



**Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia**

**Concepção de uma Máquina Automática de  
Aproveitamento Total do Coco**

Breno Dourado Xavier

PROJETO FINAL DE CURSO  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Brasília  
2023

**Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia**

# **Concepção de uma Máquina Automática de Aproveitamento Total do Coco**

Breno Dourado Xavier

Projeto Final de Curso submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação

Orientador: Prof. Dra. Aida Alves Fadel

Brasília  
2023

X3c Xavier, Breno Dourado.  
Concepção de uma Máquina Automática de Aproveitamento Total do Coco / Breno Dourado Xavier; orientador Aida Alves Fadel . -- Brasília, 2023.  
72 p.

Projeto Final de Curso (Engenharia de Controle e Automação)  
-- Universidade de Brasília, 2023.

1. Trabalho. 2. Automação. 3. Eletropneumática. 4. Coco. I. Fadel, Aida Alves, orient. II. Título

**Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia**

**Concepção de uma Máquina Automática de  
Aproveitamento Total do Coco**

Breno Dourado Xavier

Projeto Final de Curso submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação

Trabalho aprovado. Brasília, 08 de Dezembro de 2023:

---

**Profa. Dra. Dianne Magalhães Viana,**  
**UnB/FT/ENM**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Jones Yudi Mori Alves da Silva,**  
**UnB/FT/ENM**  
Examinador interno

---

**Prof. Dr. Carlos Humberto Llanos**  
**Quintero, UnB/FT/ENM**  
Examinador interno

Brasília  
2023

*Dedico esse trabalho a todas às pessoas que estão há mais de 5 anos lutando, superando às frustrações, descansando e perseverando para alcançar seus objetivos. Nunca imaginei que levaria mais de 9 anos fazendo essa faculdade que, à princípio, eram só 5 anos. Ao longo da caminhada levei muitos "não(s)" fazendo tudo o que eu podia e o que não podia para levar um "sim". Mas saibam que no tempo de Deus tudo vai se resolver.*

*Breno Dourado Xavier .*

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelo que Ele tem feito por mim durante esses anos em toda à trajetória do curso de Engenharia Mecatrônica (Controle e Automação), coisas que eu jamais poderia imaginar, mas eu entendo que tudo foi para o meu crescimento, quero agradecer a mim mesmo que sobrevivi a tudo de ruim que me aconteceu na trajetória da faculdade, de estudar muito e reprovar nas matérias, e ser aprovado nelas após fazer-las mais de uma vez e sofrer com o atraso de mais 6 meses a cada reprovação, resultando em mais de nove anos. Quero agradecer meus pais, Mariazinha Soares Dourado e Belarmino Xavier dos Santos, que me apoiaram, me ajudaram em tudo que puderam, sou muito grato por suas vidas, quero agradecer alguns professores que fizeram mais do que só me ajudar na formação acadêmica, me ensinaram lições importantes que vou carregar para minha vida. A professora Aida, que aceitou o convite para ser minha orientadora e a todas as amigas que fiz.

*“Se eu soubesse tudo que sei hoje,  
teria evitado muito sofrimento desnecessário.  
Mas a vida é isso,  
tem coisas que a gente precisa passar para aprender,  
compreender e evoluir.”  
(Autor: Desconhecido)*

# Resumo

A automação é um dos métodos que o ser humano utiliza para facilitar seu trabalho e fazê-lo de uma forma mais rápida e eficiente, nessa área de automação existe a pneumática que utiliza como fonte de energia o ar e tem conquistado um espaço no parque industrial. Portanto, esse trabalho tem como objetivo entender e desenvolver uma máquina eletropneumática que seja capaz de tratar o coco para extrair de forma instantânea a água, a castanha (parte branca do coco) e a casca triturada. Ao longo do trabalho, temos uma máquina projetada no software SolidWorks, suas plantas pneumáticas e seus circuitos elétricos desenvolvidos no software Automation Studio, a noção do orçamento da máquina por meio de pesquisas e os cálculos dos diâmetros que os atuadores da máquina devem ter.

**Palavras-chave:** Trabalho. Automação. Eletropneumática. Coco.

# Abstract

Automation is one of the methods that human beings use to facilitate their work and do it in a faster and more efficient way. In this area of automation, there is pneumatics, which uses air as an energy source and has gained space in the industrial park. . Therefore, this work aims to understand and develop an electro-pneumatic machine that is capable of treating coconuts to instantly extract the water, nuts (white part of the coconut) and crushed shell. Throughout the work, we have a machine designed in SolidWorks software, its pneumatic plants and electrical circuits developed in Automation Studio software, the notion of the machine's budget through research and calculations of the diameters that the machine's actuators should have.

**Keywords:** Job. Automation. Electropneumatics. coconut.

# Lista de ilustrações

Figura 1.1 – Fibras de coco. Fonte [14] . . . . .	17
Figura 1.2 – Recheio de banco de carro feito de fibras de coco. Fonte [15] . . . . .	17
Figura 1.3 – Principais estados produtores de coco. Dados de 2010. . . . .	18
Figura 1.4 – Máquina manual de tratar o coco. Fonte [16] . . . . .	18
Figura 1.5 – Máquina Elétrica que corta cocos. Fonte [17] . . . . .	19
Figura 2.6 – Expansibilidade do ar nas diversas formas pelas quais circula. Fonte [6]	22
Figura 2.7 – Ar insuflado em um recipiente com válvula de retenção. Fonte [6] . . .	22
Figura 2.8 – Ar comprimido por êmbolo em um recipiente com válvula de retenção. Fonte [6] . . . . .	23
Figura 2.9 – Retorno do êmbolo a condição inicial, cessada a força F (Propriedade da elasticidade). Fonte [6] . . . . .	23
Figura 2.10–Estrutura de uma central de compressão [7] . . . . .	23
Figura 2.11–Representação com símbolos de uma central de compressão. [7] . . . .	24
Figura 2.12–Compressores com acionamento por motores elétricos . . . . .	25
Figura 2.13–Válvula Reguladora de Pressão. Fonte [9] . . . . .	25
Figura 2.14–Esquema de funcionamento de válvula reguladora de pressão. Fonte [8]	26
Figura 2.15–Simbologias para válvulas direcionais. Fonte [3] . . . . .	27
Figura 2.16–Simbologia para diferentes tipos de acionamento de válvulas direcionais [3]	27
Figura 2.17–Simbologia para uma válvula 3/2 vias acionada por solenoide. Fonte [3]	27
Figura 2.18–Válvula Solenoide Mola 3/2 Vias. Fonte [10] . . . . .	28
Figura 2.19–Representação dos Cilindros de Simples Ação. Fonte [4] . . . . .	28
Figura 2.20–Representação dos Cilindros de Dupla Ação. Fonte [4] . . . . .	29
Figura 2.21–Micro-switches e chaves de fim de curso. Fonte [12] . . . . .	29
Figura 2.22–Simbologia de sensores com Acionamento Mecânico. Fonte [4] . . . . .	29
Figura 2.23–Sensores Ópticos. Fonte [21] . . . . .	30
Figura 3.24–Máquina Eletropneumática ( feita no SolidWorks) . . . . .	32
Figura 3.25–A primeira esteira onde ocorrem as estações de furar e virar o coco. . . .	33
Figura 3.26–A segunda esteira onde ocorrem as estações de partir e parar o coco. . .	33
Figura 3.27–Mecanismo projetado para parar uma banda do coco. . . . .	34
Figura 3.28–A terceira esteira onde ocorrem as estações de virar, segurar, retirar e triturar o coco. . . . .	35
Figura 3.29–Região da esteira imóvel em três e duas dimensões. . . . .	35
Figura 3.30–Banda do coco na região imóvel. . . . .	36
Figura 3.31–Atuador E segurando a banda do coco para o processo de retirar a castanha.	36
Figura 3.32–Cilindro para a retirada da castanha. Fonte [22], e feito no SolidWorks, respectivamente. . . . .	36

Figura 3.33–Cilindro Rotativo, Fonte [23], e feito no SolidWorks, respectivamente. . . . .	37
Figura 3.34–Adaptador projetado para unir cilindro linear com o cilindro rotativo, em vista frontal, superior e isométrica, respectivamente. . . . .	37
Figura 3.35–Sistema para extração da castanha do coco formado por cilindro linear, cilindro rotativo, adaptador que fica entre os dois cilindros e a ferramenta metálica. . . . .	37
Figura 3.36–Ferramenta metálica projetada exclusivamente para extração da castanha do coco em vista isométrica e frontal, respectivamente. . . . .	38
Figura 3.37–Banda de coco (SolidWorks). . . . .	38
Figura 3.38–Medindo a região onde se encontra a castanha coco, Fonte[24] . . . . .	38
Figura 3.39–Banda do coco com o diâmetro da região da castanha cotado. (SolidWorks)	39
Figura 3.40–Ferramenta Cotada. (SolidWorks) . . . . .	39
Figura 3.41–Gabinete exclusivo para o sistema usado para extração da castanha, em vista isométrica, frontal e superior, respectivamente. . . . .	39
Figura 3.42–Base para dar suporte ao cilindro. . . . .	39
Figura 3.43–Ilustração completa da retirada da castanha, em vista 3D e frontal, respectivamente. . . . .	40
Figura 3.44–A banda do coco que estava no processo de extração da castanha é empurrada pela banda que estava atrás. . . . .	40
Figura 3.45–A banda do coco sendo empurrada por outra banda e puxada pela força de atrito entre ela e a esteira. . . . .	41
Figura 3.46–A banda que empurrava, agora fica na parte imóvel para extração da castanha e a banda que estava nesse processo segue para o final da esteira.	41
Figura 3.47–Coco caindo naturalmente no triturador. . . . .	41
Figura 3.48–Triturador, fonte [25]. . . . .	42
Figura 3.49–Vista superior da esteira 1. . . . .	42
Figura 3.50–Vista frontal e vista direita da esteira 1, respectivamente. . . . .	42
Figura 3.51–Guia tipo 1 , usada para guiar o coco para o centro de esteira . . . . .	43
Figura 3.52–Medidas da guia tipo 1, vista superior e direita, respectivamente. . . . .	43
Figura 3.53–Guia tipo 2 , usada para guiar o coco para a extremidade da esteira. . . . .	43
Figura 3.54–Medidas da guia tipo 2, vista superior e direita, respectivamente. . . . .	44
Figura 3.55–Rampa usada para virar o coco. . . . .	44
Figura 3.56–Medidas da rampa frontal e direita, respectivamente. . . . .	44
Figura 3.57–Medida do diâmetro do cilindro vista frontal e direita, respectivamente.	44
Figura 3.58–Vista superior da esteira 2. . . . .	45
Figura 3.59–Cilindro Dupla ação. . . . .	45
Figura 3.60–Lâmina para cortar o coco. . . . .	45
Figura 3.61–Medidas da lâmina. . . . .	45
Figura 3.62–Ferramenta para parar a banda coco. . . . .	46

Figura 3.63–Medidas da ferramenta para parar a banda coco. . . . .	46
Figura 3.64–Vista superior da esteira 3. . . . .	46
Figura 3.65–Guia do tipo 3. . . . .	46
Figura 3.66–Medidas da guia do tipo 3. . . . .	47
Figura 4.67–Fonte de pressão pneumática (Automation Studio). . . . .	48
Figura 4.68–Fonte de pressão pneumática acionada, emanando pressão (Automation Studio). . . . .	48
Figura 4.69–Escape pneumático, fonte [27], e símbolo de escape (Automation Studio), respectivamente. . . . .	49
Figura 4.70–Fonte de pressão pneumática acionada, emanando pressão (Automation Studio). . . . .	49
Figura 4.71–Cilindros simples ação retorno por mola, no projeto. (Automation Studio). . . . .	49
Figura 4.72–Sistema pneumático da primeira esteira. (Automation Studio). . . . .	50
Figura 4.73–Acionamento do sistema pneumático da primeira esteira. (Automation Studio). . . . .	50
Figura 4.74–Retorno dos cilindros do sistema pneumático da primeira esteira. (Automation Studio). . . . .	51
Figura 4.75–Contatora . Fonte [28] . . . . .	51
Figura 4.76–Contatora temporizadora On-Delay. Fonte [29] . . . . .	52
Figura 4.77–Componentes dos Circuitos Elétricos das Plantas Pneumáticas (Automation Studio) . . . . .	52
Figura 4.78–Componentes dos Circuitos Elétricos do Motor Elétrico. (Automation Studio) . . . . .	52
Figura 4.79–Diagrama Trajeto-Passo da Planta da primeira esteira. (Automation Studio) . . . . .	53
Figura 4.80–Circuito Elétrico da Primeira Esteira Desativado. (Automation Studio) . . . . .	53
Figura 4.81–Circuito Elétrico da Primeira Esteira Ativado. (Automation Studio) . . . . .	53
Figura 4.82–Circuito Elétrico que controla a Planta da Primeira Esteira. (Automation Studio) . . . . .	54
Figura 4.83–Planta Pneumática da ação de cortar o coco. (Automation Studio) . . . . .	54
Figura 4.84–Planta Pneumática da ação de cortar o coco (acionada). (Automation Studio) . . . . .	55
Figura 4.85–Planta Pneumática da ação de cortar o coco (desativada). (Automation Studio) . . . . .	55
Figura 4.86–Planta Pneumática para parar uma banda do coco. (Automation Studio) . . . . .	56
Figura 4.87–Planta Pneumática para parar uma banda do coco, acionada. (Automation Studio) . . . . .	56
Figura 4.88–Planta Pneumática para parar uma banda do coco, desativada. (Automation Studio) . . . . .	57
Figura 4.89–Diagrama Trajeto-Passo da Planta da segunda esteira. (Automation Studio) . . . . .	57

Figura 4.90–Circuito Elétrico da Segunda Esteira Desativado. (Automation Studio) .	57
Figura 4.91–Circuito Elétrico da Segunda Esteira Ativado. (Automation Studio) . . .	58
Figura 4.92–Circuito Elétrico que controla as Plantas da Segunda Esteira. (Automation Studio) . . . . .	58
Figura 4.93–Planta Pneumática da ação de segurar à banda do coco. (Automation Studio)	59
Figura 4.94–Planta Pneumática da ação de segura à banda do coco (acionada). (Automation Studio) . . . . .	60
Figura 4.95–Planta Pneumática da ação de segurar à banda do coco (desativada). (Automation Studio) . . . . .	60
Figura 4.96–Simbologia do Cilindro Rotativo. (Automation Studio) . . . . .	60
Figura 4.97–Planta para retirada da castanha. (Automation Studio) . . . . .	61
Figura 4.98–Planta com cilindro de dupla ação para retirada da castanha, ativada. (Automation Studio) . . . . .	61
Figura 4.99–Planta com Cilindro de Dupla Ação para Retirada da Castanha, desativada. (Automation Studio) . . . . .	62
Figura 4.100Planta com Cilindro Rotativo para Retirada da Castanha, ativada. (Automation Studio) . . . . .	62
Figura 4.101Planta com Cilindro Rotativo para Retirada da Castanha, desativada. (Automation Studio) . . . . .	63
Figura 4.102Diagrama Trajeto-Passo da Planta da Terceira Esteira. (Automation Studio)	63
Figura 4.103Motor da Terceira Esteira Desativado . (Automation Studio) . . . . .	63
Figura 4.104Motor da Terceira Esteira Ativado. (Automation Studio) . . . . .	64
Figura 4.105Circuito Elétrico que Controla a Terceira Esteira. (Automation Studio) .	64
Figura 4.106Barras de aço carbono, fonte [33]. . . . .	67
Figura 4.107MOTOR TRIFASICO B3D 4P 2.0CV 220/380/440/760VCA IP55 CARC.L90S FIX.BASE MERCOSUL, fonte [35]. . . . .	67

# Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Estações da Máquina . . . . .	32
Tabela 4.2 – Orçamento dos Componentes . . . . .	66

# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas .....	17
UnB	Universidade de Brasília .....	17

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentos Teóricos</b>	<b>21</b>
2.1	Introdução	21
2.2	Propriedades Físicas do ar	21
2.2.1	Exapansibilidade	22
2.2.2	Compressibilidade a Temperatura Constante (Isotermia)	22
2.2.3	Elasticidade	23
2.3	Produção e Distribuição do Ar Comprimido	23
2.4	Controladores Pneumáticos	24
2.4.1	Válvula reguladora de pressão	25
2.4.2	Válvula Direcional	26
2.5	Atuadores Pneumáticos	28
2.5.1	Atuadores Pneumáticos de Movimento Retilíneo	28
2.6	Sensores Elétricos	28
2.6.1	Sensores Mecânicos	29
2.6.2	Sensor de Proximidade	29
2.6.3	Sensores Ópticos	30
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>31</b>
3.1	Sistemas Eletropneumáticos	31
3.2	Projeto Conceitual	32
3.2.1	Apresentação das estações	32
3.3	Medidas da Máquina e seus componentes	41
3.3.1	Primeira esteira	41
3.3.2	Segunda esteira	42
3.3.3	Terceira esteira	43
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento de Projeto</b>	<b>48</b>
4.1	Sistema da primeira esteira	48
4.1.1	Furar o coco	49
4.2	Sistema da Segunda Esteira	54
4.2.1	Cortar o coco	54
4.2.2	Parar uma banda do coco	55
4.2.3	Circuito Elétrico da Segunda Esteira	55
4.3	Sistema da Terceira Esteira	59

4.3.1	Virar à banda do coco . . . . .	59
4.3.2	Segurar à banda do coco . . . . .	59
4.3.3	Retirar à castanha da banda do coco . . . . .	59
4.3.4	Circuito Elétrico para Terceira Esteira . . . . .	60
4.3.5	Cálculo do diâmetro de um cilindro pneumático . . . . .	65
4.3.6	Orçamento da Máquina . . . . .	66
<b>5</b>	<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>68</b>
	<b>Apêndices</b>	<b>71</b>
	<b>Anexos</b>	<b>72</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Contextualização

O coco é o fruto produzido pelo coqueiro que contém componentes que beneficiam o organismo humano. É um fruto carnoso, de casca fibrosa, endocarpo duro, de semente esbranquiçada e succulenta utilizada na alimentação juntamente com a água que se encontra dentro da semente [1]. Todos os componentes do coco podem ser aproveitados pelo ser humano, não apenas para a sua alimentação, mas também para seu conforto e lazer. A água presente no interior do coco é rica em muitos nutrientes, como cálcio, potássio e magnésio, podendo ser usada para hidratar a pele e possui baixas calorias. Por meio da castanha do coco é possível obter vários alimentos, como o óleo de coco, o leite de coco, o coco ralado, a poupa de coco etc. Por fim, a casca do coco vira um excelente adubo natural, suas fibras, Figura 1.1, servem de base à biomantas que ajudam a recompor a vegetação e são usadas na confecção de roupas, chapéus, toalhas de mesa e recheio dos bancos de automóveis, como mostra a Figura 1.2. [2]



Figura 1.1 – Fibras de coco. Fonte [14]



Figura 1.2 – Recheio de banco de carro feito de fibras de coco. Fonte [15]

No cenário mundial, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) de 2019, o Brasil ocupa a quinta colocação entre os maiores produtores de coco, com uma fatia de 3,9 por cento da produção total, com 2,33 milhões de toneladas produzidas, atrás apenas de Indonésia, Filipinas, Índia e Sri Lanka. O

país, entretanto, possui a mais elevada produtividade comparada aos principais produtores, rendendo mais de 8 mil frutos por hectare. [18] Em âmbito nacional, o Nordeste é o grande destaque na produção, com 1,13 bilhão de frutos colhidos do total de 1,55 bilhão de todo o país em 2019, segundo dados do IBGE. O Sudeste e o Norte ocupam o segundo e terceiro lugares, respectivamente, com 216 milhões e 185 milhões de frutos colhidos. Em termos de produtividade, o Sudeste está à frente, com 15 mil frutos por hectare, seguido pelo Centro-Oeste, com 11,8 mil e Norte, com 9,9 mil. [18] O Estado da Bahia é o maior produtor de coco do Brasil, ocupando a vanguarda na produção nacional, com uma área cultivada de mais de 76 mil hectares. Tomando-se como referência o ano de 2010, a produção anual foi superior a 500 milhões de frutos contribuindo com mais de 221 milhões de reais para a composição do Valor Bruto da Produção Agrícola, além de gerar cerca de 240 mil postos de trabalho. O gráfico apresenta os principais estados produtores de coco no Brasil em 2010. [19]

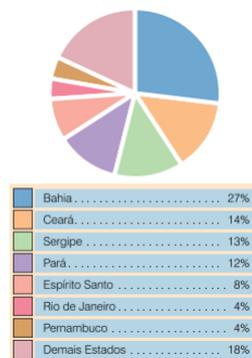


Figura 1.3 – Principais estados produtores de coco. Dados de 2010.

No Brasil existem várias indústrias que tratam o coco, algumas delas possuem máquinas manuais que facilitam o tratamento do coco, como furar e cortar, como mostra a Figura 1.4. Outras, mas modernas, já possuem máquinas elétricas que são capazes de cortar vários cocos ao mesmo tempo, tratando assim, mais de mil cocos por hora. Figura 1.5



Figura 1.4 – Máquina manual de tratar o coco. Fonte [16]

De forma a reduzir o custo da mão de obra, ou seja, ter menos funcionários para pagar e também continuar a produzir a mesma quantidade ou mais, e tendo uma boa qualidade na



Figura 1.5 – Máquina Elétrica que corta cocos. Fonte [17]

produção; as indústrias podem aumentar mais o uso de máquinas elétricas e automatizá-las, deixando sem a necessidade da interferência do homem. Porém, muitas dessas máquinas elétricas e automáticas possuem um custo alto, pois os materiais das quais elas são feitas são caros, além da mão de obra para se construir, tudo exige um alto investimento. E essas máquinas devem ser usadas e, de vez em quando, revisadas por um profissional qualificado. Contudo, existem equipamentos que, embora não sejam tão baratos, mas em comparação com outros, são menos caros, e considerando que com eles é possível fabricar máquinas resistentes que fazem um trabalho eficiente, vale a pena adquirir, pois melhoraria a produção e reduziria o custo da mão de obra. Exemplo desses equipamentos são materiais pneumáticos (movidos a ar), que em comparação com outros, como os hidráulicos (movidos a óleo), são menos caros. E para esse tipo de trabalho, tratamento total do coco, uma máquina de acionamento pneumática realizaria uma tarefa muito eficiente, assim como uma hidráulica, além de sair com um custo menor em sua construção. Tendo isso em mente, neste trabalho será feito um projeto de uma máquina eletropneumática de aproveitamento total do coco, ou seja, uma máquina automática, que só terá a intervenção do homem para colocar os cocos nela, todos os outros processos ela fará sozinha.

### 1.2 Descrição do problema e objetivos

Como já foi falado, existem muitas indústrias que possuem máquinas manuais ou elétricas que tratam de um processo específico do coco, como furar, cortar, descascar etc. Contudo, a maioria dessas máquinas realiza apenas uma tarefa específica, necessitando muito da intervenção humana para realizar outras funções que essas máquinas não fazem; ou simplesmente o trabalho de transportar manualmente o coco para cada uma dessas máquinas específicas para realizar determinado trabalho.

O objetivo geral deste trabalho é a concepção de uma máquina que aproveita totalmente o coco e, no final do processo, obter a água do coco, a castanha do coco e a casca do coco triturada, tendo apenas a intervenção do homem para colocar o coco na máquina. São, então, dois objetivos específicos:

1. Criar uma planta eletropneumática para o desenvolvimento dessa máquina.

2. Explicar detalhadamente passo a passo a execução de cada processo que a máquina realiza no tratamento do coco, como furar, cortar, retirar a castanha e triturar.

### 1.3 Apresentação do manuscrito

Este manuscrito consiste dos seguintes capítulos:

Capítulo 1 - Introdução é o presente capítulo, que contém uma introdução ao tema, o incentivo do projeto e seus objetivos;

Capítulo 2 - Fundamentos teóricos: neste capítulo, será realizado um resumo sobre o assunto de sistemas eletropneumáticos para o entendimento da pesquisa realizada;

Capítulo 3 - Metodologia: neste capítulo, serão definidas as técnicas utilizadas para concepção da máquina, o projeto sendo feito em softwares, como o SolidWorks e suas devidas dimensões;

Capítulo 4 - Desenvolvimento do projeto: neste capítulo, serão mostradas e discutidas as plantas e os circuitos elétricos feitos no Automation Studio;

Capítulo 5 - Conclusões: contém um resumo do trabalho feito e as considerações finais.

## 2 Fundamentos Teóricos

Este capítulo é uma descrição teórica da Eletropneumática.

### 2.1 Introdução

Podemos resumir todas as formas comerciais de transmissão de energia na indústria a apenas três: mecânica, elétrica e fluídica. A transmissão de energia por meios mecânicos é a mais antiga de todas: nos primórdios da civilização já se utilizava a força humana ou animal para movimentar equipamentos e realizar trabalho. Um exemplo mais atual são os automóveis, nos quais a energia gerada pela combustão dentro do motor é transmitida, através de eixos e engrenagens, para movimentar as rodas. [3]

Desde a descoberta da eletricidade, a transmissão de energia por meios elétricos tornou-se dominante, por conta da sua versatilidade e capacidade de viajar grandes distâncias. A conversão de outras formas de energia em energia elétrica está presente em muitos outros sistemas de geração de energia atuais, como hidrelétricos, termelétricos, solares, eólicos, maremotrizes etc. Todas essas diferentes formas de produzir energia têm como objetivo final a geração de energia elétrica, a qual é depois transmitida para o consumidor final. [3]

O surgimento de um campo magnético produzido pela passagem da corrente elétrica em condutores é uma das mais importantes descobertas do homem. Esse fenômeno chama-se eletromagnetismo e diversos dispositivos elétricos funcionam baseados nesse efeito, tais como motores elétricos, contadores, reles, válvulas eletropneumáticas etc. [4]

Por fim, destaca-se a transmissão de energia por meios fluídicos, que se dá através da hidráulica e da pneumática que, em termos modernos, as transmissões hidráulica e pneumática baseiam-se em um mesmo princípio: fluidos aumentam sua pressão quando recebem energia, e é essa variação de pressão que pode então ser convertida em movimento. Um exemplo clássico é um fluido pressurizado empurrando um êmbolo, como no macaco hidráulico; na pneumática se refere ao uso de ar comprimido, por tanto em estado gasoso. [3] Esse trabalho se refere unicamente na área da pneumática.

### 2.2 Propriedades Físicas do ar

A fonte de energia mais rica, disponível e barata é o ar. O ar que respiramos e que muitas vezes nem mesmo sentimos, mas que, no passado, época das grandes navegações, impulsionava as naus pelos oceanos por meio de suas grandes velas, conduzindo desbravadores ao descobrimento de novas terras. O ar que, aquecido, se expande e alça balões aos céus.

O ar que, devidamente tratado e condicionado, pode ser convertido em energia mecânica, produzindo trabalho, ou energia elétrica, como no caso dos cata-ventos. Seja qual for sua aplicação, é importante que conheçamos algumas de suas propriedades.[5]

### 2.2.1 Exapansibilidade

O ar, bem como todos os gases, não tem forma definida, o que lhe permite adquirir a forma do recipiente que o contém, mudando-a ao menor esforço. figura 2.6 [6]

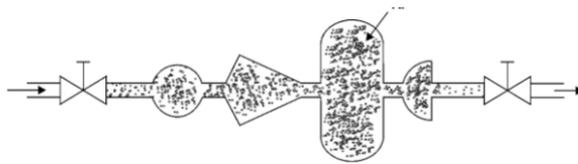


Figura 2.6 – Expansibilidade do ar nas diversas formas pelas quais circula. Fonte [6]

### 2.2.2 Compressibilidade a Temperatura Constante (Isotermia)

Como fora visto, o ar expande-se ocupando totalmente o ambiente pelo qual circula. Assim, pode-se concluir que por meios mecânicos e possível leva-lo a condição oposta, ou seja, comprimí-lo. Desta forma, se tivermos um recipiente que possa ser hermeticamente fechado e o dotarmos de um mecanismo que impeça a saída desse ar (válvula de retenção), podemos insuflá-lo nesse recipiente, em quantidade tanto quanto se deseje, mantendo, e claro, o limite de segurança (resistência mecânica do compartimento). Quanto mais fluido for insuflado no recipiente, mais a pressão interna dele aumenta, figura 2.7. [6]

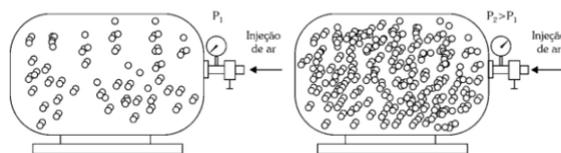


Figura 2.7 – Ar insuflado em um recipiente com válvula de retenção. Fonte [6]

Nessa figura 2.7, o volume físico ocupado pelo ar permanece constante, entretanto, com a injeção contínua no recipiente, as moléculas de ar começam a aproximar-se cada vez mais, aumentando a quantidade deste dentro do volume físico, demonstrando assim a compressibilidade dos gases. [6]

A figura 2.8 demonstra essa mesma propriedade aplicada agora a uma quantidade fixa de ar. Quando o êmbolo é movimentado para baixo pela ação da força  $F$ , há a compressão do ar ali existente, resultando uma redução de seu volume e consequente elevação da pressão. [6]

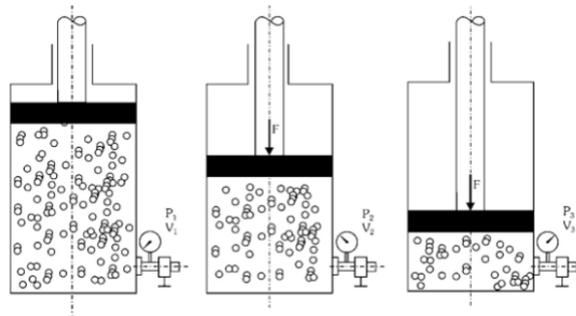


Figura 2.8 – Ar comprimido por êmbolo em um recipiente com válvula de retenção. Fonte [6]

### 2.2.3 Elasticidade

É a propriedade que possibilita o ar de retornar ao seu volume inicial, uma vez cessado o esforço que o havia comprimido, figura 2.9. [6],

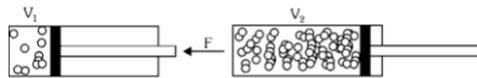


Figura 2.9 – Retorno do êmbolo a condição inicial, cessada a força F (Propriedade da elasticidade).  
Fonte [6]

## 2.3 Produção e Distribuição do Ar Comprimido

A pneumática utiliza o ar como fonte de energia para o acionamento de seus automatismos. Esse ar, entretanto, necessita ser colocado em determinadas condições apropriadas para sua utilização. São elas: pressão adequada e qualidade (redução máxima possível de impurezas e umidade). A condição de pressão adequada é conseguida com compressores, já a de qualidade, entretanto, precisa de recursos como purgadores, secadores e filtros. [6]

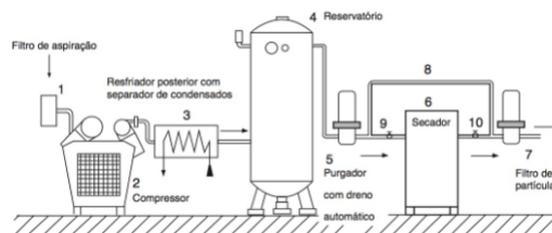


Figura 2.10 – Estrutura de uma central de compressão [7]

Com referência a Figura 2.10, o ar vem aspirado do ambiente externo por meio de um filtro de aspiração (1) e entra no compressor (2). Lembramos que, após a compressão, temos um aumento da temperatura do ar. Necessita-se então de um resfriador posterior

(3) (after cooler), que diminui a temperatura a um valor aceitavel para o reservatorio. A passagem do ar comprimido pelo resfriador geralmente provoca a formacao de gotas de agua devido a passagem do estado de gas a liquido. Essa agua devera ser separada do ar em um dispositivo, chamado separador de condensados, e sucessivamente eliminada pelo purgador. Um reservatorio (4) serve para armazenar o ar comprimido. [7]

Alguns tipos de compressores podem poluir de oleo a rede de distribuicao, dai a necessidade de dispor de um purgador com dreno automatico (5) depois do reservatorio. E necessario um ulterior processo de secagem do ar a fim de eliminar completamente o residuo de agua apos o resfriamento, por meio do dispositivo chamado secador (6). O secador e guarnecido de valvulas de registro (9) e (10) na passagem do ar pelo secador. Na valvula de registro (8), temos a passagem do ar sem secador. Enfim, podemos ter um ulterior filtro de particulas (7) para a poeira muito fina, produzida pelo sistema, que com esse filtro serao eliminadas. Estamos prontos agora para a utilizacao do ar comprimido em uma linha tronco. A instalacao considerada na figura 2.10 ja e uma verdadeira central de compressao de medio porte. [7]

Em um projeto técnico de um sistema pneumático, as plantas são representadas por símbolos, a figura 2.11, mostra a representação com símbolos de uma central de compressão vista na figura 2.10.

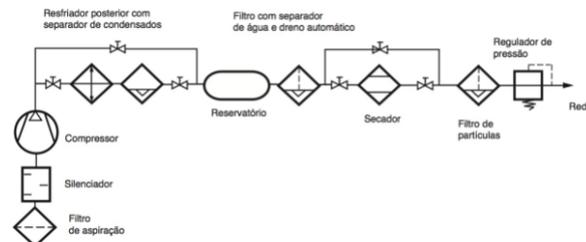


Figura 2.11 – Representação com símbolos de uma central de compressão. [7]

Se ha necessidade de pouca potencia em termos de pressao e vazao, podemos utilizar pequenos compressores com acionamento por motor eletrico, conforme apresentado na figura 2.12, em que o compressor, varios filtros e um medidor de pressao estao instalados sobre um reservatorio cilindrico disposto horizontalmente. Tal solucao pode ser realizada para vazoes nao elevadas, geralmente inferiores a 2400 litros/min. [7]

## 2.4 Controladores Pneumáticos

Controladores são dispositivos que monitoram sinais de transdutores e atuam de forma adequada para manter o processo dentro dos limites especificados, de acordo com uma programação previamente definida, ativando e controlando os atuadores necessários.

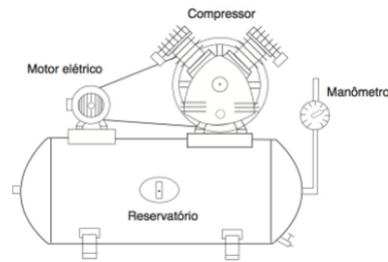


Figura 2.12 – Compressores com acionamento por motores elétricos

O controlador pneumático é responsável por regular a pressão do ar entre os vários postos de trabalho em uma fábrica. Ligado a uma linha de ar principal de um compressor de ar, o controlador pneumático possibilita ao operador ajustar o controlador e variar a pressão de ar, permitindo que a pressão de ar principal possa permanecer em um alto nível operacional. [8] O sistema de controle é empregado quando se interpreta que determinado conjunto de componentes interconectados tem como função principal a realização de uma ou mais ações que são observadas ao longo do tempo, e cuja modificação decorre da aplicação de sinais de entrada. Essas ações podem ser o controle ou a regulagem de posição, velocidade ou força em um cilindro, ou de vazão ou pressão em um circuito. [8] Para esse sistema de controle utiliza-se as válvulas, que podem variar de acordo com o sistema a ser escolhido, podendo ser uma válvula reguladora de pressão ou uma válvula direcional.

#### 2.4.1 Válvula reguladora de pressão

Essas válvulas se caracterizam por limitar a pressão máxima do sistema, controlar operações sequenciais, balancear forças mecânicas externas e atividades que envolvem mudanças na pressão durante a operação. São classificadas de acordo com o tipo de conexão, o tamanho e a faixa de operação.



Figura 2.13 – Válvula Reguladora de Pressão. Fonte [9]

O esquema de funcionamento dessas válvulas é apresentado na Figura 2.14 [8]

Funcionamento da válvula ocorre da seguinte forma: o diafragma (D) é pressionado pelo ar pressurizado na saída (S); do outro lado, há uma mola (M) ajustada pelo parafuso (P); preso ao diafragma está o obturador (P), inicialmente fechando a passagem de ar. Quando a

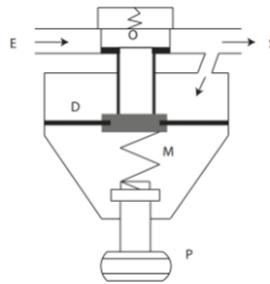


Figura 2.14 – Esquema de funcionamento de válvula reguladora de pressão. Fonte [8]

mola é comprimida pelo parafuso, o diafragma sobe, deslocando o obturador e permitindo a passagem do ar. Se o consumo diminuir, a pressão de saída tende a aumentar, aumentando a força sobre o diafragma, deslocando-o para baixo e diminuindo a área de passagem pelo obturador, o que estabiliza a pressão. Quando o consumo aumenta, ocorre o oposto. Dessa forma, o regulador mantém a pressão de saída constante, adequando a vazão do obturador ao consumo.

## 2.4.2 Válvula Direcional

Válvulas direcionais são importantes componentes, pois desviam o fluxo que chega nos atuadores, permitindo que estes sejam pressurizados ou despressurizados. As válvulas direcionais também possuem uma simbologia própria, a qual destaca a quantidade de posições, vias, passagens e bloqueios. Posições são as instâncias possíveis que a válvula possui para liberar fluxo através dela. Independentemente da posição, a válvula tem um certo número de vias, que são as aberturas por onde o fluido entra e sai dela. Quando duas vias se conectam, forma-se uma passagem; já uma via que não se conecta caracteriza um bloqueio. [3]

A Figura 2.15 ilustra várias válvulas direcionais. O número de quadrados indica o número de posições possíveis. Para válvulas de duas posições, a posição da direita é a padrão, enquanto para válvulas de três posições, a posição padrão é a do centro. Setas indicam passagens, enquanto um “T” indica um bloqueio. O nome da válvula é dado pelo número de vias (primeiro número) e o número de posições (segundo número). As siglas NF, NA e CF significam “normalmente fechada”, “normalmente aberta” e “centro fechada”, respectivamente. Isso serve como um complemento à nomenclatura da válvula, reforçando qual é a posição padrão. [3]

Para que uma válvula mude de posição, é necessário algum tipo de acionamento, o qual também possui uma simbologia própria. A figura 2.16 mostra a simbologia para tipos diferentes de acionamento. Acionamentos por mola são normalmente usados em resposta a algum outro acionamento; quando a válvula é acionada, a mola acumula energia potencial elástica, que é liberada para retornar a válvula à posição original. Já o acionamento por

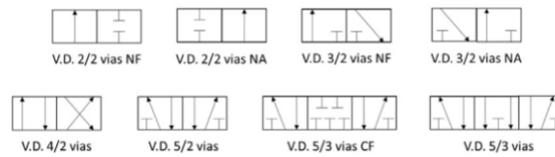


Figura 2.15 – Simbologias para válvulas direcionais. Fonte [3]

solenoides é o que caracteriza a eletrohidráulica e a eletropneumática. Por fim, o acionamento por piloto utiliza fluido pressurizado para ser realizado; esse fluido, por exemplo, pode ter passado antes por outra válvula direcional. [3]

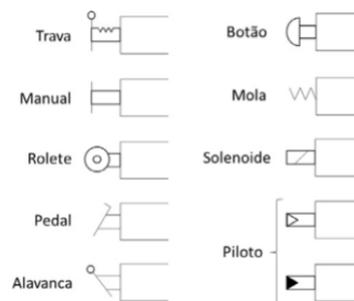


Figura 2.16 – Simbologia para diferentes tipos de acionamento de válvulas direcionais [3]

Utilizando a simbologia mostrada para as válvulas direcionais na figura 2.15 e para os tipos de acionamento na Figura 2.16, é possível então combiná-las para construir a simbologia completa de uma válvula. Na Figura 2.17, vemos o exemplo de uma válvula 3/2 vias com acionamento por solenoide. Quando é necessário mudar a posição da válvula, energiza-se o solenoide, deslocando a válvula de posição. Isso é representado pelo símbolo do solenoide à esquerda da válvula, pois a posição da válvula muda da posição padrão à direita para a posição à esquerda. Já quando o solenoide é desenergizado, uma mola (representada à direita da válvula) retorna a válvula para a posição original (posição da direita). [3]

Na figura 2.18 temos a representação real da válvula 3/2 acionada por solenoide e retorno por mola, cujas as tensões disponíveis 12DC à 24DC, 110AC – 220AC, fluido ar filtrado de pressão máxima 10 Bar à 150 Psi e temperatura 5 a 50 °c, tendo uma boa durabilidade.



Figura 2.17 – Simbologia para uma válvula 3/2 vias acionada por solenoide. Fonte [3]



Figura 2.18 – Válvula Solenoide Mola 3/2 Vias. Fonte [10]

## 2.5 Atuadores Pneumáticos

Os atuadores pneumáticos são responsáveis pela transformação da energia pneumática em energia mecânica. [4] Eles podem ser classificados de acordo com o movimento que realizam. Esse movimento, por sua vez, pode ser linear (quando o movimento realizado é simples e direto) ou rotativo (quando o movimento realizado é giratório). [8]

### 2.5.1 Atuadores Pneumáticos de Movimento Retilíneo

#### 2.5.1.1 Cilindro de Simples Ação

Este tipo de cilindro é acionado pelo ar comprimido apenas de um lado, realizando trabalho em um só sentido. O seu desacionamento é executado mediante a ação de uma força externa ou por uma mola interna sendo que, neste último caso, o comprimento do curso do cilindro fica limitado ao comprimento da mola. [4]

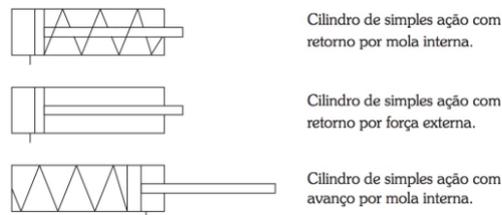


Figura 2.19 – Representação dos Cilindros de Simples Ação. Fonte [4]

#### 2.5.1.2 Cilindro de Dupla Ação

Neste tipo de cilindro, o ar comprimido produz movimento nos dois sentidos. Teremos avanço e retorno do cilindro através da energia pneumática. Quando grandes cargas são movimentadas por este tipo de cilindro, deve existir no mesmo um sistema de amortecimento pneumático que evite danificações devido aos fortes impactos nos fins de curso. [4]

## 2.6 Sensores Elétricos

O sensor basicamente é um dispositivo que tem a função de detectar e responder com eficiência algum estímulo. Depois que o sensor recebe o estímulo, a sua função é emitir

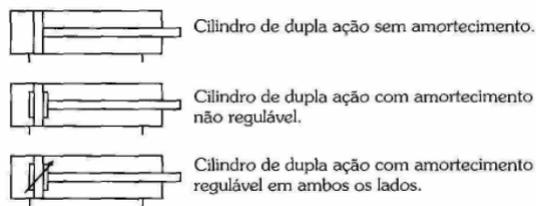


Figura 2.20 – Representação dos Cilindros de Dupla Ação. Fonte [4]

um sinal que seja capaz de ser convertido e interpretado pelos outros dispositivos. [11]

### 2.6.1 Sensores Mecânicos

Denominamos sensores mecânicos àqueles que sensoriam movimentos, posições ou presença usando recursos mecânicos como, por exemplo, chaves (switches). Nessa categoria incluímos os micro-switches e chaves de fim de curso, como mostra a figura 2.21. [12]

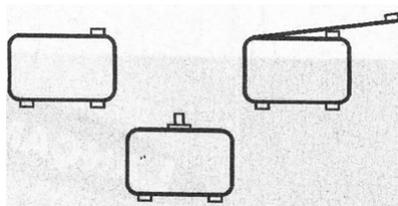


Figura 2.21 – Micro-switches e chaves de fim de curso. Fonte [12]

Esses sensores, como o nome sugere, são interruptores ou mesmo chaves comutadoras que atuam sobre um circuito no modo liga/desliga quando uma ação mecânica ocorre no seu elemento atuador. [12] O sensor de contato mecânico apresenta três terminais acessíveis, sendo o comum (C), o normalmente aberto (NA) e o normalmente fechado (NF), conforme mostra a Figura 2.22. [4]



Figura 2.22 – Simbologia de sensores com Acionamento Mecânico. Fonte [4]

### 2.6.2 Sensor de Proximidade

Um circuito eletrônico capaz de detectar a aproximação de peças, fluidos, componentes, elementos de máquinas etc. O acionamento ocorre sem que haja o contato físico entre o acionador e o sensor, aumentando com isso a vida útil do sensor. O sensor de proximidade pode ser indutivo ou capacitivo. [4]

### 2.6.3 Sensores Ópticos

Um sensor óptico é um dispositivo que converte os raios de luz em sinais eletrônicos. O objetivo de um sensor óptico é medir uma quantidade física de luz e, dependendo do tipo de sensor, então traduz em uma forma que seja legível por um dispositivo de medição. Normalmente, o sensor óptico faz parte de um sistema maior que integra um dispositivo de medição, uma fonte de luz e o próprio sensor. Isso geralmente é conectado a um gatilho elétrico, que reage à uma mudança no sinal dentro do sensor de luz. Uma das características de um sensor óptico é sua capacidade de medir às mudanças de um ou mais feixes de luz. Essa alteração é mais frequentemente baseada em alterações na intensidade da luz. Quando ocorre uma mudança de fase, o sensor de luz atua como um disparador fotoelétrico, aumentando ou diminuindo a saída elétrica, dependendo do tipo de sensor. [20]

O sensores ópticos escolhidos foram sensores fotoelétricos G74 com terminais aparafusáveis 24 240 Vca-Vcc, modelo retangular, distância sensorial nominal de 15 mts, imunidade a luz solar de 10.000 Lux, imunidade a luz incandescente de 3.000 Lux, grau de proteção IP 54 e temperatura de operação de -25°C +75°C. Fonte [36].

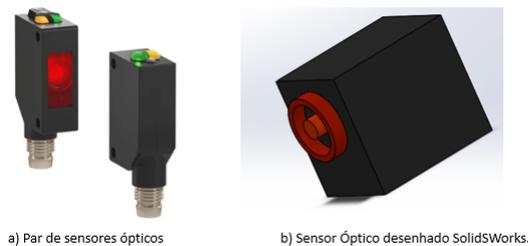


Figura 2.23 – Sensores Ópticos. Fonte [21]

# 3 Metodologia

## 3.1 Sistemas Eletropneumáticos

A eletropneumática pode ser definida como uma tecnologia ligada à geração, controle e distribuição de potência, que faz uso de fluidos comprimidos/pressurizados que, nesse caso, é o ar. Ou seja, o sistema eletropneumático é uma “fusão” da eletricidade e da pneumática, duas grandezas essenciais para a área industrial, permitindo o controle de movimentos e forças através da interação dessas grandezas. [3]

Podemos aplicar o uso da pneumática à diversas situações, umas das formas de se projetar um Sistema Eletropneumático e, que foi adotada para realizar esse trabalho, foi seguindo os seguintes passos:

**PASSO 1:** Descrever o funcionamento do sistema. Nesse passo, o sistema deverá ser mostrado, interpretado e assim decidir quais ações em linha de produção poderão ser automatizadas. Pra isso, usaremos o software SolidWorks.

**PASSO 2:** Criar o diagrama trajeto-passo. Nesse passo, cria um diagrama que descreve a ação dos atuadores no sistema, como avançar, parar e retornar ao longo de toda execução da máquina.

**PASSO 3:** Determinar o tipo de atuador a ser usado. Nesse passo, decide qual melhor atuador para ser usado em cada etapa do sistema, de acordo com o objetivo que se deseja conseguir naquela etapa, como já vimos existe muitos tipos de cilindros, além de outros atuadores, como motores.

**PASSO 4:** Escolher às válvulas a serem usadas. Nesse passo, decide qual melhor válvula para ser usada no sistema, visto que existem várias válvulas acionadas por diversos tipos de acionamento, seja por alavanca, botão, solenoides etc.

**PASSO 5:** Definir quais sensores acionam os passos. Nesse passo, escolhemos os tipos de sensores que serão usados, o local onde eles ficarão no sistema e a forma como serão acionados, seja no avanço, na parada ou retorno do atuador.

**PASSO 6:** Definir à lógica de acionamentos dos atuadores associando comandos elétricos na válvula. Nesse passo, determinamos o tipo de movimento que o atuador fará seja avançar, parar ou retornar, por meio de acionamentos elétricos que faremos na válvula.

**PASSO 7:** Desenhar o circuito elétrico de comando dos atuadores e a planta do sistema pneumático. Nesse último passo, desenharemos o circuito elétrico que comanda às ações do sistema pneumático e o desenho da planta pneumática. Para isso, usaremos o software Automation Studio.

## 3.2 Projeto Conceitual

A figura 3.24 mostra com seriação a máquina eletropneumática, uma máquina totalmente automatizada, tendo a necessidade da ação humana apenas de colocar o coco na esteira. O coco que será tratado na máquina deve ter no máximo 19 cm de largura e no máximo 15 cm de altura.

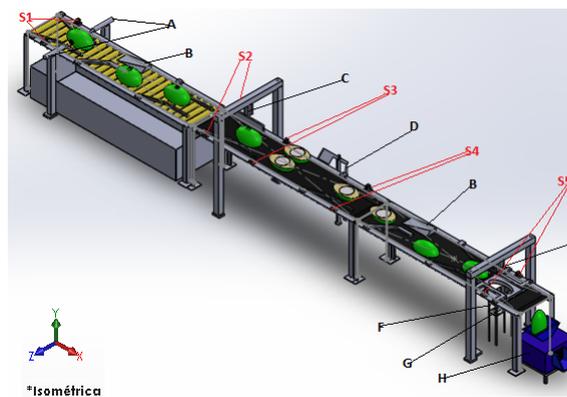


Figura 3.24 – Máquina Eletropneumática ( feita no SolidWorks)

Tabela 3.1 – Estações da Máquina

Estação	Atuador	Fase
Furar	A	Furar o coco na laterar
Virar	B	Virar o coco e a banda do coco
Cortar	C	Cortar o coco
Parar	D	Parar um das bandas do coco
Segurar	E	Segurar uma banda do coco
Retirar	F e G	Retirar à castanha (parte branca) do coco
Triturar	H	Triturar a casca do coco

Fonte: [31]

### 3.2.1 Apresentação das estações

O projeto consiste em três esteiras, uma apenas com roletes e às outras duas com roletes e forradas com tapete. O processo inicia na esteira só com roletes. Na sequência são apresentadas às estações:

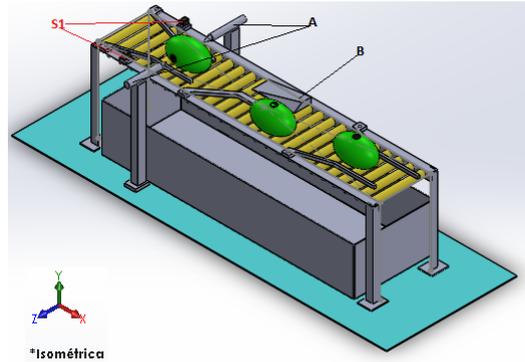


Figura 3.25 – A primeira esteira onde ocorrem as estações de furar e virar o coco.

### 3.2.1.1 Furar

A letra A corresponde aos atuadores (cilindros) que furam o coco na lateral, esse cilindros são acionados por um par de sensores ópticos (S1) que são colocados ao lado desses cilindros, assim que o coco passa por esses sensores leva um tempo para que a esteira pare, para que assim, o coco fique entre esses cilindros que são acionados ao mesmo tempo, furando o coco na lateral. Após um tempo esses cilindros retornam ao seu estado inicial e o coco continua avançando.

### 3.2.1.2 Virar

O coco é guiado por uma guia que o conduz para uma rampa (B) que está grudada na lateral da esteira, mas ela não toca nos roletes, ficando totalmente fixa na esteira quando há movimento nos roletes. Quando o coco passa por essa rampa que foi projetada para fazer o coco virar, para que um dos furos feitos na lateral do coco passe para baixo, para que assim, a água do coco sai completamente e a água fica armazenada em um reservatório em baixo da esteira. O coco segue conduzido por guias que o levam ao centro da esteira para próxima esteira (Figura 3.26).

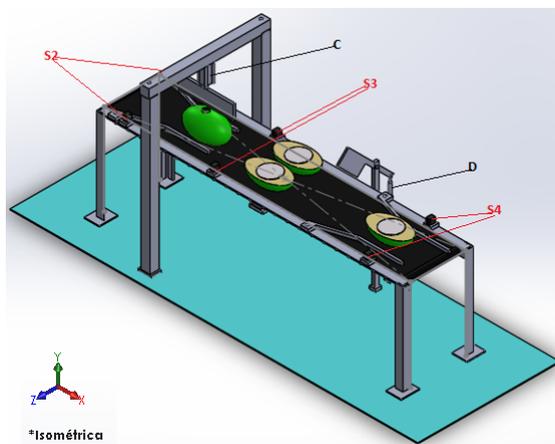


Figura 3.26 – A segunda esteira onde ocorrem as estações de partir e parar o coco.

### 3.2.1.3 Partir

O coco ao chegar na segunda esteira (Figura 3.26) passa por sensores ópticos (S2), que após um tempo, param o movimento da esteira, isso para que o coco fique na melhor posição possível para que o atuador B corte o coco da forma desejada, ficando duas bandas de coco uma lado a lado. A seguir o atuador B retorna para cima, e a esteira volta a funcionar e as duas bandas de coco que estão lado a lado seguem.

### 3.2.1.4 Parar

Em seguida, com a esteira em movimento, as duas bandas de coco acionam os sensores (S3) que fazem com que o atuador D, que é um cilindro que movimenta um mecanismo (Figura 3.27), mova o mecanismo para impedir a passagem de uma banda do coco, assim somente a banda ao seu lado segue o caminho e essa banda é conduzida pelas guias da esteira que a levam para o centro, e quando essa banda passa pelo último sensor da segunda esteira (S4), esse sensor aciona o atuador C novamente para que, o mecanismo volte a posição inicial, liberando à outra banda que foi impedida de passar. Assim, as duas fileiras de banda de coco passam a ser uma fileira, seguindo para última esteira (Figura 3.28).

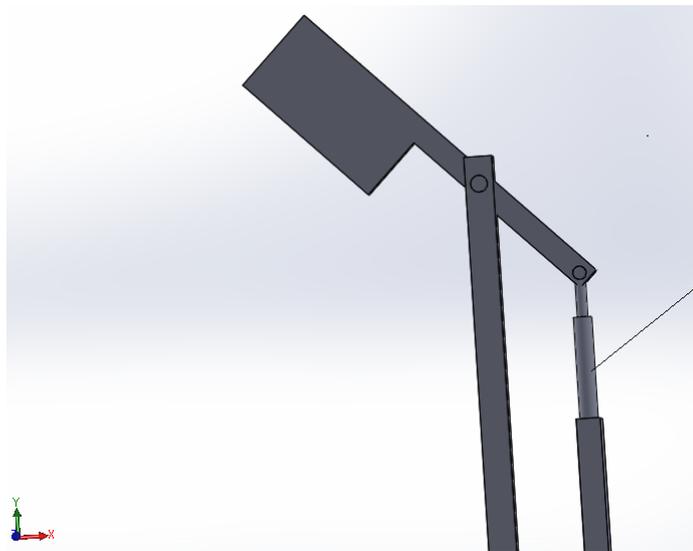


Figura 3.27 – Mecanismo projetado para parar uma banda do coco.

### 3.2.1.5 Virar ( novamente)

Assim que a banda do coco chega na terceira esteira ela é conduzida pela guia na esteira que a conduz para a rampa, do mesmo tipo que é usada na primeira esteira, então a parte que possui a castanha do coco fica para baixo, para que assim ocorra a extração da castanha por baixo.

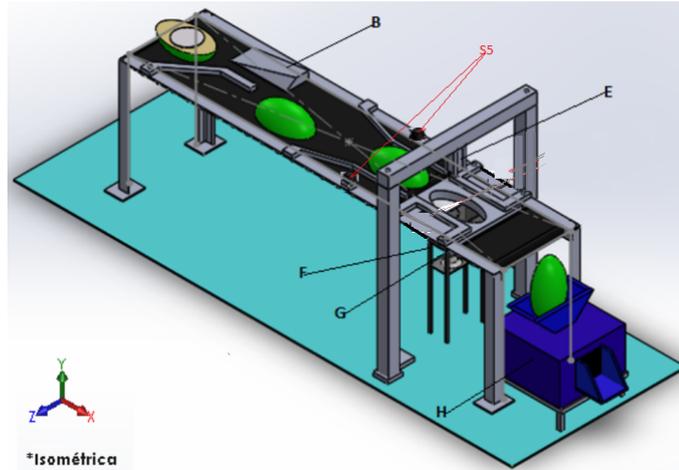


Figura 3.28 – A terceira esteira onde ocorrem as estações de virar, segurar, retirar e triturar o coco.

### 3.2.1.6 Segurar

Após a banda do coco virar, as guias na esteira a conduzem até o centro, então a banda do coco passa pelo sensores S5 (acionam os sensores S5 que, sendo usado um temporizador, acionam os atuadores, em seus devidos tempos, para extração da castanha) e vai para uma região da esteira (Figura 3.29) que é sólida, maciça, sem roletes, tapetes, imóvel e possui uma abertura menor que a banda do coco, para que a castanha do coco fique exposta para extração.

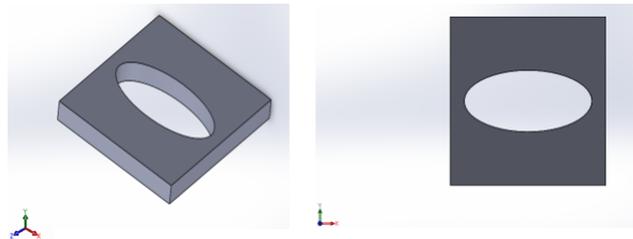


Figura 3.29 – Região da esteira imóvel em três e duas dimensões.

Então, a banda do coco fica nessa região, como mostra na Figura 3.30, vem o atuador E e segura a banda do coco por cima, pressionando ela de uma forma que não a quebre, apenas deixe ela imóvel para o processo de retirar a castanha por baixo da esteira, assim como mostra a Figura 3.31.

### 3.2.1.7 Retirar

Após o atuador E segurar a banda do coco, o processo de retirada da castanha (parte branca do coco) começa, por meio de um sistema formado por um cilindro de dupla ação (atuador F), por um cilindro rotativo (atuador G), um adaptador (Figura 3.34) que fica na ponta do cilindro para unir o cilindro rotativo ao cilindro linear, como mostra a figura 3.35,

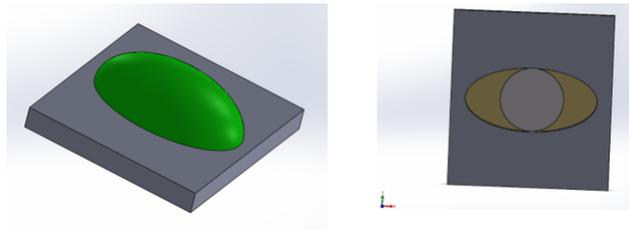


Figura 3.30 – Banda do coco na região imóvel.

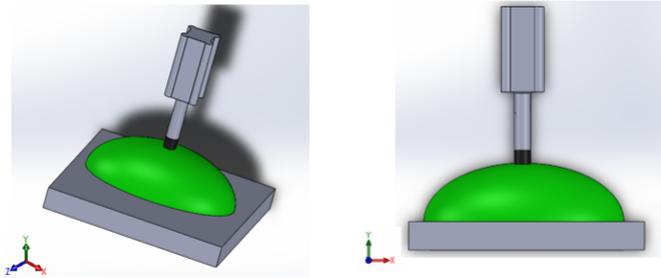


Figura 3.31 – Atuador E segurando a banda do coco para o processo de retirar a castanha.

e uma ferramenta metálica projetada exclusivamente para extração da castanha do coco (Figura 3.36).

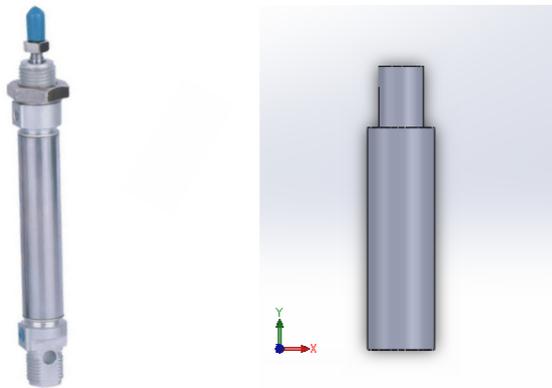


Figura 3.32 – Cilindro para a retirada da castanha. Fonte [22], e feito no SolidWorks, respectivamente.

Para projetar a ferramenta metálica (Figura 3.36) foram feitas medidas em bandas de coco na região em que se encontra a castanha (Figura 3.37), considerando que essa região seja aproximadamente circular foi medido esse diâmetro na horizontal e vertical em oito bandas de cocos (Figura 3.38), em seguida foi tirado a média aritmética que resultou em 117,75 mm do comprimento horizontal e 108,25 mm do comprimento vertical (Figura 3.39) . Logo, para garantir que a ferramenta metálica entre dentro da região onde se encontra a castanha do coco e alcance às extremidades considerou um valor de 5 mm menor na horizontal e vertical do que a média das regiões do coco da figura 3.39, assim as dimensões da ferramenta na horizontal é 112,75 mm e na vertical é 103,25 mm (Figura 3.40).

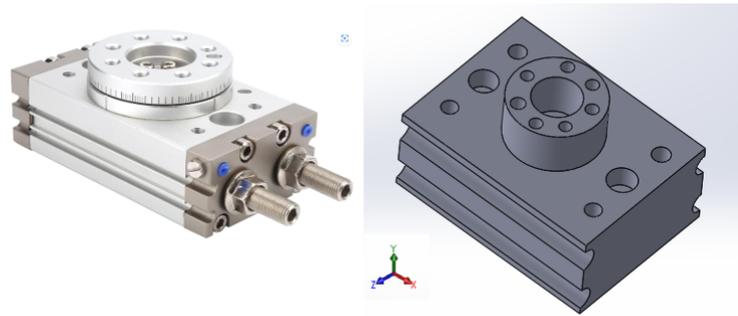


Figura 3.33 – Cilindro Rotativo, Fonte [23], e feito no SolidWorks, respectivamente.

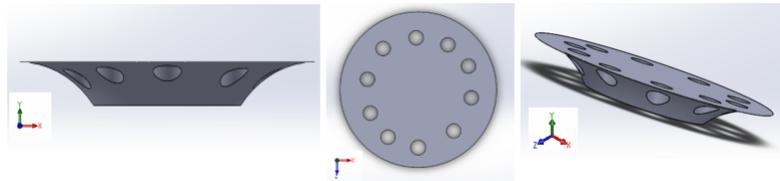


Figura 3.34 – Adaptador projetado para unir cilindro linear com o cilindro rotativo, em vista frontal, superior e isométrica, respectivamente.

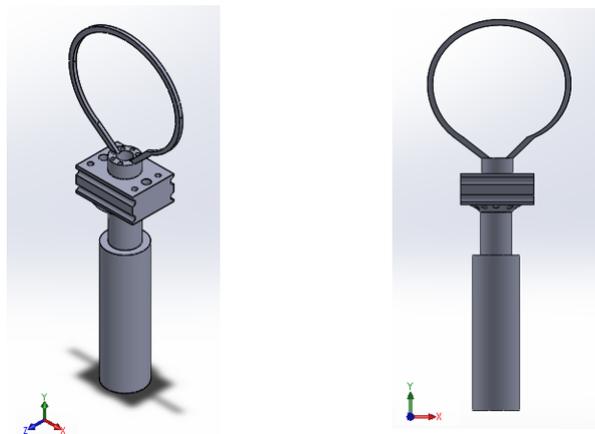


Figura 3.35 – Sistema para extração da castanha do coco formado por cilindro linear, cilindro rotativo, adaptador que fica entre os dois cilindros e a ferramenta metálica.

Assim como na extração da água do coco, que acontece na primeira esteira ( Figura 3.25), é necessário ter um reservatório para armazenar a água, da mesma forma é preciso ter um reservatório para armazenar a castanha do coco (parte branca), para isso foi projetado algo como um gabinete exclusivo para o sistema da figura 3.35, para que seja armazenadas às castanhas do coco, que cairão por gravidade (Figura 3.41).

Podemos ver que nesse gabinete (Figura 3.41) existe um peça (Figura 3.42), essa peça serve como base para o cilindro linear (Figura 3.32) para fixá-lo e elevar o seu alcance. Podemos ver na vista superior da figura 3.41 que existe um furo, para que o cilindro possa atravessar, como mostra a figura 3.43.

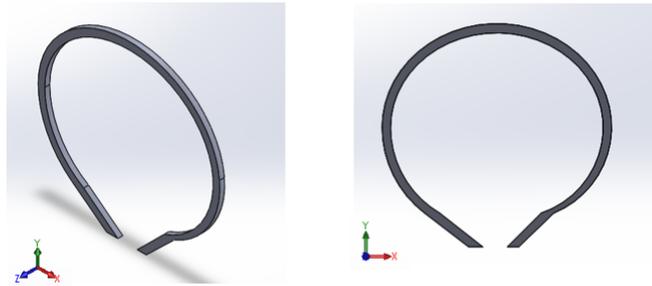


Figura 3.36 – Ferramenta metálica projetada exclusivamente para extração da castanha do coco em vista isométrica e frontal, respectivamente.

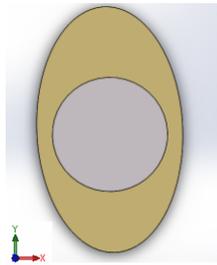


Figura 3.37 – Banda de coco (SolidWorks).



Figura 3.38 – Medindo a região onde se encontra a castanha coco, Fonte[24] .

O sistema da figura 3.43 fica embaixo da esteira numa posição onde o atuador F possa alcançar a região imóvel da esteira onde o coco se encontra virado e a castanha do coco fica exposta para extração (Figura 3.30) e quando a ferramenta (Figura 3.36) passa pela abertura da região da esteira que é sólida e imóvel (Figura 3.29) até uma certa altura para que a ferramenta atinja as extremidades da região onde fica a castanha do coco, o atuador G, cilindro rotativo (Figura 3.33), gira a 180° retirando a castanha que irá cair por gravidade e ficará armazenada na caixa do gabinete (Figura 3.41). A parte da extração da castanha é ilustrada melhor na figura 3.43.

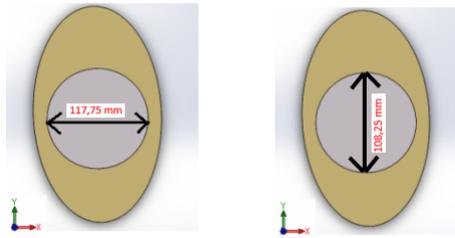


Figura 3.39 – Banda do coco com o diâmetro da região da castanha cotado. (SolidWorks)

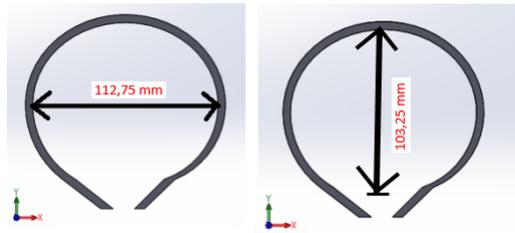


Figura 3.40 – Ferramenta Cotada. (SolidWorks)

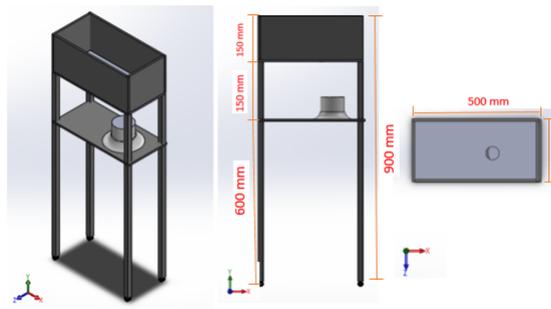


Figura 3.41 – Gabinete exclusivo para o sistema usado para extração da castanha, em vista isométrica, frontal e superior, respectivamente.

### 3.2.1.8 Triturar

Assim, que a castanha do coco é extraída, o atuador F retorna e em seguida o atuador E, que estava segurando a banda do coco, também retorna liberando-a, e então a esteira volta a funcionar e a banda do coco que estava atrás segue e empurra a banda do coco que estava

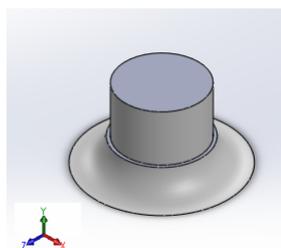


Figura 3.42 – Base para dar suporte ao cilindro.

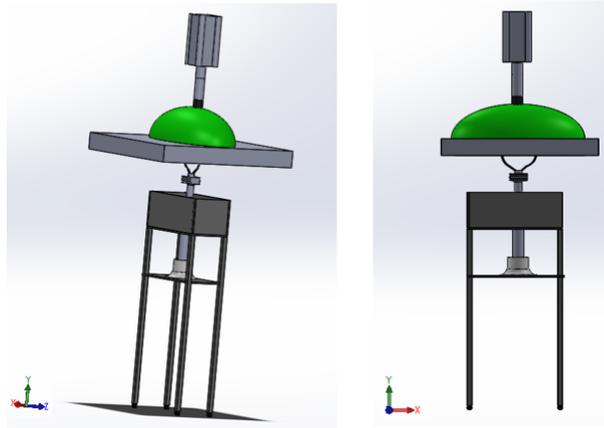


Figura 3.43 – Ilustração completa da retirada da castanha, em vista 3D e frontal, respectivamente.

no processo de extração, podemos notar que a banda, que começa a empurrar a outra banda, aciona o par de sensores (S5) que, como vimos, aciona os atuadores de extração da castanha em seus devidos tempos, como mostra a figura 3.44.

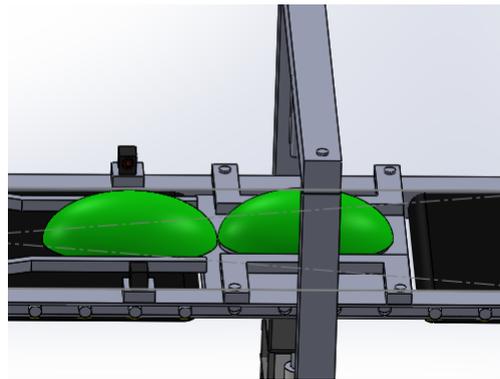


Figura 3.44 – A banda do coco que estava no processo de extração da castanha é empurrada pela banda que estava atrás.

A banda que está sendo empurrada, à medida que avança, chega na parte da esteira que está com o tapete menor envolvido, logo a força de atrito entre a banda do coco e a da esteira começa a puxar a banda do coco, assim, existem duas forças atuando na banda do coco (empurrar e puxar), como mostra a figura 3.45.

Então, a banda de coco que estava empurrando a outra banda acaba ficando na região imóvel para ocorrer o processo da extração da castanha e a outra segue para o final da esteira, como mostra a figura 3.46.

Ao final da terceira esteira podemos ver um triturador (Figura 3.28) em que a banda vai cair por gravidade nele e ser triturada. Considerando que existem vários modelos de triturador, o triturador a ser usado deve ser um apropriado para se por no final da esteira para que a banda do coco caia naturalmente dentro do triturador, um exemplo seria o da figura 3.48.

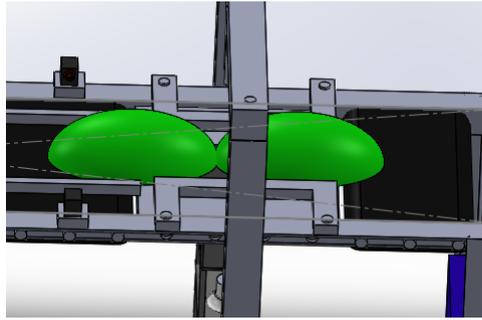


Figura 3.45 – A banda do coco sendo empurrada por outra banda e puxada pela força de atrito entre ela e a esteira.

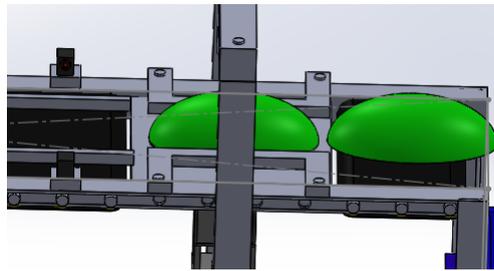


Figura 3.46 – A banda que empurrava, agora fica na parte imóvel para extração da castanha e a banda que estava nesse processo segue para o final da esteira.

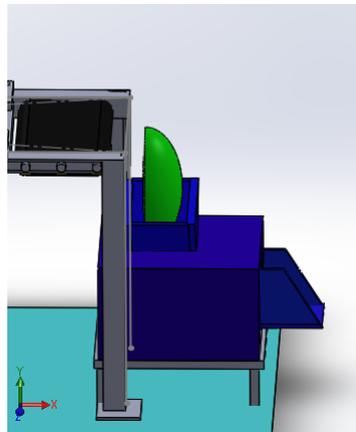


Figura 3.47 – Coco caindo naturalmente no triturador.

### 3.3 Medidas da Máquina e seus componentes

Para as dimensões da máquina e seus componentes será dividido em três partes, como na seção 3.2, visto que são três esteiras.

#### 3.3.1 Primeira esteira

Na figura 3.49 temos à vista superior da esteira 1, podemos ver que existem oito componentes nessa esteira que são cinco guias guiando o coco umas para o centro e outra



Figura 3.48 – Triturador, fonte [25].

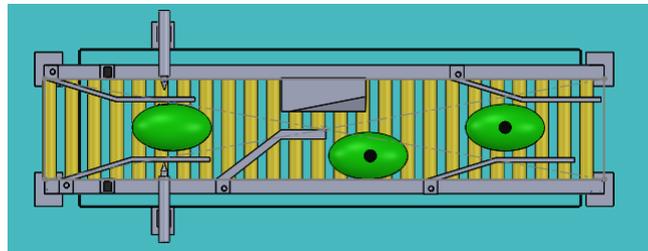


Figura 3.49 – Vista superior da esteira 1.

para extremidade, dois cilindros para furar o coco (mesmo da figura 3.32, porém com a ponta pontiaguda) e uma rampa para virar o coco.

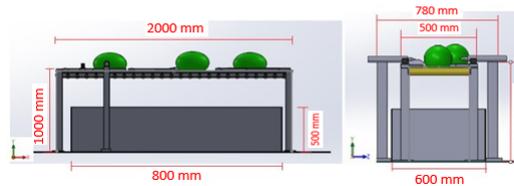


Figura 3.50 – Vista frontal e vista direita da esteira 1, respectivamente.

Nesse projeto, foram projetados dois tipos de guias, o primeiro tipo (Figura 3.51) usada para guiar o coco para o centro, o segundo tipo (Figura 3.53) usado para guiar o coco para extremidade da esteira onde tem uma rampa, que não está em cima da esteira, mas fixa na lateral, logo não toca nos roletes, e essa rampa tem duas direções de inclinação, como mostra à figura 3.55, tudo para fazer o coco girar.

### 3.3.2 Segunda esteira

Na figura 3.58 temos à vista superior da esteira 2, podemos ver que existem sete componentes nessa esteira que são quatro guias do tipo 1 (Figura 3.51), um cilindro (Figura

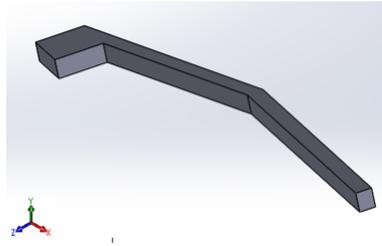


Figura 3.51 – Guia tipo 1 , usada para guiar o coco para o centro de esteira

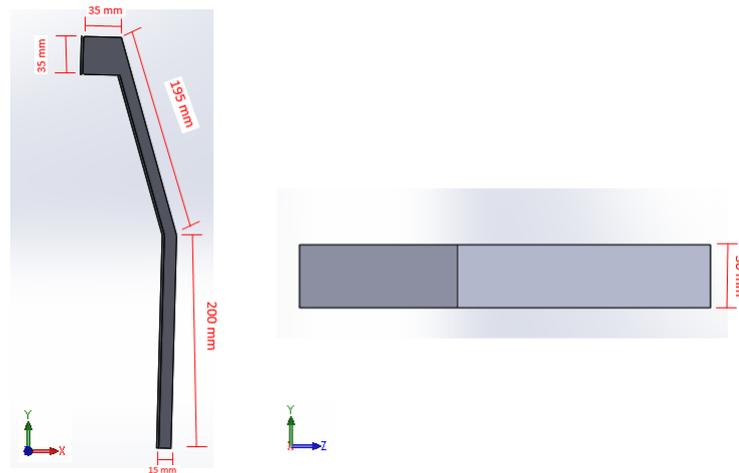


Figura 3.52 – Medidas da guia tipo 1, vista superior e direita, respectivamente.

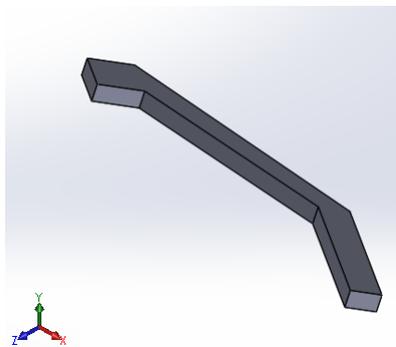


Figura 3.53 – Guia tipo 2 , usada para guiar o coco para a extremidade da esteira.

3.59) com uma lâmina (Figura 3.60) para cortar o coco, um cilindro retornado por mola que controla um mecanismo formado por uma ferramenta (Figura 3.62) projetada para parar uma banda de coco.

### 3.3.3 Terceira esteira

Na figura 3.64 temos à vista superior da esteira 3, podemos ver que existem dez componentes nessa esteira que são duas guias do tipo 1 (Figura 3.51), uma guia do tipo 2 (Figura 3.53), uma rampa (Figura 3.55), um cilindro dupla ação (Figura 3.59), um cilindro

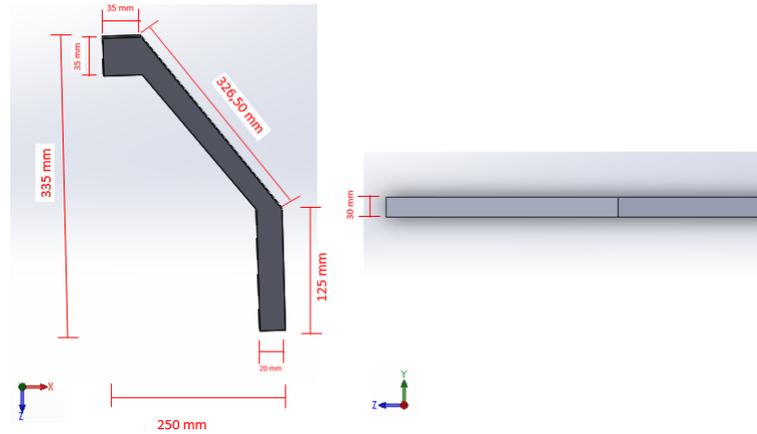


Figura 3.54 – Medidas da guia tipo 2, vista superior e direita, respectivamente.

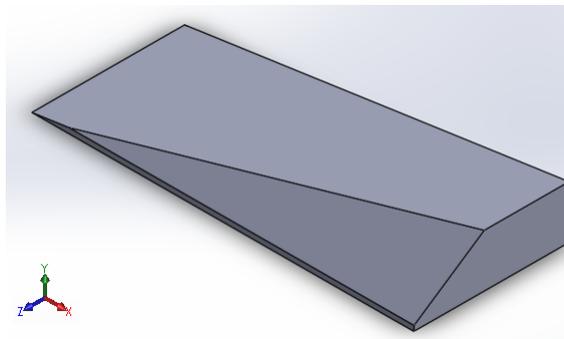


Figura 3.55 – Rampa usada para virar o coco.

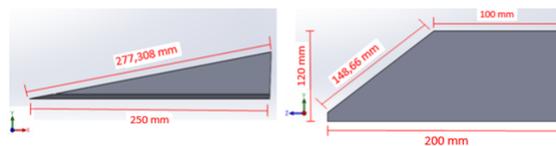


Figura 3.56 – Medidas da rampa frontal e direita, respectivamente.

linear também de dupla ação, um cilindro rotativo (Figura 3.33), ferramenta para extração da castanha (Figura 3.36) e dois tipos de guias diferentes (Figura 3.65) usadas para garantir que o coco fique na posição adequada da região imóvel da esteira (Figura 3.30) para retirada da castanha.

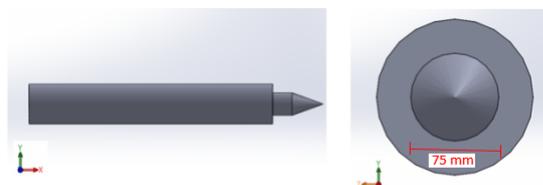


Figura 3.57 – Medida do diâmetro do cilindro vista frontal e direita, respectivamente.

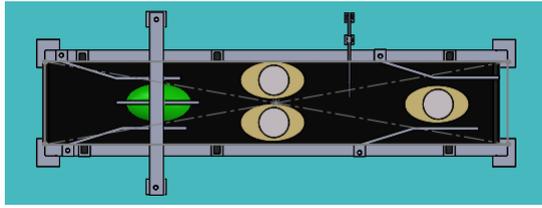


Figura 3.58 – Vista superior da esteira 2.

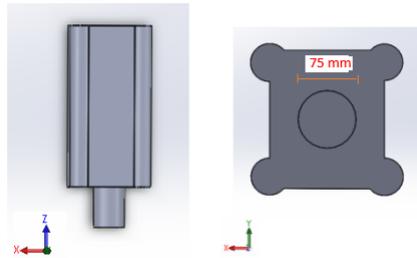


Figura 3.59 – Cilindro Dupla ação.

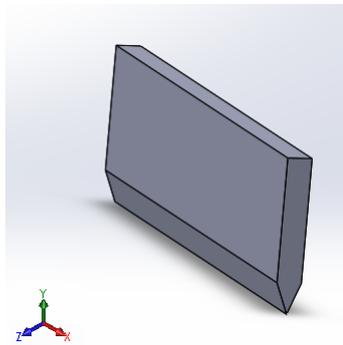


Figura 3.60 – Lâmina para cortar o coco.

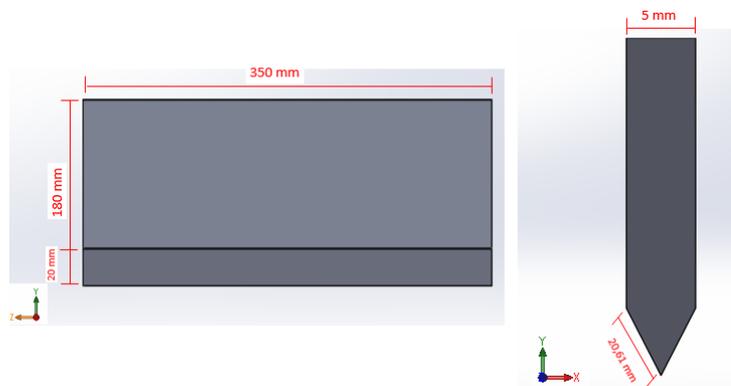


Figura 3.61 – Medidas da lâmina.

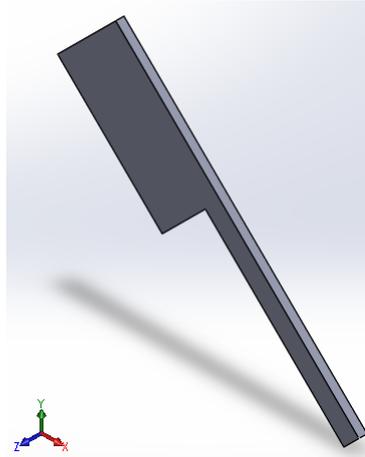


Figura 3.62 – Ferramenta para parar a banda coco.

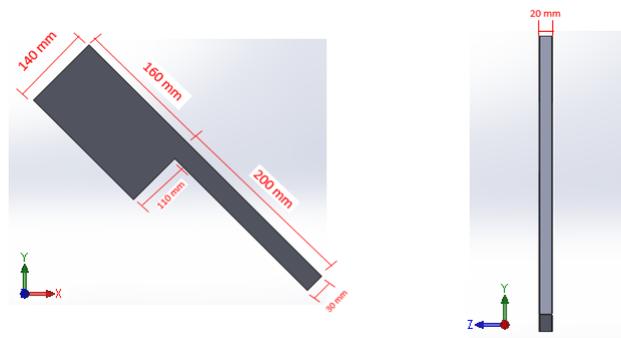


Figura 3.63 – Medidas da ferramenta para parar a banda coco.

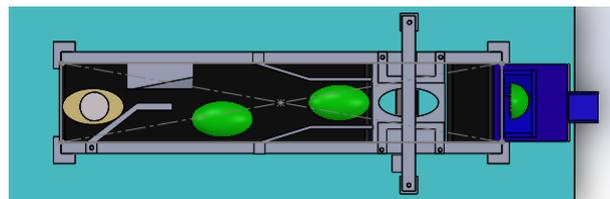


Figura 3.64 – Vista superior da esteira 3.

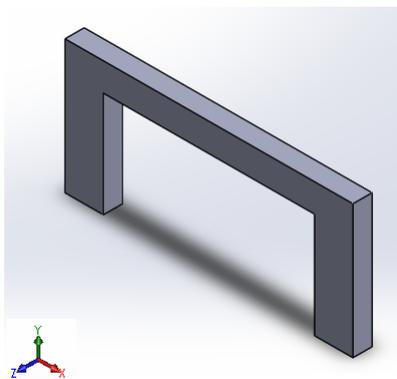


Figura 3.65 – Guia do tipo 3.

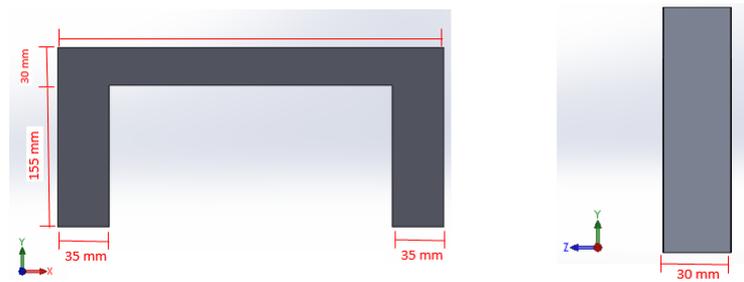


Figura 3.66 – Medidas da guia do tipo 3.

## 4 Desenvolvimento de Projeto

Nesse capítulo é feita a escrita das plantas Pneumáticas do projeto feito no SolidWorks e os circuitos elétricos que controlam os atuadores da máquina. Para isso, foi utilizado o software Automation Studio.

A automação concebida neste trabalho, decorre de uma sequência de movimentos discretos realizados no coco, que resultam em furar, virar, cortar, parar temporariamente uma das bandas do coco cortada, virar a banda do coco, segurar, retirar a castanha e triturar. E como o projeto é composto por três esteiras, foram projetadas três sistemas eletropneumáticos para cada esteira.

### 4.1 Sistema da primeira esteira

Como todo sistema pneumático é preciso ter uma fonte de pressão, que emana o ar tratado, ou seja, o ar que foi filtrado, comprimido e resfriado, pronto para passar para os atuadores. O símbolo dessa fonte de pressão pneumática é representado pela figura 4.67.



Figura 4.67 – Fonte de pressão pneumática (Automation Studio).



Figura 4.68 – Fonte de pressão pneumática acionada, emanando pressão (Automation Studio).

Outro componente importante em projetos de sistemas pneumáticos é o escape de ar representado por um triângulo invertido (Figura 4.69), que estão presentes em válvulas e cilindros, cuja função é ajudar a liberar a pressão durante a fase de escape.



Figura 4.69 – Escape pneumático, fonte [27], e símbolo de escape (Automation Studio), respectivamente.



Figura 4.70 – Fonte de pressão pneumática acionada, emanando pressão (Automation Studio).

#### 4.1.1 Furar o coco

##### 4.1.1.1 Planta Pneumática da Primeira Esteira

Os cilindros escolhidos foram de simples ação retorno por mola, que no projeto foram colocados um de frente do outro (Figura 4.71), e são acionados por uma válvula de controle direcional 3/2 acionada por solenoide e retorno por mola, como mostrada na figura 2.17 e 2.18 (símbolo e real, respectivamente).



Figura 4.71 – Cilindros simples ação retorno por mola, no projeto. (Automation Studio).

Na figura 4.72 podemos ver a representação completa do sistema da esteira 1, da estação de furar o coco.

Em seguida, na figura 4.73, temos o acionamento do sistema, onde vemos as cores vermelhas nas linhas, que seriam os ductos, por onde circulam o ar, e notamos também triângulos nessas linhas indicando a direção e o sentido da pressão, assim, os cilindros avançam.

Em seguida, na figura 4.74, temos o retorno dos cilindros, que acontece com a ausência de pressão no ducto, representado pela cor azul, assim, o cilindro retorna por meio da mola presente dentro dele.

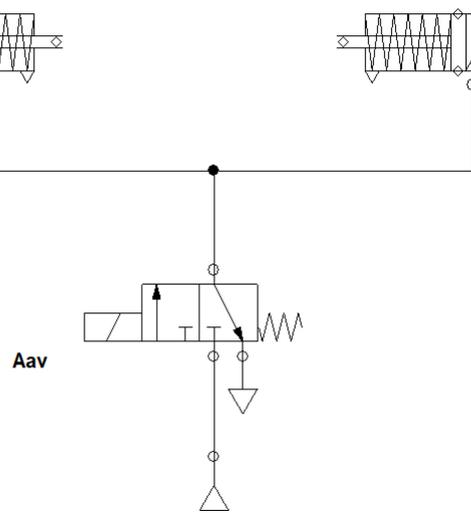


Figura 4.72 – Sistema pneumático da primeira esteira. (Automation Studio).

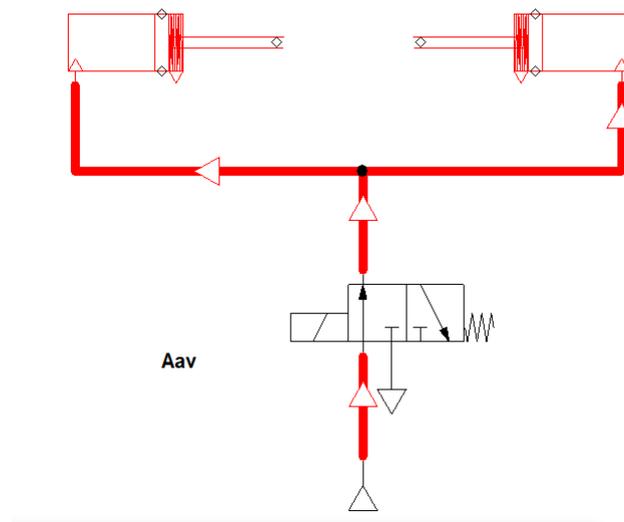


Figura 4.73 – Acionamento do sistema pneumático da primeira esteira. (Automation Studio).

#### 4.1.1.2 Circuito Elétrico da Primeira Esteira

Para o circuito elétrico que controla a planta pneumática da figura 4.72, foram usadas fonte de tensão de 24 volts e um Terra 0 Volts (GND), contatoras (e seus respectivos contatos sendo eles aberto e fechado) que são responsáveis por ligar e desligar automaticamente circuitos elétricos (Figura 4.75), contatoras temporizadoras on-delay (que mandam um sinal para os atuadores após um determinado tempo em que foram acionadas) representado na figura 4.76, solenoides presentes nas válvulas de controle direcional (Figuras 2.17 e 2.18), sensores (Figura 2.23). São mostrados a simbologia desses componentes na figura 4.77.

Existe outro circuito elétrico responsável pelo movimento da esteira, que é o circuito que controla o motor elétrico presente nas esteiras, e como são três esteiras, serão utilizados

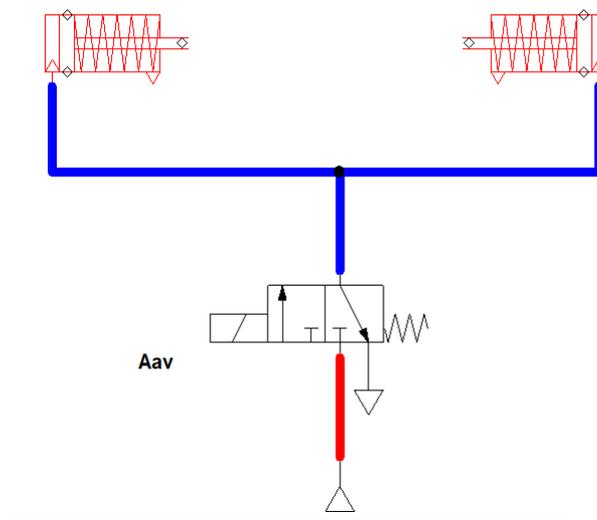


Figura 4.74 – Retorno dos cilindros do sistema pneumático da primeira esteira. (Automation Studio).



Figura 4.75 – Contatora . Fonte [28]

três motores elétricos. Esses componentes são mostrados na figura 4.78, podemos observar nas figuras 4.80 e 4.81 que existe um contato fechado de Kt1, ele é utilizado para controlar o sinal de L1, para parar e movimentar a esteira.

Para construir o circuito elétrico da planta é necessário saber o funcionamento da planta, para isso usamos um diagrama trajeto-passo (Figura 4.79), e no caso da planta da primeira esteira (Figura 4.72) nos queremos que os atuadores A avancem após um certo tempo em que os sensores S1 forem acionados pelo coco e retornem após um certo tempo em que foram avançados.

Na figura 4.82, mostra o circuito que controla a planta da primeira esteira. Para facilitar a explicação, cada parte do circuito foi dividido em L(s).



Figura 4.76 – Contadora temporizadora On-Delay. Fonte [29]

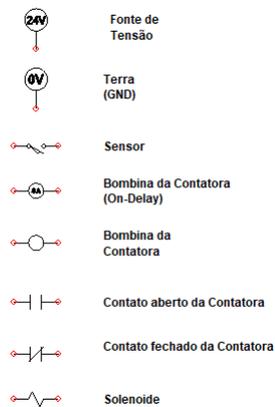


Figura 4.77 – Componentes dos Circuitos Elétricos das Plantas Pneumáticas (Automation Studio)

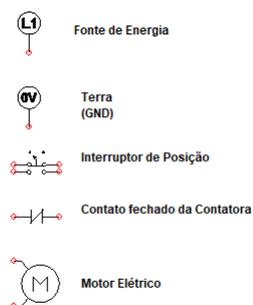


Figura 4.78 – Componentes dos Circuitos Elétricos do Motor Elétrico. (Automation Studio)

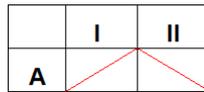


Figura 4.79 – Diagrama Trajeto-Passo da Planta da primeira esteira. (Automation Studio)

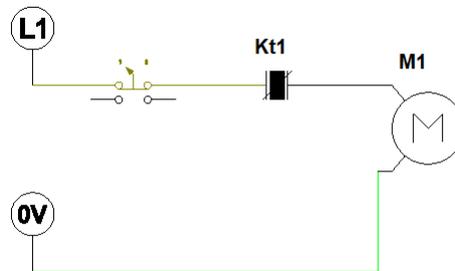


Figura 4.80 – Circuito Elétrico da Primeira Esteira Desativado. (Automation Studio)

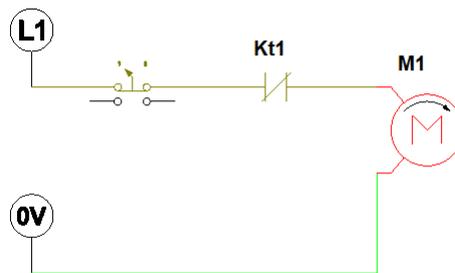


Figura 4.81 – Circuito Elétrico da Primeira Esteira Ativado. (Automation Studio)

L1: Temos às fontes de tensão 24 volts e 0 Volts.

L2: BE botão de emergência.

L3: O sensor S1 manda um sinal para a bobina da contatora K1.

L4: O contato aberto de K1 manda o sinal para bobina, selando a contatora, e o contato fechado da contatora temporizada Kt4, quando acionado, corta o sinal de K1, desativando o selo.

L5: K1 manda o sinal para bobina Kt1 que vai contar um determinado tempo para acionar.

L6: Contato aberto de Kt1 manda o sinal para o bobina Kt2.

L7: O contato aberto de Kt2 manda sinal para o solenoide Aav, mudando a posição da válvula de controle, fazendo o cilindro avançar e o contato fechado Kt3, quando acionado, corta o sinal de Kt2, resultando no retorno do cilindro.

L8: Kt1 manda um sinal para a bobina Kt3.

L9: Kt3 manda um sinal para bobina Kt4 e este conta o tempo e, em seguida aciona.

A ação de virar o coco é feito por um atuador (motor elétrico) e a rampa (Figura 3.55).

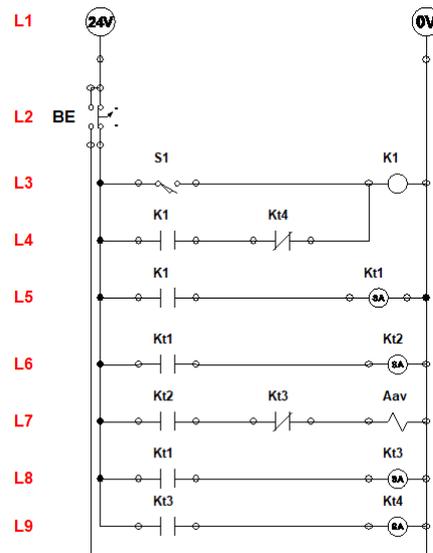


Figura 4.82 – Circuito Elétrico que controla a Planta da Primeira Esteira. (Automation Studio)

## 4.2 Sistema da Segunda Esteira

### 4.2.1 Cortar o coco

#### 4.2.1.1 Planta Pneumática para cortar o coco

Para a ação de cortar o coco foi usado um cilindro de dupla ação (Figura 2.19), uma válvula 3/2 acionada por solenoide e retorno por mola (Figura 2.17).

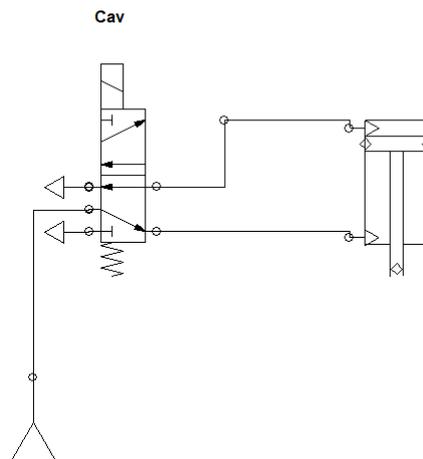


Figura 4.83 – Planta Pneumática da ação de cortar o coco. (Automation Studio)

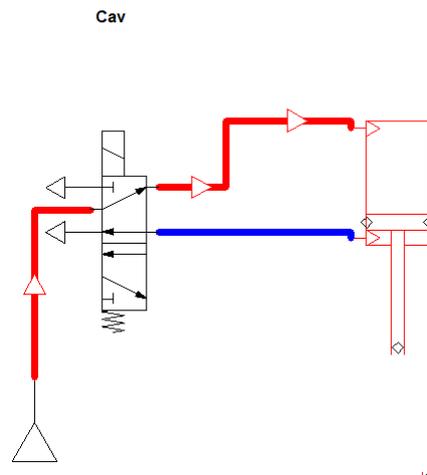


Figura 4.84 – Planta Pneumática da ação de cortar o coco (acionada). (Automation Studio)

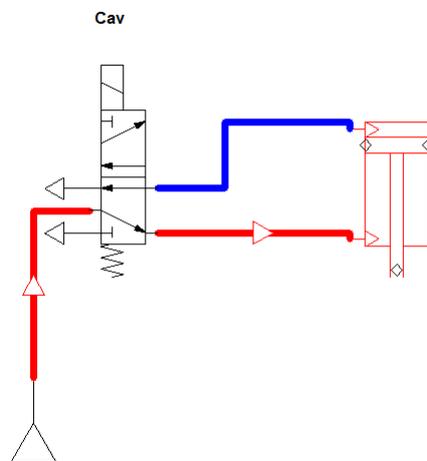


Figura 4.85 – Planta Pneumática da ação de cortar o coco (desativada). (Automation Studio)

## 4.2.2 Parar uma banda do coco

### 4.2.2.1 Planta Pneumática para parar uma banda do coco

Para essa planta foram usados um cilindro de simples ação retornado por mola e uma válvula 3/2 acionada por solenoide e retorno por mola (Figura 2.17).

## 4.2.3 Circuito Elétrico da Segunda Esteira

Para o controle da segunda esteira, onde estão as plantas da figuras da 4.83 e 4.86, foi usado o diagrama trajeto-passo da figura 4.89, para criar os circuitos elétricos mostrados nas figuras 4.90, 4.91 e 4.92.

Pelo diagrama trajeto-passo da figura 4.89, vemos que o atuador C avança após um certo tempo em que os sensores S2 são acionados e retorne após um certo tempo em que avançou, e em seguida, assim que as bandas de coco passarem pelo sensor S3, instântane-

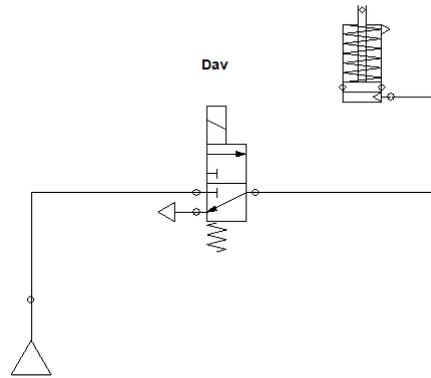


Figura 4.86 – Planta Pneumática para parar uma banda do coco. (Automation Studio)

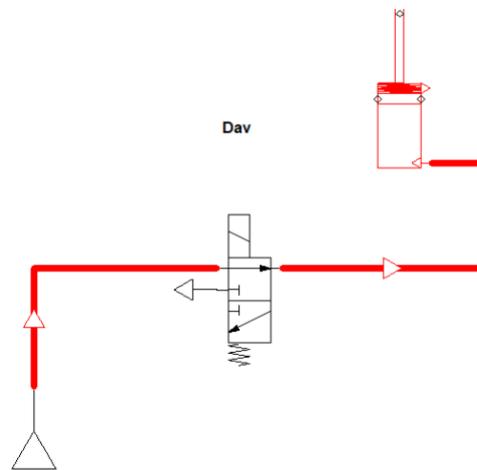


Figura 4.87 – Planta Pneumática para parar uma banda do coco, acionada. (Automation Studio)

amente, faça o atuador D avançar e quando a outra banda passar pelo sensor S4, faça o atuador D retornar.

Na figura 4.92, mostra o circuito que controla às plantas da segunda esteira. Para facilitar a explicação, cada parte do circuito foi dividido em L(s).

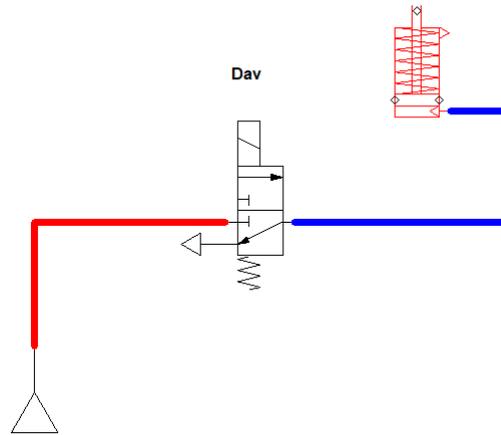


Figura 4.88 – Planta Pneumática para parar uma banda do coco, desativada. (Automation Studio)

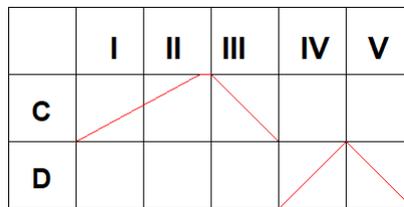


Figura 4.89 – Diagrama Trajeto-Passo da Planta da segunda esteira. (Automation Studio)

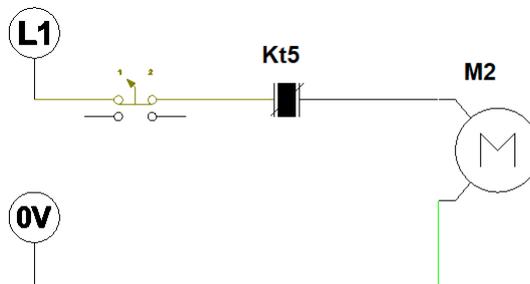


Figura 4.90 – Circuito Elétrico da Segunda Esteira Desativado. (Automation Studio)

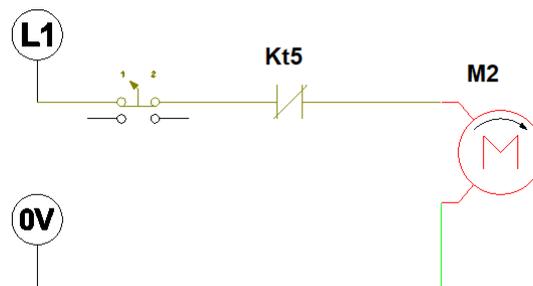


Figura 4.91 – Circuito Elétrico da Segunda Esteira Ativado. (Automation Studio)

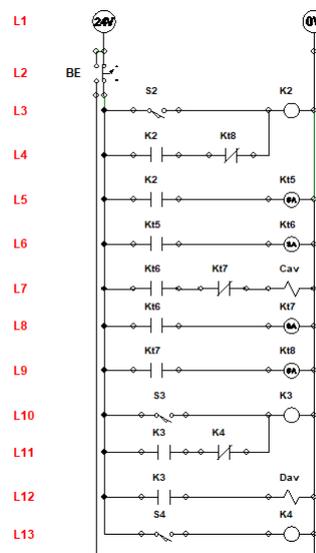


Figura 4.92 – Circuito Elétrico que controla as Plantas da Segunda Esteira. (Automation Studio)

L1: Temos as fontes de tensão 24 voltss e 0 Volts.

L2: BE botão de emergência.

L3: O sensor S2 manda um sinal para a bobina da contatora K2.

L4: O contato aberto de K2 manda o sinal para bombina K2, selando a contatora, e o contato fechado da contatora temporalizada Kt8, quando acionado, corta o sinal de K2, desativando o selo.

L5: K2 manda o sinal para bobina Kt5 que vai contar um determinado tempo para acionar, podemos ver no circuito elétrico das figuras 4.90 e 4.91, existe um contato fechado de Kt5, que vai controlar o motor M2, controlando, assim, o movimento da esteira.

L6: Contato aberto de Kt5 manda o sinal para o bombina Kt6.

L7: O contato aberto de Kt6 manda sinal para o solenoide Cav, mudando a posição da válvula de controle, fazendo o cilindro avançar e o contato fechado Kt7, quando acionado, corta o sinal de Kt6, resultando no retorno do cilindro.

L8: Kt6 manda um sinal para a bombina Kt7.

L9: Kt7 manda um sinal para bombina Kt8 e este conta o tempo e, em seguida aciona.

L10: S3 manda um sinal para a bobina da contatora K3.

L11: O contato aberto de K3 manda o sinal para a bombina K3, selando a contatora, um contato fechado de K4, quando acionado, corta o sinal de K3.

L12: O contato aberto de K3 aciona o solenoide Dav.

L13: O sensor S4 aciona a bombina da contatora K4.

## 4.3 Sistema da Terceira Esteira

### 4.3.1 Virar à banda do coco

Para virar à banda do coco é o mesmo procedimento usado na primeira esteira, o atuador é o motor elétrico M2 e a ferramenta é a rampa (Figura 3.55).

### 4.3.2 Segurar à banda do coco

#### 4.3.2.1 Planta Pneumática de Segurar à Banda do Coco

Para a ação de segurar à banda do coco para a retirada da castanha foi usado um cilindro de dupla ação (Figura 2.19), uma válvula 3/2 acionada por solenoide e retorno por mola (Figura 2.17), igual à planta da segunda esteira (Figura 4.83)

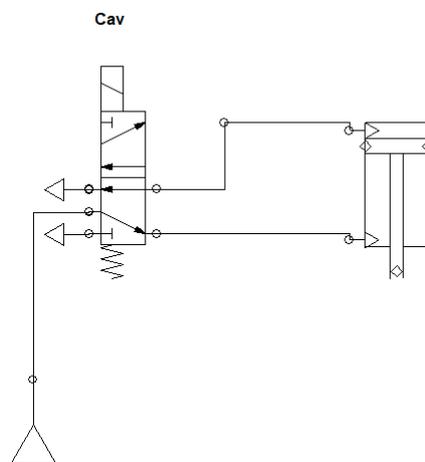


Figura 4.93 – Planta Pneumática da ação de segurar à banda do coco. (Automation Studio)

### 4.3.3 Retirar à castanha da banda do coco

#### 4.3.3.1 Planta Pneumática de retirar à castanha da banda do Coco

Os cilindros escolhidos foram de dupla ação (Figura 2.19), um cilindro rotativo (Figura 3.33) que, em plantas pneumáticas, é representado na figura 4.96, duas válvulas de

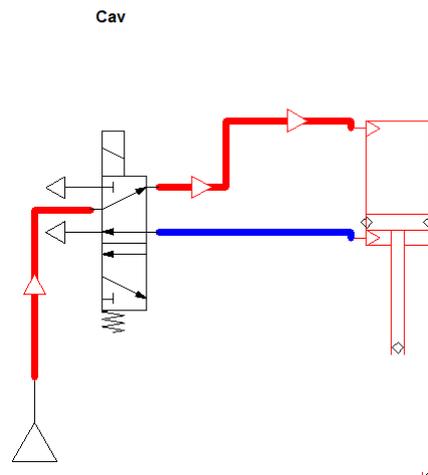


Figura 4.94 – Planta Pneumática da ação de segura à banda do coco (acionada). (Automation Studio)

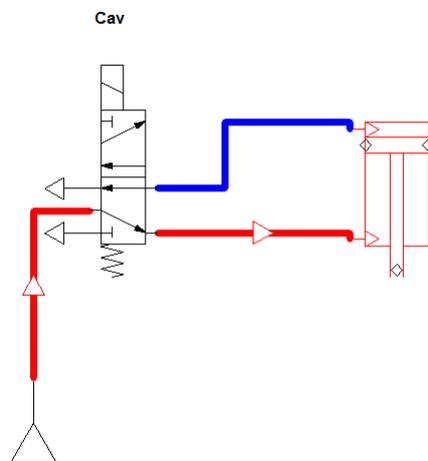


Figura 4.95 – Planta Pneumática da ação de segurar à banda do coco (desativada). (Automation Studio)

controle direcional 3/2 acionada por solenoide e retorno por mola, como mostrada na figura 2.17 e 2.18 (símbolo e real, respectivamente)

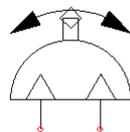


Figura 4.96 – Simbologia do Cilindro Rotativo. (Automation Studio)

#### 4.3.4 Circuito Elétrico para Terceira Esteira

Por meio do Diagrama Trajeto-Passo da figura 4.102, vemos que o atuador E avança após um tempo em que o sensor S5 é acionado, em seguida após um tempo o atuador F

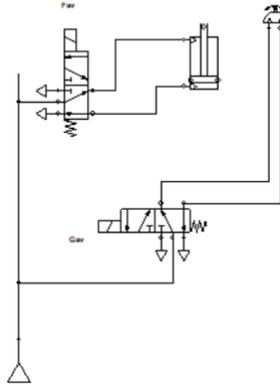


Figura 4.97 – Planta para retirada da castanha. (Automation Studio)

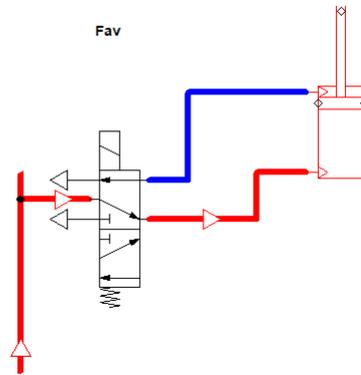


Figura 4.98 – Planta com cilindro de dupla ação para retirada da castanha, ativada. (Automation Studio)

avança, da mesma forma o G. Para o retorno dos atuadores, vemos que em um determinado tempo F é o primeiro a retornar, em seguida, após um certo tempo, E e G retornam juntos. Na figura 4.103, 4.104 e 4.105 mostra o circuitos elétricos que contralam a esteira e os atuadores presentes na terceira esteira.

Na figura 4.92, mostra o circuito que controla as plantas da segunda esteira. Para facilitar a explicar explicação, cada parte do circuito foi dividido em L(s).

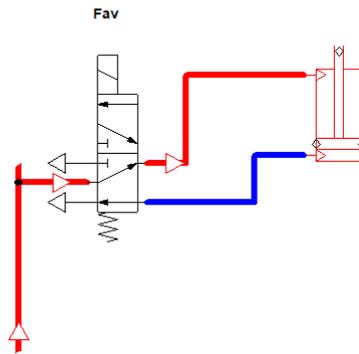


Figura 4.99 – Planta com Cilindro de Dupla Ação para Retirada da Castanha, desativada. (Automation Studio)

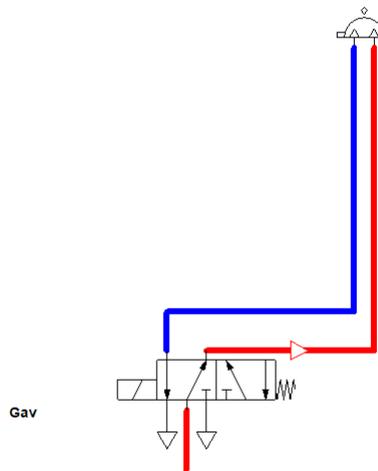


Figura 4.100 – Planta com Cilindro Rotativo para Retirada da Castanha, ativada. (Automation Studio)

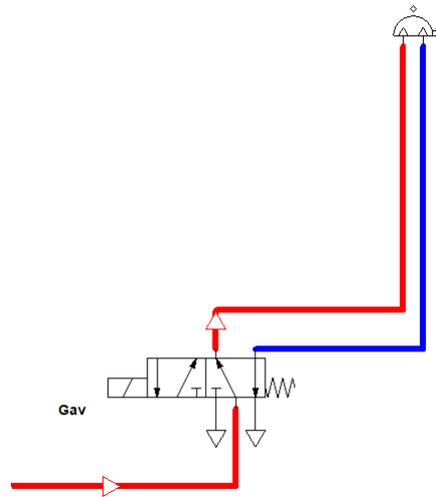


Figura 4.101 – Planta com Cilindro Rotativo para Retirada da Castanha, desativada. (Automation Studio)

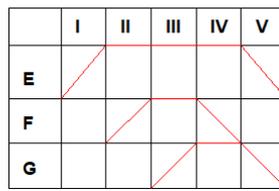


Figura 4.102 – Diagrama Trajeto-Passo da Planta da Terceira Esteira. (Automation Studio)

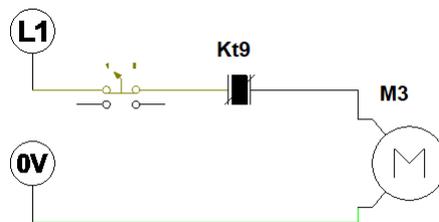


Figura 4.103 – Motor da Terceira Esteira Desativado . (Automation Studio)

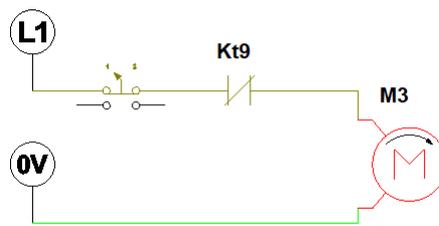


Figura 4.104 – Motor da Terceira Esteira Ativado. (Automation Studio)

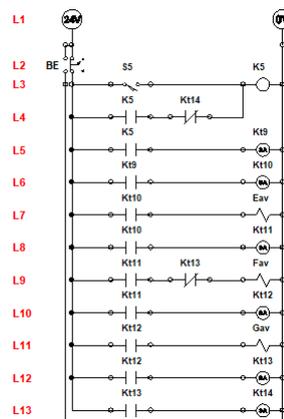


Figura 4.105 – Circuito Elétrico que Controla a Terceira Esteira. (Automation Studio)

L1: Temos às fontes de tensão 24 volts e 0 Volts.

L2: BE botão de emergência.

L3: O sensor S5 manda um sinal para à bobina da contatora K5.

L4: O contato aberto de K5 manda o sinal para bobina K5, selando a contatora, e o contato fechado da contatora temporizada Kt14, quando acionado, corta o sinal de K5, desativando o selo.

L5: K5 manda o sinal para bobina Kt9 que vai contar um determinado tempo para acionar, podemos ver no circuito elétrico das figuras 4.90 e 4.91, existe um contato fechado de Kt9, que vai controlar o motor M3, controlando, assim, o movimento da esteira.

L6: Contato aberto de Kt9 manda o sinal para a bobina Kt10.

L7: O contato aberto de Kt10 manda um sinal para o solenoide Eav, mudando à posição da válvula de controle, fazendo o cilindro avançar.

L8: Kt10 manda um sinal para a bobina Kt11.

L9: Kt11 manda um sinal para solenoide Fav fazendo a válvula de controle mudar de posição, resultando em avançar o cilindro. O contato fechado de Kt13, quando acionado, corta o sinal de Kt11, fazendo à válvula e consequentemente o cilindro retornar.

L10: Kt11 manda um sinal para a bobina da contatora K12.

L11: O contato aberto de Kt2 manda o sinal para o solenoide Gav que faz à válvula mudar de

posição e conseqüentemente o cilindro avança.

L12: O contato aberto de Kt12 manda um sinal para a bombina Kt13.

L13: O contato aberto Kt13 manda um sinal para a bombina Kt14, que podemos ver, na linha L4, que vai cortar o sinal de K5.

#### 4.3.5 Cálculo do diâmetro de um cilindro pneumático

A força de um cilindro pneumático é igual a pressão exercida pelo ar comprimido vezes a área do êmbolo do cilindro, ou seja, ela é obtida pelo Teorema de Pascal:

$$F = P \cdot A \quad (4.1)$$

Em que a força é dada em kgf, a pressão em kgf/cm<sup>2</sup> e a área em cm<sup>2</sup>. Porém, no Brasil a pressão é dada em bar, em que 1 bar corresponde a 1,01972 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para esse projeto, foi visto em uma pesquisa, fonte [34], cujo o tema é à teoria de corte da madeira, nessa pesquisa contém uma tabela com a pressão específica de algumas madeiras, e dentre essas madeiras foi escolhida a maçaramduba, em que sua pressão específica de corte foi 7,06 N/mm<sup>2</sup>.

$$Ks = F/A \quad (4.2)$$

Por meio da fórmula 4.2 podemos descobrir o valor da força F usando o valor da área A (área da seção transversal da ponta da ferramenta da lâmina, figura 3.61) que deu um valor 51,142 mm<sup>2</sup>. Assim, obtemos um valor aproximado da força igual 361,06 N.

O projeto utiliza dois tipos de cilindros, um deles é o cilindro de simples ação retornado por mola e um cilindro de dupla ação, cuja a área é calculada pela fórmula 4.4, e o compressor de ar escolhido foi um que gera uma pressão de 8 bar.

Usando o valor calculado da força e jogando na equação 4.1

$$361,06 = 8 \times A \times 1,01972 \quad (4.3)$$

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (4.4)$$

A área A deu aproximadamente 44,25 cm e usando a equação 4.4 obtemos o valor do raio 3,75 cm, assim, precisamos de um cilindro de diâmetro de 75 mm.

### 4.3.6 Orçamento da Máquina

A Tabela 4.2 mostra o orçamento dos componentes mecânicos, eletromecânicos, elétricos e eletrônicos.

Tabela 4.2 – Orçamento dos Componentes

Componentes	Valor	Quantidade	Total	Loja
Cilindro Simples Aço	R\$ 822,55	3	R\$ 2.467,65	UMNA
Cilindro de Dupla Aço	R\$ 1.562,03	3	R\$ 4.686,09	Viewtech
Válvulo 3/2 Retorno por Mola	R\$ 114,80	6	R\$ 688,80	Mercado Livre
Sensores Ópticos	R\$ 384,35	5	R\$ 1.921,75	Viewtech
Compressores de Ar	R\$ 22.229,00	1	R\$ 22.229,00	Loja do Mecânico
Lubrífil	R\$ 1.300,64	1	R\$ 1.300,64	Viewtech
Manômetro	R\$ 214,01	1	R\$ 214,01	Viewtech
Triturador	R\$ 789,90	1	R\$ 789,90	Loja do Mecânica
Cilindro Rotativo	R\$ 299,00	1	R\$ 299,00	Mercado Livre
Motor Elétrico	R\$ 1.269,90	3	R\$ 3.809,70	Loja do Mecânico
Esteira só com roletes	R\$ 3.500,00	1	R\$ 3.500,00	Cetro Máquinas
Esteira forrada os roletes	R\$ 6.750,00	2	R\$ 13.500	Cetro Máquinas
Contatora	R\$ 193,05	5	R\$ 965,25	Loja do Mecânico
Contatora Temporizadora (On-Delay)	R\$ 134,77	14	R\$ 1.886,78	Magalu
Total Geral			R\$ 58.258,57	

Fonte: [30]

O projeto é composto por muitas ferramentas específicas, como as guias, a rampa, ferramenta para extrair o coco etc, que provavelmente não são encontrados nas lojas já prontas nas dimensões apropriadas. Para conseguí-las é preciso encomendar e detalhar suas formas e dimensões, para que possam ser fabricadas. Consequentemente, o projeto será mais caro que o valor calculado por meio da tabela 4.2.

Dentre esses metais usados para fabricação dessas ferramentas: rampa, guias, pontas para furar o coco, lâmina, ferramenta para extrair a castanha do coco, as quais o alimento (coco) é guiado, furado, cortado, o mais apropriado para ser utilizado nesse projeto é o aço inox, pois devido à facilidade de limpeza e manutenção desse material, é possível evitar contaminações através do contato com micro-organismos e outras substâncias. Além disso, o aço inox oferece resistência à corrosão e resistência mecânica. Ou seja, quando comparado à outros materiais, resiste melhor às variações de temperatura. E o aço inox é um tipo de metal

que dificilmente sofre oxidação, ou seja, ele não enferruja. O resultado é uma superfície com menos desgaste à médio e longo prazo. Fonte [32]

Para às colunas de metal que serão um suporte para os atuadores C e E, em que um cortará o coco e o outro segurará o coco, o metal utilizado será o aço carbono, a ferramenta fabricada poderá ser tubos de aço retangulares, como da figura 4.106.



Figura 4.106 – Barras de aço carbono, fonte [33].

Para o motores elétricos usado nas esteiras, foram escolhidos motores de indução trifásico com rotor gaiola de esquilo, totalmente fechado com ventilação externa (TFVE), carcaça de 56 a 355, potência: 1/12 a 500 cv, 60 Hz, categoria N, de polaridade 2, 4, 6 ou 8 polos, classe de isolamento B (130 °C), F (155 °C) ou H (180 °C). E tensões de 220/380, 380/660, 220/440, 440, 440/760 ou 220/380/440/760 V. Fonte [35]



Figura 4.107 – MOTOR TRIFASICO B3D 4P 2.0CV 220/380/440/760VCA IP55 CARC.L90S  
FIX.BASE MERCOSUL, fonte [35].

## 5 Conclusão

O trabalho, Concepção de uma Máquina Automática de Aproveitamento Total do Coco, foi desenvolvido com o objetivo de compreender a Eletropneumática que é um sistema formado por dispositivos que direcionam o fluxo de ar comprimido com o objetivo de acionar um elemento de trabalho (Cilindros) e usam a a eletrecidade, com o objetivo de automatizar o sistema, ou seja, sem a necessidade da mão de obra humana, aumentando a produção e reduzindo os custos de produzir.

Com isso a metodologia aplicada foi descrever os processos feitos pela máquina por etapa (estações), entender o funcionamento dos elementos pneumáticos envolvidos no sistema, usar o SolidWorks para projetar a máquina e as dimenssões de seus componentes, usar o Automation Studio para projetar os Diagramas Trajeto-Passo, as plantas pneumáticos e os circuitos elétricos que automatizam o processo.

Foram feitos cálculos para determinar os diâmetros dos cilindros e um orçamento para saber o mínino que se gastaria na construção da máquina.

Ao final do trabalho acredita-se que os ojetivos de compreender a automação eletropneumática e o funcionamento da máquina foram alcançados.

- 
- [1] Coco | <https://gourmetadois.com/ingrediente/coco-19.html>. Acesso em: 07 de dez. 2022.
- [2] Do coco se aproveita tudo – e de todas as formas! | <https://saude.abril.com.br/alimentacao/do-coco-se-aproveita-tudo/>. Acesso em: 07 de dez. 2022.
- [3] MARCELO JACULLI, Sistemas Eletro-Hidro-Pneumáticos. 1. Edição. São Paulo, Platos Soluções Educacionais S.A 2021.
- [4] NELSO GAUZE BONACORSO e VALDIR NOLL, Automacao Eletropneumatica. 12a Edicao. Sao Paulo: Erica, 2013.
- [5] ARIVELTO BUSTAMANTE FIALHO, Automatismos Pneumáticos Princípios Básicos, Dimensionamentos de componentes e Aplicações Práticas. 1ª edição. – São Paulo: Érica, 2015.
- [6] ARIVELTO BUSTAMANTE FIALHO, Automação Pneumática – Projetos, Dimensionamentos e Análise de Circuitos. 7ª edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2012.
- [7] FRANCESCO PRUDENTE, Automação Industrial Pneumática – Teoria e Aplicações. Rio de Janeiro, LTC. 2017
- [8] ELMO SOUZA DUTRA DA SILVEIRA FILHO e BRUNA KARINE DOS SANTOS, Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos. Porto alegre, SAGAH 2018
- [9 ] <https://www.plasbortech.com/valvula-reguladora-de-prensa0/>, Acessado em 24 de Janeiro de 2023.
- [10] <https://www.versatilautomacao.com/upba9a2nf-valvula-solenoidemola-52-vias-rosca-14-12v-24v-110v-e-220v>, Acessado em 24 de Janeiro de 2023.
- [11] <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>: :text:
- [12] <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/9875-todos-os-tipos-de-sensores-art1158>. Acessado em 24 de Janeiro de 2023.
- [13] <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-eletropneumatica-conceitos-aplicacoes/>. Acessado em 25 de Janeiro de 2023.
- [14] <http://terral.agr.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=53> . Acessado em 26 de Janeiro de 2023.
- [15] <http://www.invencoesbrasileiras.com.br/encosto-de-fibra-de-coco/>. Acessado em 26 de Janeiro de 2023.
- [16] <https://www.controlpot.com.br/furador-de-coco-profissional-com-facao-para-cortar-coco>. Acessado em 26 de Janeiro de 2023.
- [17] <http://www.cocolandia.com.br/institucional/1/a-cocolandia/> . Print tirado de um vídeo desse site. Acessado em 26 de Janeiro 2023.

- 
- [18] <https://revistacampoenegocios.com.br/cultivo-de-coco/>
- [19] [http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/3\\_omunicacao02v9n1.pdf](http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/3_omunicacao02v9n1.pdf)
- [20] <https://www.pahcautomacao.com.br/entenda-o-funcionamento-dos-sensores-opticos/: :text=Um>
- [21] <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguran>
- [22] <https://www.tghidraulicos.com.br/produto/cilindros-pneumaticos/cilindro-pneumatico-simples-acao-retorno-mola> Acessado em 11 de Novembro 2023.
- [23] <https://www.amazon.com.br/Atuador-rotativo-pneum>
- [24] Foto tirada pelo estudante.
- [25] [https://www.lojadomecanico.com.br/produto/73744/33/577/Triturador-Forrageiro-CID-75-15CV-75L-Bivolt-60HZ/153/?utm\\_source=googleshoppingutm\\_campaign=xmlshoppingutm\\_cpcutm\\_content=73744gad\\_source=1gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5pxPLTKKKLAyK3](https://www.lojadomecanico.com.br/produto/73744/33/577/Triturador-Forrageiro-CID-75-15CV-75L-Bivolt-60HZ/153/?utm_source=googleshoppingutm_campaign=xmlshoppingutm_cpcutm_content=73744gad_source=1gclid=CjwKCAiAu9yqBhBmEiwAHTx5pxPLTKKKLAyK3)
- [26] <https://www.polybelt.com.br/valvula-solenoide-32-vias-retorno-por-mola-14-nf-kff-serie-200-3v21008nc>. . Acessado em 30 de Novembro de 2023.
- [27] <https://www.vpc-pneumatic.com/V-Type-Pneumatic-Exhaust-Muffler-pd41354951.html>. Acessado em 30 Novembro.
- [28] <https://www.amazon.com.br/Contator-Soprano-Trifásico-acionamento-motores/dp/B07DZ3googleshopp00-20linkCode=df0hvadid=379792665332hvpos=hvnetw=ghvrand=17150337030984717263hvppone=hvptwo=hvqmt=hvdev=chvducmdl=hvlocint=hvlocphy=1001541hvtargid=pla-1433295669081psc=1mcid=c238786ebcad3edd99f47be5bd>
- [29] <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1024557620-bloco-de-contato-temporizador-contator-on-delay-1na-1nf-jM>. Acessado em 30 de Novembro de 2023.
- [30] Sites de vendas Mercado Livre, UMNA, Viewtech, Loja do Mecânico, Cetro Máquinas, Magalu. Acessado em 03 de Novembro.
- [31] Tabela projetada pelo aluno.
- [32] <https://www.siembra.com.br/noticias/por-que-o-aco-inox-e-mais-indicado-para-industrias-alimenticia-e-farmaceutica/>
- [33] <https://www.metalon.com.br/produto/tubos-de-aco-retangular/>
- [34] <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/AULA3Teoriadecorte.pdf>
- [35] <https://www.shopdaelettrica.com.br/motor-trifasico-b3d-4p-2-0cv-220380440760vca-ip55-carc-l90s-fix-base-mercosul?gclid=CjwKCAiA1fqrBhA1EiwAMU5m26790tR1jpxOuBF0GcFuxd>
- [36] <https://www.tecnoartes.com.br/pdf/sensor-fotoeletrico.pdf>

# Apêndices

# Anexos