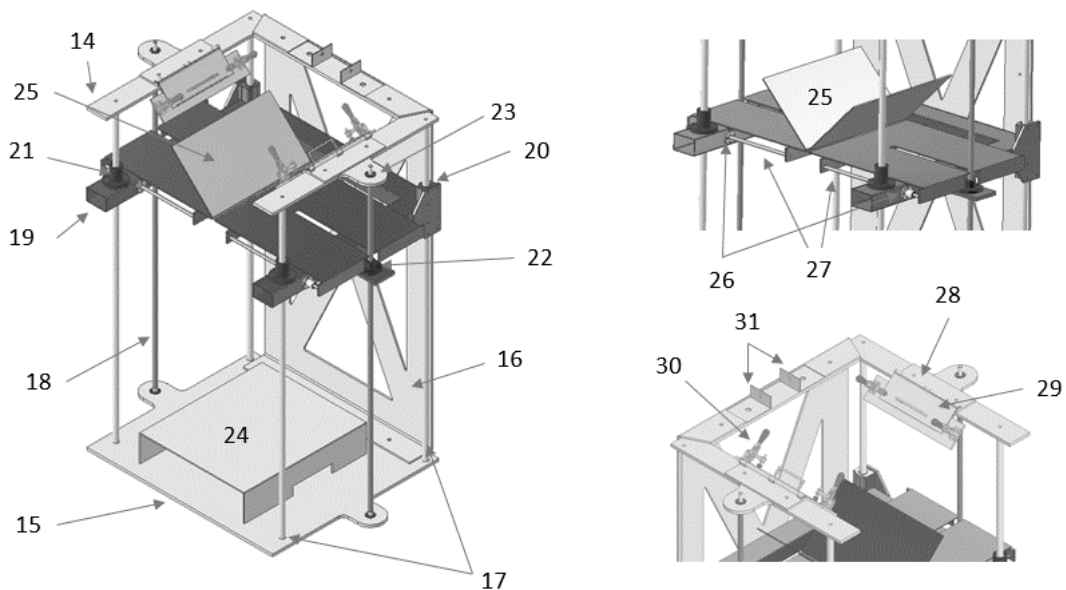


Figura 53 – Componentes do sistema de embalagem numerados

Tabela 8 – Tabela de componentes do sistema de embalagem

Tabela de Componentes	
14	Chapa fixação superior
15	Chapa fixação inferior
16	Chapa de reforço à flexão
17	Varões lineares
18	Fusos trapezoidais
19	Carrinho de subida e descida
20	Rolamentos c/ Estrutura lineares do carrinho
21	Rolamentos lineares c/ Flange
22	Porcas
23	Rolamentos SKF 6201
24	Base p/ Saco
25	Chapas de suporte p/ Sacos carrinho lateral
26	Rolamentos lineares c/ Flange Carrinho lateral
27	Varões lineares carrinho lateral
28	Chapa fixação do saco
29	Chapa c/ Dobradiça de fixação do saco
30	Grampos de aperto
31	Chapas de fixação do Tapete rolante ao sistema de Embalagem

O funcionamento deste sistema é considerado simples. Este possui 4 varões lineares que realizam o guiamento de um carrinho de subida e descida. Os componentes que acionam o carrinho de subida e de descida são dois fusos trapezoidais colocados nas extremidades. De

modo a facilitar a visualização do funcionamento, este sistema é apresentado de seguida passo a passo.

1. O Inicialmente o carrinho encontra-se subido com as placas horizontais avançadas, de modo a facilitar a visualização, as seguintes figuras ilustram a referida posição.

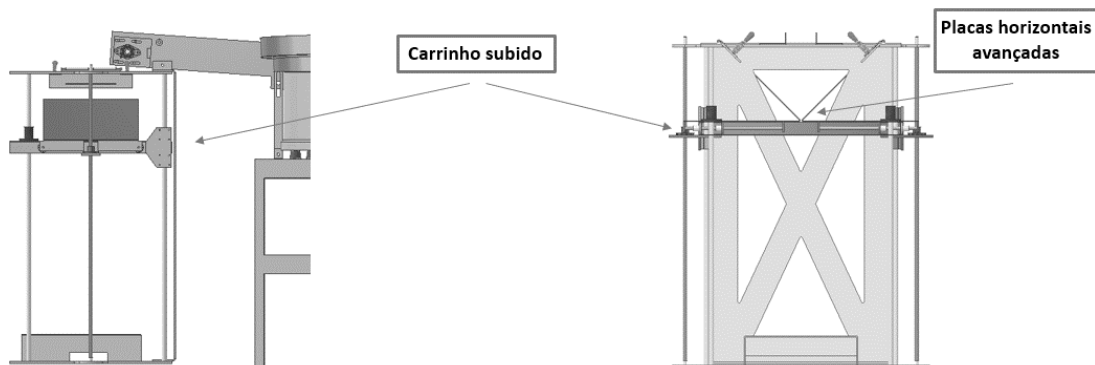
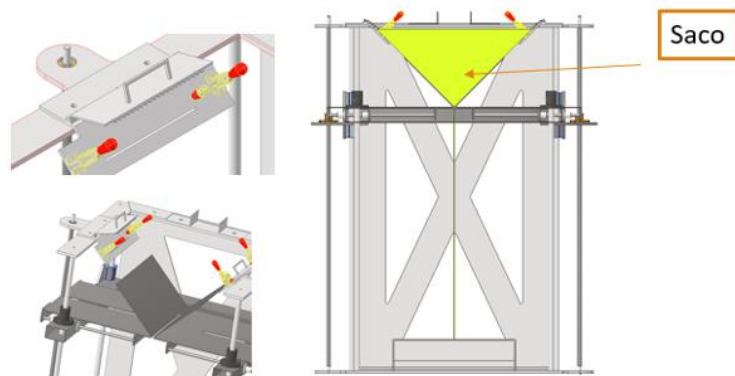


Figura 54 – Primeiro passo do funcionamento do sistema de embalagem

2. Prende-se o saco nos grampos, ficando o mesmo introduzido ao longo da ranhura entre as placas horizontais. A Figura 55 enuncia este facto.



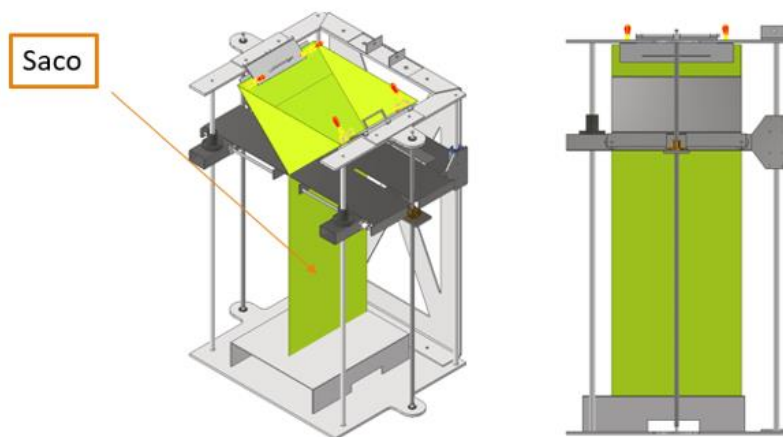


Figura 55 – Segundo passo do funcionamento do sistema de embalagem

3. A máquina começa a contagem dos cabos, por ordem do operador (acionamento de um botão posteriormente colocado) até o saco encher um pouco.

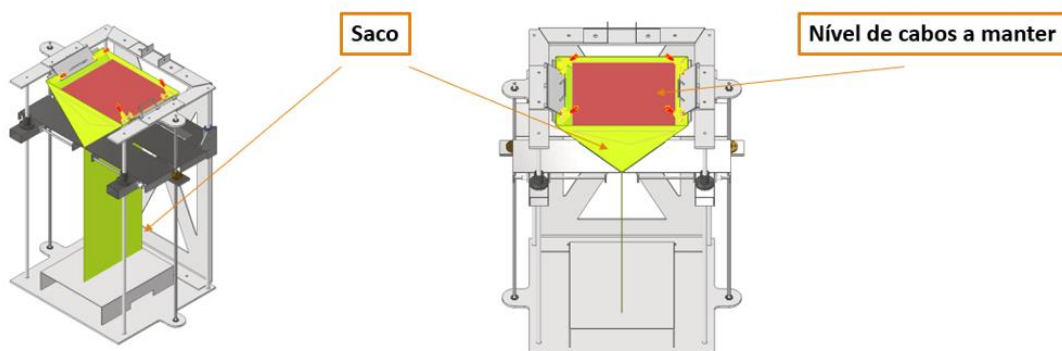


Figura 56 – Terceiro passo do funcionamento do sistema de embalagem

4. A máquina continua a contagem dos cabos. De modo a manter sempre o nível de cabos representado anteriormente, o carrinho horizontal desce, mantendo as placas na mesma posição.

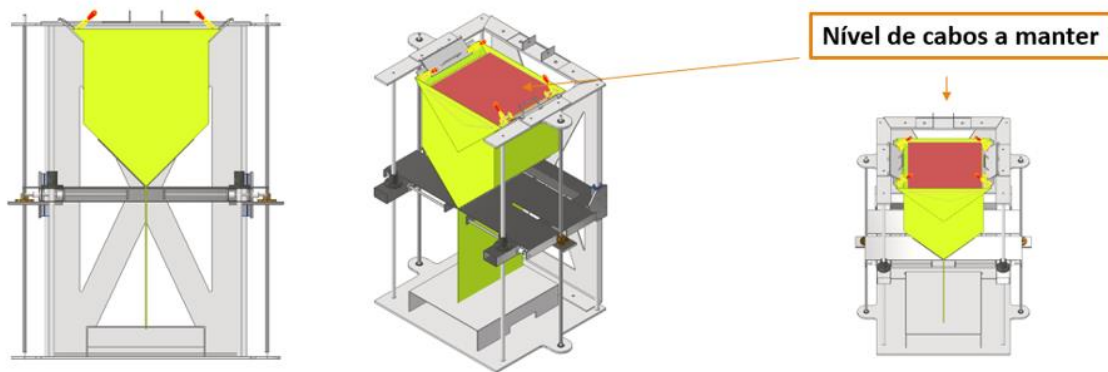


Figura 57 – Quarto passo do funcionamento do sistema de embalagem

5. O saco já se encontra cheio. As placas horizontais já estão no ponto mais baixo que é possível atingir. Assim, as placas recuam, sendo o saco obrigado a esticar. Após este processo o saco encontra-se cheio, e pronto para ser retirado e fechado, sendo que já contém a quantidade de cabos pretendida.



Figura 58 – Último passo do funcionamento do sistema de embalagem

Com o desenvolvimento do projeto, este sistema sofreu algumas atualizações nomeadamente nos componentes utilizados para a sua construção. Além de todas estas alterações, o funcionamento continua muito semelhante. Assim, o sistema de embalagem definitivo é apresentado na Figura 59.

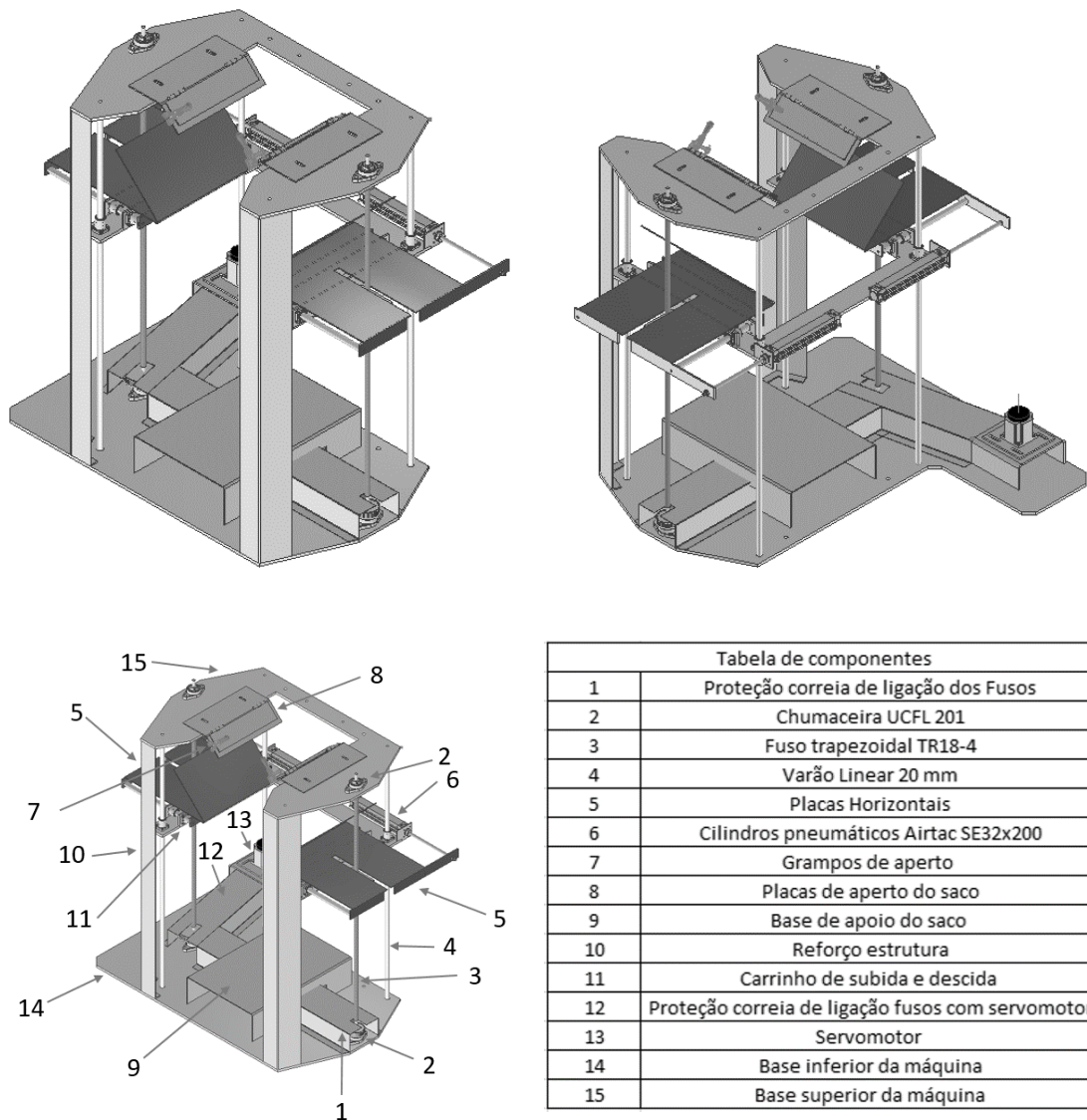


Figura 59 – Sistema de embalagem final

De seguida, com este sistema do saco definido é necessário dar atenção a um dos requisitos impostos pela empresa. A máquina tem de ser transportável para que a tarefa de contagem de cabos seja distribuída pela empresa, ou seja, realizada nas várias secções. Para tal, foi definido o transporte da máquina através de um empilhador ou de um porta-paletes. Assim, procedeu-se à confeção de uma base de estrutura da máquina onde vão ser fixos todos os componentes da mesma. Outro aspeto importante é a altura a que o alimentador se encontra. Foi necessário colocar um degrau para facilitar a viragem dos cabos na cuba do alimentador vibratório. A base estrutural é apresentada de seguida, onde são ilustrados os componentes já incorporados.

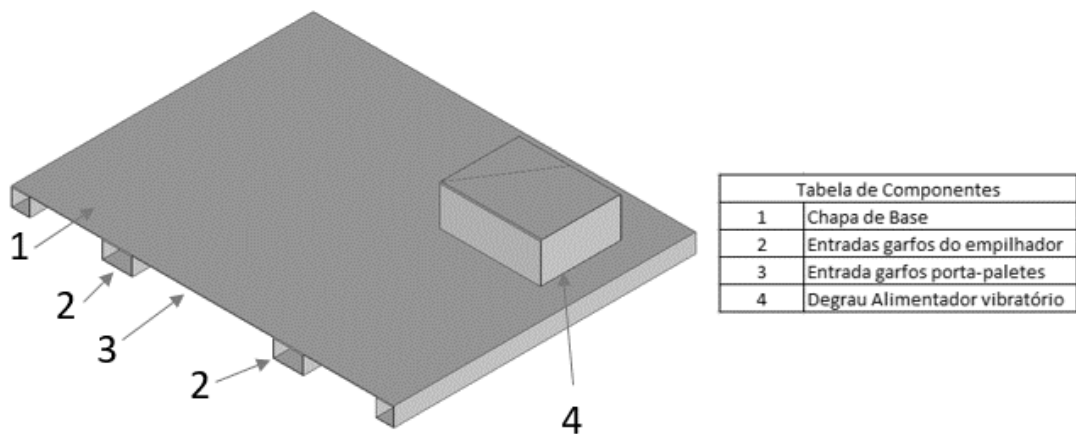


Figura 60 – Base estrutural da máquina de contagem de cabos

Após a construção da base concluída, já é possível ter uma possível visualização de como irá ficar à disposição dos componentes da máquina.

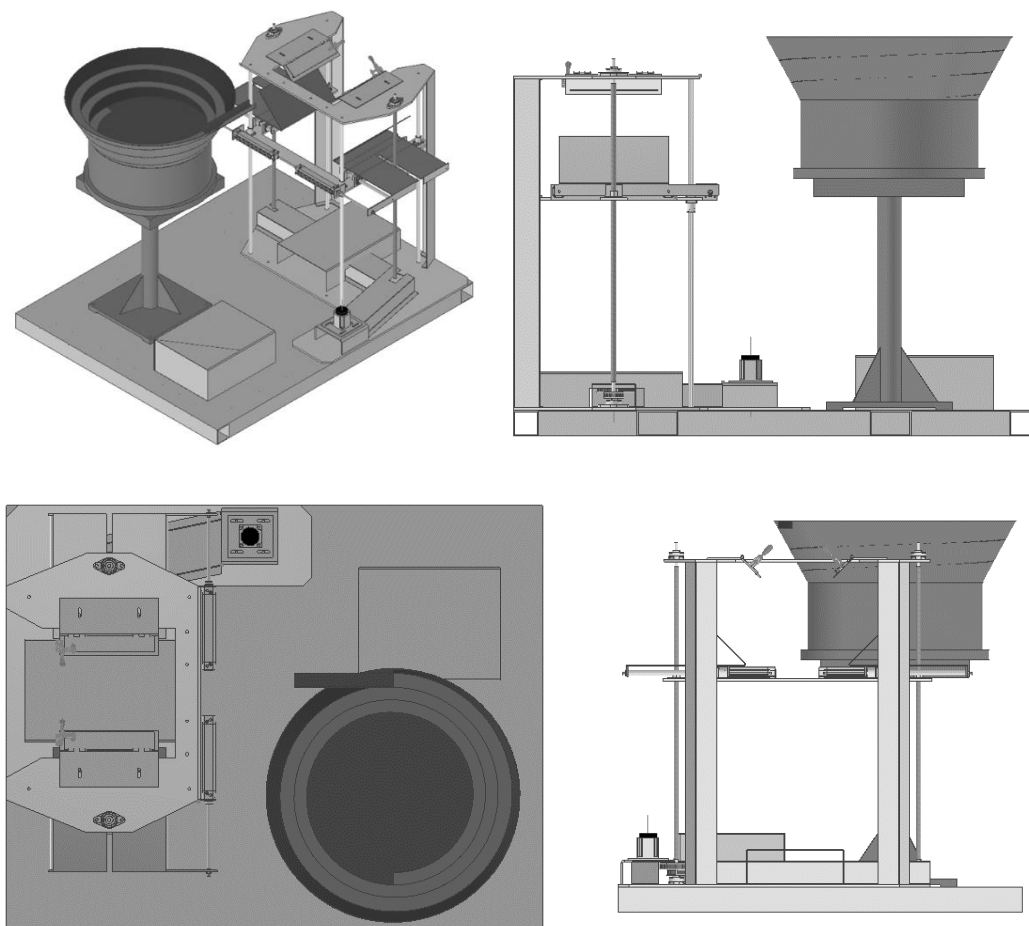


Figura 61 – Primeira visualização da disposição dos componentes da máquina

Neste momento, já é possível criar um elo do alimentador vibratório ao sistema de embalagem. Nessa ligação, os cabos serão transportados, contados, e posteriormente depositados no saco. Para tal, o sistema mais simples para realizar essa função é a esteira com uma tela. Através desse sistema, é possível recolher os cabos à saída da cuba vibratória com alguma rapidez. Desta maneira, foi feito o projeto conceptual deste sistema.

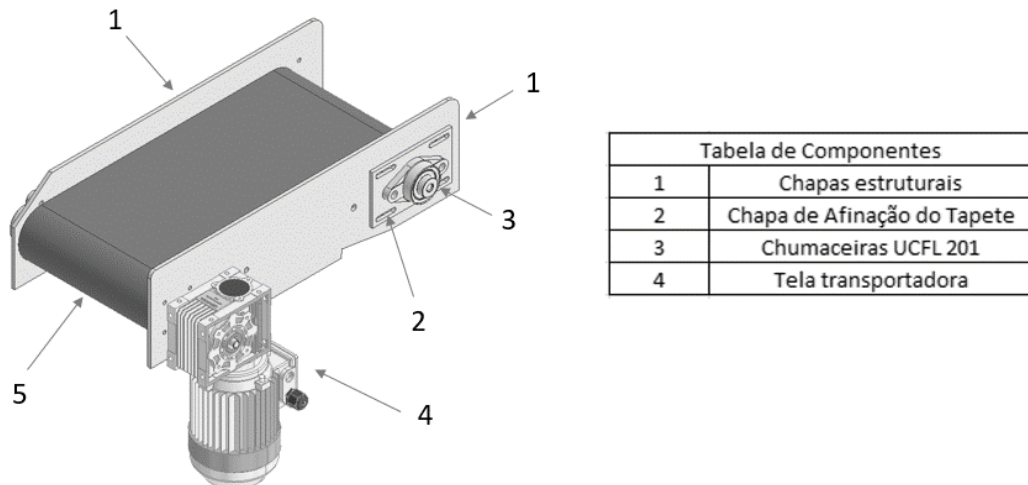


Figura 62 – Esteira transportadora

Com a esteira desenvolvida foi necessário desenvolver um sistema de fixação da esteira ao sistema de embalagem. Como podemos notar na Figura 63, a saída dos cabos na cuba vibratória não se encontra ao mesmo nível de altura que o sistema de embalagem do saco. De certo modo, devido a esse desnível, a esteira de ligação deverá conter alguma afinação na inclinação. Para tal foram desenvolvidos uns suportes que permitem essa afinação. De seguida na Figura 63 e Figura 64 serão demonstrados os aspetos referidos acima.

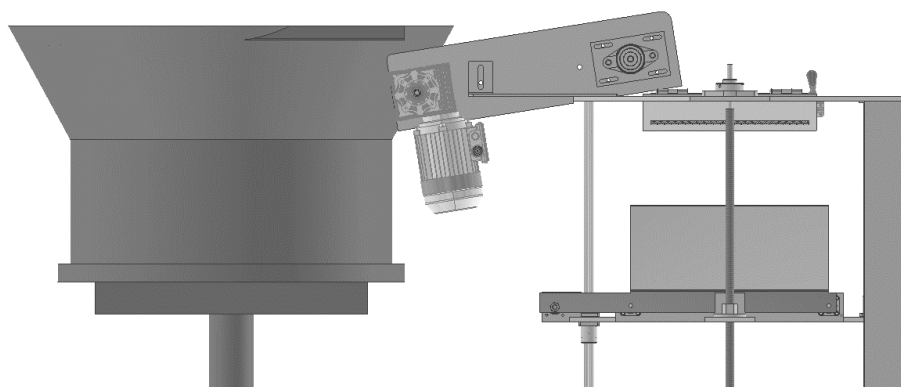


Figura 63 – Desnível entre a cuba vibratória e o sistema de embalagem

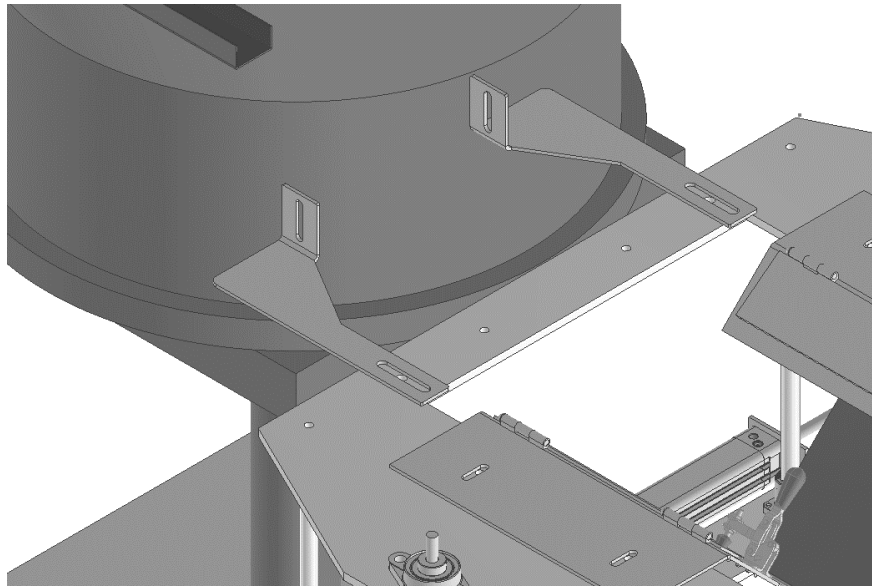


Figura 64 – Suportes de Fixação da esteira ao sistema de embalagem

Nesta fase, é necessário definir como será feita a fixação do saco ao sistema de embalagem. A fixação do saco será realizada de modo manual em que são rotacionadas duas placas dentadas, de modo a cravar o saco e posteriormente o aperto é finalizado através de dois grampos de fecho rápido. Para facilitar a visualização deste sistema, é demonstrada na Figura 65.

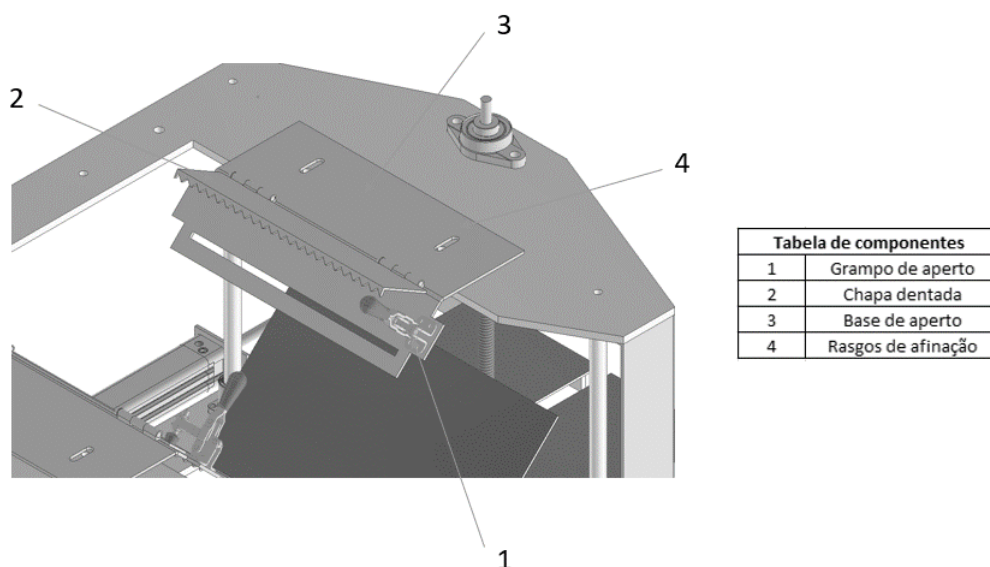


Figura 65 – Demonstração dos componentes do sistema de aperto do saco

Após o desenvolvimento do sistema de fixação do saco, é possível ter uma visão da máquina e do seu funcionamento.

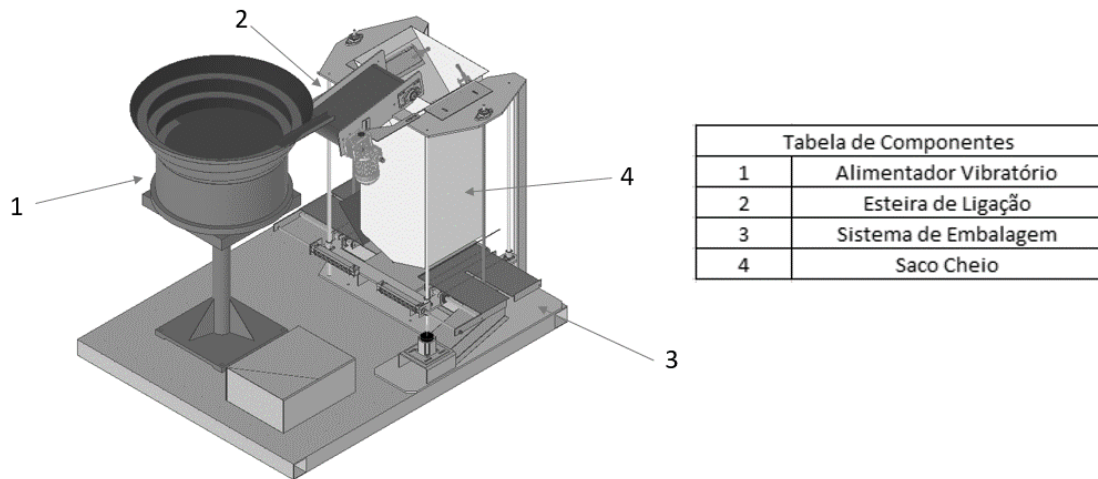


Figura 66 – Montagem da máquina

O funcionamento deste sistema é o seguinte:

1. Depósito de cabos na cuba vibratória;
2. Saída cabo a cabo da cuba vibratória para a esteira;
3. Contagem do cabo durante o percurso na esteira;
4. Deposição dos cabos no saco que se encontra no sistema de embalagem.

Neste momento, discriminado o funcionamento deste sistema, é necessário proceder ao dimensionamento dos componentes mecânicos do mesmo. Todo esse desenvolvimento é demonstrado no capítulo seguinte.

3.1.2. Seleção e dimensionamento dos componentes mecânicos

Para que todos os sistemas mecânicos tenham um bom funcionamento e para serem evitados erros de projeto, é necessário que os componentes essenciais do sistema sejam corretamente dimensionados antes da confeção do mesmo. Neste capítulo serão apresentados todos os dimensionamentos de componentes mecânicos realizados neste sistema.

3.1.2.1. Seleção dos fusos trapezoidais

Os fusos trapezoidais neste sistema são utilizados para movimentar o carrinho de suporte do saco criando um movimento ascendente ou descendente através do movimento de rotação. De modo a obter um carrinho estável, foram colocados dois fusos trapezoidais nas extremidades como é possível verificar na Figura 67.

Para uma máquina alcançar os melhores desempenhos é necessário escolher o tipo certo de fuso trapezoidal para executar a tarefa. Para isso, é aconselhável quantificar alguns dados técnicos fundamentais e, com os resultados calculados, consultar algumas tabelas de medidas.

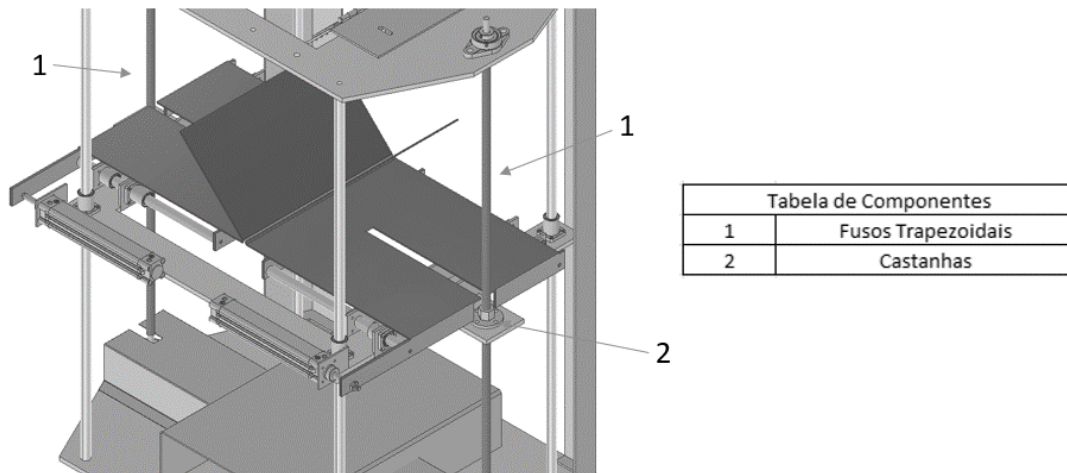


Figura 67 – Representação dos fusos trapezoidais

O tempo de subida e de descida é determinado pela rotação que é induzida nos fusos e pelo passo dos mesmos. O movimento de descida será lento, contudo será definido em testes. A razão para a velocidade ser definida em testes é que cada modelo de cabos tem dimensões diferentes e os sacos não transportam a mesma quantidade. O movimento de subida será em marcha rápida, ou seja, quando o saco cheio é retirado do sistema de embalagem o operador dá um sinal para que a máquina retorne à posição inicial para realizar uma nova contagem.

Outro ponto importante é a condição de auto-imobilização, para que em qualquer emergência a máquina seja desligada e a carga não se movimente.

1. **Selecionar o material dos fusos e das castanhas** de modo a termos acesso ao valor do coeficiente de atrito entre o par tribológico.
 - Material dos Fusos: Aço
 - Material das castanhas: Bronze

Tendo definido o material dos fusos e das castanhas é possível ter acesso ao coeficiente de atrito estático sendo o mesmo **0,30**. [38]

Pares de materiais	Coef. de atrito estático, f
PTFE / PTFE	0.04
PTFE / aço	0.04
Grafite / aço	0.10
Liga cobre-chumbo / aço	0.20
Bronze / aço	0.30
Ferro fundido / aço	0.40
Latão / aço	0.50

Figura 68 – Tabela de valores de coeficientes estáticos de superfícies em contato [38]

2. Cálculo da massa a transportar no carrinho

Para proceder a uma escolha acertada é necessário ter noção da massa que vai ser transportada verticalmente. De seguida são demonstrados quais os componentes do carrinho vertical com as suas massas associadas.

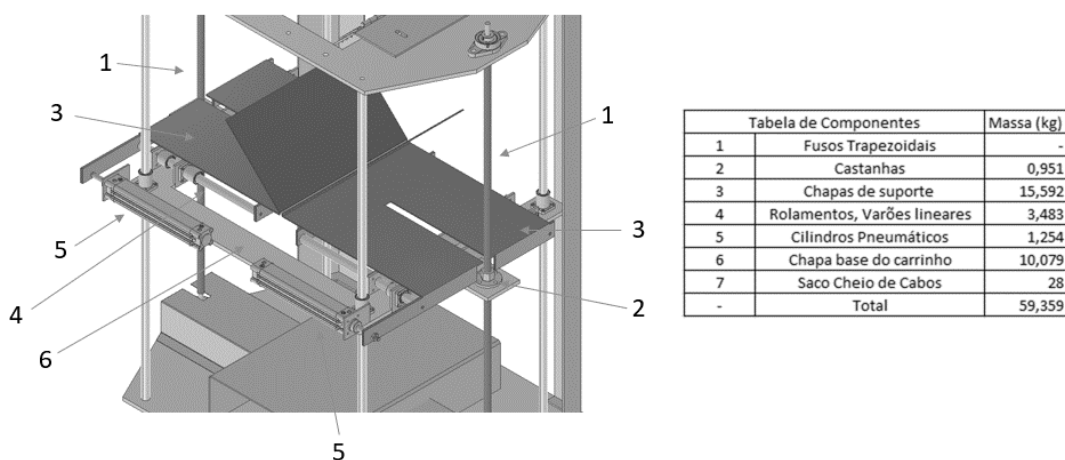


Figura 69 – Componentes do carrinho de transporte vertical com as massas (kg)

Assim, como vão ser aplicados dois fusos, a carga é dividida por ambos. Então concluímos que:

$$Carga\ suportada\ por\ Fuso = 29,67\ kg$$

O comprimento do fuso, de acordo com a modelação 3D CAD anterior demonstrada, possui um comprimento de 1200 mm.

Devido a esses fatores, os fusos escolhidos possuem 18 mm de diâmetro.

3. Seleção do passo dos fusos

Nesta fase de seleção dos fusos, é necessário proceder ao cálculo do passo dos mesmos. Os fatores que vão determinar esta escolha são o tempo de subida do carrinho e a velocidade de Rotação induzida nos Fusos.

O carrinho tem de percorrer 720 mm desde o ponto máximo inferior até ao ponto máximo superior. O tempo de subida (tempo de o carrinho voltar desde a posição final até à posição inicial para iniciar um novo ciclo) foi definido juntamente com os responsáveis pela secção de contagem da Empresa. O tempo definido para esta operação foi de 8 segundos.

De acordo com o catálogo da “RolPedra” [39] os fusos trapezoidais *standard* existentes no mercado são os seguintes.

Vis acier - C35 E									
Réfrence Type	Dimensions - mm						Précision du pas Pitch accuracy	Rectitude Straightness	Poids Weight
	d maxi	d mini	d2 maxi	d2 mini	d3 maxi	d3 mini			
								μ / 300 mm	mm / 300 mm
TR 10-2 -	10	9.82	8.929	8.739	7.500	6.890	200	0.5	482
TR 10-4 - D	10	9.82	8.929	8.716	7.500	6.890	300	0.5	482
TR 12-3 -	12	11.764	10.415	10.191	8.500	7.685	200	0.5	653
TR 12-6 - D	12	11.764	10.415	10.164	8.500	7.685	300	0.5	653
TR 14-3 -	14	13.764	12.415	12.191	10.500	9.685	200	0.5	932
TR14-6 - D	14	13.764	12.415	12.164	10.500	9.685	300	0.5	932
TR 16-4 -	16	15.700	13.905	13.640	11.500	10.474	50	0.5	1 173
TR 16-8 - D	16	15.700	13.905	13.608	11.500	10.474	100	0.5	1 173
TR 18-4 -	18	17.700	15.905	15.640	13.500	12.474	50	0.5	1 528
TR 18-8 - D	18	17.700	15.905	15.608	13.500	12.474	100	0.5	1 528
TR 20-4 -	20	19.700	17.905	17.640	15.500	14.474	50	0.5	1 940

Figura 70 – Catálogo de fusos trapezoidais da “RolPedra” [39]

De acordo com este catálogo, os passos dos fusos *standard* que se encontram no mercado são 4 e 8 mm.

O passo do fuso escolhido é de 4 mm devido à condição e auto-imobilização em condições de emergência (paragem imediata), sendo que esta será abordada de seguida. Assim, por cada

rotação dos fusos o carrinho desloca-se 4 mm. Para tal, como foram definidos 8 segundos para realizar o movimento de subida, a velocidade de rotação dos fusos é de 1350 rpm.

4. Verificação da condição de auto-imobilização.

A condição de auto-imobilização [40] é a seguinte:

$$\pi f d_2 > l$$

π = coeficiente π

f = coeficiente de atrito = 0,30

d_2 = diâmetro médio do fuso (mm) = 15,75

l = passo do fuso (mm) = 4

Assim,

$$\pi \cdot 0,30 \cdot 15,75 = 14,844$$

E,

l = passo do fuso (mm) = 4

$$14,844 > 4$$

Então o fuso **cumpr**e as condições de auto-imobilização.

5. Resumo da seleção dos fusos

Os fusos selecionados para o sistema de embalagem foram os TR18x4 com as seguintes características:

- Diâmetro do fuso: 18mm
- Passo: 4 mm
- Configuração do filete: Trapezoidal

3.1.2.2. Seleção do motor elétrico (Sistema de embalagem)

O motor é responsável pelo movimento de subida e de descida do carrinho de suporte do saco no sistema de embalagem.

Para exercer esta função, o motor elétrico ideal é um servomotor, pois este possui várias particularidades que são cruciais ao funcionamento deste sistema. Essas particularidades são as seguintes:

- No momento de descida, o carrinho tem de seguir a uma velocidade muito baixa para que o nível de enchimento do saco se mantenha sempre ao mesmo nível à medida que os cabos são contados. Para tal, o motor tem de garantir um binário nominal a altas e a baixas rotações. Já no movimento de subida, como o carrinho se encontra livre, este deve operar a altas rotações de modo que este movimento seja realizado o mais rapidamente possível. Para isso, o servomotor é o tipo de motor elétrico mais indicado, sendo que garante o mesmo binário nominal a uma gama de rotações muito vasta.
- Com o uso de um servomotor, é possível saber sempre a posição exata onde se encontra o carrinho, evitando o uso de sensores de paragem superiores e inferiores.
- Além destes fatores, o seu atravancamento é sem dúvida uma vantagem.

Então, neste momento definido o tipo de motor a utilizar, é necessário proceder ao cálculo do Binário que tem de ser exercido nos Fusos trapezoidais para movimentar a carga.

1. Inicialmente, será calculado o binário necessário para o movimento de subida baseado nas equações retiradas dos Slides das aulas da Unidade curricular de Órgãos de Máquinas [40]. No momento de subida, o carrinho encontra-se sem massas externas, apenas sustenta o peso próprio (31,359 Kg).

$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi \cdot dm} = 0,08088161 \quad [40]$$

$$Pr = \frac{[F[(\tan \lambda) + f]]}{1 - (f \cdot \tan \lambda)} = 96,43629825 \quad [40]$$

O binário de subida é de:

$$Tr = Pr \cdot \frac{dm}{2} = 0,759435849 \text{ N.m} \quad [40]$$

Com coeficiente de segurança de 3,

$$Tr = 2,27 \text{ N.m}$$

2. De seguida é calculado o **binário de descida**. No movimento descendente, este carrinho transporta uma carga, ou seja, ao longo da descida a massa para transporte vai aumentando até que atinge o ponto máximo próximo do final do percurso do carrinho. Para a realização dos cálculos do binário de descida, será considerada a carga máxima.

$$Pl = \frac{[F[f-(\tan\lambda)]]}{1+(f.\tan\lambda)} = 92,86892006 \quad [40]$$

O **binário de descida** é de:

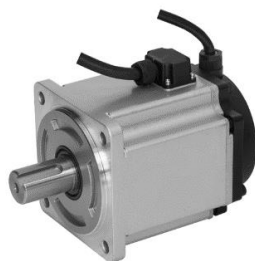
$$Tl = Pl. \frac{dm}{2} = 0,731342745 \text{ N.m} \quad [40]$$

Com **coeficiente de segurança de 3**,

$$Tr = 2,19 \text{ N.m}$$

Com os cálculos efetuados, o conclui-se que binário mais elevado utilizado para movimentar o carrinho é de 2,27 N.m no movimento de subida.

O servomotor que foi selecionado para este sistema, foi o WD80M-07530S-A1F como é possível observar na figura seguinte:



Motor model	WD80M-07530S-A1F	WD80M-07530S-A1G
Rated power (kW)		0.75
Rated current (A)		4.4
Rated torque (N.m)		2.39
Max. torque (N.m)		7.17
Rated speed (r/min)		3000
Rotor Inertia (Kg.m ²)	1.48×10^{-4}	1.78×10^{-4}
Brake	N/A	YES
Dimension (L)	98.5mm	132.5mm

Figura 71 – Servomotor utilizado no sistema de embalagem/ Caraterísticas do servomotor

Como podemos verificar na Figura 71, o servomotor apresenta um Binário nominal de 2,39 N.m um Binário máximo de 7,17 N.m e uma velocidade máxima de 3000 rpm. O facto de este motor conseguir atingir 3000 Rpm e apenas ser necessário 1350 rpm nos fusos trapezoidais é possível realizar um estudo na transmissão, de modo a elevar o binário nos fusos.

3.1.2.3. Seleção da transmissão entre os Fusos Trapezoidais

Para o acionamento do carrinho presente no sistema de embalagem, como foi descrito anteriormente, é realizado através de dois Fusos Trapezoidais. Para tal, a rotação dos fusos colocados nas extremidades do carrinho, tem de ser a mesma e todos os acionamentos terão de ser dados no mesmo instante de tempo. Assim, terá de existir um sistema de transmissão entre os dois fusos. De modo a resolver essa questão, o tipo de transmissão mais adequado são as Correias Dentadas, pois podem ser acionadas a rotações elevadas, com binários elevados pois devido a serem dentadas evitam o escorregamento. Assim, neste capítulo será apresentado o dimensionamento desta correia de transmissão entre os fusos.

Os cálculos e as tabelas que serão apresentadas de seguida, são baseadas no catálogo “Optibelt OMEGA Chloroprene Timing Belts”. [41]

1. Cálculo de todos os fatores de serviço

- Fator de serviço básico (C0)

Table 1
Basic service factor c_0

Type of loading and examples of driven machines	Type of basic load and examples of prime mover			
	Steady operation Electric motor High speed turbine Piston engine with a large number of cylinders		Intermittent operation Hydraulic motor Low speed turbine Piston engine with a small number of cylinders	
	Basic service factor c_0 during daily operating period			
	until 16 h	more than 16 h	until 16 h	more than 16 h
Light drives, shock free and steady running Measuring devices Film cameras Office machines Belt conveyors (light-weight materials)	1.3	1.4	1.4	1.5
Medium duty drives, intermittent operation with low to medium shock loading Mixers Kitchen appliances Printing machines Textile machines Packaging machines Belt conveyors (heavy materials)	1.6	1.7	1.8	1.9
Heavy duty drives, intermittent operation with medium to high shock loading Machine tools Woodworking machines Eccentric drives Conveyor systems (heavy materials)	1.8	1.9	2.0	2.1
Very heavy duty drives, continuous operation with severe shock loading Mills Calenders Extruders Piston pumps and piston compressors Lifting devices	2.0	2.1	2.2	2.3

Figura 72 – Tabela de seleção do fator de serviço básico C0 [41]

Como podemos verificar na Figura 72, trata-se de uma máquina de embalagem, acionada por um motor elétrico que irá operar no máximo 8 horas por dia. Assim, concluímos que o fator de serviço básico é **1,6**.

- Fator de correção de velocidade (**C3**)

Table 2

Speed ratio i	Speed ratio correction factor c ₃
1.00 – 0.80	0.0
0.79 – 0.57	0.1
0.56 – 0.40	0.2
0.39 – 0.28	0.3
0.27 and less	0.4

Figura 73 – Tabela de seleção do fator de correção de velocidade C3 [41]

Nesta situação, os fusos terão de circular à mesma velocidade. Assim, concluímos que o rácio de velocidade é 1,0. Então o fator de correção de velocidade é **0**.

- Fator de correção de Fadiga (**C6**)

Table 3

Fatigue correction factor c₆

Operating conditions	Fatigue correction factor c ₆
Use of tension or guide idlers	0.2
Operating time 16 to 24 hours	0.2
Only rare/occasional operation	-0.2

Figura 74 – Tabela de seleção do fator de correção de fadiga C6 [41]

Como podemos observar na Figura 74, as condições de operação deste sistema são ocasionais, sendo assim, o fator de correção de fadiga **-0,2**.

- Fator de serviço total (**C2**)

$$C2 = C0 + C3 + C6 \quad [41]$$

Em que,

$$C2 = \text{Fator de serviço total}$$

C0 = Fator de serviço básico

C3 = Fator de correção de velocidade

C6 = Fator de correção de Fadiga

Então,

$$C2 = 1.6 + 0 + (-0,2)$$

$$C2 = 1.4$$

- Potência de Projeto (**PB**)

$$PB = P \cdot C2 \quad [41]$$

Em que,

PB = Potência de projeto (kW)

P = Potencia Nominal do motor (kW)

C2 = Fator de serviço total

Então,

$$PB = 0,75 \cdot 1,4$$

$$PB = 1,05 \text{ kW}$$

- **Seleção do tipo de secção e de construção da correia dentada**

Para proceder a este passo, recorre-se a um diagrama disponível no catálogo da Optibelt.

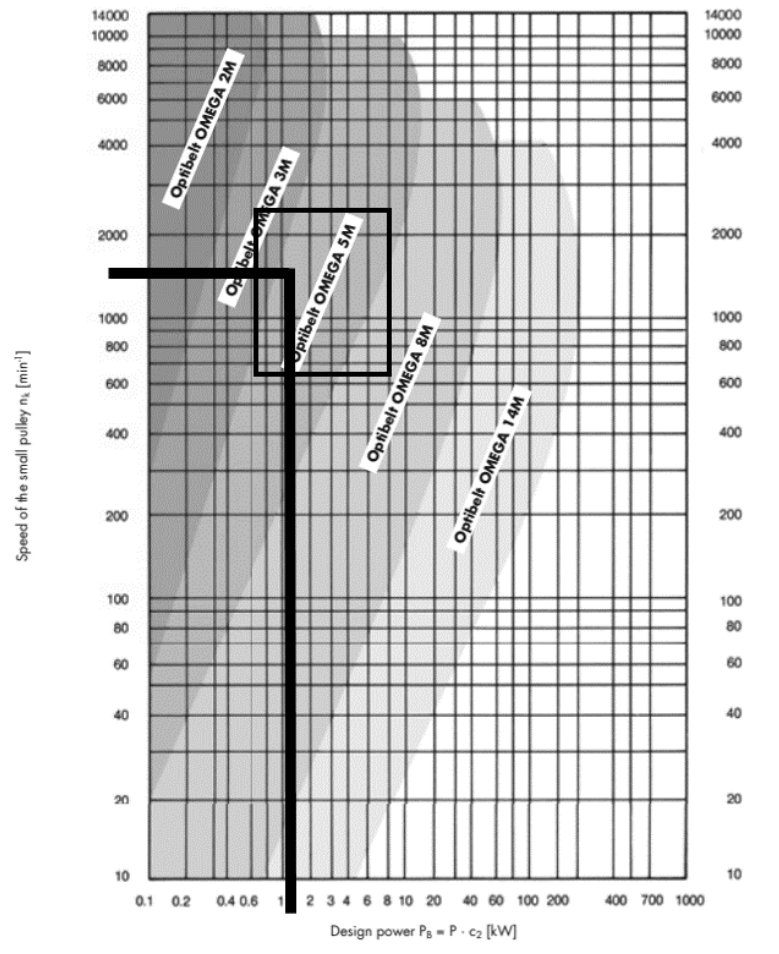


Figura 75 – Diagrama de seleção do tipo de correia [41]

De acordo com os valores de potência de projeto (1,05kW) e de rotação nos fusos (1350 rpm), o tipo de correia selecionada é a Optibelt 5M.

- **Seleção da correia dentada**

Distância entre eixos = 900 mm

Polias utilizadas = 40 – 5M – 15

- Z=40 dentes
- Diâmetro = 63,66 mm
- Passo = 5M
- L (largura da correia) = 15 mm
- Material = Aço

Correia = Optibelt Omega 2000-5M

3.1.2.4. Seleção da transmissão entre o servomotor e os Fusos Trapezoidais

Para a transmissão de movimento entre servomotor e os fusos, também será utilizada uma correia dentada. Contudo, neste dimensionamento, há um detalhe importante. O servomotor selecionado atinge uma rotação máxima de 3000 rpm. A rotação máxima que é esperada atingir nos fusos é de cerca de 1350 rpm. Assim, para ser obtido ganho no binário nos fusos, é necessário trabalhar um pouco na relação de transmissão. Assim, como pretendemos obter nos fusos cerca de metade da rotação máxima do motor, automaticamente é associada uma relação de transmissão de 2:1. O dimensionamento desta correia será muito semelhante à correia selecionada no capítulo anterior.

1. Cálculo de todos os fatores de serviço

- Fator de serviço básico (C0)

Table 1
Basic service factor c_0

Type of loading and examples of driven machines	Type of basic load and examples of prime mover			
	Steady operation Electric motor High speed turbine Piston engine with a large number of cylinders		Intermittent operation Hydraulic motor Low speed turbine Piston engine with a small number of cylinders	
	Basic service factor c_0 during daily operating period			
	until 16 h	more than 16 h	until 16 h	more than 16 h
Light drives, shock free and steady running Measuring devices Film cameras Office machines Belt conveyors (light-weight materials)	1.3	1.4	1.4	1.5
Medium duty drives, intermittent operation with low to medium shock loading Mixers Kitchen appliances Printing machines Textile machines Packaging machines Belt conveyors (heavy materials)	1.6	1.7	1.8	1.9
Heavy duty drives, intermittent operation with medium to high shock loading Machine tools Woodworking machines Eccentric drives Conveyor systems (heavy materials)	1.8	1.9	2.0	2.1
Very heavy duty drives, continuous operation with severe shock loading Mills Calenders Extruders Piston pumps and piston compressors Lifting devices	2.0	2.1	2.2	2.3

Figura 76 – Tabela de seleção do fator de serviço básico C0 [41]

Como podemos verificar na Figura 76, trata-se de uma máquina de embalagem, acionada por um motor elétrico que irá operar no máximo 8 horas por dia. Assim, concluímos que o fator de serviço básico é **1,6**.

- Fator de correção de velocidade (**C3**)

Table 2

Speed ratio i	Speed ratio correction factor c_3
1.00 – 0.80	0.0
0.79 – 0.57	0.1
0.56 – 0.40	0.2
0.39 – 0.28	0.3
0.27 and less	0.4

Figura 77 – Tabela de seleção do fator de correção de velocidade C3 [41]

Nesta situação, os fusos terão de circular à mesma velocidade. Assim, concluímos que o rácio de velocidade é 0,5. Então o fator de correção de velocidade é **0,2**.

- Fator de correção de Fadiga (**C6**)

Table 3

Fatigue correction factor c_6

Operating conditions	Fatigue correction factor c_6
Use of tension or guide idlers	0.2
Operating time 16 to 24 hours	0.2
Only rare/occasional operation	-0.2

Figura 78 – Tabela de seleção do fator de correção de fadiga C6 [41]

Como podemos observar na Figura 78, as condições de operação deste sistema são ocasionais, sendo assim, o fator de correção de fadiga **-0,2**.

- Fator de serviço total (**C2**)

$$C2 = C0 + C3 + C6 \quad [41]$$

Em que,

C2 = Fator de serviço total

C0 = Fator de serviço básico

C3 = Fator de correção de velocidade

C6 = Fator de correção de Fadiga

Então,

$$C2 = 1.6 + 0,2 + (-0,2)$$

$$C2 = 1.6$$

- Potência de Projeto (**PB**)

$$PB = P \cdot C2 \quad [41]$$

Em que,

PB = Potência de projeto (kW)

P = Potencia Nominal do motor (kW)

C2 = Fator de serviço total

Então,

$$PB = 0,75 \cdot 1,6$$

$$PB = 1,2 \text{ kW}$$

- **Seleção do tipo de secção e de construção da correia dentada**

Para proceder a este passo, recorre-se a um diagrama disponível no catálogo da Optibelt.

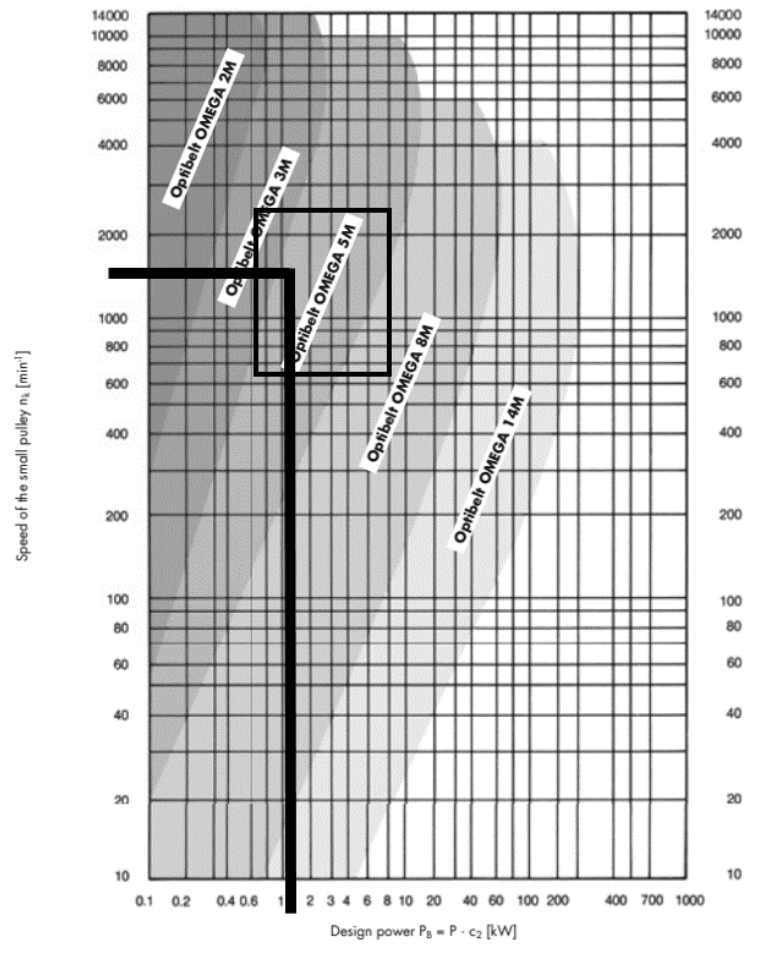


Figura 79 – Diagrama de seleção do tipo de correia [41]

De acordo com os valores de potência de projeto (1,2kW) e de rotação nos fusos (1350 rpm), o tipo de correia selecionada é a Optibelt 5M.

- **Seleção da correia dentada**

Distância entre eixos = Afinável entre 494 e 525 mm

Polia 1 (**motora**) = 40 – 5M – 15

- Z=40 dentes
- Diâmetro = 63,66 mm
- Passo = 5M
- L (largura da correia) = 15 mm
- Material = Aço

Polia 2 (**movida**) = 80 – 5M – 15

- Z=80 dentes
- Diâmetro = 127,32
- Passo = 5M
- L (largura da correia) = 15 mm
- Material = Aço

Correia = Optibelt Omega 1420-5M HTD

3.1.2.5. Seleção dos cilindros pneumáticos

Os cilindros pneumáticos neste sistema têm a função de avançar e recuar as placas horizontais de suporte do saco e firmar o saco quando este se encontra em movimento de descida. Para tal é necessário ter em atenção que as placas suportam 28Kg e para efeitos de cálculo a massa não se movimenta. Tendo em conta estes fatores, a única força que suporta o peso é a força horizontal exercida pelos cilindros pneumáticos. Assim, cada placa terá de suportar uma força de 14 Kg na direção horizontal, como podemos verificar na figura seguinte.

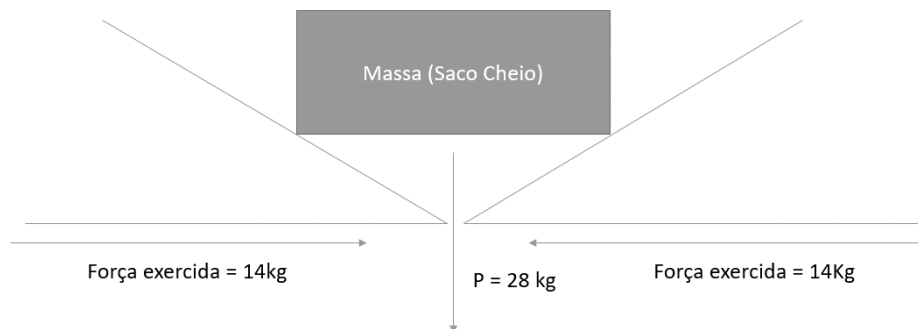


Figura 80 – Representação das forças exercidas nas placas de suporte do saco

A força que terá de ser exercida por um cilindro é calculada nas seguintes expressões:

$$\text{Força exercida (N)} = \text{Peso da massa (N)}$$

$$\text{Força exercida (N)} = m \text{ (kg)} \cdot g \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{Força exercida} = 14 \cdot 9,81 = 137,34 \text{ N}$$

Considerando um **coeficiente de segurança de 3**,

$$\text{Força exercida} = 137,34 \cdot 3 = 412,02 \text{ N}$$

Para tal, foi definido o curso do cilindro através da representação CAD 3D do sistema de embalagem, sendo de 200 mm.

A pressão do ar comprimido utilizada na Fabricabos é de aproximadamente 7 bares.

Recorrendo ao *site* da Air Tac, fabricante de componentes pneumáticos, foram retiradas todas as informações dos cilindros pneumáticos. De seguida é apresentada na Figura 81 uma tabela com os cilindros da Gama SE. [42]

Unit: Newton(N)

Bore size	Rod size	Acting type	Pressure area(mm ²)	Operating pressure(MPa)								
				0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
32	12	Double acting Push side	804	80,4	160,8	241,2	321,6	402,0	482,4	562,8	643,2	723,6
		Pull side	690	69,0	138,0	207,0	276,0	345,0	414,0	483,0	552,0	621,0
40	16	Double acting Push side	1256	125,6	251,2	376,8	502,4	628,0	753,6	879,2	1002,4	1130,4
		Pull side	1055	105,5	211,0	316,5	422,0	527,5	633,0	738,5	844,0	949,5
50	20	Double acting Push side	1963	196,3	392,6	588,9	785,2	981,5	1177,8	1374,1	1570,4	1766,7
		Pull side	1649	164,9	329,8	494,7	659,6	824,5	989,4	1154,3	1399,2	1484,1
63	20	Double acting Push side	3117	311,7	623,4	935,1	1246,8	1558,5	1870,2	2181,9	2493,6	2805,3
		Pull side	2803	280,3	560,6	840,9	1121,2	1401,5	1681,8	1962,1	2242,4	2522,7
80	25	Double acting Push side	5026	502,6	1005,2	1507,8	2010,4	2513,0	3015,6	3518,2	4020,8	4523,4
		Pull side	4536	453,6	907,2	1360,8	1814,4	2268,0	2721,6	3175,2	3628,8	4082,4
100	25	Double acting Push side	7853	785,3	1570,6	2355,9	3141,2	3926,5	4711,8	4288,2	6282,4	7067,7
		Pull side	7362	736,2	1472,4	2208,6	2948,6	3681,0	4417,2	5153,4	5889,6	6625,8
125	32	Double acting Push side	12272	1227,2	2454,4	3681,6	4908,8	6136,0	7363,2	8590,4	9817,6	11044,8
		Pull side	11468	1146,8	2293,6	3440,4	4587,2	5734,0	6880,8	8027,6	9174,4	10321,2

Figura 81 – Tabela de cilindros pneumáticos AirTac gama SE [42]

Foi escolhido um cilindro com as seguintes características:

- Gama **SE**
- Curso: **200 mm**
- Diâmetro do Pistão: **32 mm**
- Diâmetro da haste: **12 mm**
- Tipo de cilindro: **Duplo efeito**
- Força exercida: **562,8 Newton**

De modo a confirmar,

$$\text{Força exercida pelo cilindro} = 562,8 \text{ N}$$

$$\text{Força exercida necessária} = 412,02 \text{ N}$$

$$\text{Força exercida pelo cilindro} > \text{Força exercida necessária}$$

Assim, encontra-se em conformidade. Os cilindros escolhidos foram o AirTac SE32x200mm.

3.1.2.6. Seleção dos rolamentos contidos nas chumaceiras de base dos fusos trapezoidais

Como sabemos, o sistema de embalagem trabalha com alguma carga quando o saco está a ser preenchido. De acordo com este sistema, os fusos trapezoidais é que movimentam o carrinho sendo então quem suporta a massa transportada. Os fusos têm de garantir um movimento rotacional para o sistema trabalhar, e dessa forma os apoios têm de ser constituídos por chumaceiras com rolamentos. Contudo, como este sistema trabalha verticalmente, as chumaceiras, têm de conter rolamentos de contacto angular, para que estes realizem o seu movimento rotacional e suportem a carga neles imposta. Para tal, será realizada a seleção desses rolamentos conforme o catálogo da “SKF – fabricantes de rolamentos e afins”. [43]

- $D_{veio} = 12 \text{ mm}$
- $D_{ext} = 32 \text{ mm}$
- Carga aplicada/Fuso:

$$F = m \cdot g$$

Em que,

$$F = \text{Força aplicada num rolamento (kN)}$$

$$m = \text{massa aplicada num rolamento (Kg)}$$

$$g = \text{Aceleração da gravidade } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

Então,

$$F = \frac{58}{2} \cdot 9,81 = 264,87 \text{ N} = 0,25 \text{ kN}$$

Designação	Dimensões principais				Classificações de carga básica		Classificações de velocidade	
	d [mm]	r _d	D [mm]	B [mm]	dinâmica	estática	Velocidade de referência	Velocidade-limite
					C [kN]	C ₀ [kN]	[r/min]	[r/min]
○ 7200 BECBP	10		30	9	7,02	3,35	30 000	30 000
○ 7200 BEP	10		30	9	7,02	3,35	30 000	30 000
○ 7201 BECBP	12		32	10	7,61	3,8	28 000	26 000
○ 7201 BEGAP	12		32	10	7,61	3,8	28 000	26 000
○ 7201 BEP	12		32	10	7,61	3,8	28 000	26 000
○ 7301 BE-2RZP	12		37	12	10,6	5	26 000	20 000
○ 7301 BEP	12		37	12	10,6	5	26 000	24 000
■ 7202 ACCBM	15		35	11	10,2	5,2	26 000	40 000
○ 7202 BE-2RZP	15		35	11	8,32	4,4	24 000	20 000
○ ■ 7202 BECBP	15		35	11	8,8	4,65	24 000	26 000

Figura 82 – Tabela SKF rolamentos de uma carreira de esferas de contacto angular [43]

O rolamento selecionado foi SKF 7201 BECBP, pois cumpre todos os requisitos impostos.

Com todo o projeto mecânico bem definido que foi apresentado anteriormente, é necessário proceder ao projeto mecatrónico. No capítulo seguinte, foi feito o projeto mecatrónico que aborda corretamente o funcionamento da máquina, demonstrando o mesmo através de um diagrama Grafcet.

4. Automatização do equipamento

Neste capítulo, será apresentado o equipamento a automatizar, sendo também ilustrados os principais aspetos do mesmo considerados no processo de automatização. Após isto, também serão abordados todos os requisitos fundamentais a este mecanismo para posteriormente realizar uma comparação com os objetivos iniciais deste projeto. Um aspeto muito importante que será abordado neste capítulo, é que também se trata de abordar os aspetos e as considerações gerais sobre segurança no seu manuseamento.

4.1. Finalidade e Princípios Básicos de Funcionamento

O equipamento a automatizar encontra-se representado na Figura 83 e trata-se de uma máquina de contagem de cabos automática. Este equipamento destina-se a automatizar um processo manual de contagem utilizado. Tem como objetivo reduzir o número de funcionários necessários, diminuir o tempo despendido e de certo modo facilitar o processo.

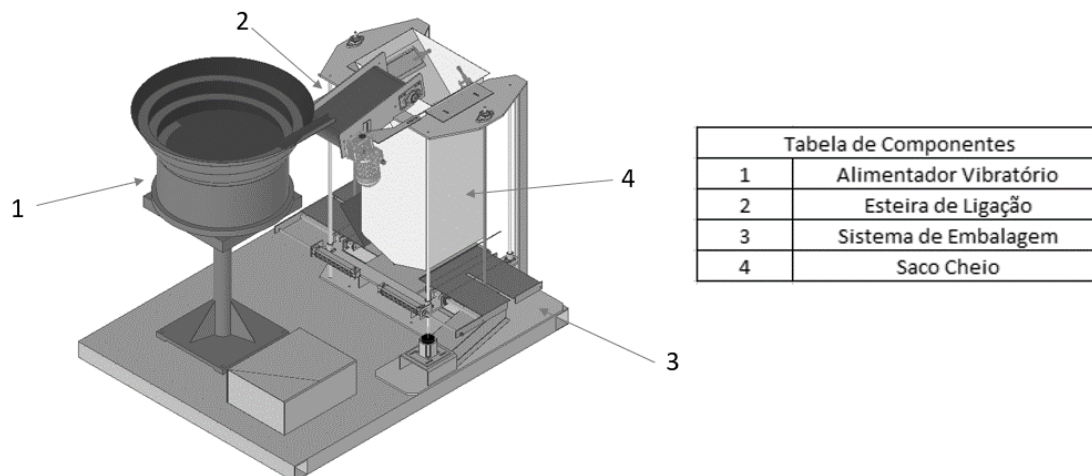


Figura 83 – Representação CAD 3D da máquina de contagem de cabos automática com os componentes identificados

Este sistema terá o seguinte ciclo de funcionamento: os cabos de madeira são depositados a “granel” no interior de uma cuba vibratória (1), que tem como função organizar os cabos e conduzi-los até ao exterior da mesma, depositando-os numa esteira de ligação (2). Os cabos de madeira, ao circularem na esteira, serão contados um a um, que posteriormente serão depositados num sistema de embalagem automático (3). Assim que o sistema detetar que já foi depositada a quantidade pretendida de cabos, o ciclo terminará e o saco encontra-se cheio (4).

4.1.1. Considerações gerais sobre o funcionamento

Este sistema de contagem é constituído por 3 subsistemas principais, sendo estes designados por alimentador vibratório, esteira e sistema de embalagem. Contudo o mais relevante para ser automatizado é o sistema de embalagem. Este possui várias cadeias cinemáticas, como as relações de transmissão entre servomotor e fusos.

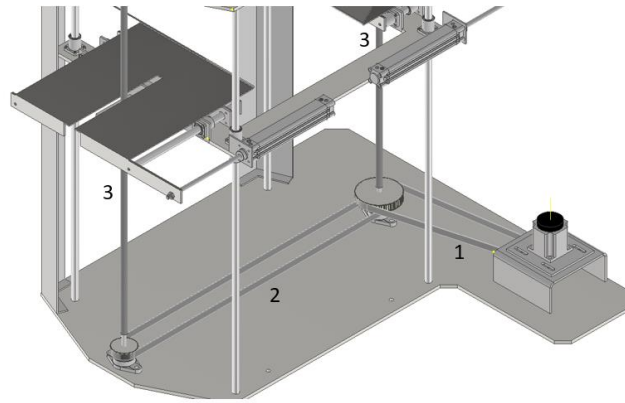


Figura 84 – Cadeias cinemáticas do sistema de embalagem

Para facilitar a compreensão e de modo a serem explícitos todos os dados para que o projeto mecatrónico seja obtido com sucesso, todos os aspetos relevantes serão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Cadeias cinemáticas relevantes para o projeto mecatrónico

Número da cadeia cinemática	Descrição da cadeia cinemática	Relação de transmissão
1	Ligação por correia dentada entre servomotor e fuso trapezoidal de ligação	0,5
2	Ligação entre fusos trapezoidais por correia dentada	1,00
3	Sistema Porca-Fuso para movimento de translação ascendente e descendente	4mm/rotação

Tendo presente toda esta informação, o desenvolvimento do projeto mecatrónico será mais facilitado, nomeadamente na afinação das velocidades de manuseamento do sistema.

4.1.2. Funcionamento pretendido

O sistema representado anteriormente deve possuir um sistema de memória para que, todas as afinações realizadas num certo modelo de cabo de madeira seja guardada, podendo ser utilizada posteriormente muito mais facilmente. Este aspeto é muito importante devido a esta empresa possuir uma vasta gama de modelos de cabos. Este sistema também terá de possuir um sistema de interface relativamente simples, intuitivo e rápido de modo a serem evitados erros. A componente física dos componentes de automação deverá ser o mais compacta possível e protegida, de modo que sejam evitados prejuízos devido ao mau manuseamento do sistema [44].

Além disso, este sistema possuirá vários modos de funcionamento. De modo a torná-los mais explicitados, foi elaborado um caderno de encargos. Este caderno de encargos tem como objetivo discriminar qual será o funcionamento detalhado do sistema. Deste modo, este será apresentado de seguida.

O sistema de contagem e de embalagem de cabos automático possui diversos modos de funcionamento. Contudo, o operador antes de iniciar o trabalho deve sempre proceder a uma verificação.

Verificação

O primeiro passo no manuseamento deste equipamento é a verificação. Este é realizado de modo que antes que a máquina seja iniciada, se faça uma análise. Esta análise é feita para verificar se a máquina na sua utilização anterior terminou o ciclo corretamente, se possui algum tipo de encravamento, etc. Caso se depare com algum encravamento ou algo do género, o operador resolve e a máquina esta pronta para iniciar um novo modo.

Modos de funcionamento

Estes modos são definidos antes do início do funcionamento da máquina, contudo, de seguida, os mesmos serão representados através da Figura 85.



Figura 85 – Modos de funcionamento

Modo Automático (Funcionamento normal)

Este modo é utilizado quando o operador tem conhecimento da quantidade que o saco acarreta e não pretende gravar os dados na memória do equipamento, ou seja, quando pretende uma contagem rápida. Quando o operador seleciona a quantidade a máquina auto ajusta-se. De seguida, será discriminado passo a passo como é manuseado este modo de funcionamento.

1. Ligar interruptor energia geral no quadro elétrico de modo a inicializar a máquina;
2. Colocar o sistema de embalagem no zero máquina caso não esteja. O zero máquina é precisamente quando o carrinho do sistema de embalagem está completamente subido e é detetado por um sensor. De seguida, será demonstrado através de uma figura o zero máquina com o sensor referido;

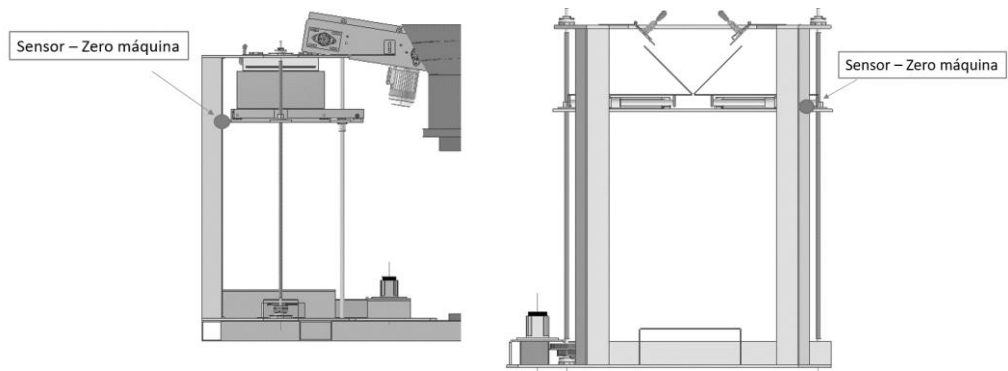


Figura 86 – Demonstração do sensor Zero máquina

Outro aspeto muito importante a frisar é que as placas horizontais encontram-se avançadas, ou seja, as electroválvulas encontram-se nas posições recuadas para que o ar seja introduzido no cilindro fazendo os manter recuados.

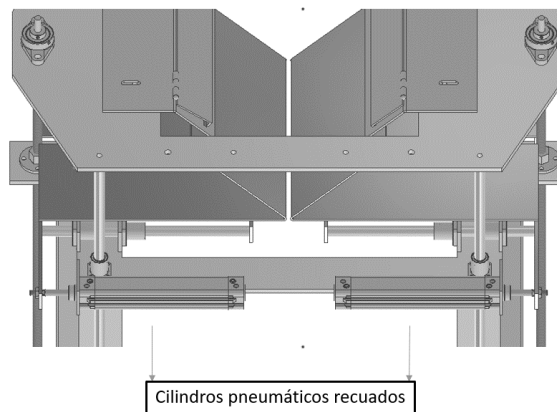


Figura 87 – Demonstração dos cilindros pneumáticos recuados

3. Com a consola ligada, seleccionar o “Modo Automático”.
4. Seleccionar a quantidade de cabos desejada no saco através da consola. Assim que é seleccionada a quantidade a máquina (carrinho de descida) se ajustará.
5. O operador preenche a cuba vibratória com cabos e coloca o saco no sistema de embalagem pronto para receber os mesmos no seu interior;
6. É apertado o botão *start* (localizado na consola) e assim é iniciado o ciclo de contagem.

7. A cuba vibratória inicia o seu funcionamento individual (ou seja, apenas a cuba vibratória em funcionamento) e os cabos organizam-se.
8. Quando é dado o sinal de um sensor colocado no fim da pista da cuba vibratória, ou seja, os cabos organizaram-se e chegaram ao final da pista prontos para prosseguirem, é acionado o tapete rolante (Quando o sinal é dado, significa que os cabos já estão no final da pista da cuba vibratória prontos para prosseguirem para o tapete rolante e o mesmo é então posto em funcionamento). De modo a tornar esta explicação mais fácil de entender, é apresentada na Figura 88 com a localização do sensor.

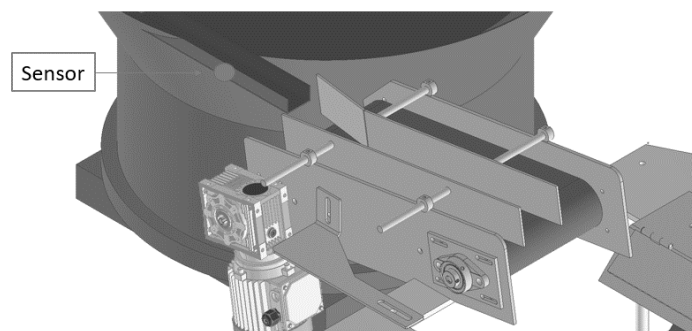


Figura 88 – Demonstração do sensor no final da pista da cuba vibratória

9. Quando é dado o sinal desse sensor colocado no fim da pista da cuba vibratória, é acionado o tapete rolante. O tapete rolante é responsável por transportar os cabos desde a saída da cuba até ao saco. Nesta etapa é realizada a contagem, ou seja, no percurso dos cabos no tapete rolante tem uma célula, que será responsável pela contagem “um a um” dos cabos de madeira, sendo esses encaminhados de seguida para o saco.

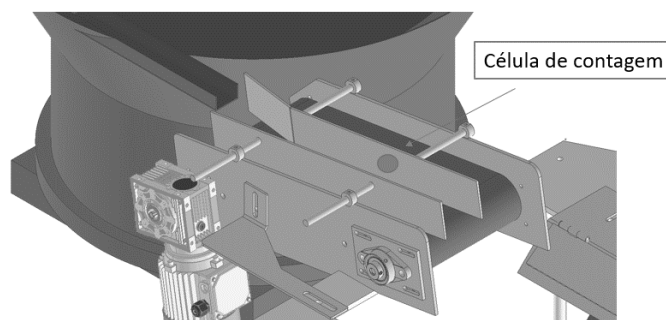


Figura 89 – Demonstração da célula de contagem

10. Após os cabos passarem no sensor de contagem, estes serão depositados no saco. O sistema de controlo de descida do carrinho para que os cabos sejam sempre depositados à mesma altura (para evitar arranhões e mossas), será feito através de um sensor colocado na seguinte configuração apresentada na Figura 90.

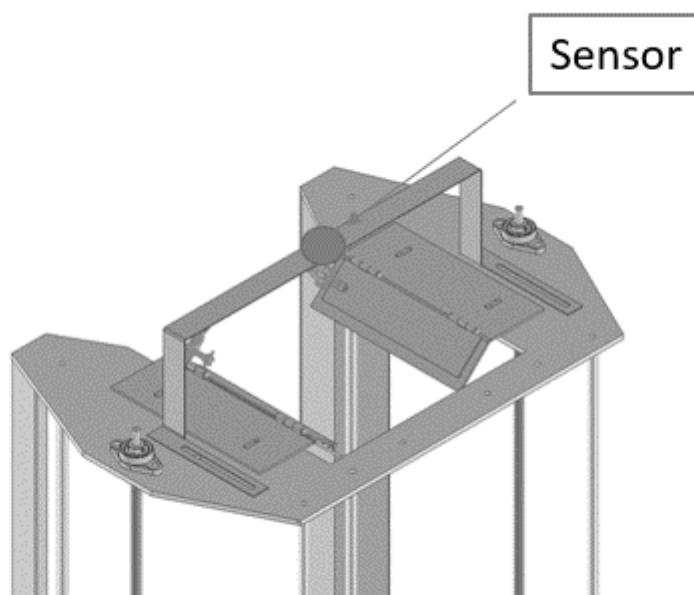


Figura 90 – Demonstração da localização do sensor responsável pela descida do carrinho

Este sensor, deteta objetos a uma determinada distância, ou seja, quando este detetar que o nível de cabos está a subir até a um determinado nível, ele dará informação para o carrinho realizar a descida, estando o saco pronto para receber mais cabos no seu interior.

11. Após esta fase, podemos ter vários cenários se:

- **Realizar a contagem até ao final:**

Se o sensor que se encontra no final da cuba vibratória (ao fim de um determinado tempo) não detetar falta de cabos e o sistema contar sempre continuamente, este vai realizar o ciclo até ao final. O passo seguinte é descrito na próxima etapa;

- **Entrar em modo espera:**

Se o sensor que se encontra no final da pista da cuba vibratória (ao fim de um determinado tempo) detetar que houve falta de cabos, o sistema vai interromper o seu funcionamento e irá acender uma lâmpada sinalizadora, para que o operador vá acrescentar cabos na cuba vibratória. Assim, após o operador alimentar a cuba vibratória, deve apertar o botão *continuar*, para que o ciclo retome a contagem normalmente e a lâmpada seja apagada.

12. Quando é atingido o número de cabos desejados no saco, o sistema está pronto para terminar o ciclo. Este sistema termina o ciclo acionando o servomotor até atingir o sensor inferior que se encontra no sistema de embalagem. Quando o carrinho desce e atinge o sensor inferior, as electroválvulas são acionadas fazendo com que as placas horizontais recuem (significa um avanço nos cilindros) e o ciclo está prestes a terminar. Neste momento o operador está em condições de retirar o saco cheio da máquina.

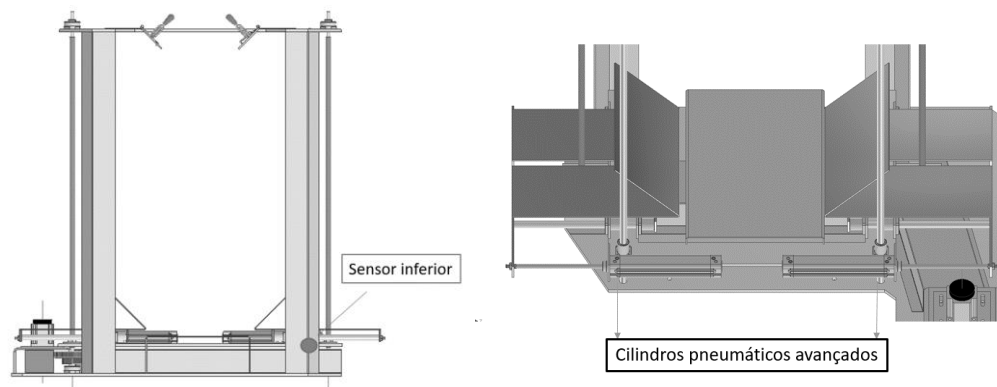


Figura 91 – Demonstração do sensor inferior e dos cilindros pneumáticos avançados

13. Apertar o botão zero que se encontra no sistema de embalagem para que o carrinho suba até ao ponto “zero”. Assim termina o ciclo.

De modo ao operador realizar uma nova contagem com o mesmo modo, ou seja, com as mesmas configurações, basta apertar o botão *start*. Após apertar este botão, o sistema irá realizar um novo ciclo.

Modo Manutenção

Este modo será utilizado sempre que o equipamento necessitar de uma intervenção, ou seja, sempre que houver alguma avaria que não seja de fácil resolução, o operador pode seleccionar este modo para ter todo o controlo da máquina através da consola. De seguida será discriminado passo a passo como é manuseado este modo de funcionamento.

1. Verificação;
2. Ligar interruptor energia geral no quadro elétrico de modo a inicializar a máquina;
3. Através da consola, técnico de manutenção pode controlar totalmente a máquina. De seguida será representada uma pequena ilustração da consola.



Figura 92 – Demonstração da consola na área da manutenção

Todos estes comandos podem ser utilizados para controlar todos os movimentos da máquina.

- Comando **Alimentador** – Liga o alimentador vibratório;
- Comando **Tapete** – Liga o tapete;
- Comando **Subir Carrinho** – Cria um movimento ascendente rápido do Carrinho;
- Comando **Descer Carrinho** – Cria um movimento descendente rápido do carrinho;
- Comando **Abrir placas** – Abre as placas horizontais;
- Comando **Fechar placas** – Fecha as placas horizontais.

4. Quando o técnico terminar a manutenção, seleciona o comando “Manutenção Concluída” para que esta regresse ao menu principal.

Estes são os modos de funcionamento que a máquina possuirá. Em modo de conclusão, este sistema também deverá garantir em todos os momentos de funcionamento a segurança do utilizador. No próximo capítulo serão introduzidas várias considerações sobre segurança acerca deste sistema de contagem de cabos automático.

4.1.3. Considerações Gerais sobre Segurança no manuseamento

Este sistema de contagem de cabos automático, deve sempre em todos os momentos de manuseio, garantir a segurança, preservar a integridade física do utilizador e do equipamento. Tendo como partido o funcionamento deste sistema descrito acima nos capítulos anteriores, foram definidas diversas regras de segurança a que o equipamento deve cumprir. Estas são descritas de seguida:

- Paragem imediata do equipamento em emergências indicadas pelo utilizador;
- Apenas é repostado o ciclo novamente assim que todos os indicadores de segurança do utilizador e do equipamento estiverem completamente em conformidade;
- Paragem controlada em caso de algum evento de risco assinalado pelo utilizador;
- Não será dada a permissão de alteração a qualquer utilizador do sistema, de modo a sejam evitadas más utilizações que podem pôr em risco a segurança do utilizador e do equipamento.

4.1.4. Tabela de entradas e Saídas

De seguida na Tabela 10 serão apresentadas as entradas e saídas utilizadas neste equipamento.

Tabela 10 – Entradas máquina de contagem de cabos automática

Entradas	Descrição
Emerg	Emergência
<i>Start</i>	Início de ciclo
<i>Stop</i>	Interrupção/Fim de ciclo
<i>Restart</i>	Recomeço de ciclo
FCB	Fim de curso parte inferior sistema Embalagem
ZM	Zero máquina / Posição de referência
BZM	Colocar máquina na posição de referência
C1F	<i>Reed Switch</i>
C2F	<i>Reed Switch</i>
C1A	<i>Reed Switch</i>
C2A	<i>Reed Switch</i>
SA	Sensor fibra ótica alimentador
CC	Sensor fibra ótica Contagem
SD	Sensor fibra ótica Descida do carrinho
FDC	Fim de ciclo/ Forçar final de ciclo - Botão
Modofunc	Modo funcionamento normal
Modomanut	Modo manutenção
Q	Quantidade Definida a colocar no saco
Erro Servo	-

Tabela 11 – Saídas máquina de contagem de cabos automática

Saídas	Descrição
PassServo	Comando do passo do servomotor
DirServo	Comando da direção do movimento
Tapete	Variador do motor do tapete
Vibrador	Relé para acionamento do vibrador
LâmpadaAmarela	Torre sinalização - Luz Amarela
LâmpadaVerde	Torre de sinalização – Luz Verde
LâmpadaVermelha	Torre de sinalização – Luz Vermelha
Cilopen	Abrir electroválvula + relé
Cilclose	Fechar electroválvula + relé

Com isto, é possível proceder à confeção do Grafcet que traduzirá os modos de funcionamento da máquina. Assim, no próximo capítulo, será apresentado o Grafcet que traduz todos os modos de funcionamento deste sistema.

4.1.5. Grafcet máquina de contagem de cabos automática

De modo a facilitar a exemplificação e a execução da programação e do funcionamento da máquina, foi representado um Grafcet sendo este tipo de linguagem esquemática muito intuitiva e de fácil compreensão. No caso deste equipamento, a execução deste Grafcet foi dividida em duas partes devido a termos dois modos de funcionamento (Modo p/ Quantidade e Modo manutenção).

De seguida é representado o Grafcet principal sendo este referente ao modo de funcionamento por quantidade.

4.1.5.1. Grafcet principal (Modo p/ Quantidade)

Este modo de funcionamento, é referente ao mais utilizado. O utilizador através da consola coloca a quantidade que pretende no saco e coloca o equipamento em funcionamento. De modo a auxiliar a compreensão deste Grafcet, este modo de

funcionamento foi descrito detalhadamente no caderno de encargos do Cap. 3.2.3. e todas as entradas e saídas estão representadas na tabela do Cap. 3.2.5.

De seguida será apresentada uma sequência de imagens que traduzem este Grafcet.

- Grafcet Principal

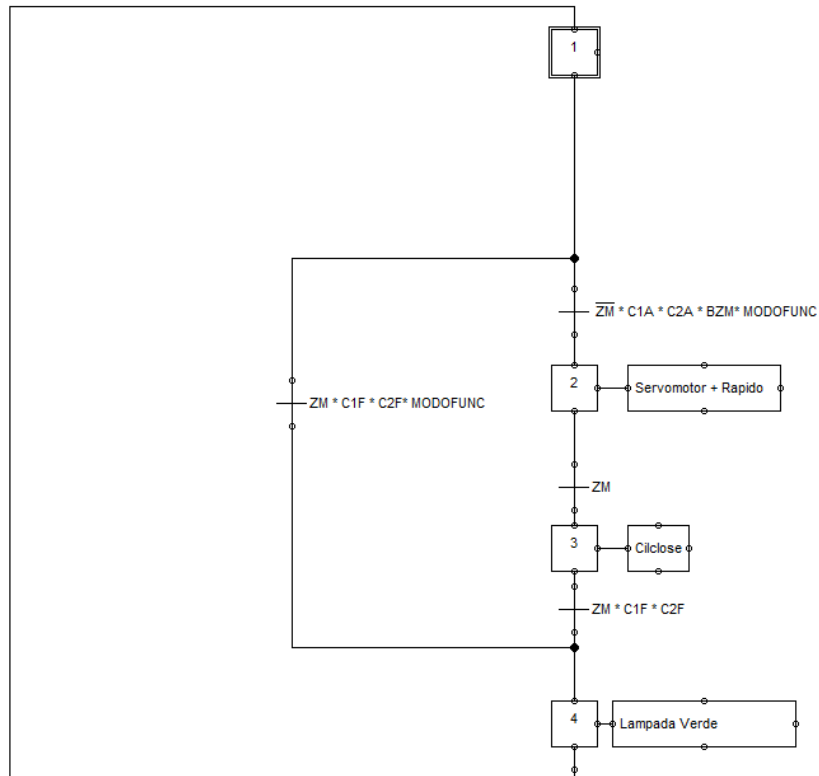


Figura 93 – Colocação da máquina no ponto zero máquina e definição da quantidade a colocar no saco

- Grafcet Principal (Continuação)

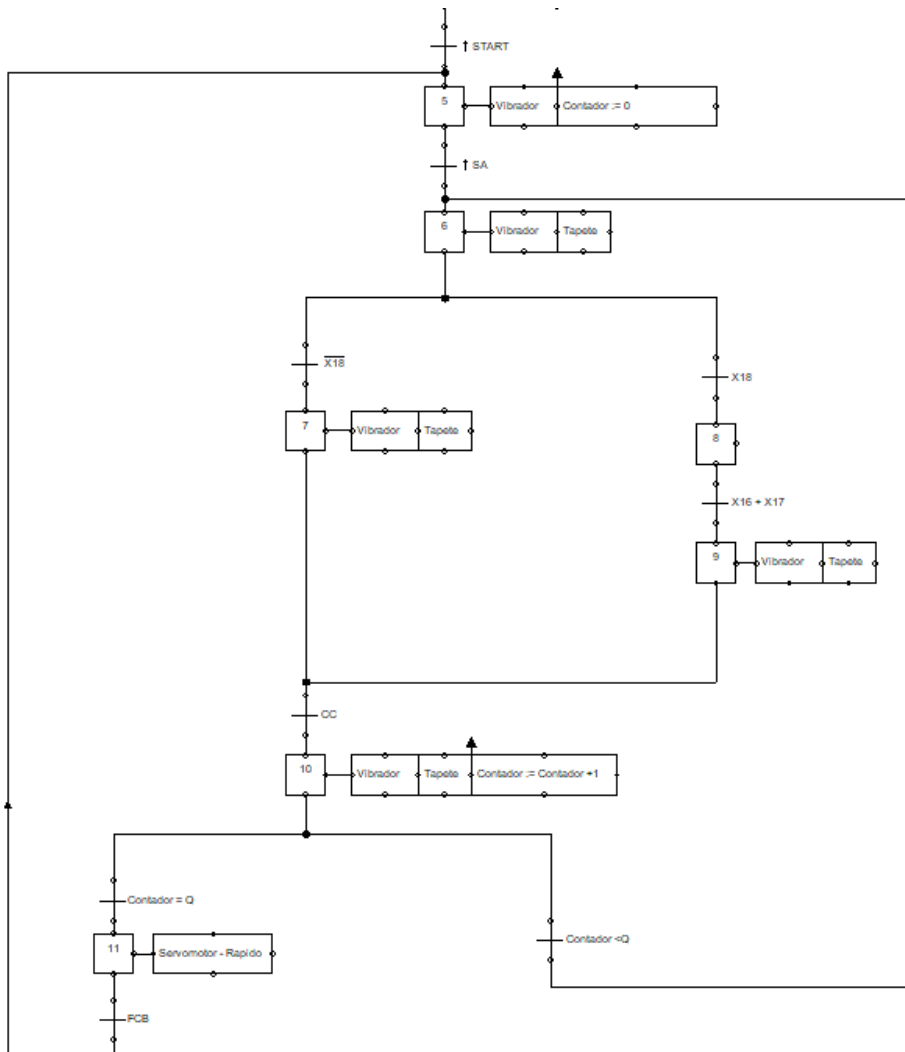


Figura 94 – Contador inserido na máquina

- Grafcet Principal (Continuação)

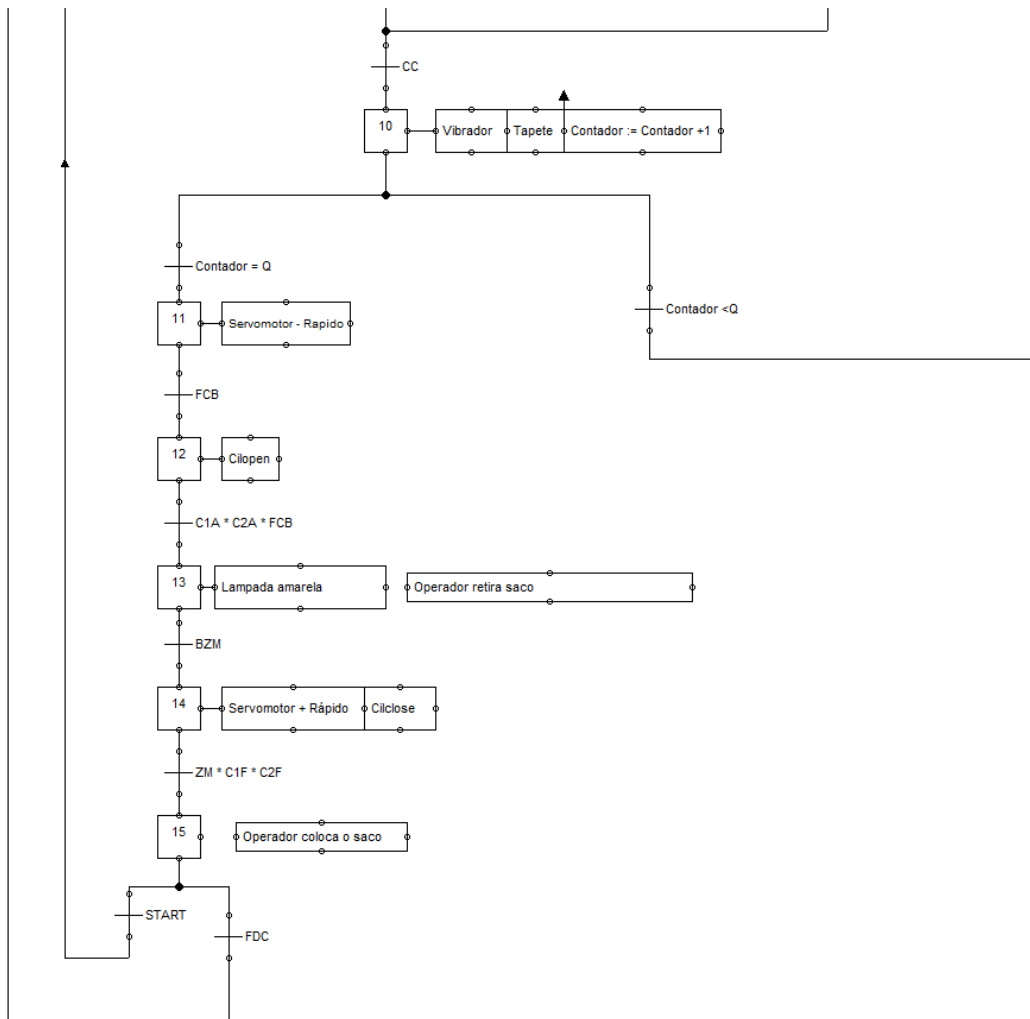


Figura 95 – Fase final deste modo de funcionamento

- Verificação do sensor do alimentador de 10 em 10 segundos

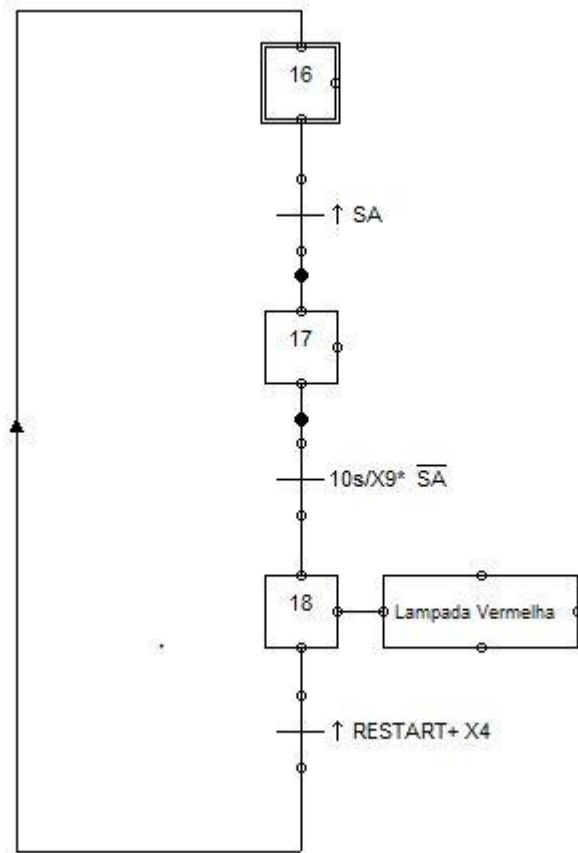


Figura 96 – Grafcet auxiliar de análise de 10 em 10 segundos do sensor do alimentador

- Grafcet responsável pela análise do nível de cabos e descida do carrinho

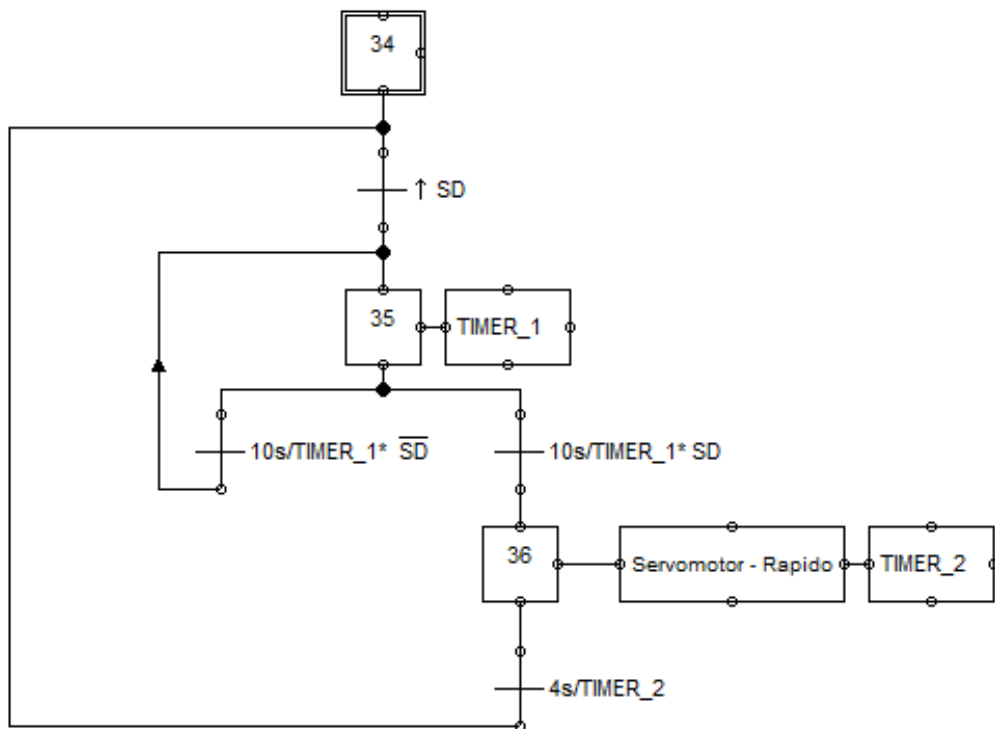


Figura 97 – Sensor de descida carrinho (verificação do nível de cabos a manter a uma determinada altura)

4.1.5.2. Grafcet Modo Manutenção

Este modo de funcionamento permite com que um técnico especializado faça a manutenção da máquina. Com este modo, é possível controlar a máquina em todos os seus movimentos manualmente através da consola HMI.

De seguida serão ilustrados os Grafcet que descrevem o funcionamento da máquina neste modo.

- Grafcet Modo Manutenção – Subida e descida carrinho

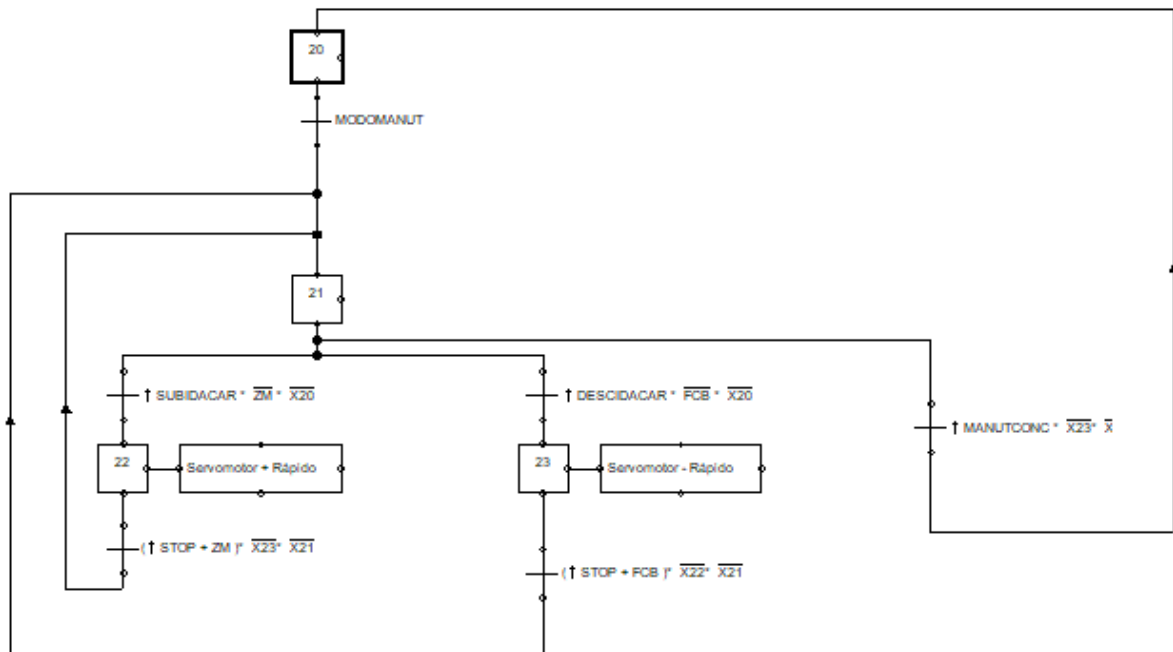


Figura 98 - Grafcet que controla manualmente a subida e a descida do carrinho

- Grafcet Modo Manutenção – Abrir e Fechar placas do carrinho

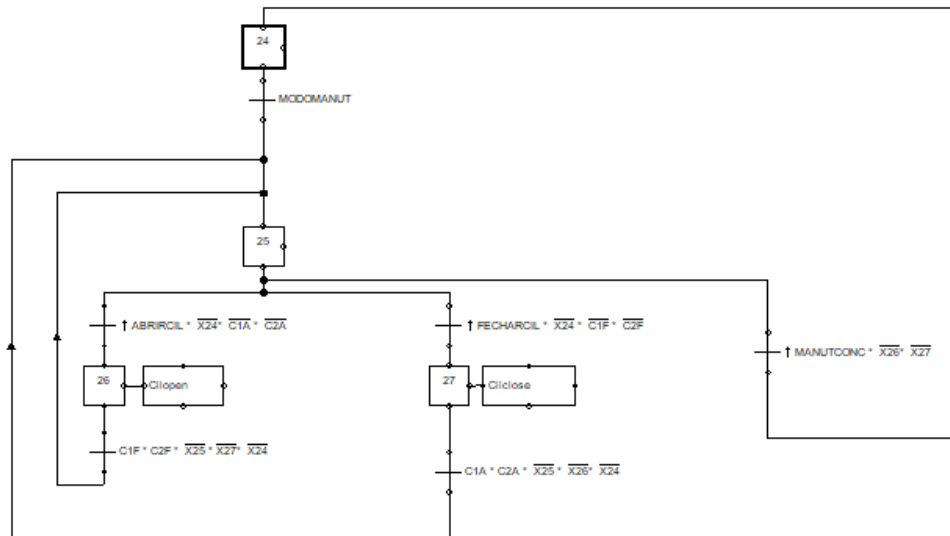


Figura 99 - Grafcet que controla manualmente o fecho e a abertura dos cilindros pneumáticos (placas horizontais)

- Grafcet Modo Manutenção – Ligar/Desligar Alimentador Vibratório

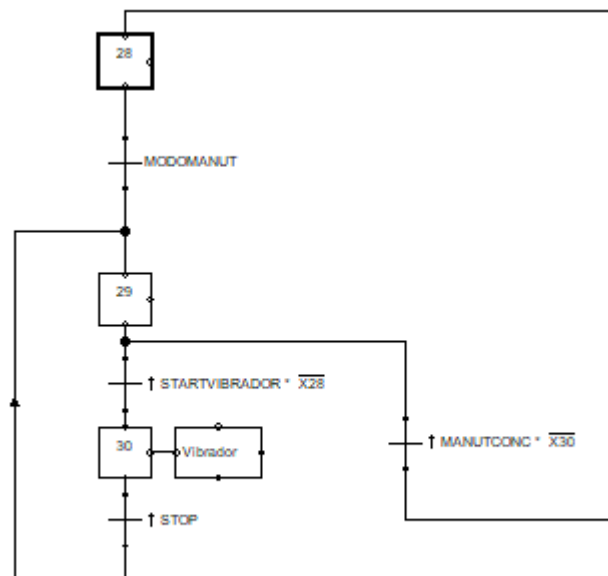


Figura 100 - Grafcet que permite ligar e desligar alimentador vibratório

- Grafcet Modo Manutenção – Ligar/Desligar Tapete transportador

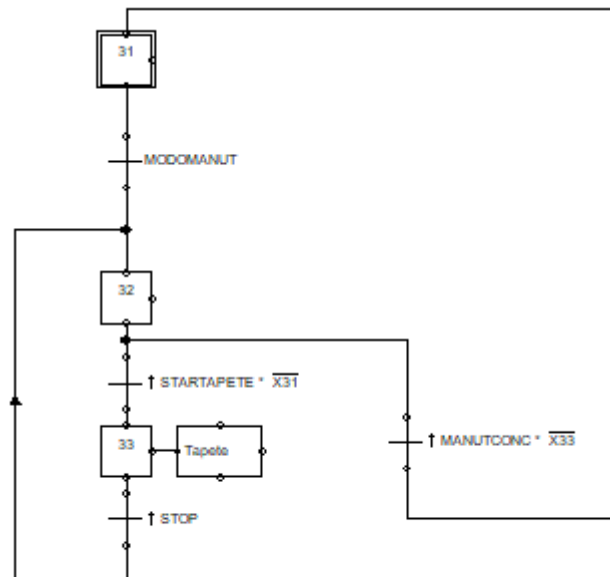


Figura 101 - Grafcet que permite ligar e desligar o tapete transportador

4.1.5.3. Grafcet Modo Emergência

Em todos os equipamentos industriais é necessário haver sempre um modo emergência, pois numa situação menos desejável do operador da máquina, este tem como escapar ileso. Este modo de funcionamento permite que quando é ativada uma betoneira, a máquina para imediatamente o seu funcionamento. De seguida será representado o Grafcet que traduz este modo de funcionamento.

- Grafcet Modo Emergência

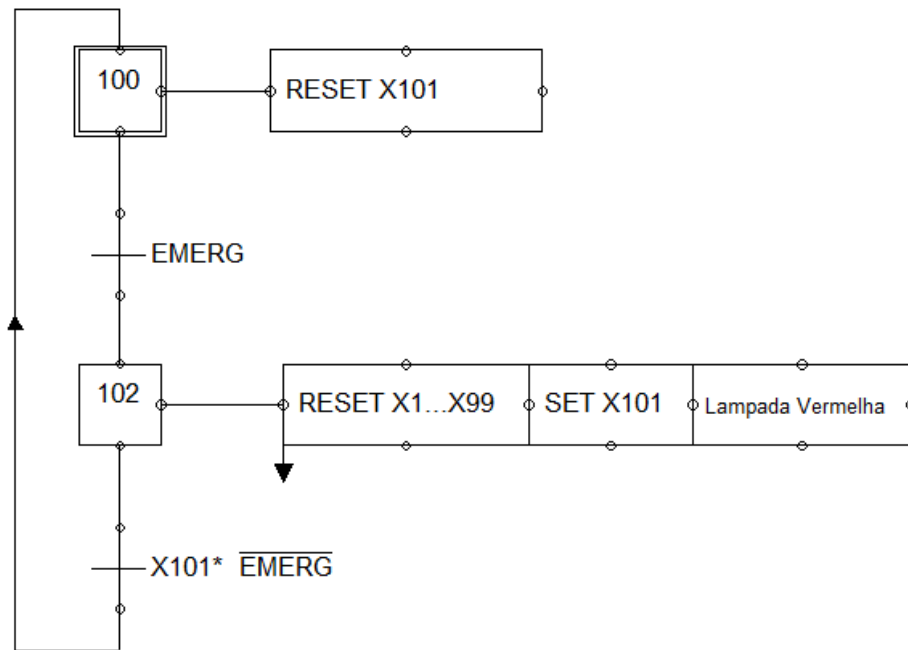


Figura 102 - Grafcet modo emergência

Posto isto, com estes Grafcet bem definidos, é possível proceder à programação Ladder para proceder à implementação e testes deste projeto, ou seja, colocar a mesma em funcionamento.

5. Implementação e Testes

Neste capítulo é feita a implementação do projeto descrito anteriormente. Aqui vai ser demonstrado o resultado da fabricação de todos os componentes mecânicos e a aplicação dos componentes eletrônicos. De seguida serão apresentadas diversas figuras que demonstram este projeto concretizado fisicamente.



Figura 103 - Fabricação do sistema de embalagem do saco



Figura 104 - Fabricação da base da máquina



Figura 105 - Colocação dos componentes sobre a base da máquina



Figura 106 - Implementação do sensor de descida do carrinho e aperto do saco



Figura 107 - Consola HMI 7" WECON Portugal



Figura 108 - Colocação das paralelas de guiamento dos cabos e aplicação dos sensores de fibra ótica responsáveis pela análise dos cabos do alimentador e pela contagem

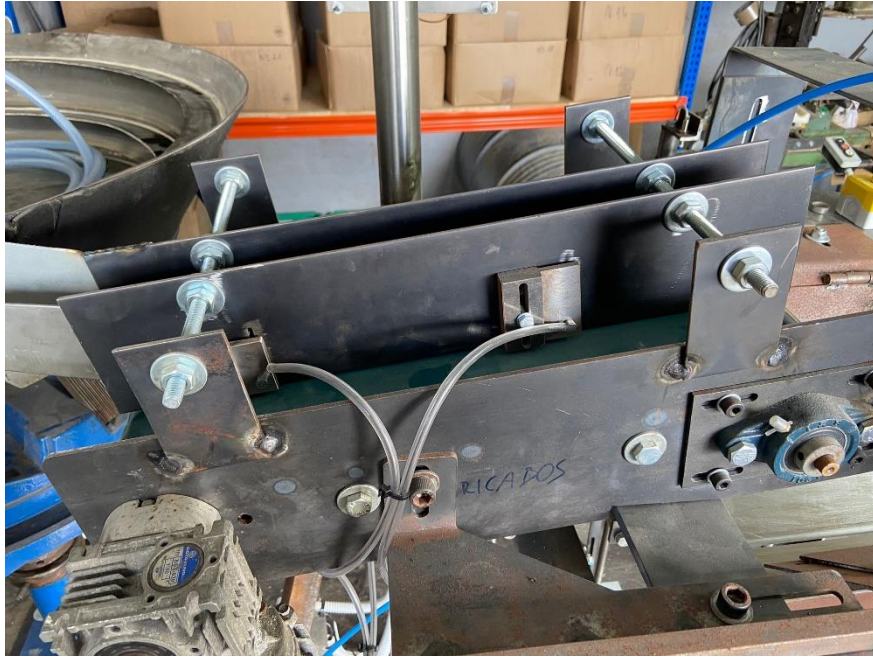


Figura 109 - Sensores de Contagem e do Alimentador vibratório



Figura 110 - Colocação do sensor de Descida

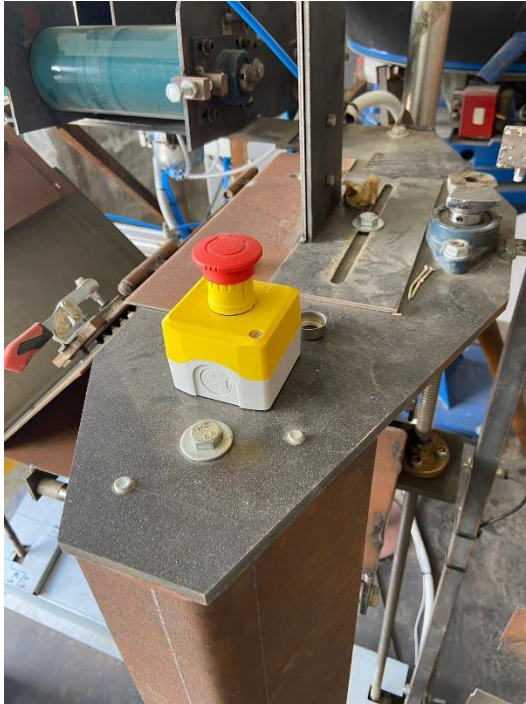


Figura 111 - Emergência sistema de embalagem



Figura 112 - Emergência painel da consola

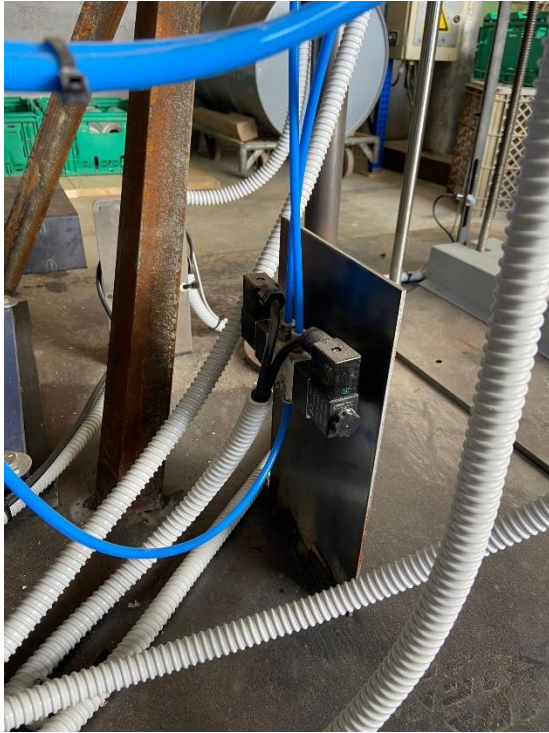


Figura 113 – Electroválvula atuação placas horizontais

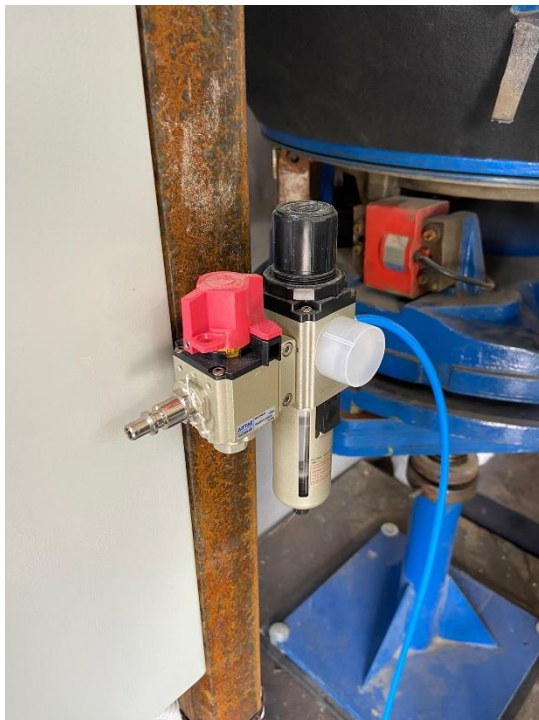


Figura 114 - Alimentação de ar na máquina



Figura 115 - Movimento rotacional da consola entre 0 e 90 graus

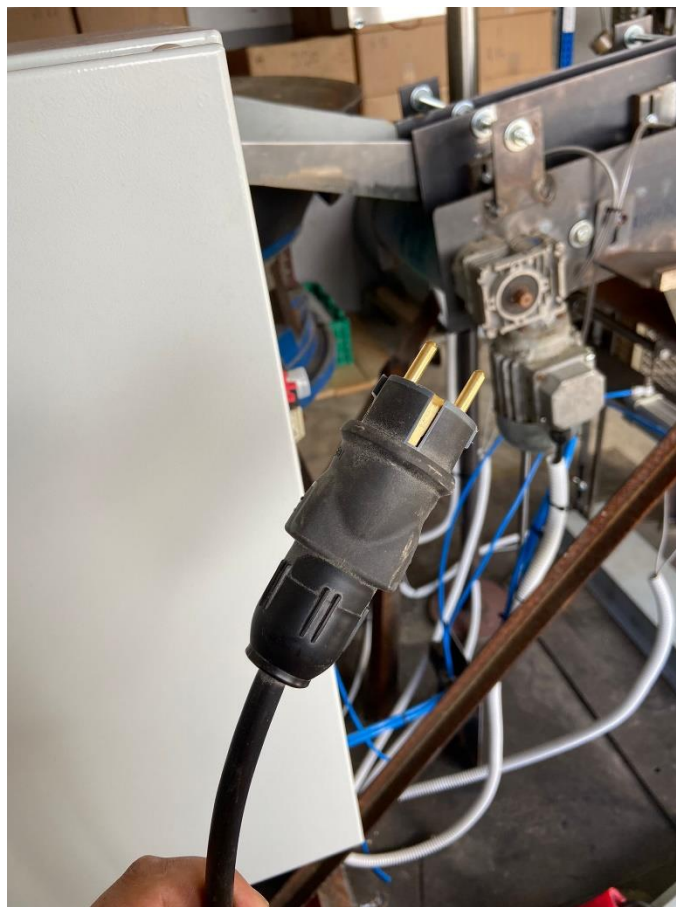


Figura 116 - Tomada de alimentação de energia 220V



Figura 117 - Barras de Reforço da estrutura do sistema de embalagem do saco

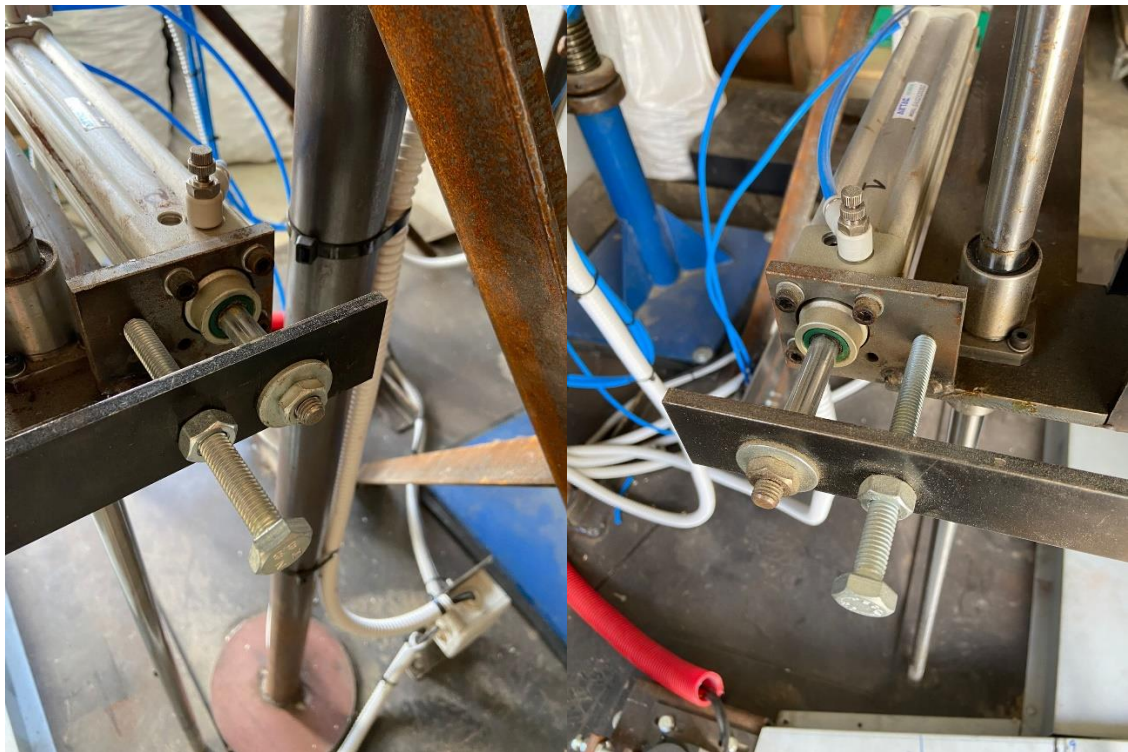


Figura 118 - Batentes limitadores do fecho das placas horizontais

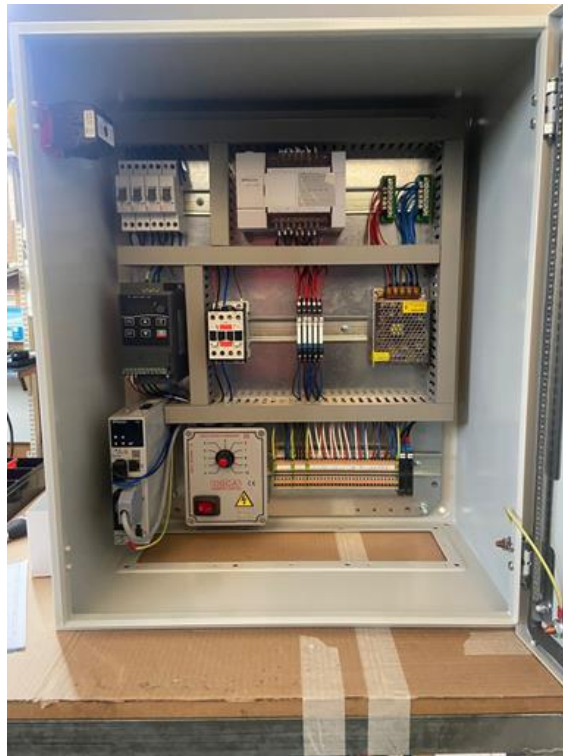


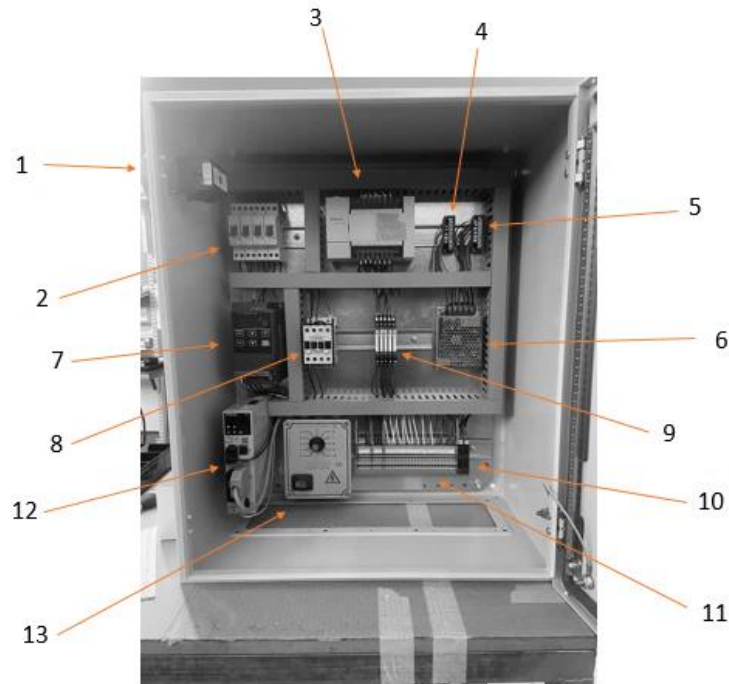
Figura 119 – Montagem Quadro elétrico



Figura 120 - Corte geral de energia no quadro elétrico

- **Quadro elétrico**

O quadro elétrico desta máquina é constituído por vários componentes como é possível observar na Figura 119. Estes serão devidamente ilustrados na seguinte tabela de componentes.



Nº do componente	Descrição
1	Interruptor geral de energia
2	Disjuntores
3	PLC Wecon LX3V
4	Bornes de Alimentação 24Vdc
5	Bornes de Alimentação 0Vdc
6	Fonte de alimentação 220Vac - 24Vdc
7	Variador de Frequencia Wecon VB-2SR75GB
8	Contactora Alimentador Vibratório
9	Relés 24Vdc
10	Recetores sensores de Fibra Optica
11	Bornes de contacto com as saídas para componentes
12	Servo drive Wecon VD2-010SA1G
13	Controlador Alimentador Vibratório

Tabela 12 - Tabela de componentes do quadro elétrico

- **Primeiro teste**

Após a implementação deste projeto, foram realizados alguns testes, sendo que tiveram de ser feitas algumas alterações. Num primeiro teste, aconteceu um equívoco em que teve de ser efetuada uma alteração. Uma das alterações mais relevante que foi efetuada, foi no

sistema de transmissão do carrinho de subida e de descida. No início deste primeiro teste, a polia de um dos fusos trapezoidais encontrava-se desapertada. Devido a este erro, quando o carrinho foi acionado, a estrutura torceu devido a apenas um fuso trapezoidal estar em movimento. Deste modo, para que não acontecesse novamente posteriormente, optou-se pela colocação de um sensor que deteta o movimento dos dois fusos, em que quando o servomotor estiver em movimento e um dos fusos estiver parado, significa que houve alguma anomalia na correia dentada de ligação entre os fusos. Na Figura 121 é possível visualizar o sensor que foi colocado para evitar este tipo de erro.



Figura 121 - Sensor de deteção de movimento do fuso trapezoidal

O funcionamento deste sensor é considerado simples. Quando o carrinho de subida e descida inicia o seu funcionamento, o fuso trapezoidal gira. Com o movimento rotacional do fuso, a roda de impulsos que se encontra fixa ao eixo do mesmo também terá o mesmo comportamento. O movimento giratório da roda de impulsos provoca uma constante ativação e desativação do sensor indutivo que se encontra imediatamente em cima da mesma. Assim, este sistema gerará impulsos que serão comunicados ao PLC, e indicará que este está num correto funcionamento. Caso haja alguma anomalia na correia dentada de ligação aos fusos, o sensor deixará de enviar impulsos ao PLC e a máquina entra em modo segurança para que não ocorram avarias na estrutura mecânica que podem ser irreparáveis.

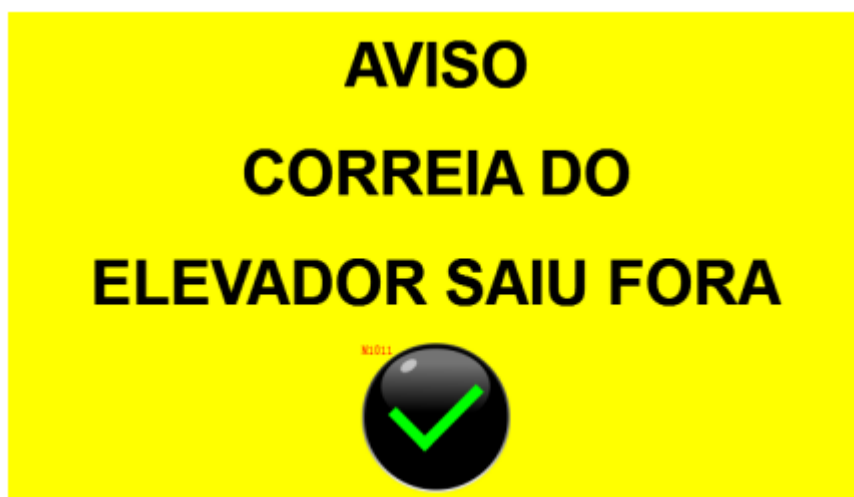


Figura 122 - Alerta que aparece na consola quando existe alguma anomalia na correia dentada de ligação dos fusos

- **Segundo teste**

No segundo teste, com o sistema de embalagem a funcionar perfeitamente, fizeram-se alguns ajustes no programa do PLC, nas velocidades, nos tempos de reação dos sensores, na posição dos sensores, e na cuba vibratória. Notou-se que durante o funcionamento da máquina, o alimentador vibratório produzia demasiado ruído. Para tal, a cuba foi toda forrada a borracha como é possível observar na Figura 123.



Figura 123 - Cuba vibratória com borracha vs. Sem borracha

Com esta alteração, foi notória a diferença de ruído produzido pela máquina em funcionamento.

- **Testes finais**

Neste teste, foi testada a máquina já a realizar a contagem dos cabos. Foram novamente realizados ajustes nas velocidades de descida, nos tempos de paragem e arranque do tapete transportador.

De forma a demonstrar um pouco do funcionamento da máquina, as seguintes figuras serão apresentadas com uma sequência que corresponde ao teste realizado.

Inicialmente completou-se a cuba vibratória com cabos de madeira prontos a serem contados.



Figura 124 - Cuba vibratória cheia com cabos de madeira

Após completar a cuba é definida a quantidade desejada no saco e é apertado o botão *start*. Assim, é dado o começo do funcionamento da máquina.



Figura 125 - Imagem capturada durante o funcionamento (contagem) da máquina

O sensor de descida funciona consoante o nível de cabos que está dentro do saco. Quando atinge um determinado nível, o carrinho desce.



Figura 126 - Carrinho subido (Quantidade menor de cabos no interior do saco) vs. Saco descido (quantidade maior dentro do saco)

Quando deteta a falta de cabos no interior da cuba vibratória, a máquina para e surge um aviso.

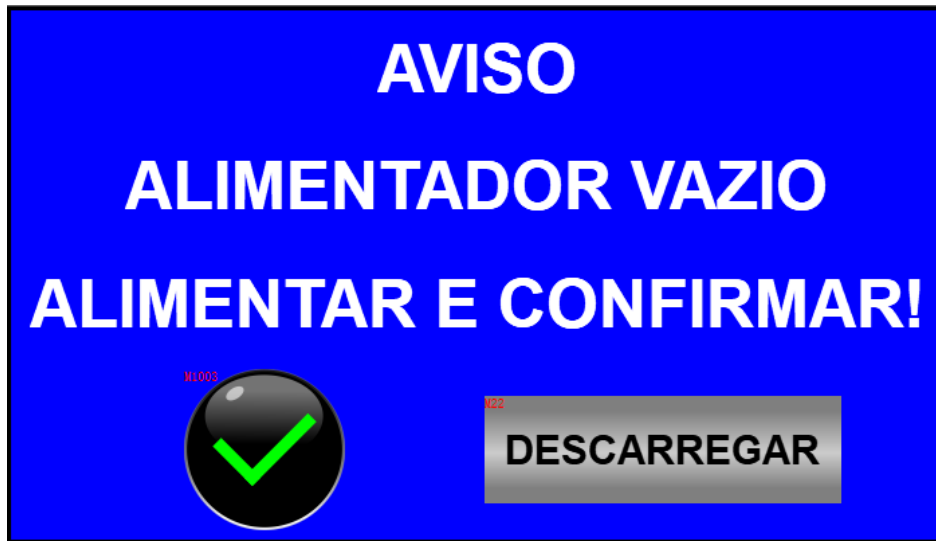


Figura 127 - Aviso que surge na consola quando falta cabos na cuba e a máquina

Após este aviso aparecer, o operador preenche a cuba com cabos e pode clicar no visto, ou seja, em continuar o ciclo. Caso não tenha mais cabos para contar, este carrega em descarregar e retira o saco com a quantidade que o saco possui. Caso a quantidade acabe, a máquina automaticamente irá descer e abrir as placas para o operador retirar o saco. Assim que termina surge um aviso para o operador retirar o saco. Assim que o saco é retirado, o operador clica no visto (Figura 128) para que a máquina prossiga.



Figura 128 - Aviso que surge após terminar o ciclo de contagem

Assim, que o operador clica no visto, a máquina automaticamente vai fazer o zero máquina. Caso após clicar no modo manutenção e voltar ao modo automático, surgirá sempre um aviso para se realizar o zero máquina.

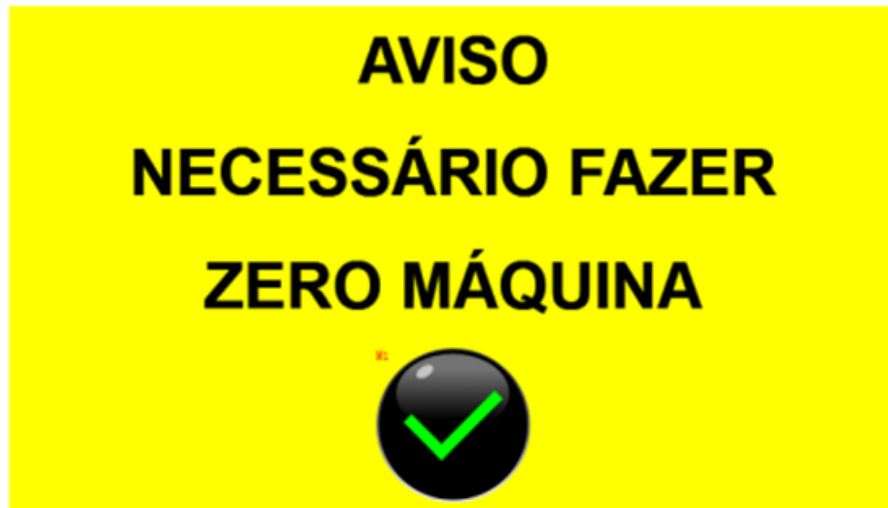


Figura 129 - Alarme zero máquina

Com isto, conclui-se que a máquina ao fim destes testes está devidamente afinada sendo que ao fim de pequenas alterações principalmente no programa, esta encontra-se pronta a trabalhar na empresa. Toda a configuração da consola encontra-se em anexo.

6. Considerações finais

6.1. Conclusões

Este projeto que foi desenvolvido ao longo deste documento representa um problema que uma empresa possuía num ramo e numa função específica na área da indústria da madeira.

A realização deste projeto foi dividida em quatro grupos fundamentais. Num primeiro grupo, foram demonstradas algumas bases teóricas acerca do produto em questão para a complementação do projeto e foi estudada a melhor forma de resolver o problema em questão. De modo a obter fundamentações teóricas para uma melhor compreensão foram abordados os conceitos necessários para a construção deste sistema assim como diversas tecnologias de projeto, tais como a norma VDI 2221 [34] e a norma VDI 2206 [2].

De seguida, noutra grande grupo foi feito o desenvolvimento do sistema mecânico em que se concebeu o projeto mecânico segundo a norma VDI 2221 [34] assim como a sua conceção. Nessa fase, também foi realizada a seleção e dimensionamento dos componentes.

Já noutra grupo, realizou-se o projeto mecatrónico segundo a norma VDI 2206 [2], que de forma bem consolidada procedeu-se à construção do Grafcet e de seguida a montagem do diagrama Ladder de forma a obter a programação para introduzir no PLC.

O último grande grupo deste projeto é dedicado à implementação em que foi construída a máquina segundo a conceção 3D previamente realizada. De seguida foram realizados testes, e isto permitiu aferir que este sistema de embalagem de cabos automático cumpre todos os requisitos iniciais impostos.

O sucesso deste equipamento é justificado pelo facto, deste possuir uma forma de realizar a contagem sem estragar os cabos e pelo facto de realizar a contagem e a embalagem dos mesmos. Outro aspeto muito importante é que este equipamento garante a segurança do utilizador e do equipamento, assegurando a imobilização em caso de emergência e de outras anomalias.

De forma a concluir, sem dúvida que este projeto foi concluído com sucesso, já que deu resposta e solucionou uma necessidade da empresa em questão. Neste momento, a máquina

encontra-se em funcionamento e trouxe vantagens muito preciosas para a mesma, já que contribuiu para o aumento de produção desta empresa.

6.2. Trabalhos Futuros

No que diz respeito a alterações futuras, esta máquina teria algumas melhorias a nível de funcionalidade e segurança que seriam de certo modo enriquecedoras. Além disso, este sistema poderia ser equipado com novas funcionalidades que complementariam a função desta máquina. Com isto, são sugeridas as seguintes alterações:

- Colocação de blindagens pela máquina de modo que esta fique mais protegida à acumulação de poeiras e também para a proteção do operador da máquina.
- Inserção de novos modos de funcionamento;
- Substituição de sinoblocos para amenizar vibrações transmitidas pelo alimentador vibratório;
- Instalação de uma tampa no alimentador vibratório para que seja obtida uma maior insonorização;
- Integração de um sistema de visão antes do sensor de contagem para que a máquina detete cabos com possíveis defeitos descartando-os;
- Melhoramento do sistema de transporte da máquina;
- Introdução de um número maior de pistas na cuba vibratória para que se obtenha uma maior velocidade na contagem;
- Pintura da máquina;
- Colocação de uma cuba vibratória com duas pistas, para obter uma maior cadência.

Referências Bibliográficas

[1] Homepage. (n.d.). Fabricabos. Acedido em Abril 7, 2022, Disponível em: <http://www.fabricabos.pt/>

[2] Design methodology for mechatronic systems, VDI 2206, 2004

[3] VDI. (1993) VDI 2221: Systematic Approach to the Development and Design of Technical Systems and Products. Beuth Verlag.

[4] O que é que fazemos | MADERAS CHAPAR. (n.d.). Acedido em Abril 19, 2022, Disponível em: <https://www.maderaschapar.com/pt-pt/o-que-e-que-fazemos/>

[5] Armazém para serrar tábuas em uma serração ao ar livre. moinho de madeira, serraria: armazenamento de tábuas de madeira aplainadas | Foto Premium. (n.d.). Freepik. Acedido em Abril 19, 2022, Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-premium/armazem-para-serrar-tabuas-em-uma-serracao-ao-ar-livre-moinho-de-madeira-serraria-armazenamento-de-tabuas-de-madeira-aplainadas_8157112.htm

[6] Aparelho de alta qualidade para medição da umidade do material | Instrumentos Testo S.A. (n.d.). Www.testo.com. Acedido em Abril 19, 2022, Disponível em: <https://www.testo.com/pt-PT/produtos/aparelho-medicao-umidade-material>

[7] Silvino Lindo - Ibérica, S.A. (n.d.). Www.sml.pt. Acedido em Abril 19, 2022, Disponível em: <https://www.sml.pt/>

[8] Máquina de embalagem de doces de gelatina com função de contagem de peças. (n.d.). Made-In-China.com. Retrieved August 2, 2022, from https://pt.made-in-china.com/co_landpack/product_Jelly-Candy-Packaging-Machine-with-Piece-Counting-Function_ryhuohiog.html

[9] Balança contadora de peças. (n.d.). Www.balancasmundial.com.br. Retrieved August 2, 2022, from <https://www.balancasmundial.com.br/produtos/balanca-industrial/balanca-contadora-de-pecas>

[10] Máquina De Enchimento De Contagem Pesagem (parafusos Porcas Parafusos Fixadores) Máquina De Embalagem - Buy Nuts Packing Machine,Bolts Packing Machine,Screws Packing Machine Product on Alibaba.com. (n.d.). Portuguese.alibaba.com. Acedido em Abril

19, 2022, Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Weighing-Counting-Filling-Nuts-Bolts-Screws-60773682379.html>

[11] reserved, M.-T. I. I. all rights. (n.d.). Pesagem automatizada, Aumento de eficiência da produção. [Www.mt.com. https://www.mt.com/int/pt/home/supportive_content/news/po/ind/IND-ICS5-Automation-3591.html](https://www.mt.com/int/pt/home/supportive_content/news/po/ind/IND-ICS5-Automation-3591.html)

[12] Medidor de Humidade em Madeira. (n.d.). Mixtrónica. Retrieved August 2, 2022, from <https://mixtronica.com/outros-medicao/29052-ut377a-medidor-de-humidade-em-madeira.html>

[13] O que são sensores indutivos e capacitivos? Características e funcionamento! (n.d.). [Www.mundodaeletrica.com.br](https://www.mundodaeletrica.com.br). <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-indutivos-capacitivos-caracteristicas-funcionamento/>

[14] Sensores Fotoelétricos - Sensores Fotoelétricos - Aplicações em Segurança. (n.d.). [Sites.google.com](https://sites.google.com/site/sensordepresenca/fundamentacao-do-projeto/sensores-fotoeletricos). Retrieved January 11, 2023, from <https://sites.google.com/site/sensordepresenca/fundamentacao-do-projeto/sensores-fotoeletricos>

[15] Sensores ópticos - Como funcionam? - DJP Automação Industrial. (2020, July 7). DJP Automação. <https://djpautomacao.com/sensores-opticos/>

[16] Quais são os diferentes tipos de atuadores? (n.d.). Firgelli Automations. Retrieved April 17, 2023, from <https://www.firgelliauto.com/pt-pt/blogs/actuators/the-different-types-of-actuators>

[17] [20] Quais são os tipos de motores elétricos mais comuns? | Reiman. (n.d.). [Reiman.pt. https://reiman.pt/pt/blog/transmissao-e-controlo-de-potencia/quais-sao-os-tipos-de-motores-eletricos-mais-comuns](https://reiman.pt/pt/blog/transmissao-e-controlo-de-potencia/quais-sao-os-tipos-de-motores-eletricos-mais-comuns)

[18] www.sollune.com.br, F. S. S. -. (2022, February 3). Motor elétrico: conheça os principais tipos que existem - ABECOM SKF. Abecom Rolamentos SKF. <https://www.abecom.com.br/tipos-de-motor-eletrico/>

- [19] Servomotor. (2022, September 6). Wikipedia. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
- [20] Para que serve um servo motor? (2020, March 27). Cim Automação. <https://blog.cimautomacao.com.br/para-que-serve-um-servo-motor/>
- [21] O que é Servo motor e como funciona? - Mundo da Elétrica. (n.d.). Www.mundodaeletrica.com.br. <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-servo-motor-e-como-funciona/>
- [22] Tutorial Motor de Passo - Parte 1: Introdução, Tipos, Modos de Acionamento. – Laboratorio de Garagem (arduino, eletrônica, robotica, hacking). (2012). Labdegaragem.com. <https://labdegaragem.com/m/blogpost?id=6223006%3ABlogPost%3A134282>
- [23] Silveira, C. B. (2017, September 25). O que é um Cilindro Pneumático? E quais os tipos? Citisystems. <https://www.citisystems.com.br/cilindro-pneumatico/>
- [24] VK - Válvula direcional pneumática spool by Airwork Pneumatic Equipment | DirectIndustry. (n.d.). Www.directindustry.com. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.directindustry.com/pt/prod/airwork-pneumatic-equipment/product-69633-602445.html>
- [25] Eletroválvula Direcional de 5/2 vias (com mola de reposição) - Eletropneumática - Pneumática - Bancadas de Treinamento - Festo Didactic. (n.d.). Www.festo-Didactic.com. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.festo-didactic.com/br-pt/bancadas-de-treinamento/pneumatica/eletropneumatica/eletrovalvula-direcional-de-5-2-vias-com-mola-de-reposicao.htm?fbid=YnlucHQQuNTM3LjIzLjE4LjEwMjAuNTMyNA>
- [26] Válvula Reguladora de Fluxo em Linha - (BSPT) (NSF). (n.d.). STNC Do Brasil. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.stncdobrasil.com.br/produto/valvula-reguladora-de-fluxo-em-linha-nsf/>
- [27] Pneumática, M. P. A. (n.d.). Regulador de Pressão de Ar Comprimido. MPA Pneumática. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.mpapneumatica.com.br/regulador-pressao-ar-comprimido>

[28] Arc Valvula Bloqueio. (n.d.). Hidrojá. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.hidroja.com/produto/arc-valvula-bloqueio.html>

[29] ALIMENTADOR VIBRATÓRIO COM PANELO DE ø80 cm São Paulo - Brasil Máquinas. (n.d.). Wwww.brasilmaquinas.com.br. Retrieved November 16, 2022, from http://www.brasilmaquinas.com.br/area/alimenticio/alimentador-vibratorio-com-panela-de-o80-cm_i757

[30] R3FC - Controlador para alimentador eletromagnético by MP Elettronica Srl | DirectIndustry. (n.d.). Wwww.directindustry.com. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.directindustry.com/pt/prod/mp-elettronica-srl/product-66896-1822663.html>

[31] LX3V-1616MR-D. (n.d.). WECON PORTUGAL - TECTOMA. Retrieved February 7, 2023, from <https://we-con.pt/produtos/plc/lx3v-1616mr-d/>

[32] Linguagem ladder. (2021, May 4). Wikipedia. https://pt.wikipedia.org/wiki/Linguagem_ladder

[33] PI3070i. (n.d.). Tectoma - Eletrotécnica E Automação. Retrieved April 17, 2023, from <https://tectoma.com/product/pi3070i/>

[34] Design for X (DFX) | 10 Approaches of DFX Explained. (2021, June 17). Fractory. <https://fractory.com/design-for-x-dfx/>

[35] Cheryl Tulkoff, Greg Caswell - Design for Excellence in Electronics Manufacturing 2021

[36] Gerhard Pahl, Wolfgang Beitz, Jörg Feldhusen, Karl-Heinrich Grote – Projeto na Engenharia – Tradução 6ª Edição Alemã Acedido em: https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=Ha2oDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=teoria+do+projeto+mecanico+norma+221&ots=D-V6Pwrm6s&sig=2cP--iOZjEIJktZ4OtnvXG2yKn0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

[37] N. Cross, Engineering Design Methods, 3rd ed. Chichester: John Wiley & Sons, LTD, 2005.

[38] BARROS, Renato Araujo. Influência das microestruturas bainítica e martensítica nas propriedades tribológicas do par aço AISI/SAE 4340 e liga bronze-alumínio 630. 2013. 105 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. Available at: <<http://hdl.handle.net/11449/90785>>.

[39] FLI - Fusos Trapezoidais | Rolamentos Ponte da Pedra, Lda. (n.d.). [Www.rolpedra.pt](http://www.rolpedra.pt). Retrieved November 3, 2022, from http://www.rolpedra.pt/1/fli_fusos_trapezoidais_1123071.html

[40] Flores, Paulo – Projeto e Seleção de Componentes mecânicos 2023

[41] *Optibelt - Performance Timing Belts*. (n.d.). [Www.optibelt.com](http://www.optibelt.com). Retrieved November 15, 2022, from <https://www.optibelt.com/us/products/timing-belts-rubber/>

[42] *Standard Cylinders | ISO 15552 Cylinder SE Series | AirTAC*. (n.d.). [Eu-En.airtac.com](http://eu-en.airtac.com). Retrieved November 15, 2022, from https://eu-en.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=51&c_kind5=&id=59&ISO-15552-Cylinder-SE-Series

[43] SKF. (n.d.). [Www.skf.com](http://www.skf.com). Retrieved November 15, 2022, from <https://www.skf.com/pt/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/single-row-angular-contact-ball-bearings>

[44] P. Caldas, “Automação de um Sistema de Desenrolamento e Enrolamento de Fio Têxtil”, Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, 2021.

Anexos

Tabela ATI com valores teóricos de referência

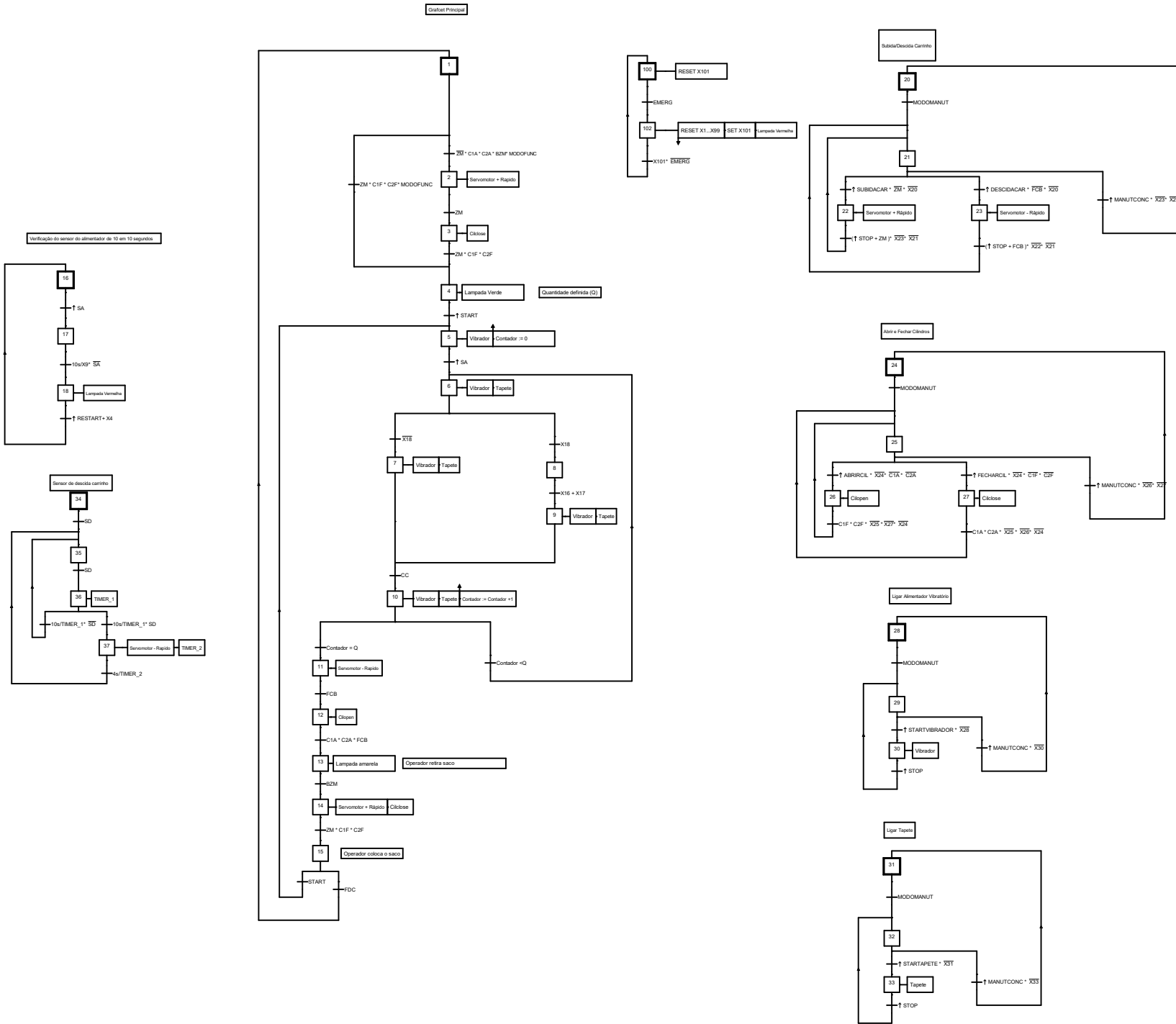


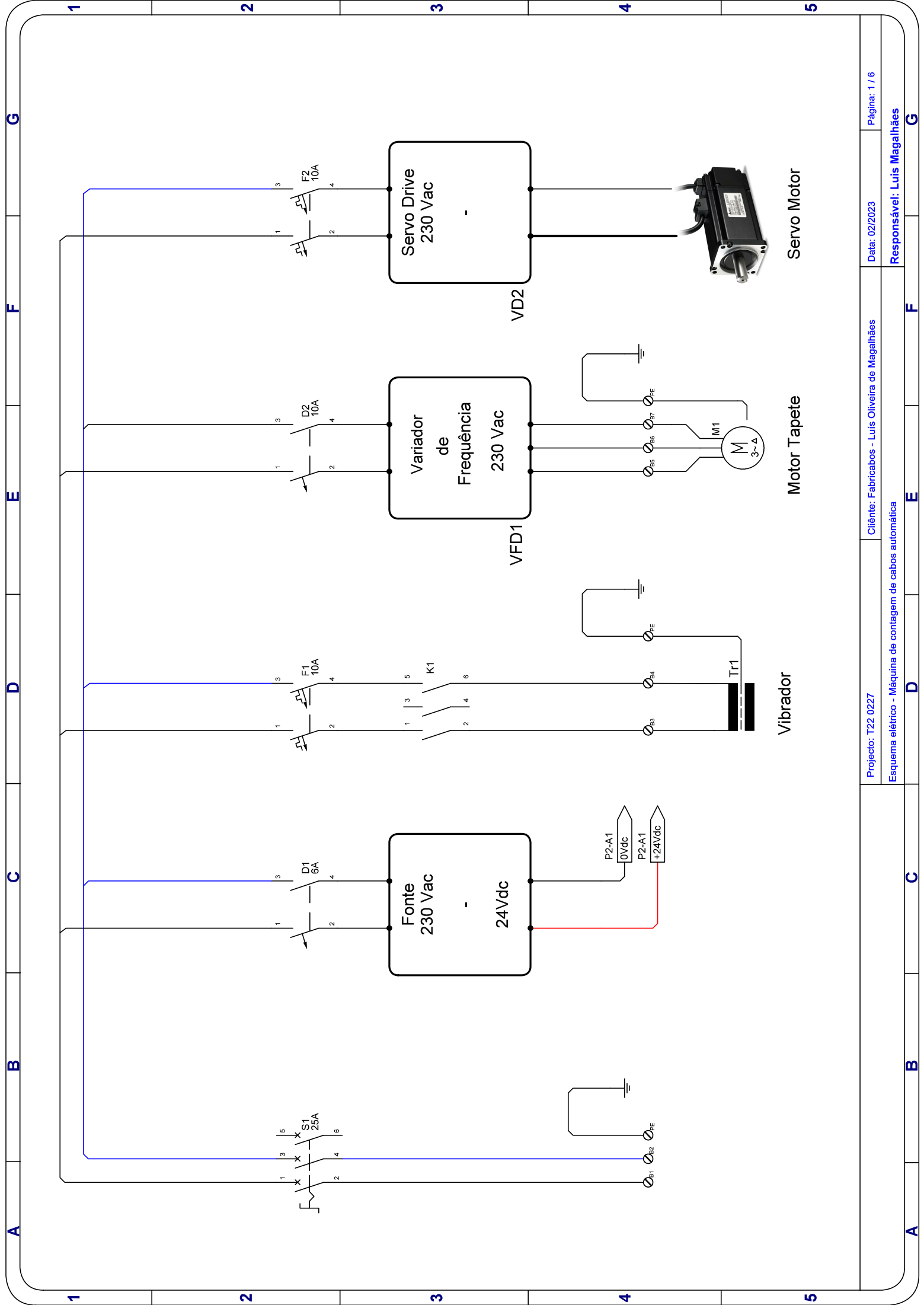
- A = velocidade (RPM)
- B = carga em elevação guiada
- C = torque requerido Nm

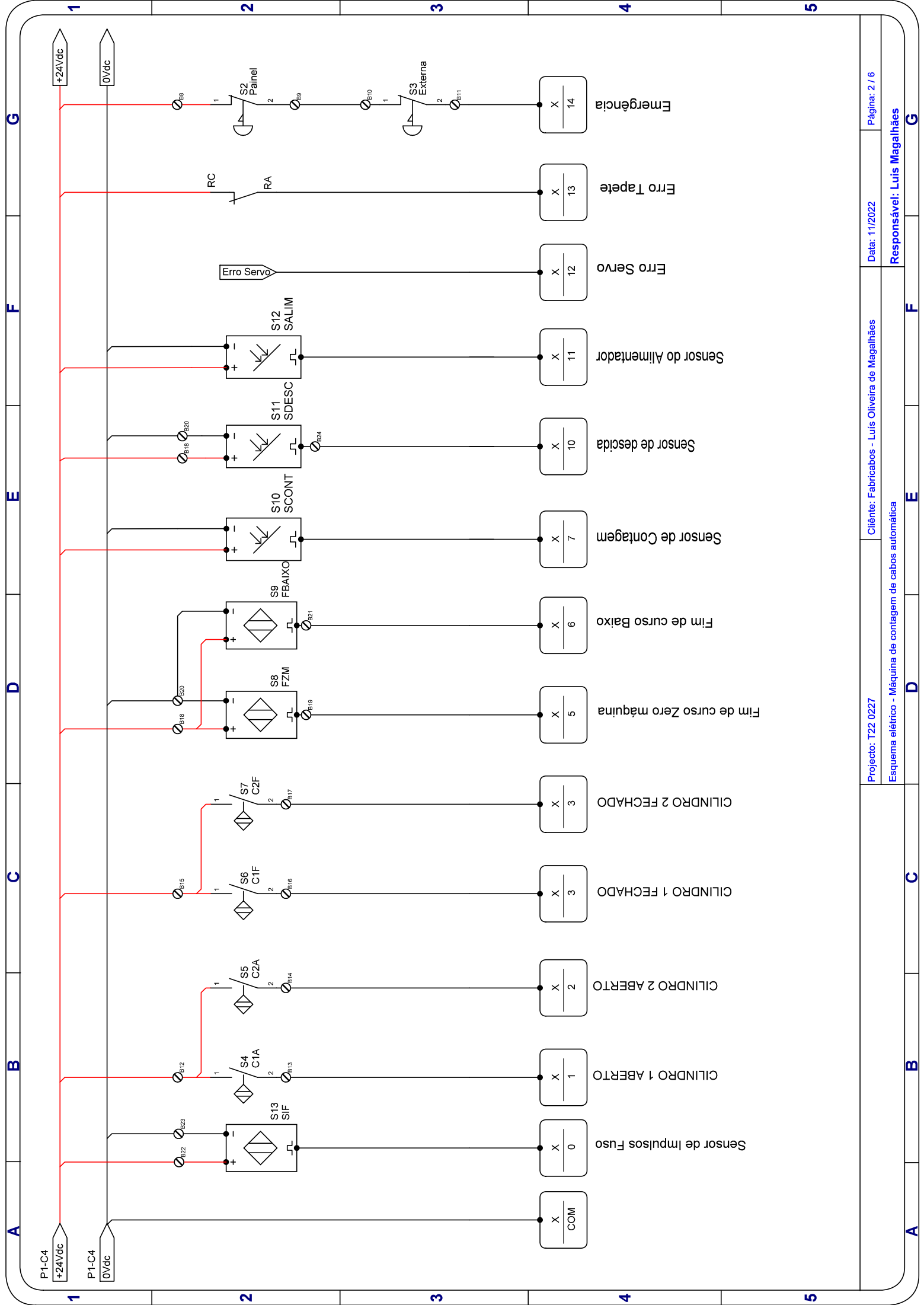
dimensões normalmente não variáveis				valores decrescentes proporcionais			valores crescentes proporcionais						
rosca trapezoidal	comprimento padrão da porca	número de filetes presos a porca	superfície de contato de um filete	superfície de contato de todo o perfil da porca	superfície de contato linear de um filete em toda a porca	η eficiência (f=0,10) com boa lubrificação	RPM	calculado sobre a superfície MÓDULO para o número de rosas/mm com base em 2,5mm	VELOCIDADE DE CONJUNTO DE CONJUNTO	Velocidade a ser utilizada (% amplitude max 100 vezes θ)	pressão média distribuída nos filetes da rosca	pressão sobre a primeira rosca (1/3 de toda a carga)	torque necessário para o levantamento (fator de serviço FS 2,5)
TR x Ø x P/TC	mm	n.	mm²	mm²	mm	-	mm (base) por rosca	mm (base) por rosca	mm (base) por rosca	Kg	Kg/mm²	Kg/mm²	Nm
TR 10x2	20	10	28,3	283	28,3	0,40	883	1.766	25	30	0,11	0,36	0,60
TR 10x3	20	6,7	40	268	26,7	0,51	936	2.808	25	40	0,15	0,34	0,95
TR 12x3	22	7,3	49,5	361	33	0,46	757	2.271	25	51	0,15	0,35	1,33
TR 14x3	25	8,3	58,9	489	39,2	0,42	637	1.911	25	63	0,13	0,36	1,80
TR 14x4	25	6,3	75,4	475	37,7	0,50	663	2.652	25	76	0,16	0,34	2,43
TR 16x4	30	7,5	88	660	44	0,46	568	2.272	25	91	0,14	0,35	3,15
TR 18x4	35	8,7	100,4	873	50,2	0,43	498	1.992	25	107	0,13	0,36	3,98
TR 20x4	40	10	113	1.130	56,5	0,40	442	1.768	25	122	0,11	0,36	4,83
TR 22x5	40	8	153	1.224	61,2	0,44	408	2.040	25	162	0,14	0,36	7,40
TR 24x5	45	9	168	1.512	67,5	0,41	370	1.850	25	181	0,12	0,36	8,73
TR 25x5	45	9	177	1.593	70,7	0,40	353	1.765	25	190	0,12	0,36	9,40
TR 26x5	45	9	185	1.665	73,8	0,39	338	1.690	25	200	0,13	0,37	10,15
TR 28x5	50	10	200	2.000	80	0,37	312	1.560	25	219	0,11	0,37	11,68
TR 30x6	50	8,3	255	2.116	84,8	0,40	295	1.770	25	274	0,13	0,36	16,25
TR 32x6	50	8,3	273	2.266	91	0,39	275	1.650	25	297	0,14	0,37	18,38
TR 35x6	60	10	300	3.000	100	0,36	250	1.500	25	331	0,12	0,37	21,78
TR 36x6	60	10	312	3.120	104	0,36	240	1.440	25	343	0,11	0,37	23,00
TR 40x7	65	9,3	403	3.748	115	0,37	217	1.519	25	440	0,12	0,37	33,28
TR 45x8	80	10	516	5.160	129	0,37	194	1.552	25	564	0,11	0,37	48,20
TR 46x8	80	10	528	5.280	132	0,37	190	1.520	25	579	0,11	0,37	50,25
TR 50x8	80	10	560	5.600	145	0,35	172	1.376	25	640	0,12	0,37	58,83
TR 55x9	95	10,6	714	7.568	159	0,35	157	1.413	25	788	0,11	0,37	80,20
TR 60x9	95	10,6	784	8.310	175	0,33	143	1.287	25	874	0,11	0,37	94,60
TR 65x10	95	9,5	940	8.930	188	0,34	133	1.330	25	1.048	0,12	0,37	123,78
TR 70x10	120	12	1.020	12.240	204	0,32	123	1.230	25	1.143	0,10	0,37	142,38
TR 75x10	120	12	1.100	13.200	220	0,30	114	1.140	25	1.218	0,10	0,37	159,60
TR 80x10	120	12	1.175	14.100	235	0,29	106	1.060	25	1.333	0,10	0,38	183,28
TR 90x12	150	12,5	1.584	19.800	264	0,30	95	1.140	25	1.782	0,10	0,38	273,12
TR 100x12	150	12,5	22.125	22.125	295	0,28	85	1.020	25	2.011	0,10	0,38	335,82
							A			B			C

Tabela retirada do catálogo da Bimeccanica Fuso de Rosca Trapezoidal

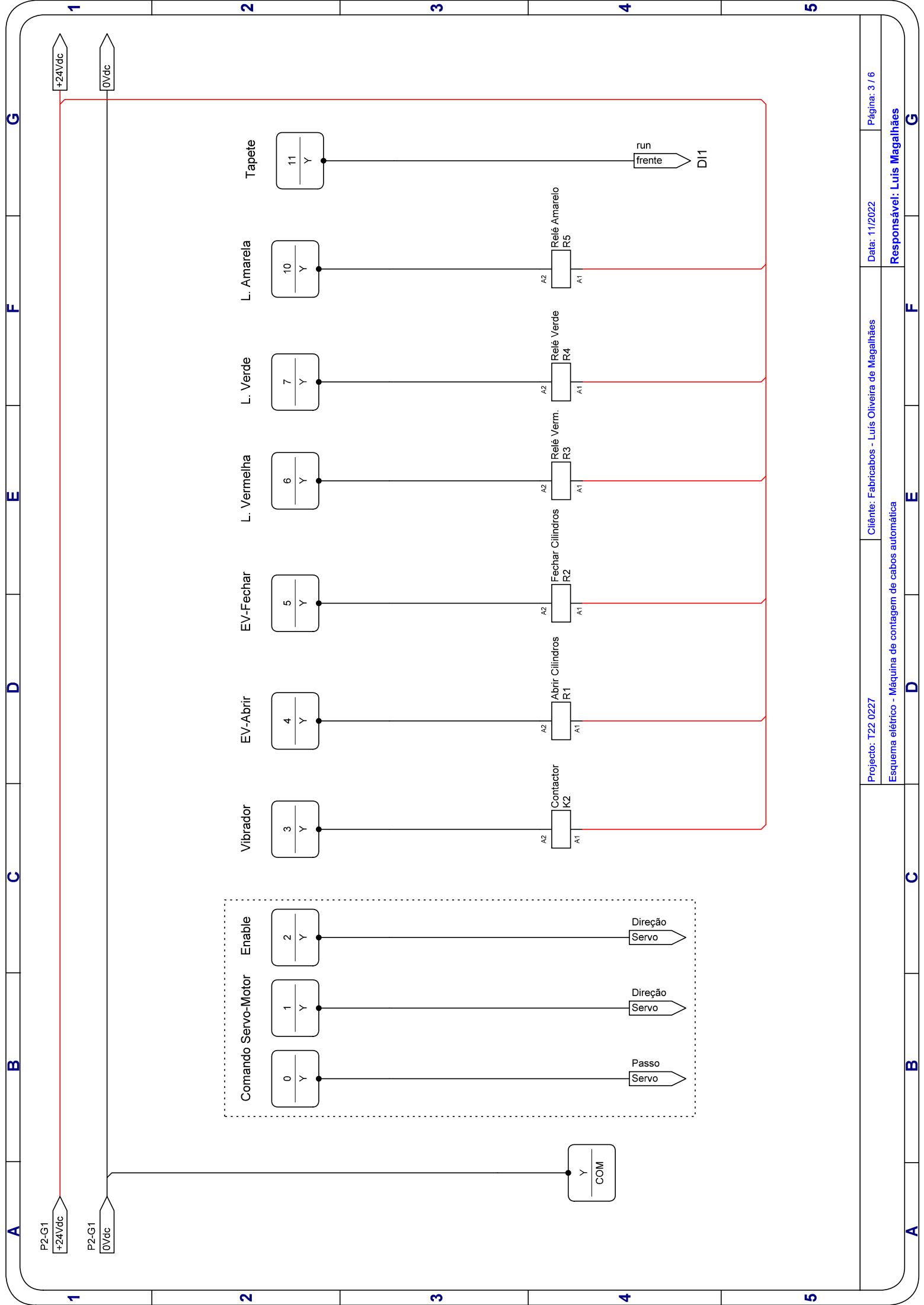
Grupos Principais

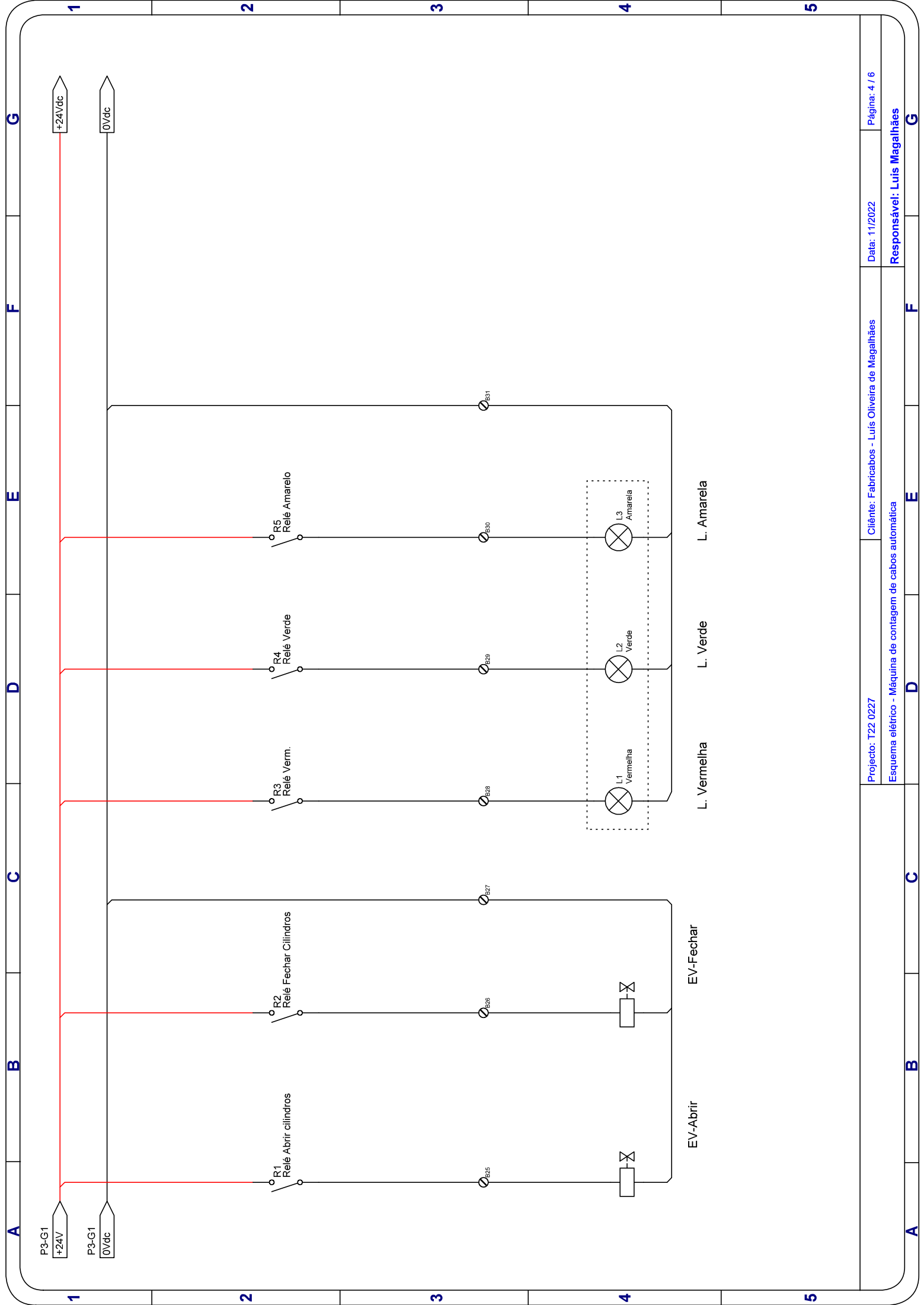


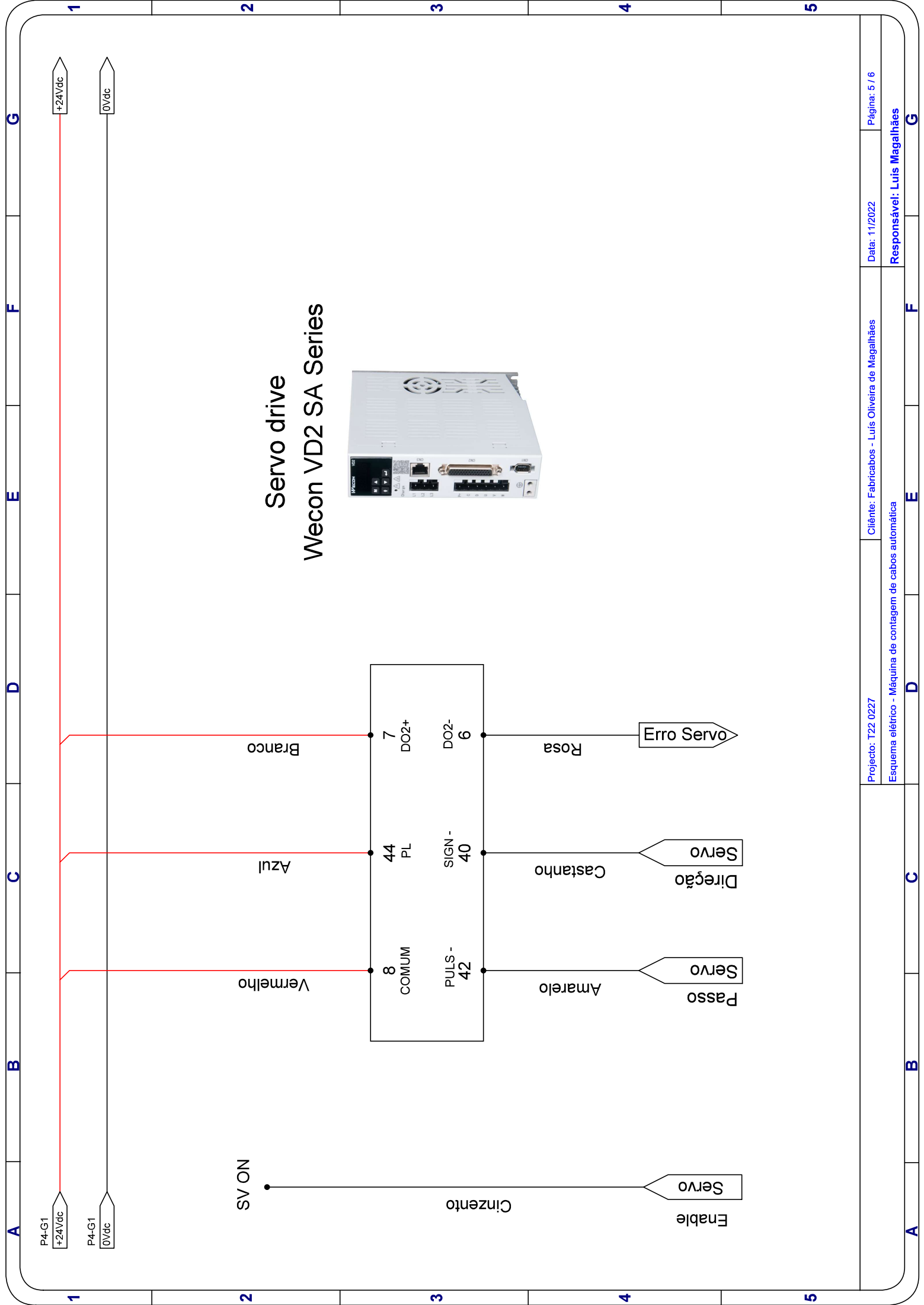




1	2	3	4	5		
X	X	X	X	X	COM	
X	X	X	X	X	0	Sensor de Impulsos Fusos
X	X	X	X	X	1	CILINDRO 1 ABERTO
X	X	X	X	X	2	CILINDRO 2 ABERTO
X	X	X	X	X	3	CILINDRO 1 FECHADO
X	X	X	X	X	3	CILINDRO 2 FECHADO
X	X	X	X	X	5	Fim de curso Zero máquina
X	X	X	X	X	6	Fim de curso Baixo
X	X	X	X	X	7	Sensor de Contagem
X	X	X	X	X	10	Sensor de descida
X	X	X	X	X	11	Sensor do Alimentador
X	X	X	X	X	12	Erro Servo
X	X	X	X	X	13	Erro Tapete
X	X	X	X	X	14	Emergência

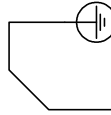






P5-G1
+24Vdc

P5-G1
0Vdc



331

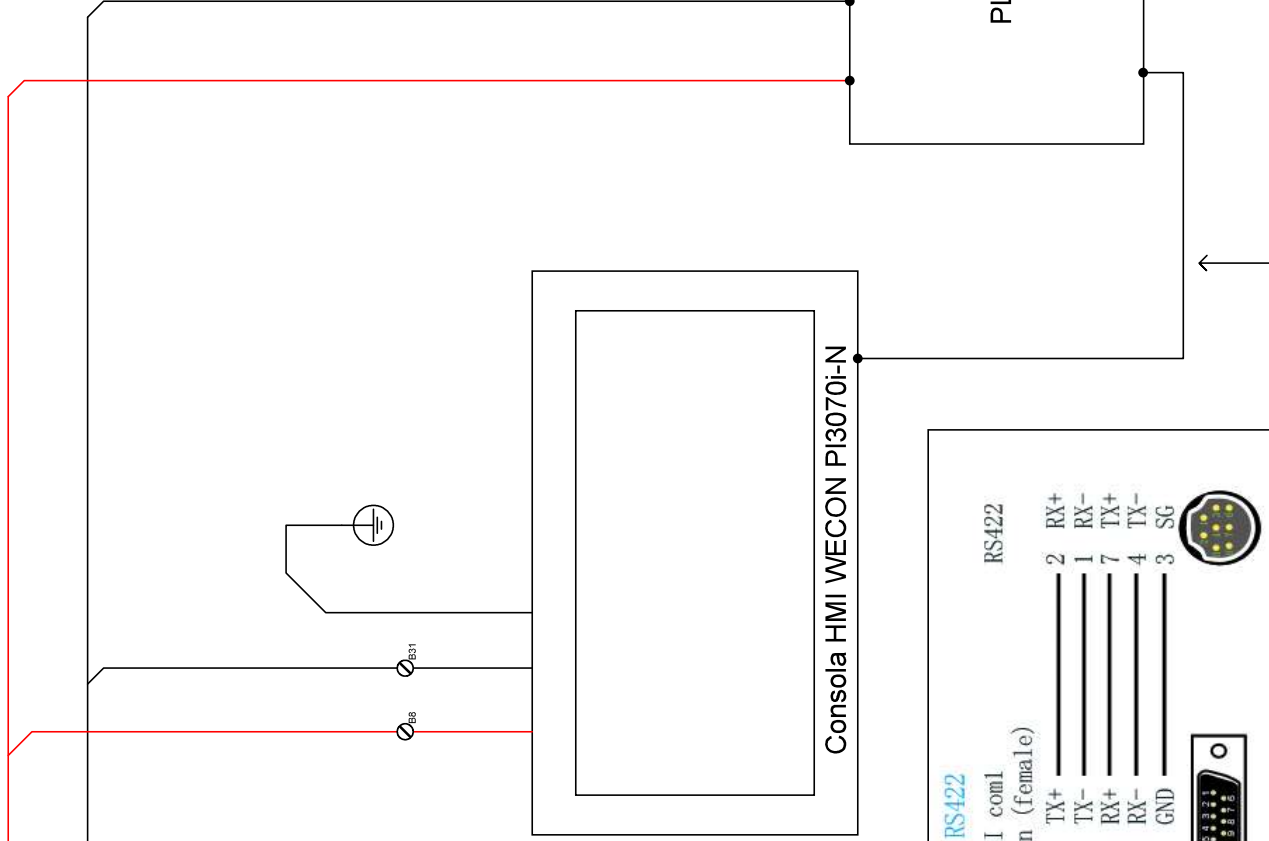
338

Consola HMI WECON PI3070i-N

WECON LX RS422

HMI com1
9 pin (female)

- | | | | |
|---|-----|---|-----|
| 1 | TX+ | 2 | RX+ |
| 6 | TX- | 1 | RX- |
| 9 | RX+ | 7 | TX+ |
| 8 | RX- | 4 | TX- |
| 5 | GND | 3 | SG |



PLC WECON LX3V-1412MT

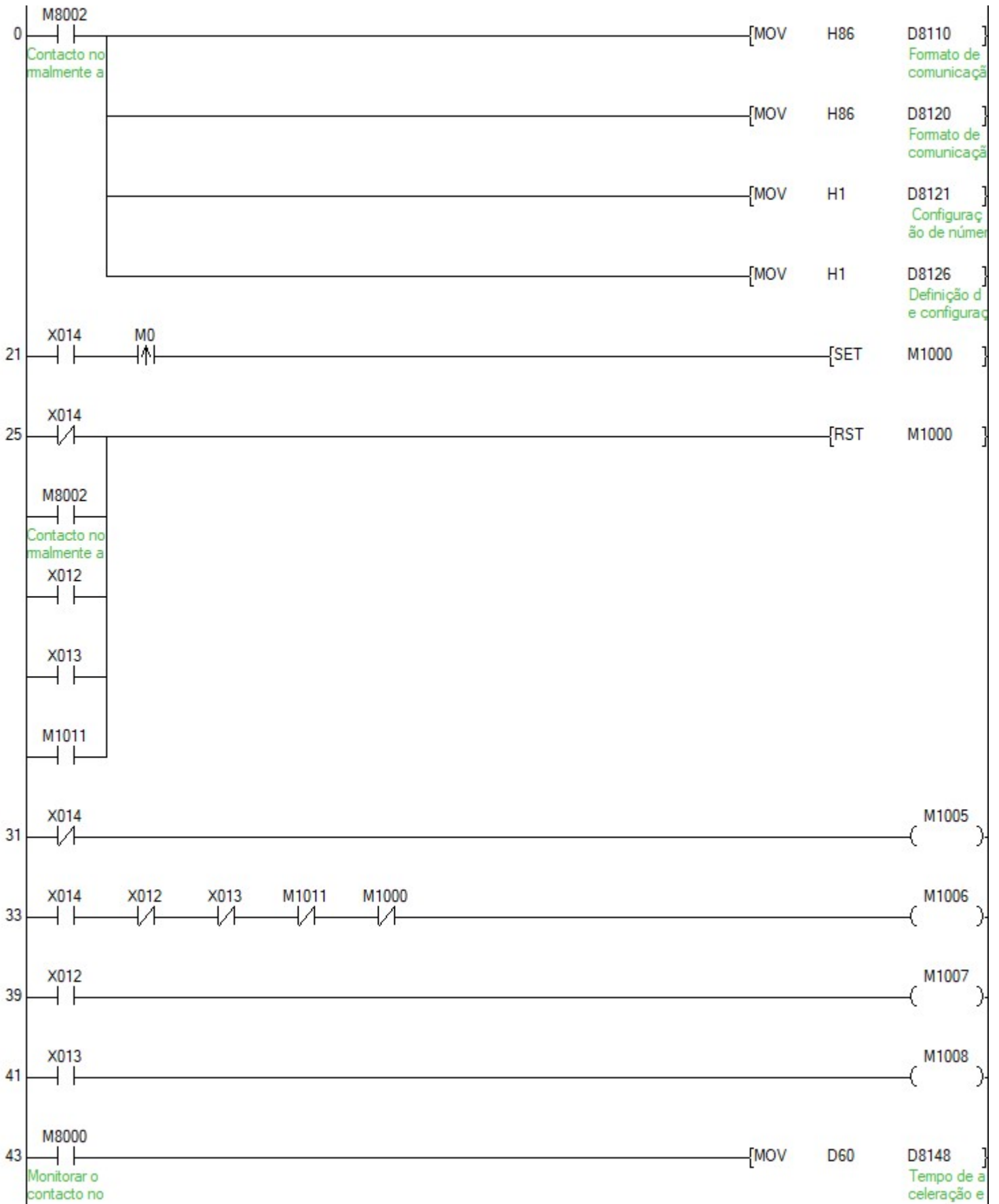


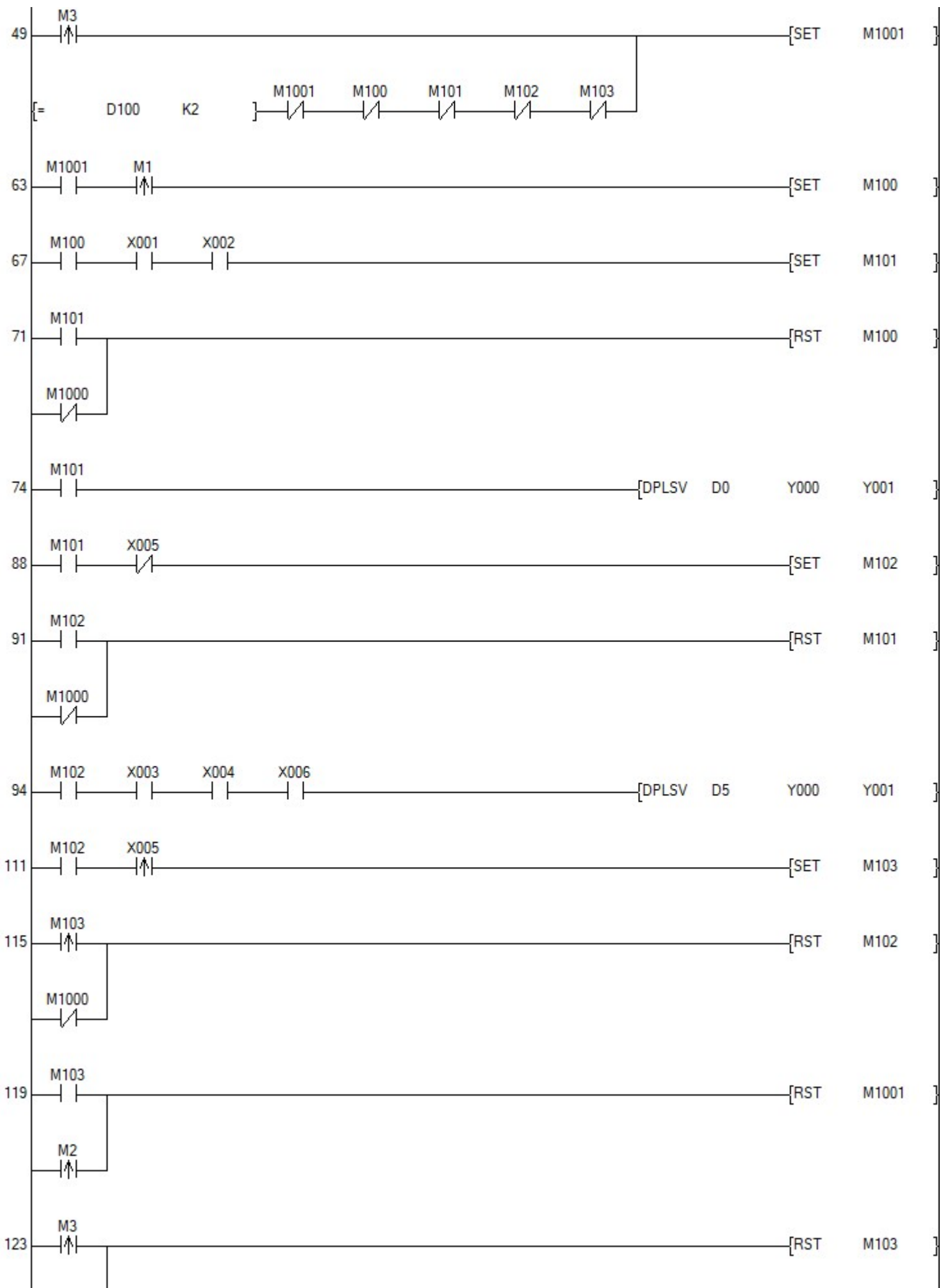
Consola HMI WECON PI3070i-N

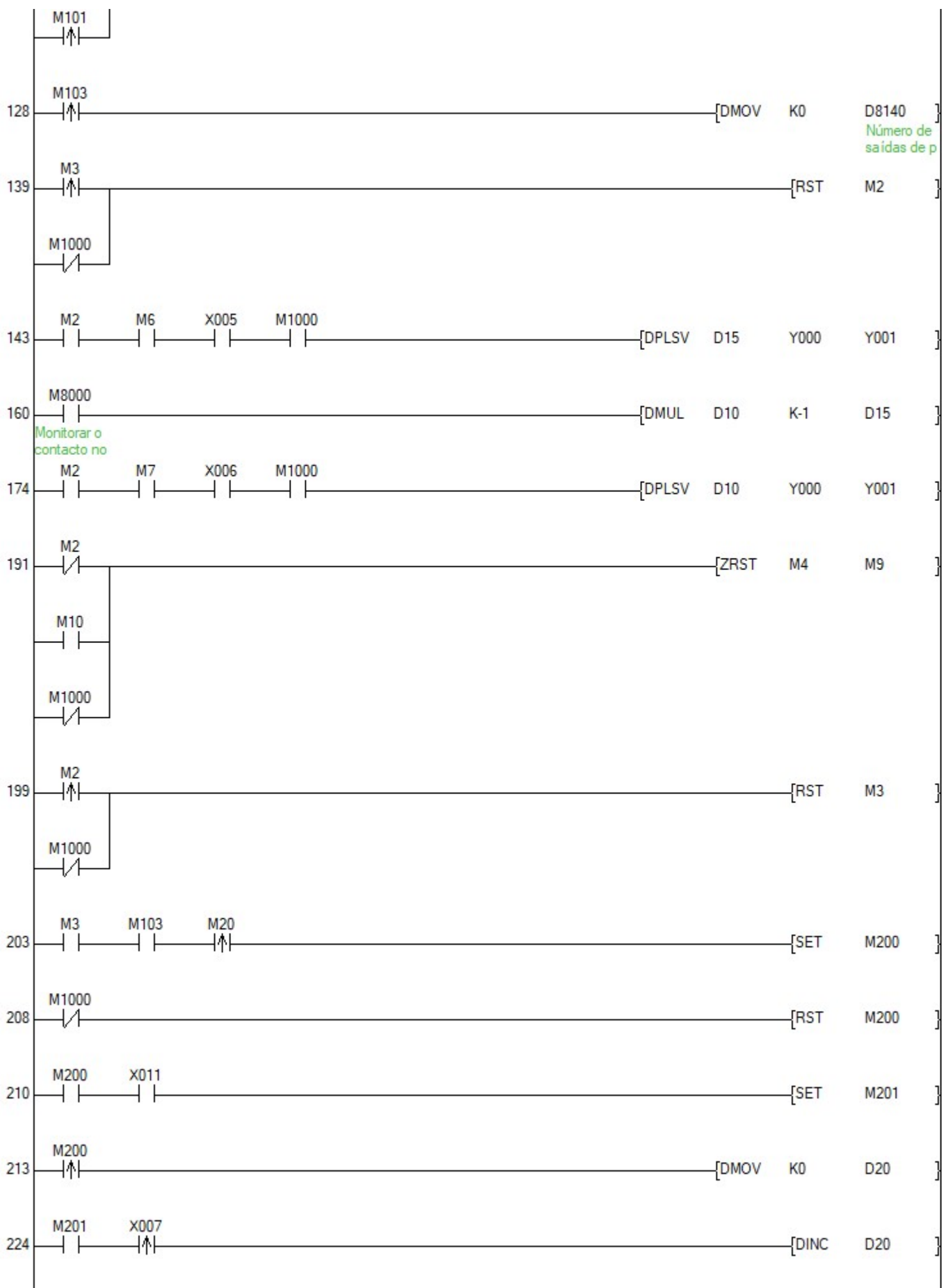


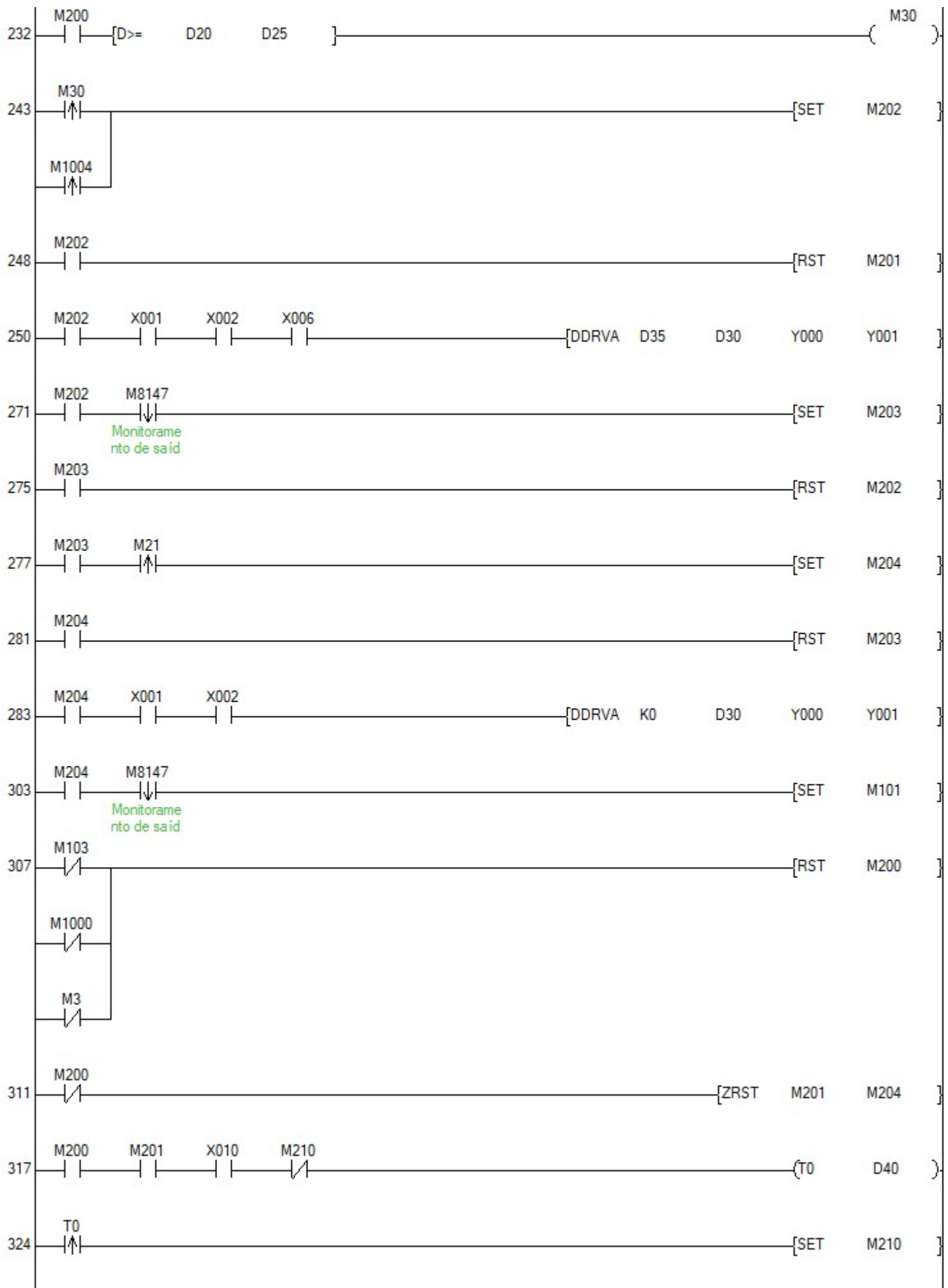
PLC WECON LX3V-1412MT

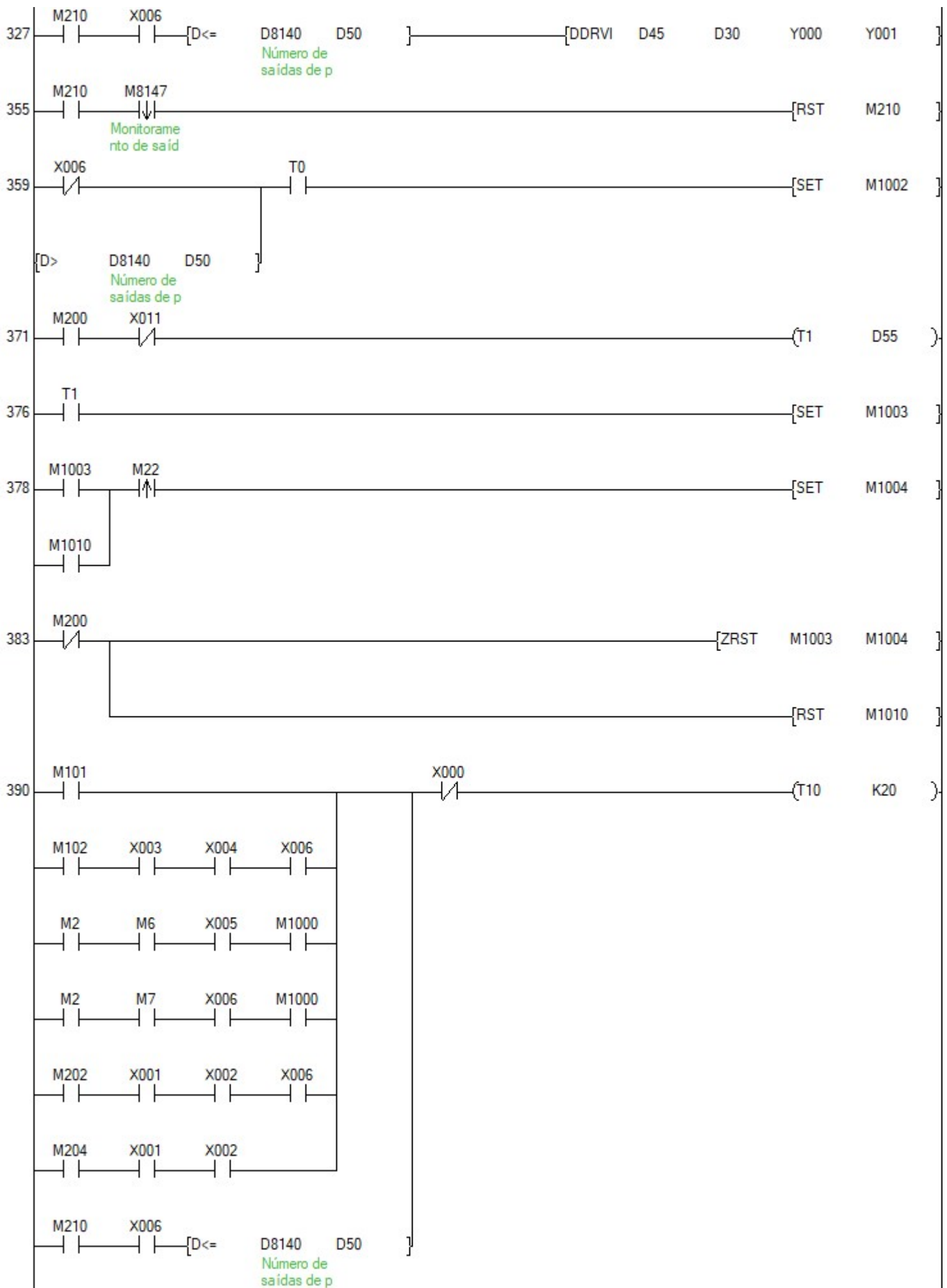
Cabo de Comunicação PLC para HMI

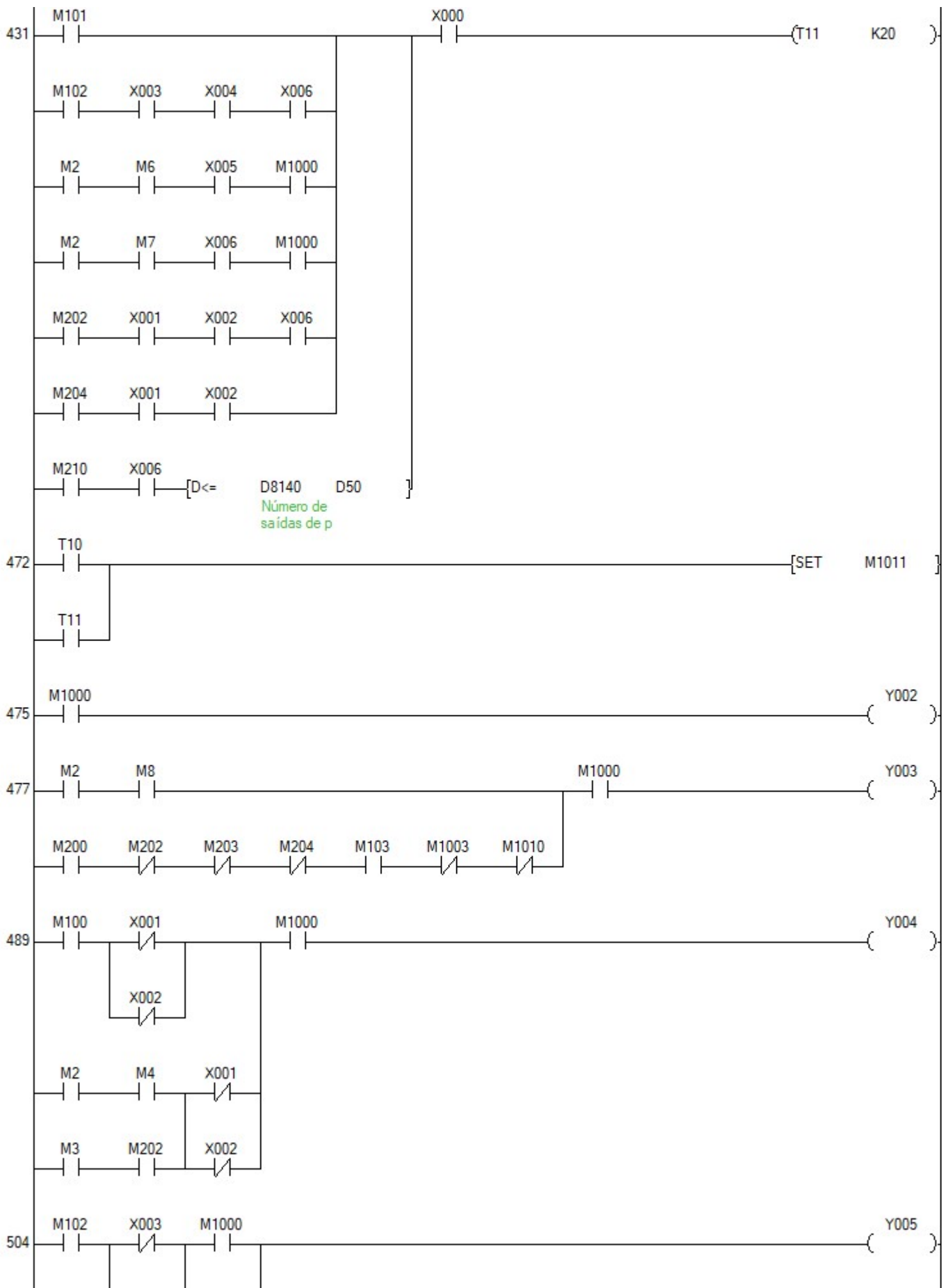


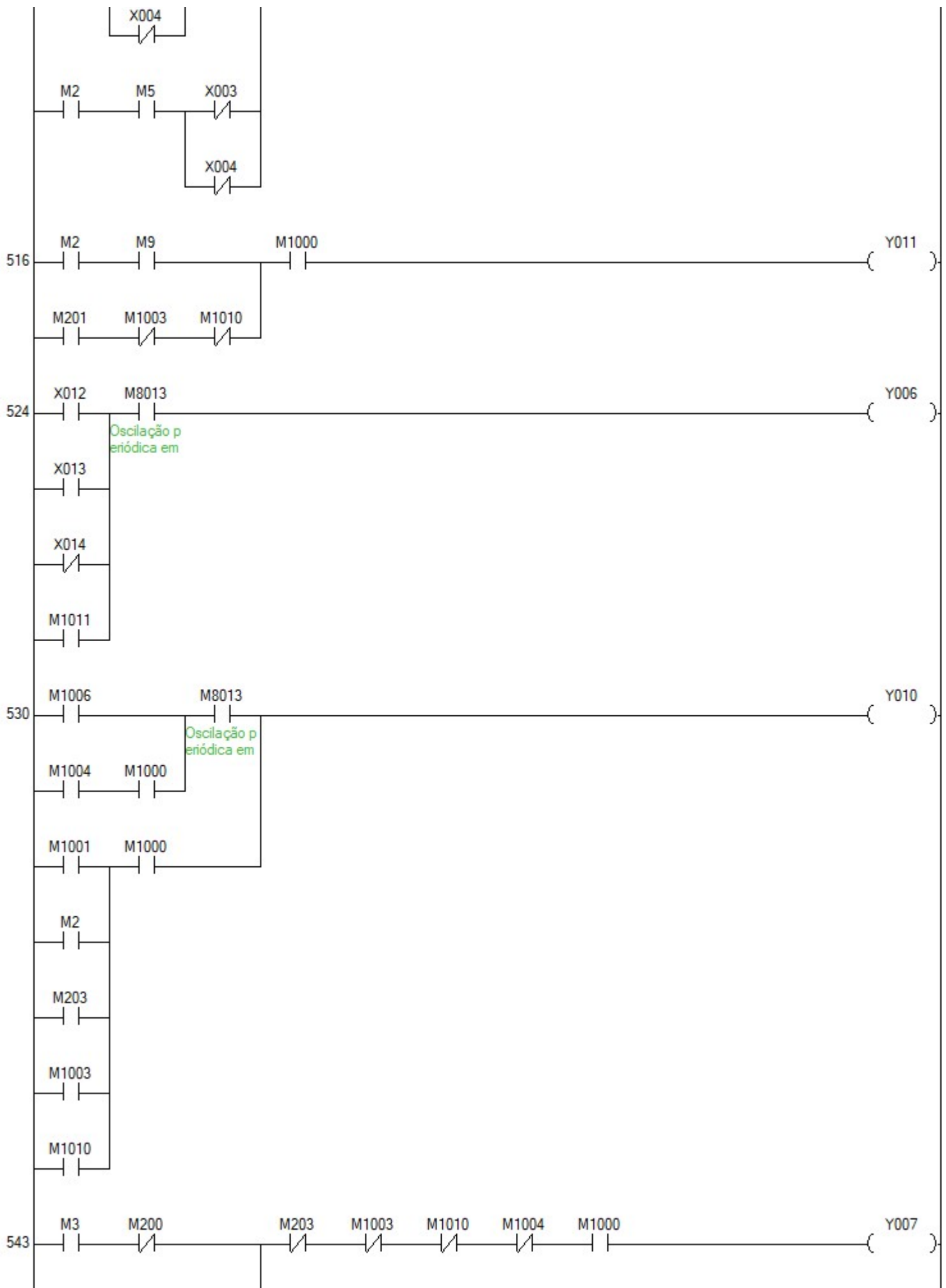














 **AUTOMÁTICO**

 **MANUTENÇÃO**

 **DEFINIÇÕES**


FabriCabos[®]


Escola de Engenharia
Universidade do Minho

17/04/2023

13:46:32

T230227

tectoma
eletrónica e automação

QUANTIDADE

ATUAL 0

PRETENDIDA


0



AUTOMÁTICO



DESCARREGAR


FabriCabos[®]


Escola de Engenharia
Universidade do Minho

17/04/2023

13:47:09

T230227

tectoma
eletrónica e automação

ELEVADOR







ALIMENTADOR



TAPETE



PLACAS











17/04/2023

13:47:42

T230227




DEFINIÇÕES

<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Vel. Sobe Zero	<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Pós Máx Desc.
<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Vel. Desce Zero	<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 60px; text-align: center;">0.0 s</div> - Atraso Descida
<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Vel. Manual	<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Medida Descida
<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Vel. Automática	<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Pós Máx. Absol.
	<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 60px; text-align: center;">0.0 s</div> - Tmp. Máx S/Cab
	<div style="background-color: #0056b3; color: white; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; width: 40px; text-align: center;">0</div> - Rampas Servo

ALARME



EMERGÊNCIA

PRESSIONADA

AVISO

MÁQUINA DESARMADA

REARMAR MÁQUINA?



AVISO
NECESSÁRIO FAZER
ZERO MÁQUINA



AVISO
RETIRAR SACO
E CONFIRMAR!



ALARME



DRVIE

SERVO MOTOR

AVISO

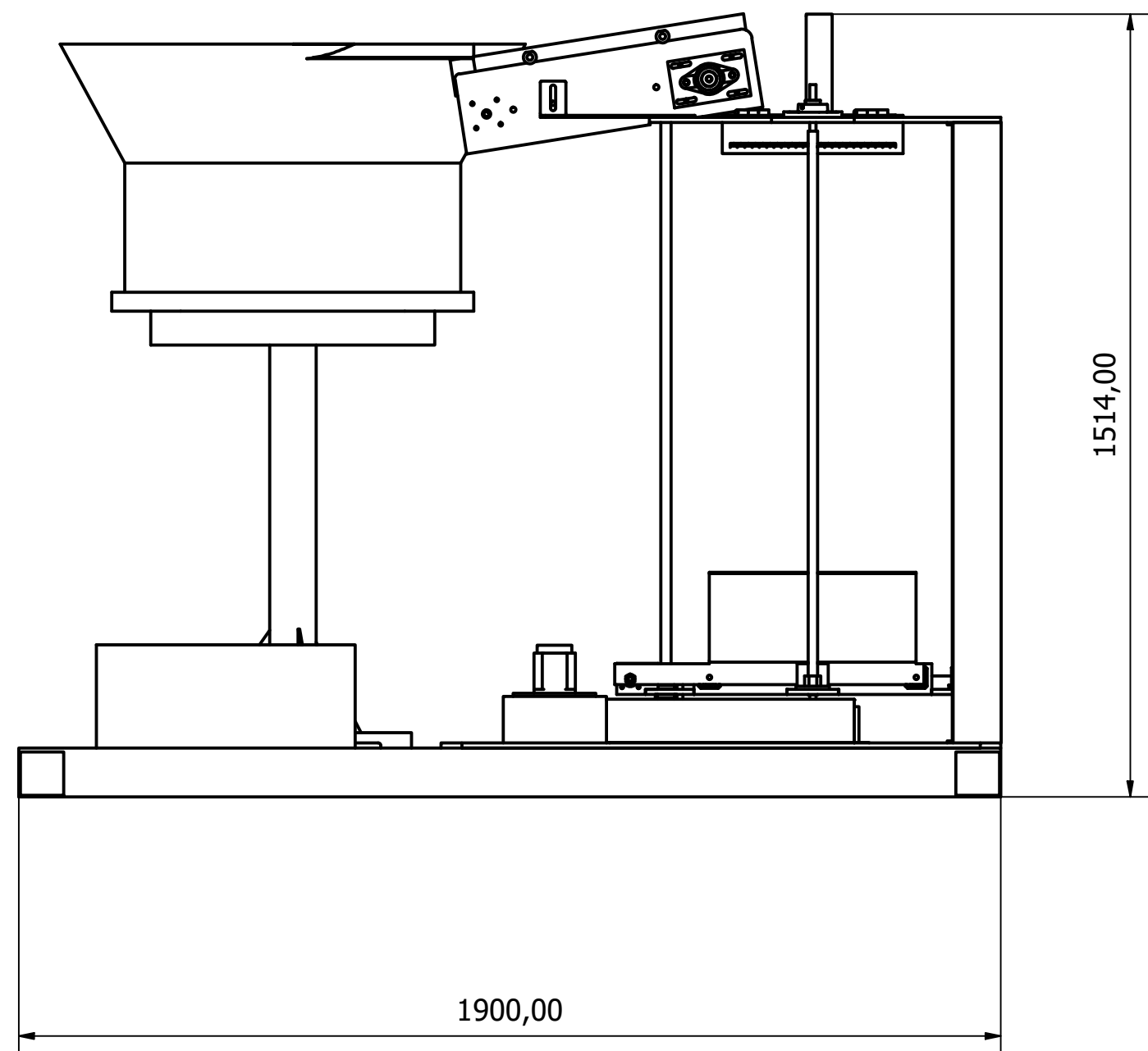
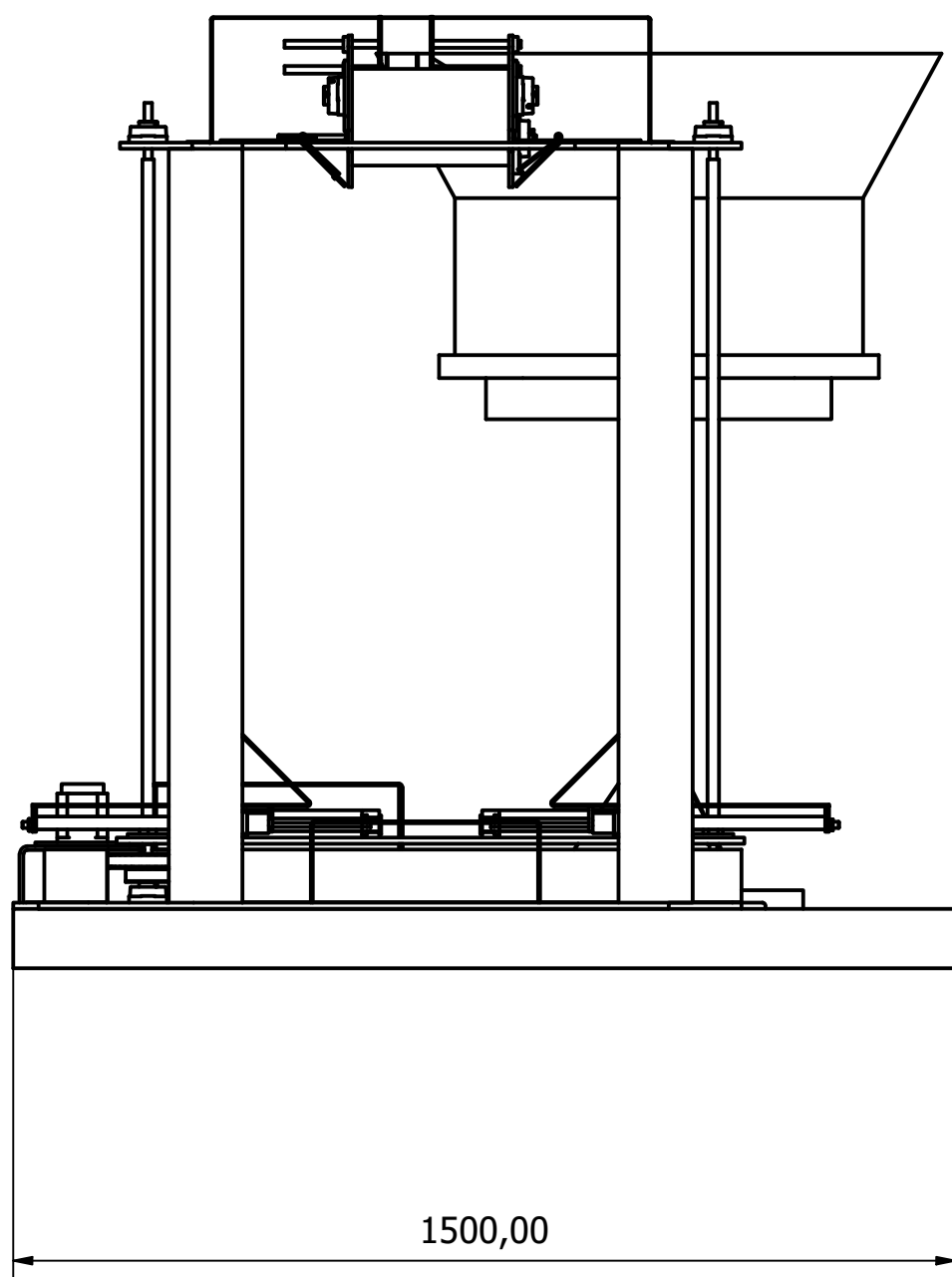
CORREIA DO

ELEVADOR SAIU FORA

M1011



Dimensões da máquina



Projetado por USER	Verificado por	Aprovado por	Data	Data 19/09/2023	
			Edição		Folha 1 / 1