



**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76  
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP  
CNPJ 45.176.153/0001-22

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

**PEDRO AFONSO OLIVEIRA MACHADO**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA EXTRUSORA 60mm PARA  
CAPA DE CABOS**

Taubaté - SP  
2021

**PEDRO AFONSO OLIVEIRA MACHADO**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA EXTRUSORA 60mm PARA CAPA DE CABOS**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador (a): Prof. Rubens Castilho Júnior

Taubaté  
2021

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi  
Universidade de Taubaté - Unitau**

M149p Machado, Pedro Afonso Oliveira  
Projeto e desenvolvimento de uma extrusora 60mm para capa de cabos /  
-- Pedro Afonso Oliveira Machado. -- 2021.  
99 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2021.  
Orientação: Prof. Rubens Castilho Júnior, Departamento de Engenharia  
Elétrica.

1. Acionamento elétrico. 2. Máquina industrial. 3. Inversores de  
frequência. I. Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica. Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.  
II. Título.

CDD – 670.427

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

**UNITAU**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76  
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP  
CNPJ 45.176.153/0001-22

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

## **PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA EXTRUSORA 60mm PARA CAPA DE CABOS**

**PEDRO AFONSO OLIVERA MACHADO**

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

### **BANCA EXAMINADORA:**

Prof. M. RUBENS CASTILHO JÚNIOR  
Orientador/UNITAU-DEE

Prof. Me. SANDRO BOTOSSO DOS SANTOS  
UNITAU-DEE

Prof. Me. CARLOS HENRIQUE SILVA MOURA  
ANHANGUERA

Taubaté  
Julho 2021

## ***DEDICATÓRIA***

Em especial dedico a todos aqueles que acreditam no meu trabalho e nos meus sonhos e estão ao meu lado para ensinar, ceder e solidarizar, a minha família, aos meus amigos a minha namorada e aos companheiros de trabalho não qual me incentivam, fazem seguir em frente e repassam valores que devem ser mantidos para o sucesso pessoal e profissional.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, fonte de vida que me deu inteligência e capacidade de reconhecer os reais valores.

Ao meu pai Ademir Machado inspiração e motivação para seguir em frente, quem sempre busquei me espelhar, a minha mãe Mara, na qual dai-me conforto e jamais me desampara repassando valores de bondade e carisma que levo para vida toda, e a minha madrastra que sempre esteve a disposição para ajudar, solidarizar e acrescentar.

Aos meus irmãos, Gabriel e Léo, suas respectivas esposas e a minha namorada Jéssica, pessoas que me apoiam, acreditam nas minhas metas e objetivos, pilares que assim acrescentam na obra de minha vida.

A todos meus amigos que sempre me incentivaram, acreditaram nos meus sonhos e me levaram a sério, aqueles me passaram o caminho do bem, impossível seria mencionar todos, porém sempre agradeço pessoalmente cada um deles, aos colegas de trabalho que sempre estiveram dispostos a me ajudar e ensinar todo o conhecimento por eles adquiridos.

*EPÍGRAFE*

“Deixe o futuro dizer a verdade, e avaliar cada um de acordo com seus trabalhos e suas conquistas”

Nicola Tesla

## RESUMO

Comandos elétricos é a base para o funcionamento da indústria no século XX e XXI, a necessidade de novos métodos de acionamentos e controle estão cada vez mais sendo testados analisados e adotados dentro de empresas e grandes fábricas. Uma máquina de extrusão envolve muita lógica de comandos elétricos com relês, inversores e controles para temperatura e chaveamento de resistências. Ao injetar a matéria prima seja ela PE, XLPE entre outras, a mesma é capaz de isolar um cabo antes sem isolação, de acordo com comandos e grandezas de engenharia capazes de compreenderem a comunicação entre homem e máquina, e produzir um bem material com qualidade, baixo custo e confiabilidade, toda a sistemática e lógica de um comando poderá ser analisada, entendida e provada por este que explica o acionamento elétrico de uma máquina industrial de forma técnica e detalhada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acionamento elétrico. PE E XLPE. Máquina industrial. Inversores. Controles para Temperatura. Chaveamento de resistências.



## ABSTRACT

Electrical controls are the basis for the operation of the industry in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> century, the need for new methods of drives and control are increasingly being tested, analyzed and adopted within companies and large factories. An extrusion machine involves a lot of logic of electrical commands with relays, inverters and controls for temperature and switching resistances. When injecting the raw material, be it PE, XLPE, among others, it is capable of insulating a cable before without insulation, according to commands and engineering quantities capable of understanding the communication between man and machine, and producing a good quality material, low cost and reliability, all the systematics and logic of a command can be analyzed, understood and proves by it, which explains the electrical drive of an industrial machine in a technical and detailed way.

**KEYWORDS:** Electric Drive. PE and XLPE. Industrial Machine Inverters. Controls for Temperature. Switching resistances.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da linha de extrusão .....	39
Figura 2 – Desenho do corpo da Extrusora .....	41
Figura 3 – Ligação do controlador de temperatura .....	49
Figura 4 – Desenho do pulmão .....	53
Figura 5.a – Corpo da extrusora .....	89
Figura 5.b – Corpo da extrusora no início .....	89
Figura 6 – Alimentação dos motores 440VCA .....	90
Figura 7 – Alimentação dos motores 220VCA .....	91
Figura 8 – Alimentação das Resistências de aquecimento .....	92
Figura 9 – Controle de Temperatura das zonas de aquecimento .....	93
Figura 10 – Inversor de frequência da rosca.....	94
Figura 11 – Inversor de frequência do puxador.....	95
Figura 12 – Inversor de frequência do bobinador .....	96
Figura 13 – Inversor de frequência do espalhador .....	97
Figura 14 – Comandos de segurança.....	98
Figura 15 – Comandos de partida.....	99
Figura 16 – Comandos de sinalização .....	100
Figura 17 – Acionamentos de refrigeração.....	101
Figura 18 – Aparelhos de medição .....	102
Figura 19 – Tomadas de Iluminação .....	103
Figura 20 – Potências da torre do bobinador.....	104
Figura 21 – Comandos da torre do bobinador .....	105
Figura 22 – Potência das bombas tomadas e iluminação .....	106
Figura 23 – Comandos e potência do desbobinador.....	107
Figura 24.a – Detecção de pulsos do sensor.....	108
Figura 24.b – Conta pulso com sensor indutivo .....	108
Figura 25.a – Condições da Torre do desbobinador quando adquirido.....	109
Figura 25.b – Torre do desbobinador durante execução .....	109
Figura 25.c – Início da montagem.....	110
Figura 25.d – Montagem da extrusora.....	110
Figura 26.a – Pré montagem dos componentes do quadro principal.....	111
Figura 26.b – Finalização do painel principal .....	111

Figura 26.c – Montagem do painel do desbobinador .....	112
Figura 26.d – Montagem do corpo e mezanino da extrusora .....	112

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Legenda da Figura 1 .....	40
Tabela 2 – Legenda da Figura 2 .....	41
Tabela 3 – Proporção do sensor PX .....	53
Tabela 4 – Relação sentido de giro do motor .....	55
Tabela 5 – Correntes em 24 VCC.....	69
Tabela 6 – Correntes em 220VCA .....	70
Tabela 7 – Correntes em 440VCA .....	72
Tabela 8 – Disjuntores Termomagnéticos .....	73
Tabela 9 – Disjuntores Motores.....	73
Tabela 10 – Fusíveis .....	74
Tabela 11.a – Tipos de cabos do projeto .....	75
Tabela 11.b – Métodos de Referência para cabos .....	75
Tabela 12 – Parâmetros dos Inversores de Frequência .....	76
Tabela 13 – Parâmetros dos controladores de Temperatura.....	78
Tabela 14 – Parâmetros dos medidores de painel.....	79
Tabela 15 – Parâmetros do conta-pulso.....	80
Tabela 16 – Lista de Materiais .....	80
Tabela 17 – Temperatura das zonas e cabeça para isolantes PE e XLPE .....	83
Tabela 18 – Diâmetro de fabricação dos cabos .....	83
Tabela 19 – Custos de produção.....	86

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

A	Amperes
EPR	Borracha Etileno-Propileno
KVA	Quilo Volt Ampere
MIT	Motor de Indução Trifásico
NA	Normal Aberto
NBR	Norma Brasileira Registrada
NF	Normal Fechado
NR	Norma Regulamentadora
PE	Polietileno
PID	Proporcional Integrativo Derivativo
PVC	Policloreto de Vinila
RPM	Rotações por minuto
V	Volts
VCA	Volts em corrente alternada
VCC	Volts em corrente contínua
W	Watts
XLPE	Polietileno Reticulado

**LISTA DE SÍMBOLOS**

°C	Graus Celsius
$\pi$	Constante PI 3,14
d	Diámetro
n	Número de pulsos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	32
1.1	RELEVÂNCIA.....	32
1.2	OBJETIVO .....	33
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>33</b>
2.1	A EXTRUSORA .....	33
2.2	DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS .....	34
2.3	DISJUNTORES MOTORES.....	34
2.4	FUSÍVEIS.....	35
2.5	INVERSORES DE FREQUÊNCIA.....	35
2.6	TERMOPARES TIPO J .....	35
2.7	RELÉS.....	36
2.8	CONTADORES.....	36
2.9	FONTE CHAVEADA .....	36
2.10	TRANSFORMADORES.....	36
2.11	SENSOR INDUTIVO .....	37
2.12	CHAVE FIM DE CURSO.....	37
2.13	RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE AQUECIMENTO.....	37
2.14	MOTORES ELÉTRICOS .....	37
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
3.1	FUNCIONAMENTO .....	38
<b>3.1.1</b>	<b>Corpo da Extrusora</b> .....	<b>40</b>
3.2	DIAGRAMA .....	42
<b>3.2.1</b>	<b>Alimentação dos motores 440VCA</b> .....	<b>42</b>
3.2.1.1	D1 .....	42
3.2.1.2	F1, F2, F3, F4 .....	43
3.2.1.3	A1, A2, A3 A4.....	43
3.2.1.4	M11 M2, M3, M4.....	43
3.2.1.5	Considerações Gerais .....	43
<b>3.2.2</b>	<b>Alimentação dos motores 220VCA</b> .....	<b>44</b>
3.2.2.1	DM1, DM2, DM3, DM4, DM5, DM6 .....	44
3.2.2.2	C1, C2, C3, C4, C5, C6 .....	44
3.2.2.3	MZ1, MZ2, MZ3, MZ4, MZ5, MZ6 .....	45

3.2.2.4	D3, D20 .....	45
3.2.2.5	T1.....	45
<b>3.2.3</b>	<b>Alimentação das Resistências de aquecimento .....</b>	<b>45</b>
3.2.3.1	D4, D5, D6, D7, D8, D8, D9, D10, D11 .....	46
3.2.3.2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8.....	46
3.2.3.3	SS1, SS2, SS3, SS4, SS5, SS6, SS7, SS8.....	46
3.2.3.4	TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC7, TC8 .....	47
3.2.3.5	F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12 .....	47
<b>3.2.4</b>	<b>Controle de Temperatura das Zonas de aquecimento .....</b>	<b>47</b>
3.2.4.1	D12, D13 .....	47
3.2.4.2	FNT 1.....	47
3.2.4.3	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 .....	48
3.2.4.4	J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8.....	48
3.2.4.5	K16, K17, K18, K19, K20, K21.....	48
3.2.4.6	CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8 .....	48
3.2.4.7	SS1, SS2, SS3, SS4 SS5, SS6. SS7, SS8.....	49
<b>3.2.5</b>	<b>Inversor de frequência da Rosca .....</b>	<b>49</b>
3.2.5.1	PT1, PT2, PT3 .....	50
3.2.5.2	AO1, AGND.....	50
3.2.5.3	RL1-C, RL1-NA.....	50
3.2.5.4	24V, COM, -24V, DI1, DI2 .....	51
<b>3.2.6</b>	<b>Inversor de frequência Do Puxador.....</b>	<b>51</b>
3.2.6.1	AI+, AI1, REF .....	51
3.2.6.2	AO1, AGND.....	52
<b>3.2.7</b>	<b>Inversor de frequência do Bobinador.....</b>	<b>52</b>
3.2.7.1	PX.....	52
3.2.7.2	Funcionamento das entradas digitais.....	53
3.2.7.3	PT5 .....	54
3.2.7.4	FNT3.....	54
<b>3.2.8</b>	<b>Inversor de frequência do Espalhador .....</b>	<b>54</b>
3.2.8.1	DI1 .....	54
3.2.8.2	DI2.....	54
3.2.8.3	DI4.....	55
3.2.8.4	AI1, AGND .....	55



<b>3.2.9</b>	<b>Comandos de Segurança</b> .....	55
3.2.9.1	DI4, DI5 .....	56
3.2.9.2	EM1, EM2, EM3 .....	56
3.2.9.3	RS .....	56
3.2.9.4	DM14, DM16 .....	56
<b>3.2.10</b>	<b>Comandos de Partida</b> .....	57
3.2.10.1	Rosca .....	57
3.2.10.2	Puxador .....	57
3.2.10.3	Cabeça .....	58
3.2.10.4	Bobinador .....	58
3.2.10.5	Espalhador .....	59
<b>3.2.11</b>	<b>Comandos de Sinalização</b> .....	59
<b>3.2.12</b>	<b>Acionamento da Refrigeração</b> .....	60
3.2.12.1	Ventoinhas 1 a 6 .....	60
3.2.12.2	Bomba .....	60
3.2.12.3	Bomba 2 .....	61
3.2.12.4	Torre .....	61
<b>3.2.13</b>	<b>Aparelhos de Medição</b> .....	61
<b>3.2.14</b>	<b>Tomadas e Iluminação</b> .....	62
3.2.14.1	Tomada Trif. Apontador .....	62
<b>3.2.15</b>	<b>Borneira do painel principal</b> .....	63
<b>3.2.16</b>	<b>Potências da Torre do Bobinador</b> .....	63
3.2.16.1	M5, M6, M7, M8 .....	63
<b>3.2.17</b>	<b>Comandos da Torre do Bobinador</b> .....	63
3.2.17.1	Sobe .....	63
3.2.17.2	Desce .....	64
3.2.17.3	JOG Subida .....	64
3.2.17.4	JOG Descida .....	64
3.2.17.5	Abre/ Fecha direita .....	64
3.2.17.6	Abre/ Fecha esquerda .....	65
3.2.17.7	Sobe Direita .....	65
3.2.17.8	Desce Direita .....	65
3.2.17.9	Sobe/ Desce esquerda .....	66
<b>3.2.18</b>	<b>Potências das bombas tomadas e iluminação</b> .....	66

3.2.18.1	M10, M11, M12 .....	66
3.2.18.2	Tomadas, Iluminação e Ventilação .....	67
<b>3.2.19</b>	<b>Borneira do painel do bobinador .....</b>	<b>67</b>
<b>3.2.20</b>	<b>Comandos e Potência do desbobinador .....</b>	<b>67</b>
<b>3.2.21</b>	<b>Borneira do painel do desbobinador .....</b>	<b>68</b>
3.3	MONTAGEM.....	68
<b>3.3.1</b>	<b>Dimensionamento .....</b>	<b>68</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Correntes do projeto .....</b>	<b>68</b>
3.3.2.1	Comandos 24VCC.....	69
3.3.2.1.1	Fontes 24VCC .....	69
3.3.2.2	Comandos 220VCA.....	69
3.3.2.3	Transformador 440/ 220VCA.....	71
3.3.2.4	Potências 440VCA .....	72
<b>3.3.3</b>	<b>Proteção contra sobrecorrente .....</b>	<b>72</b>
3.3.3.1	Corrente dos disjuntores termomagnéticos .....	72
3.3.3.2	Dimensionamento dos disjuntores motores.....	73
3.3.3.3	Corrente dos Fusíveis .....	73
3.3.3.4	Condutores.....	74
<b>3.3.4</b>	<b>Programação dos equipamentos .....</b>	<b>76</b>
3.3.4.1	Inversores de frequência.....	76
3.3.4.2	Controladores de Temperatura .....	77
3.3.4.3	Medidores de Painel .....	78
3.3.4.4	Conta-metros .....	79
<b>3.3.4</b>	<b>Lista de Materiais .....</b>	<b>80</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
4.1	TEMPERATURAS .....	82
4.2	DIÂMETRO DE ISOLAÇÃO .....	83
4.3	RUÍDO ELÉTRICO .....	84
4.4	PROCESSO.....	84
4.5	CUSTOR DE PRODUÇÃO .....	85
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>87</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No setor de suprimentos para atender tal demanda de grandes obras e aumento de sistemas, o setor de Fios e Cabos elétricos, vem seguindo com fabricas lotadas e buscando aumentar produção sem reduzir a qualidade dos produtos ali fabricados, um desafio que engloba técnicos, engenheiros entre outros profissionais que pensam juntos para conseguir atender a demanda ali solicitada. Uma breve explicação sobre os maquinários de tal segmento em específico é iniciada explicando que para produção de um cabo por exemplo, a matéria prima chega na forma de vergalhão de alumínio com diâmetro de 9,5 ou 11mm, o mesmo é trefilado, o processo de trefilação consiste em esticar o comprimento e reduzir o diâmetro desses fios vindo da matéria prima denominada vergalhão, após trefilado o fio é trançado junto aos demais fios formando o cabo, após tal processo ele é isolado, a parte da isolação é feita por uma extrusora, maquinário qual será demonstrado neste trabalho. Uma extrusora é responsável por isolar o cabo elétrico, livrando assim de riscos com choque elétricos e curto-circuito entre o toque das fases. Basicamente se derrete o material isolante que vem em granulados seja ele de PVC (70°C) ou EPR ou XLPE (90°C), e envolve o cabo com essa massa derretida, o mesmo segue um padrão de diâmetro e densidade que são normatizados e previamente especificados. A utilização dos comandos elétricos é indispensável no caso de uma linha de produção, através de um painel remoto munido de dispositivos como chaves, botões e sinalizadores retroiluminados, que permitem ao operador dar comandos e controlar a velocidade e parâmetros como diâmetro de isolação e brilho do material extrudado sobre condutor, sendo possível a produção de um material normatizado e seguro para alimentar o mercado e conseqüentemente o sistema de distribuição de energia elétrica.

### 1.1 RELEVÂNCIA

A relevância desse estudo constitui em demonstrar, toda a sistemática de acionamento de tal máquina, começando pelo início onde se faz todo o planejamento e estudo de utilização, demanda de materiais que a máquina conseguirá produzir por hora, e a viabilidade em que se tem por usar determinada lógica de comandos. A maneira como foi feita a lista de materiais, e o motivo de tal lista exigir especificamente algumas marcas e fabricantes. Os dimensionamentos e planejamentos executados durante esse artigo, são valores reais, obtidos com a máquina em pleno funcionamento, toda teoria será exposta de forma explicativa e dinâmica.

Obter resultados, tirar medidas e conseqüentemente as conclusões, é o principal foco, isso gera números, e números geram opiniões, será possível ver o método utilizado, os equipamentos ali colocados, o projeto junto com os comandos de acionamento da máquina, a razão de usar certos equipamentos, e também a programação envolvida nos inversores de frequência, nos controladores de temperaturas e em outros controladores de velocidade e metragem de cabo. A proximidade do aluno nas escolas técnicas com certos equipamentos elétricos e eletrônicos, é muito superficial, pois cada máquina tem o seu sistema de funcionamento e suas particularidades, aqui já poderemos ter uma maior proximidade com determinados equipamentos, e nesse caso será possível ver parâmetros de programação necessários para uma extrusora entrar em funcionamento, mas serve como base em uma vasta gama de máquinas elétricas que fazem uso de equipamentos, como os utilizados nesta.

## 1.2 OBJETIVO

O projeto elétrico de uma máquina, consiste em obter controle de todo um sistema colocando em sua entrada funções determinadas pelo operador, no painel de comando, essas funções entram em relês que coordenam o que deve ser acionado, no nosso caso essas variáveis acionadas são; resistências, motores elétricos, solenoides, bobinas, atuadores e etc. O foco em mostrar todo o processo de desenvolvimento de uma máquina elétrica, agrega vantagem a quem deseja fazer máquinas do mesmo segmento no futuro, dados vão ser referências para e utilizarem em condições semelhantes a essa ou fazer analogias. Detectar os parâmetros de funcionamento e associar as condições de trabalho da máquina, representa os diversos fatores que podem ser usados para corrigir problemas ou economizar recursos em um projeto com tais dimensões ou até maiores.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### 2.1 A EXTRUSORA

Largamente utilizado na Indústria do Plástico, o processo de extrusão consiste em derreter os grânulos da resina termoplástica e em seguida processar esse material, para ser utilizado na produção de produtos contínuos como filmes plástico, tubos, perfis, entre outros. Isso acontece através da fusão da matéria prima colocada na máquina extrusora, uma vez derretido

esse material é forçado a passar por uma matriz popularmente conhecida como cabeça de extrusão que denomina o diâmetro da isolação.

A transformação por extrusão é o método empregado para produção de filmes plásticos, isolação de cabos e qualquer outro tipo de polímero usados em muitas aplicações, além da produção de material granulado novo ou reciclado. O processo de fabricação que acontece numa extrusora de plástico começa com a inserção de resinas termoplásticas no equipamento. O funil da extrusora é alimentado com o material granulado ou moído, que por causa da gravidade cai sobre uma rosca que o transportará dentro de um cilindro aquecido por resistências elétricas, parte desse calor é provido pelo atrito do próprio material com as paredes do cilindro. Nessa fase, o material passa por três etapas: alimentação, compressão e dosagem. Na zona de alimentação a rosca tem sulcos profundos, o intuito é que o material seja aquecido perto de seu ponto de fusão para então ser transportado a próxima zona. Direcionado para a zona de compressão existe uma diminuição progressiva dos sulcos de rosca, comprimindo o material contra parede do cilindro promovendo sua plastificação. Já na zona de dosagem os sulcos da rosca são continuamente rasos, para que seja feita uma mistura do material e a manutenção da vazão através da pressão gerada. No final do processo, o material é forçado contra uma tela de aço que segura as impurezas como metal e borracha. Em seguida, passa para a cabeça onde irá adquirir a forma do produto finalizado. Perpendicularmente a cabeça o cabo passa é isolado com composto termoplástico e segue passando por uma calha que o resfria e enrola o cabo pronto em um carretel.

## 2.2 DISJUNTORES TERMOMAGNÉTICOS

É um dispositivo de proteção que tem como principal função desarmar e seccionar circuitos, caso perceba uma corrente elétrica acima do seu valor nominal ou uma corrente de curto-circuito.

## 2.3 DISJUNTORES MOTORES

O Disjuntor motor é um dispositivo de proteção e manobra de motores elétricos, proporcionando proteção contra curto-circuito, sobrecorrente e falta de fase com uma atuação extremamente rápida, na casa dos milissegundos. Assim, esse é um componente que proporciona uma grande proteção e poder de manobra à motores elétricos, já que possui uma chave para manobra do motor elétrico.

Ao dar partida em um motor, há um grande pico de corrente para tirar o motor do estado de repouso e colocá-lo em movimento, já que isso demanda muita corrente. Um disjuntor comum, não é capaz de trabalhar com esse pico de corrente, que danifica os seus componentes internos. Já o disjuntor motor, possui uma câmara de extinção para o arco elétrico formado no contato no momento da partida do motor. Portanto, o componente é capaz de realizar a partida em motores elétricos sem danificar os seus contatos internos.

## 2.4 FUSÍVEIS

Os fusíveis são compostos por um condutor de seção reduzida montados em uma base de material isolante. O curto-circuito pode causar incêndios e vários danos aos equipamentos elétricos e justamente por isso que os fusíveis são tão utilizados. Os fusíveis são dispositivos usados para proteção contra sobrecorrente, curto-circuito e sobrecarga de longa duração. O fusível em si é a parte substituível e todo fusível deve ter a descrição do valor de corrente que ele suporta expressa em seu corpo.

## 2.5 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Um inversor de frequência é um equipamento eletrônico capaz de variar a velocidade de giro de motores elétricos trifásicos.

O nome “inversor de frequência” é dado pela sua forma de atuação, que controla a velocidade através dos valores de frequência injetados no motor. O uso de inversores de frequência é responsável por uma série de vantagens, dependendo dos modelos oferecidos pelos fabricantes, são unidas a capacidade de variar a velocidade com controles especiais já implantados no equipamento. Esses controles proporcionam além da total flexibilidade de controle de velocidade sem grande perda de torque do motor, aceleração suave através de programação, frenagem direta no motor sem a necessidade de freios mecânicos além de diversas formas de controles preferenciais e controles externos que podem ser até por meio de redes de comunicação. Tudo isso com excelente precisão de movimentos.

## 2.6 TERMOPARES TIPO J

Termopar é o mais conhecido entre os métodos de medição de temperatura por ser o mais barato e cobrir também uma maior faixa de temperatura, uma das extremidades de suas junções é denominada junta quente e, a outra extremidade onde liga-se os aparelhos ou cabos

de compressão é chamada de junta fria. A quente quando submetida a uma fonte de calor faz com que seja gerada uma tensão pequena, na casa dos mili volts que conectada a junta fria a um controlador de temperatura que transforma os valores de tensões proporcionalmente em valores de temperatura, no caso de termopares tipo J é o mais comum na utilização devido a faixa de temperatura utilizada na extrusora até 240° C, tendo em vista que o termopar suporta até 760° C.

## 2.7 RELÊS

Os relés basicamente são dispositivos elétricos que tem como função produzir modificações súbitas, porém predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída. O relé tem um circuito de comando, no momento que é alimentado por uma corrente, aciona um eletroímã que faz a mudança de posição de outro par de contatos, que estão ligados a um circuito ou comando secundário. Resumidamente podemos dizer que todo relé se configura como um contato que abre e fecha de acordo com algum determinado fator ou configuração.

## 2.8 CONTADORES

São utilizados em acionamentos e proteção, geralmente atuando em conjunto com outros acessórios e componentes. Os contadores são bastante utilizados em motores, uma vez que os seus contatos permitem a comutação de correntes elevadas acionadas por simples botões e controles remotos.

## 2.9 FONTE CHAVEADA

É um dispositivo capaz de converter corrente alternada em corrente contínua, fornecendo tensões elétricas com boa capacidade de corrente sem necessitar de um transformador. Portanto, a fonte chaveada é capaz de substituir fontes lineares, que precisam de transformadores. Assim, a fonte chaveada é um componente compacto e muito poderoso, indicado para aparelhos que precisam de corrente contínua para funcionar.

## 2.10 TRANSFORMADORES

Transformador é um aparelho capaz de abaixar ou diminuir a tensão e a corrente elétrica fornecidas a um circuito elétrico qualquer. Operam exclusivamente com correntes alternadas,

sua capacidade de aumentar ou reduzir uma tensão elétrica está diretamente relacionada com a quantidade de voltas em que um fio condutor é enrolado em torno de duas extremidades de um núcleo de ferro, chamadas de enrolamento primário e secundário.

### 2.11 SENSOR INDUTIVO

Este sensor tem a capacidade de detectar objetos metálicos em pequenas distâncias. Sendo definido como um sensor de proximidade, ou ele é digital capaz de enviar pulsos ao receptor detectando um objeto próximo e enviando o sinal de 1 ou 0 de acordo com a aplicação ou o sensor pode ser analógico transformando a distância sensora em sinal de 4 a 20 mA proporcionais.

### 2.12 CHAVES FIM DE CURSO

Chaves fim de curso, são dispositivos eletromecânicos que tem como função indicar que um motor ou estrutura ligada ao seu eixo chegaram ao fim do seu campo de movimento. São sensores simples de trabalhar, principalmente na programação, já que funcionam como um interruptor de comandos elétricos.

### 2.13 RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS DE AQUECIMENTO

A Resistência de aquecimento converte energia elétrica em calor por meio do processo de aquecimento Joule, descoberto por James Prescott Joule em 1841, ao fazer circular uma corrente elétrica por um condutor, observou que se libertava calor devido à resistência oferecida pelo condutor. São controladas por dispositivos externo com a função de derreter a material prima seja ela PVC, PE ou XLPE 13.

### 2.14 MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos são máquinas que possuem a capacidade de converter a energia elétrica em energia mecânica. Os motores combinam as vantagens da energia elétrica com o baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade no comando.



### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a mais conhecida e fundamental entre os que trabalham com comandos elétricos, pois a mesma envolve lógica de relês e contadores, parametrização de inversores de frequência e soft starters.

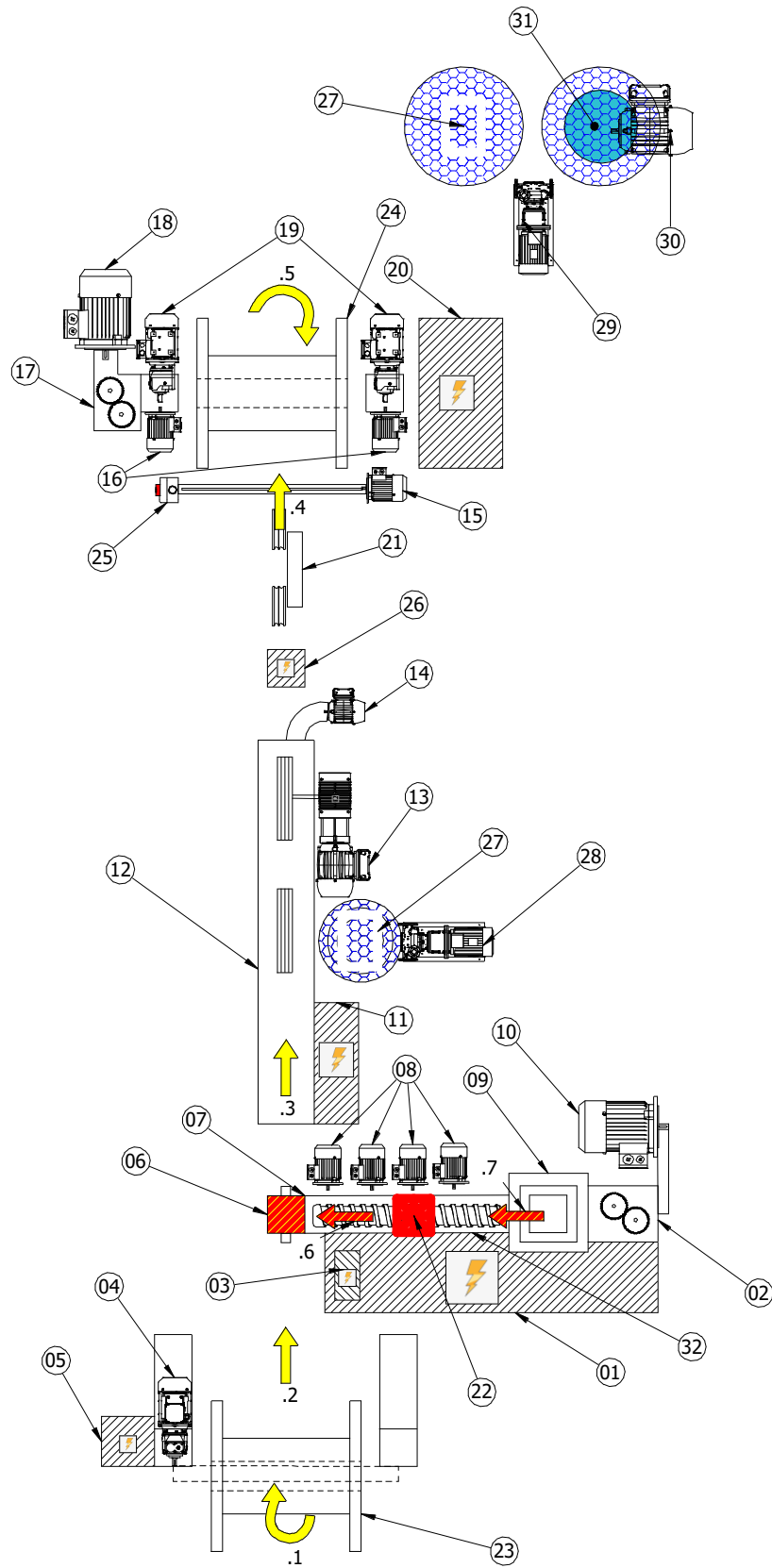
Para se desenhar o projeto usou-se a ferramenta CAdE\_SIMU, disponível gratuitamente na internet, preferiu-se uso dessa, pois ela atende a necessidade do projetista em inserir componentes e usar de diferentes referencias do desenho nos diagramas, a didática desse software também foi um fator que influenciou na escolha da utilização do mesmo. A ferramenta para se fazer os diagramas de corte e posicionamento dos componentes nos quadros elétricos, foi o Solid Edge da Siemens, software CAD 3D, com grande disponibilidade de recursos para o projeto a ser desenvolvido.

Outras metodologias que foram utilizadas, porém se analisar de uma forma generalizada é quase obrigatório que se faça o uso é o Excel, ferramenta no qual construiu planilhas e quadros para alguns dimensionamentos e organização de componentes no projeto, vale lembrar que foram feitas planilhas de cotação de materiais, tudo com a didática necessária para uma rápida consulta em casos de manutenção ou retrofit do sistema elétrico.

#### 3.1 FUNCIONAMENTO

Na Figura 1 é possível observar onde se encontra cada item que permite o mínimo entendimento do funcionamento de toda linha de extrusão, foram numerados os principais elementos, a seta amarela “.1” representa o sentido do cabo que inicia no desbobinador desenrolando o cabo de alumínio ainda nú (sem isolamento) seguindo o indicador “.2” indo até a cabeça de extrusão “.06”, quando o cabo passa perpendicularmente a massa representada pelas setas “.6 e .7”, ele sai da cabeça de extrusão “.06” já encapado com o isolante, entra na calha de refrigeração sentido indicação “.3”, o cabo segue contínuo pela calha e passa por duas polias, responsável por gerar a força de puxada do cabo através do controle de velocidade da polia motora que move um conjunto de polias movida, o próprio cabo passando pelo canais das duas polias traciona gerando mais torque na puxada, saindo da calha segue-se sentido o pulmão “.21”, a indicação “.4” demonstra o sentido do cabo passando pelo espalhador e sendo bobinado no carretel sentido de “.5”, Na Tabela 1 a legenda da Figura 1 é explicada pelos seus numerais.

Figura 1 – Mapa da linha de extrusão.



Fonte: Próprio autor (Solid Edge 2019).

Tabela 1 – Legenda da Figura 1

<b>Número</b>	<b>Descrição</b>
01	Quadro Elétrico principal (Painel principal)
02	Redutor da rosca
03	Painel elétrico de operação (Painel do operador)
04	MIT do sobe/desce desbobinador
05	Quadro elétrico do “sobe/desce desbobinador”
06	Cabeça de extrusão autocentrante
07	Canhão da rosca
08	MIT das ventoinhas de resfriamento das zonas
09	Funil de abastecimento
10	Motor elétrico trifásico da rosca
11	Painel de controle de temperatura
12	Calha de resfriamento por água
13	MIT do puxador
14	MIT do secador
15	MIT do espalhador
16	MIT do abre/fecha desbobinador
17	Redutor do MIT do bobinador
18	MIT do bobinador
19	MIT sobe/desce torre do bobinador
20	Quadro elétrico do bobinador (painel bobinador)
21	Pulmão
22	Resistência das zonas
23	Carretel de desenrolamento do desbobinador
24	Cerretel de enrolamento do bobinador
25	Botoeira de comando espalhador/bobinador
26	Spark Test (Testador de isolamento do cabo)
27	Caixa de abastecimento de água da calha de refrigeração
28	MIT da bomba de retorno
29	MIT da bomba da plataforma
30	MIT da torre alpina
31	Torre alpina
32	Rosca da extrusora

Fonte: Próprio Autor.

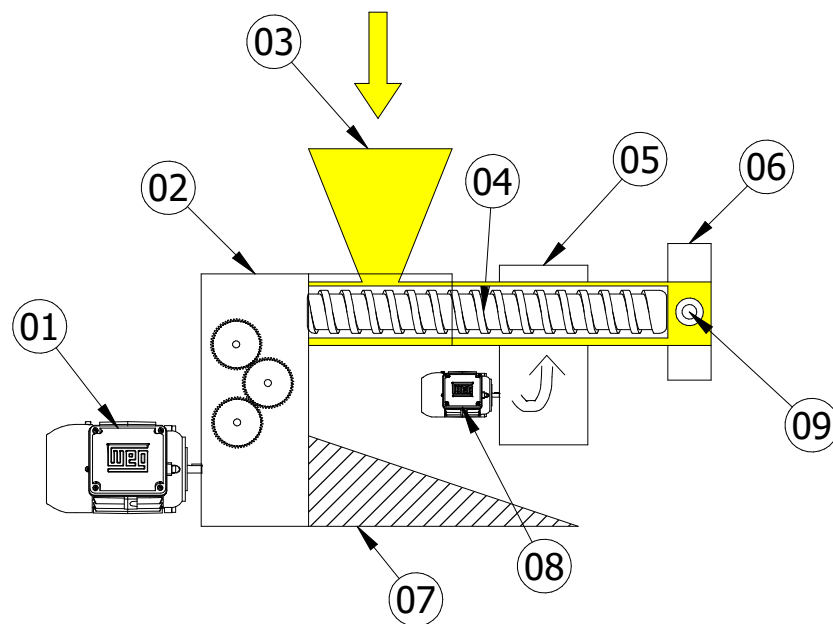
### 3.1.1 Corpo da Extrusora

O corpo da extrusora foi adquirido semi-novo contendo seis resistências do tipo coleira de mica Figura 5 e 5.a, que aquecem o material em temperaturas de até 400°C. As resistências das zonas somam o total de 1500 W de potência alimentados por uma tensão de 220VCA por zona, sendo controlada e projetada cada uma independente.

A Figura 2 demonstra didaticamente o funcionamento do corpo e suas funcionalidades, todo o preenchimento da cor amarela representa o material a ser derretido (PE, XLPE, PVC e etc), a seta amarela localizada na parte superior do funil de abastecimento “03”, indica o

sentido de entrada ao material termofixo ou termoplástico na forma ainda granulada, a rosca “04” unta e empurra esse material até a cabeça “06”, pelo canhão preenchido de amarelo envolvido por 6 resistências “05”, que reticulam essa matéria prima e envolve sobre o cabo que passa perpendicularmente ao corpo pela saída indicada numericamente por “09”. A Tabela 2 descreve todos os itens representados na Figura 2.

Figura 2 – Desenho do corpo da extrusora



Fonte: Próprio Autor (Solid Edge 2019).

Tabela 2 – Legenda da Figura 2

Número	Descrição
01	MIT da rosca ()
02	Redutor da rosca
03	Funíl de abastecimento
04	Rosca da Extrusora
05	Resistências de aquecimento()
06	Cabeça de extrusão
07	Base da Máquina
08	Motores das ventoinhas
09	Ferramenta de extrusão

Fonte: Próprio Autor

## 3.2 DIAGRAMA

Baseado na NBR 5410, foi feito o diagrama de todo o sistema elétrico da extrusora, através dele foi possível executar o planejamento de toda ordem e sistemática de construção da máquina, o mesmo segue com fidelidade o que se tem nos quadros elétricos da máquina, respeitando observações e detalhes propostos no diagrama. Através deste capítulo vai ser possível analisar o funcionamento de cada componente e o motivo de uso desses equipamentos sendo explicado página por página do projeto. Todo o desenho foi elaborado em uma ferramenta didática e gratuita, para que todo usuário que tenha internet e um computador em mãos tenha acesso ao “CAD e SIMU”. Para complemento do projeto usou-se um software pago pela empresa que se chama Solid Edge para fazer os projetos de furação e projeção dos quadros de operação entre o operador e a máquina. Foram feitos desenhos 2D com as medidas e recortes necessários para acomodação dos equipamentos como botões de liga e desliga, botões de emergência, potenciômetro e aparelhos contadores digitais, aparelhos esses que medem grandezas que no caso do projeto são, temperatura, velocidade e pulsos de metragem que será explicado e descrito em mais detalhes nesta sessão.

### 3.2.1 Alimentação dos motores 440VCA

Na Figura 6 é possível visualizar a alimentação da potência dos inversores de frequência, e os motores de indução trifásicos do tipo gaiola, o padrão de alimentação da fábrica consiste em um potencial de 440 Volts em corrente alternada ou tecnicamente falando 440VCA, são 3 fases R, S e T junto com o cabo PE de aterramento em uma frequência de 60Hz, que entra no sistema e fazem a distribuição para suas cargas e dali se ramificam para os componentes e suas devidas proteções. Nas sessões referentes a 3.2.1 uma breve explicação de cada componente inserido na página 01 do projeto conforme Figura 6.

#### 3.2.1.1 D1

Disjuntor geral da máquina, responsável pela proteção da soma de todas as correntes, foi escolhido um disjuntor caixa moldada de 100 Amperes para proteção do circuito de saída do componente, e conseqüentemente a proteção da entrada e dos cabos de alimentação.

#### 3.2.1.2 F1, F2, F3, F4

Esses 4 fusíveis são responsáveis pela proteção dos inversores de frequência, os mesmos são do tipo fusível NH do tamanho 000, e de ação ultra-rápida; o motivo de se usar fusíveis ultra rápido para proteção de inversores de frequência, é a rápida atuação do componente quando em curto ou sobrecorrente, extremamente necessária para proteção do circuito eletrônico interno do inversor, que se precisar de reparação paga-se um valor bem alto, sendo as vezes inviável.

#### 3.2.1.3 A1, A2, A3, A4

Essas 4 nomenclaturas representam os inversores de frequência que controlam as velocidades dos motores M1, M2, M3 e M4, na Figura 4 está demonstrando apenas o diagrama de entrada de alimentação, e saída de alimentação para o MIT, o mesmo deve ser obrigatoriamente aterrado e o terra deve ser comum para todos. Eles devem seguir os valores nominais de tensão e corrente e satisfazer as necessidades de saídas e entradas digitais e analógicas. Os diagramas de controle e comando dos inversores vão ser apresentados nas sessões seguintes.

#### 3.2.1.4 M1, M2, M3, M4

São os motores de indução trifásico, controlados por inversores de frequência, devido a necessidade de variação de velocidade no processo eles são acionados, protegidos e desligados pelos inversores de frequência, tendo uma partida suave que evita picos de energia na rede da concessionária, preservado assim outros componentes ligados ao sistemas que podem sofrer distúrbios vindos desse motores caso houvesse um arranque direto e até mesmo multa vindo da concessionária, eles dispensam uso de disjuntores motores, contatores e relês de proteção. No diagrama é possível ver seus valores nominais de tensão, velocidade, corrente e frequência, fatores essenciais para o dimensionamento, no manual do fabricante é possível verificar também grau de proteção, curvas de torque x corrente entre outros critérios, que podem ser relevantes se não considerados no projeto.

#### 3.2.1.5 Considerações Gerais

Para alimentação geral (R, S, T), foram usados condutores de cobre isolados em PVC de acordo com a NBR 5410, e na saída do disjuntor barramento de cobre para uma melhor

distribuição dos condutores para os componentes, isso facilita na manutenção, na parte estética e agrega em uma correta montagem devido ao fato de estar usando recursos ideais para tal aplicação. Os barramentos de cobre chato foram dimensionados de acordo com a corrente que circula por ele. Nas barras chatas de cobre foram feitos furos e roscas de ¼” na qual são fixados condutores pelos seus terminais, para manter contato elétrico e a ramificação de corrente e tensão que vai alimentar as cargas.

### **3.2.2 Alimentação dos motores 220VCA**

A Figura 7 apresenta o diagrama de acionamento dos motores de indução trifásico das ventoinhas das zonas de aquecimento, responsáveis pelo resfriamento das resistências da máquina. A ventoinha consiste em um MIT de alta rotação (3600 RPM), acionado quando o controlador da zona de aquecimento fecha o contato de um relê no momento que excede uma temperatura pressetada no controlador via operador, quando fechado o contato a ventoinha é acionada até que se normalize a temperatura e esse contato se abra, e a ventoinha é desligada. É possível visualizar um transformador de potência, responsável por rebaixar a tensão de 440VCA de alimentação da máquina, para a tensão de 220VCA, o mesmo fica em uma parte externa do painel devido as suas dimensões físicas, o disjuntor D3 de 100 A tem a função de proteger parte do circuito do painel elétrico, denominado “Painel Principal”, o outro disjuntor D20 de 80 A, é responsável pela proteção dos aparelhos alimentados por 220VCA do painel que fica no outro extremo da máquina, denominado “Painel Bobinador”.

#### **3.2.2.1 DM1, DM2, DM3, DM4, DM5, DM6**

São os disjuntores motores, responsáveis pela partida dos motores elétricos das ventoinhas de resfriamento e das zonas de aquecimento, foram colocados disjuntores motores, pois o mesmo é apropriado para tal aplicação devido ao fato de suportarem o pico de corrente da partida que pode chegar até 8 vezes o valor nominal. A faixa de ajuste corresponde ao valor nominal de corrente descrito na placa de identificação do MIT.

#### **3.2.2.2 C1, C2, C3, C4, C5, C6**

Esses contatores ficam abaixo do disjuntor motor, e são responsáveis pela comutação das 3 fases do motor. Quando é dado o comando para acionar o motor da ventoinha, a bobina do contator é energizada (A bobina fica na página de comandos do diagrama que será

analisada nas seguintes sessões), e o contator comuta, conseqüentemente energizando as 3 fases e partindo o MIT.

#### 3.2.2.3 MZ1, MZ2, MZ3, MZ4, MZ5, MZ6

São motores de indução trifásico, de alta rotação (3600) RPM, e tem a função de resfriar as zonas de aquecimento através de hélice no rotor quando ultrapassada o limite presetado pelo operador. Cada motor funciona independente um do outro e é colocado em operação automaticamente de acordo com a necessidade de cada zona.

#### 3.2.2.4 D3, D20

disjuntores caixa moldada responsáveis pela proteção dos circuitos que serão alimentados pelo potencial de 220 VCA, D3 (proteção do painel principal), D20 (proteção do painel do bobinador), cada painel possui a sua proteção individual para facilitar manutenção e economia de cabos entre a passagem de um quadro e outro.

#### 3.2.2.5 T1

É o transformador de potência responsável por rebaixar a tensão de 440VCA para 220VCA, no qual tem a potência dimensionada de 70KVA para alimentar as cargas de 220VCA da máquina.

### 3.2.3 Alimentação das Resistências de Aquecimento

Conforme a Figura 8 o corpo da extrusora contém 6 zonas de aquecimento como já mencionado, e mais uma cabeça munida de mais uma zona de aquecimento composta por 4 resistências do tipo cartucho, as mesmas são protegidas com um disjuntor termomagnético em uma fase que vai direto para resistência e fusíveis Diazed na fase que vai direto ao SCR, a alimentação geral do painel 220VCA é trifásica, e a resistências são alimentadas apenas por 2 fases 220 VCA, ocorre um balanceamento de fases para que nenhuma fique sobrecarregada, assim aumentando a eficiência e diminuindo o risco de sobrecorrente que possa comprometer o circuito. Os condutores que entram nos fusíveis e disjuntores são ramificados do barramento de cobre de 1/2" x 3/16" derivados da saída trifásica do disjuntor D3, mencionado na sessão anterior.



### 3.2.3.1 D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11

Disjuntores termomagnéticos de característica unipolar, responsável por proteger uma fase que alimenta a resistência de aquecimento e o sobreaquecimento nos condutores elétricos que foram dimensionados de acordo com os valores de corrente calculados. Nesse projeto o disjuntor D11 que alimenta a zona 8 foi colocado como reserva, caso haja necessidade de uso em dias muito frios ou alguma outra anormalidade que possa afetar o processo de aquecimento.

### 3.2.3.2 RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8

As resistências de aquecimento ficam envolvidas sobre o canhão por onde passa o material granulado, tem a função de aquece-lo até formar uma massa homogênea e com a viscosidade necessária para ser usada como isolante em um condutor elétrico, as temperaturas são pressetadas pelo operador através de um controlador digital. Elas são resistências do tipo coleira fabricada em mica. Nas zonas são ligadas duas resistências de 750 Watts em serie, somando 1500 Watts de potência por zona, já a cabeça (RA7) é composta por 4 resistências do tipo cartucho de 500 Watts cada uma, ligadas em série e totalizando uma potência de 2000 Watts.

### 3.2.3.3 SS1, SS2, SS3, SS4, SS5, SS6, SS7, SS8

Os relês de estado sólido na qual fazem o chaveamento das resistências, como o controlador digital de temperatura é inteligente, ele funciona em modo PID, ou seja, sempre tende a deixar a temperatura no mesmo valor pressetado (temperatura teórica = temperatura real), para isso ocorrer o controlador gera pulsos ligando e desligando a resistências para mante-la em seu valor desejado, o relê de estado solido é necessário devido a quantidade de comutações na resistência ser muito superior a quantidade de comutações que um relê eletromecânico pode suportar, como o chaveamento é feito por transistores (contato seco) o controlador envia um sinal de mínima corrente e tensão entre 15 e 36Vcc e o mesmo chavea a tensão maior em outros 2 terminais onde passa o potencial da resistência, sendo possível um controle seguro e preciso da temperatura das zonas de aquecimento.

#### 3.2.3.4 TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC7, TC8

Os transformadores de corrente no projeto ficam encarregados de medir os valores de corrente que passam pelas resistências de aquecimento, eles são ligados aos amperímetros analógicos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 e fixados ao painel de controle de temperatura para monitoramento das correntes, a fim de observar a queima ou má funcionamento das zonas.

#### 3.2.3.5 F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12

São fusíveis Diazed de ação ultra-rápida, responsáveis pela proteção das resistências, o mesmo é do tipo Diazed pois já tinha o material com tal corrente nominal em campo, e também o foco da proteção por esse fusível é a carga (resistência), desprezando os condutores sendo protegidos pelos disjuntores na outra fase.

### 3.2.4 Controle de Temperatura das Zonas de Aquecimento

Para interação entre o operador e as zonas de aquecimento de acordo com a Figura 9 os controles de temperatura, que são alimentados por 24Vcc retificado pela fonte chaveada (FNT 1), no controlador são ligadas saídas de tensão mais baixa para chavear o relê de estado sólido, saída de alarme para as bobinas auxiliares que acionarão as ventoinhas de resfriamento, chaves liga e desliga e também os termopares tipo J, responsáveis pela medição de temperatura na proximidade da zona de aquecimento.

#### 3.2.4.1 D12, D13

São os disjuntores termomagnéticos bipolares, responsáveis pela proteção do circuito e da fonte de comando (FNT 1), D12 foi colocado antes da fonte que é alimentada com 220 VCA, e o segundo protege as cargas que saem da fonte já retificada e transformada para 24VCC, os valores nominais foram dimensionados de acordo com a soma das correntes de consumo do circuito alimentado.

#### 3.2.4.2 FNT 1

E a fonte designada para alimentação dos comandos em geral da máquina, relês, controladores e contadores com potencial de 24VCC, a mesma é alimentada por duas fases ramificadas do barramento de cobre chato 220VCA.

#### 3.2.4.3 S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8

São chaves comutadoras de 2 posições utilizadas nesse projeto para ligar e desligar as zonas de aquecimento, ela é conectada em serie com a alimentação positiva do controlador, o operador comuta manualmente essa chave para alimentar o controlador e assim pode fazer o uso do mesmo e permitir o acionamento das zonas.

#### 3.2.4.4 J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8

Para medir a temperatura na zona de aquecimento são necessários termopares, no caso deste projeto foram utilizados termopares tipo J devido a sua faixa de temperatura que pode medir um range de  $-200^{\circ}\text{C}$  até  $760^{\circ}\text{C}$  segundo dados do fabricante, essa faixa é adequada para o uso, pois a extrusora aquece de  $90^{\circ}\text{C}$  a  $240^{\circ}\text{C}$  variando de cabo para cabo e da velocidade de linha. Os termopares tipo J são conectados aos bornes 1 e 2 do controlador designados para medição de temperatura via termopares ou PT-100.

#### 3.2.4.5 K16, K17, K18, K19, K20, K21

Na saída de refrigeração do controlador de temperatura possui um contato NA, quando ultrapassa o valor de setpoint colocado pelo operador, o contato fecha e energiza a bobina de um relê auxiliar, quando a temperatura abaixa o valor pressetado o contato se abre e a bobina é desenergizada. Foi colocado na saída de refrigeração a bobina de um relê de interface com 1NA e 1NF na qual o contato NA está em serie com a alimentação da bobina dos contatores da ventoinha C1, C2, C3, C4, C5 e C6. Não foi colocado direto a bobina do contator na saída de refrigeração, devido ao fato de que se comuta diversas vezes esse contator por consequência do controle PID interno no controlador digital, quando se queima uma bobina o custo de manutenção é alto, o relê de interface serve como uma proteção a mais da bobina do contator que comuta os motores de refrigeração, tecnicamente chamando de redundância.

#### 3.2.4.6 CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8

É o componente responsável pelo controle de aquecimento da máquina, ele é parametrizado conforme utilização. O operador monitora a temperatura pelo display digital, temperatura essa medida pelo termopar tipo J, ela sempre vai tender a chegar ao valor de temperatura de setpoint registrado pelo operador manualmente no controlador, devido a inercia de temperatura ele tem as ventoinhas ligadas na saída de alarme (tecnicamente

falando) para quando ultrapassar o limite de temperatura a saída atuar e forçar a refrigeração. Nele é possível configurar valores para os tipos de controle desejados no processo, e as formas de processamento e execução de dados recebidos, a Figura 3 é apresentado o diagrama de ligação do controlador.

Figura 3 – Ligação do controlador de temperatura



Fonte: Manual Usuário K48 COEL

#### 3.2.4.7 SS1, SS2, SS3, SS4, SS5, SS6, SS7, SS8

São os mesmos relês de estado sólido apresentados na sessão “3.2.3.3”, porém os terminas de ligação demonstrados nesta sessão é localizado na parte de baixa tensão, nesse são conectados os terminais negativo e positivo do controlador especificamente configurado para saída de aquecimento, totalmente responsável por chavear de acordo com a necessidade do processo de variável PID, utiliza-se uma baixa corrente vinda da saída do controlador digital para chavear a alta corrente onde é ligada uma das fases da resistência de aquecimento.

### 3.2.5 Inversor de Frequência da Rosca

Além dos diagramas de potência demonstrados na Figura 6, nesta sessão ocorre a apresentação do diagrama de controle do inversor de frequência, ele é especificamente utilizado nesse projeto para o controlar a velocidade do motor que gira a rosca da extrusora Figura 10, responsável pelo transporte da massa, desde o funil de abastecimento até a cabeça que consiste em isolar o cabo. Através de um controle de velocidade/frequência o operador consegue dosar a quantidade de material a ser injetada sobre o cabo, e também controlar a

rosca, habilitando, desabilitando, fazendo comandos específicos e também a segurança em caso de falha. O controle da velocidade é feito a partir de potenciômetro eletrônico e totalmente remoto ao equipamento. As sessões que compõem o item “3.2.5” são referentes a Figura 10.

#### 3.2.5.1 PT1, PT2, PT3

Sendo um dos principais componentes de controle, os potenciômetros tem a finalidade de ajustar a velocidade do motor a partir de um sinal de tensão 0 a 10Vcc, seguindo uma curva linear e processada no inversor, 0Vcc corresponde 0 RPM e 10Vcc corresponde a 1750 RPM, esses valores de RPM podem variar de acordo com a placa do motor e também a necessidade da operação, sendo possível alterações durante a parametrização do inversor. Nessa utilização tem-se 3 potenciômetros ligados em sincronismo, o PT2 é responsável pelo controle da velocidade do motor da rosca, já PT3 tem a finalidade de controlar o motor do puxador (será melhor abordado nas sessões seguintes), a referência positiva de PT3 e PT2 é conectada a referência de sinal de PT1 conhecido popularmente como o mestre, as velocidades da rosca “PT1” e do puxador “PT2” são controladas separadamente, porém seguem os valores proporcionais a PT1, que faz o sincronismo de velocidades, apenas a referência de sinal de PT3 é conectada até o inversor do puxador. É importante frisar que os cabos usados na ligação dos potenciômetros devem ser cabos blindados com sua malha devidamente aterrada para evitar ruídos eletromagnéticos vindos da rede ou de qualquer outro equipamento.

#### 3.2.5.2 AO1, AGND

Esses bornes são usados nesta aplicação como saída de sinal analógico, é um sinal de 0 a 10Vcc, que faz a leitura do sinal de entrada do potenciômetro da rosca (PT2), esse sinal é enviado até um aparelho transdutor de sinal, que apresenta em display no painel valores proporcionais já transformados em RPM a fins de referência de operação.

#### 3.2.5.3 RL1-C, RL1-NA

Nesta aplicação usa-se um relê de contato NA, este modelo de inversor é fornecido de fábrica um relê interno sendo RL1-C (comum), RL1-NA (normalmente aberto) localizado internamente ao driver, ele dispõe de um contato normal fechado, não utilizado nessa aplicação. O NA do inversor funciona como segurança, colocado em serie junto com os relês

dos demais inversores e os contatos NA dos botões de emergência, ao habilitar o inversor o contato é fechado permitindo a passagem de corrente, todos os demais contatos que estão na serie devem estar fechados, caso algum esteja aberto ele não permite a alimentação do circuito de comando, levando o sistema a falha. Quando o inversor entra em falha seja ele apor sobrecorrente, sobretensão ou qualquer outra que possa ocorrer com o equipamento, imediatamente o contato NA é aberto, cortando o fluxo de corrente de comando e consequentemente parando toda a máquina.

#### 3.2.5.4 24V. COM, -24V, DI1, DI2

São as portas de entradas digitais, a referência de 24Vcc positiva que sai do inversor e vai até o contato aberto do relê de interface localizado na sessão explicativa da página 10 cuja a bobina é energizada no momento que o operador pressiona o botão para ligar a rosca, o contato NA fecha e sela mantendo o contato de K9 fechado, com esse contato fechado ele permite a passagem de corrente para as entradas digitais DI1 e DI2 que estão jampeadas, quando alimentada as entradas, uma fica responsável e parametrizada internamente por habilitar o funcionamento do inversor, e a outra responsável por girar ou parar o motor, quando em estado lógico 1 ele gira, estado lógico 0 ele para. As entradas COM (comum) e -24V (referência negativa) deve ser jampeadas, assim temos uma única referência negativa, evitando tensão flutuante no circuito que possam causar fenômenos ou ruídos indesejados no sistema.

### 3.2.6 Inversor de Frequência do Puxador

Analogamente ao inversor da rosca, o sistema de potência demonstrado na sessão “3.2.5”, pode-se analisar agora o acionamento e comando do inversor do puxador, sua referência de velocidade é sincronizada por potenciômetros sendo seus valores proporcionais a saída do inversor da rosca sincronizado com “PT1”, o potenciômetro “PT3” controla a velocidade do puxador independente, porém proporcional ao valor de sinal enviado por PT1, de acordo com a Figura 11.

#### 3.2.6.1 AI+, AI1, REF

São as entradas analógicas de referência de velocidade vinda de PT3. Responsável pela entrada de sinal de velocidade do puxador proporcionalmente ao potenciômetro de

sincronismo, possui a entrada de sinal conectado a entrada AI1+, o potencial negativo comum de todos os negativos dos potenciômetros é conectado a entrada AI1- e jampeada a REF, como explicado em outras sessões, colocar todas referencias negativas em comum evita o problema de tensão flutuante no sistema.

### 3.2.6.2 AO1, AGND

Saídas analógicas responsáveis pela leitura da entrada dos sinais que chegam nos respectivos bornes, essas saídas vão até um aparelho, que transforma essa saída de 0 a 10Vcc em valores configurados e proporcionais a unidade de metros por minuto (m/min), esse valor de m/min dado no display fica para fins de referência de operação. As entradas digitais, entradas de relês e referências, podem ser analogamente comparadas as descrições da sessão “3.2.5”.

### 3.2.7 Inversor de Frequência do Bobinador

O inversor do bobinador exige uma complexidade de ligação e parametrização mais bem elaborada que os outros dois inversores analisados nas sessões anteriores, ele é responsável pelo controle de velocidade do bobinador que enrola o cabo finalizado no carretel, porém neste caso foi parametrizado em PID devido ao modo como chega a referência de velocidade no inversor, através de um sensor de 4-20 mA. A linha de JOG foi colocada na mesma página, porém separada do diagrama do inversor pois se trata de um comando feito após elaboração do projeto, devido ao fato de apenas conseguir habilitar o JOG com o parâmetro Manual/Automático do controle PID ativo. Conforme Figura 12.

#### 3.2.7.1 PX

É um sensor de distância de 4 a 20mA, responsável pela referência de velocidade do inversor, o mesmo é posicionado a uma distância de 8mm do corpo metálico que se movimenta de acordo com a velocidade da máquina e necessidade da correta tensão no cabo para ser bobinado. A Tabela 3 apresenta quais os valores de proporção usados para referência do sensor. Na Figura 4 é demonstrado que de acordo com o movimento da peça metálica “02” movida pelo pistão “03”, que se mexe conforme o puxador envia mais cabo ou menos cabo pelo sentido das setas vermelhas em ordem crescente dos numerais representativos. O cilindro se movimenta para cima ou para baixo de acordo com as indicações de seta amarela dessa forma ele move a peça “02” que possui um furo excêntrico variando sua distância e

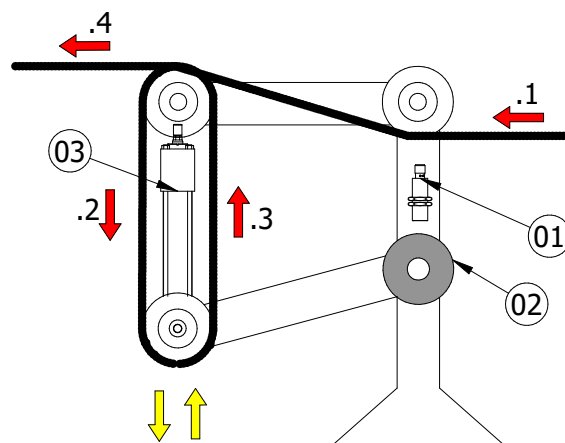
consequentemente o sensor “01” controla a velocidade através do sinal enviado ao inversor de frequência conforme distância.

Tabela 3 – Proporção do sensor PX

Sinal de corrente	Distância sensora	Proporção em RPM
4mA	8mm	0
20mA	0mm	1750

Fonte: Próprio Autor

Figura 4 – Desenho do Pulmão



Fonte: Próprio Autor (Solid Edge 2019).

### 3.2.7.2 Funcionamento das Entradas Digitais

Como explicado em sessões anteriores, primeiramente as referências negativas são jameadas e a referência comum para as entradas será a saída do borne 34, que alimenta com 24VCC. No momento que o contato NA do relê 12 é fechado, ele fecha potencial para a entrada DI1, com finalidade de habilitar o driver para funcionamento, em seguida a entrada DI2 em paralelo, faz a função de “gira/para”, DI3 fica parametrizado para habilitar o “Manual/Automático” do controle PID, no final a porta DI4 está configurada para JOG. Caso o operador deseja utilizar o controle de JOG, o driver desabilita o controle de PID no momento que o operador pressiona o botão pulsante de JOG com contato NA, a bobina de K15 é energizada abrindo apenas a circulação de corrente para desativar o controle PID no momento de JOG, o contato aberto de K15 se fecha colocando o estado do inversor para JOG.



### 3.2.7.3 PT5

Potenciômetro eletrônico do espalhador referenciado pelo sinal da saída analógica do driver do bobinador.

### 3.2.7.4 FNT 3

Fonte dedicada para alimentação do sensor PX, poupando o uso da fonte interna do inversor, evitando ruídos indesejáveis no sensor que causa erro de leitura e falhas.

## 3.2.8 Inversor de Frequência do Espalhador

O inversor do espalhador conforme Figura 13 é encarregado de acionar o motor que gera o movimento em uma rosca sem fim responsável pelo espalhamento do cabo no bobinador, por se tratar de um motor de baixa potência, a linha escolhida para atender tal aplicação foi o CFW-500 da WEG, por experiência costumava-se usar o CFW-08, porém o mesmo foi descontinuado pela fabricante.

### 3.2.8.1 DI1

A entrada digital DI1 no inversor é responsável por habilitar o driver para funcionamento, o relê auxiliar K13 fecha o contato, quando a chave comutadora de duas posições é comutada pelo operador, o contato da bobina de K13 fecha e sela, mantendo fechado até que haja alguma interrupção humana ou por falha na máquina, com K13 fechado o inversor fica habilitado a funcionar executando suas funções programadas no motor elétrico. K81 é o contato de JOG colocado em paralelo com K13, quando a bobina de K81 é habilitada pelo botão de JOG no comando superior da Figura 13, ele habilita o inversor durante a execução do comando de JOG que é um botão pulsante.

### 3.2.8.2 DI2

A função habilitada nessa entrada digital, foi programada para dar o reverso no motor, quando a roldana guia cabo que corre pela rosca sem fim do espalhador chega ao seu limite extremo direito, ou extremo esquerdo, uma chave fim de curso é responsável por comutar o contato K14.1 entre aberto e fechado, quando o espalhamento chega ao seu limite para esquerda, ele toca a chave fim de curso na qual abre o contato, enviando o estado lógico 0

para entrada digital, quando a roldana guia cabo chega ao limite extremo da esquerda, o fim de curso da esquerda e acionado fechando o contato de K14.1 conseqüentemente levando o estado lógico da entrada para 1. Na Tabela 4 é possível ver a relação de estado lógico da entrada com o sentido de rotação do motor.

Tabela 4 – Relação sentido giro do motor.

<b>Estado lógico da entrada DI1</b>	<b>Sentido Giro do motor</b>
0	Anti-Horário
1	Horário

Fonte: Próprio Autor

### 3.2.8.3 DI4

A entrada digital é parametrizada para controle de JOG, quando o operador aperta o botão pulsante de JOG no comando desenhado na parte superior da Figura 13, ele permite a passagem de corrente para as bobinas de K80 e K81, o contato de K81 fica em paralelo com K13 na entrada DI1, quando a bobina é energizada, o contato de K80 é fechado, colocando a entrada de JOG em estado lógico 1, e paralelamente a entrada DI1 que habilita o inversor em K81. Quando em estado lógico 1 eles executam suas devidas funções.

### 3.2.8.4 AI1, AGND

A entrada analógica do driver é utilizada para entrada de referência de velocidade sincronizada com o inversor do bobinador, os dois motores devem girar em sincronismo para que haja o espalhamento totalmente relacionado ao bobinamento do cabo, gerando um carretel enrolado corretamente sem o entroncamento entre as voltas dada no carretel durante o processo. O sinal mestre é ligado a saída analógica do bobinador, o potenciômetro escravo fica responsável pelo controle da velocidade do espalhador e proporcionalmente a referência de velocidade que sai do bobinador.

## 3.2.9 Comandos de Segurança

O comando de segurança é montado logo após a retificação de tensão do comando de 220VCA para 24VCC, o único comando em 220VCA desta página é o alarme de falha na bomba de retorno. O entendimento das sessões derivadas de “3.2.9” são referentes a Figura 14

### 3.2.9.1 D14, D15

São disjuntores termomagnéticos, responsáveis pela proteção da fonte e do circuito de comando. D14 é colocado antes da retificação na fonte, ainda no potencial de 220VCA para proteção do equipamento eletrônico e condutores, após a passagem pela fonte chaveada (FNT 2), D15 fica responsável pela proteção de todo o circuito de comando por aquela fonte alimentado.

### 3.2.9.2 EM1, EM2, EM3

Posicionado e dividido por toda área de operação da máquina e seguindo os protocolos da NR-12 de dispositivos de segurança, 3 botões do tipo cogumelo para emergência da máquina, os botões contam com contatos NF, quando apertados, eles se mantem na posição aberto, no caso deste projeto ele desenergiza a série de contatos de segurança levando o equipamento a falha.

### 3.2.9.3 RS

É a bobina do relê de segurança, quando todos os contatos das botoeiras de emergência e os relês de falha dos inversores estão fechados, a bobina se mantem energizada e consequentemente os contatos de RS distribuídos pelo circuito se mantem fechado durante o tempo em que RS fica energizado. A máquina é desligada imediatamente quando algum botão de emergência é atuado ou há alguma falha no inversor que venha a abrir algum destes contatos em série com RS, pois houve uma interrupção de emergência que levou a necessidade de parada rápida e desenergização do comando de acionamento.

### 3.2.9.4 DM14, DM16

Os blocos de contato dos disjuntores motores possuem a função de alertar o operador no caso de alguma falha nas bombas de água das calhas de refrigeração, são falhas bem difíceis de se observar no momento, quando se nota é o momento em que a calha já transbordou ou secou a ponto da bomba puxar somente ar e danificar o equipamento. Uma contatora auxiliar C20, que é alimentada por 220 VCA está em serie após os contatos NF de DM14 e DM16 interligados em paralelo entre si, quando qualquer um dos dois entrar em falha, no caso o disjuntor motor desarmar, o contato é fechado novamente energizando a bobina de C20, e

fechando a contatora para que o sinal sonoro seja ativado, alertando o operador sobre a falha na bomba.

### **3.2.10 Comandos de Partida (Página 10)**

Parte do comando responsável pelo acionamento dos motores da máquina pelo operador, todas as sessões derivadas de "3.2.10", são referentes a Figura 15.

#### **3.2.10.1 Rosca**

O primeiro diagrama de comando começando pela primeira linha inferior da Figura 15 é encarregado de acionar o motor da rosca pelo operador, fluindo corrente do potencial de 24VCC, passa primeiramente pelo contato NA do relê RS, que fica fechado enquanto nada está em falha na máquina como visto na sessão Figura 14, saindo de RS já com a anilha 1099 a corrente entra no contato NF do botão desliga "B1", esse contato só é aberto quando pressionado pelo operador cortando a passagem de corrente pelo componente. Saindo de B1 a anilha 1002 entra em B2 no contato NA responsável por ligar a máquina, paralelo a B2 o contato NA do relê K9 com a função de selo de B2, quando o operador pressiona B2 para ligar a rosca, o contato K9 fica fechado até que corte a passagem de corrente para bobina de K9. Saindo do paralelo entre B2 e K9 a anilha 1003 entra no contato NA do relê K11.1, esse contato se fecha no momento que o controlador de temperatura da cabeça da extrusora chega na temperatura ideal e alimenta a bobina de K11.1, a rosca só permite ser acionada quando K11.1 está fechado, indicando que a máquina alcançou a temperatura ideal de trabalho. Saindo de K11.1 e anilhado com 1013 a corrente entra na bobina de K9 que tem função de habilitar o driver do motor da rosca, na saída da bobina 0V fecha a referência e obtendo o potencial de 24VCC necessário para o funcionamento dos componentes.

#### **3.2.10.2 Puxador**

O acionamento de comando do motor do puxador é semelhante ao acionamento do motor da rosca, analisando o caminho que a corrente percorre começando pelo ramo 24VCC que entra no botão desliga (B3), contato NF que permite a passagem da corrente até que o operador o pressione, abrindo o contato cortando a passagem de corrente e desfazendo o selo. Na saída de B3 identificado com a anilha 1004, entra no botão B4 botão de liga com contato NA, quando o operador pressiona B4, o contato dele se fecha e K10 (NA) em paralelo faz a

função de selo deste botão, para manter a máquina ligada até que a bobina K10 tenha uma descontinuação de passagem de corrente. Na saída do paralelo entre K10 e B4 a anilha 1005 entra em outro contato NA do relê RS, esse contato se mantém fechado enquanto não houver falhas na máquina e só abre quando algum dispositivo de segurança é acionado, desta forma descontinuando a passagem de corrente para bobina de K10 em caso de emergência, na saída da bobina a referência de 0VCC fecha o potencial de 24VCC.

#### 3.2.10.3 Cabeça

A linha de comando da cabeça representa um sistema simples, saindo do potencial de 24VCC, ele entra no contato aberto de CT7, que representa a nomenclatura do aparelho de controle de temperatura de aquecimento da cabeça, o contato de CT7 fecha no instante em que a cabeça chega na temperatura adequada para funcionamento, permitindo a passagem de corrente até as bobinas dos relês K11.1 e K11.2 em paralelo, os contatos dos relês são utilizados em serie com as bobinas de comando, para permitir o acionamento do motor da rosca e do LED luminoso indicador de máquina liberada.

#### 3.2.10.4 Bobinador

O acionamento do motor do bobinador consiste em dois botões liga em paralelo, e dois botões desliga em série, se utiliza dois botões devido a distância entre o bobinador e o painel de operação da máquina, para facilitar a operação foi acrescentado mais um botão na botoeira, ele pode fazer os mesmos comandos com qualquer um dos botões. O 24VCC entra no contato NF de B12 com a identificação 1013 em serie com NF de B11 ambos projetados com a função de desliga, as partes dentro do quadrante trastejado ficam localizadas no painel do bobinador, e as partes fora do quadrante ficam no painel principal da máquina, foram colocados em painéis separados devido a facilidade de manutenção e economia de cabos. Identificado com a anilha 1014 na saída de B11, o contato NA de B12 e B11 estão em paralelo com o contato de selo K12, esses contatos abertos são fechados quando o operador pressiona ou B12 ou B11, selando K12. Ao sair da série com os botões liga, anilhado com o número 1015, a corrente passa pelo contato aberto de RS, que se mantém fechado caso não há condições de falha ou emergência atuada, permitindo a passagem de corrente até a saída identificada como 1021 que entra na bobina de K12, na saída tem-se referência de 0VCC, fechando a diferença de potencial sendo possível a execução do comando.

### 3.2.10.5 Espalhador

A última linha de comando da sessão, está localizada na parte superior da Figura 15, nela o ramo de 24VCC entra na chave comutadora de 2 posições S9, essa chave se mantém desligada com seu contato aberto, quando o operador faz a comutação manual ela fecha seu contato permitindo a passagem de corrente, o contato se mantém fechado até que seja feita uma nova comutação manual para que ela abra e descontinue a passagem de corrente, na saída do contato e anilhada como 1010 entra-se no contato NA do relê RS, que se mantém fechado até que haja uma falha na máquina e o mesmo venha a abrir, logo na saída de RS e anilhado como 1020, a entrada no contato NF da chave fim de curso de segurança (FC1) do lado esquerdo do espalhador, em serie com ela conectado o contato NF da chave fim de curso de segurança (FC2) do lado direito do espalhador, essas chaves de segurança tem a função de proteger o sistema do guia-cabo caso as chaves fim de curso que comutam a rotação do motor venha a falhar, se elas falharem as chaves FC1 e FC2 ficam responsáveis de abrir seus contatos impedindo a passagem de corrente da bobina K13, desligando o inversor do espalhador e impedindo a quebra das componentes mecânicas da máquina, enquanto a máquina opera em seu estado normal de funcionamento esse contatos se mantem fechados juntamente com RS energizando a bobina de K13.

### 3.2.11 Comandos de Sinalização

Na primeira linha do diagrama localizada na parte inferior esquerda da Figura 16, observa-se o comando de inversão do sentido de giro do motor do espalhador, circulado de verde trastejado representa os componentes localizados no painel do bobinador. Saindo do potencial de 24VCC a corrente segue até o contato NA do relê K13, contato que se fecha quando a chave de duas posições responsável por habilitar o driver do espalhador é acionada, seguindo o caminho da corrente ela flui até o contato NA de FC3 (fim de curso do lado esquerdo da rosca sem fim responsável pelo espalhamento) em paralelo a ele o contato NA de K14, quando o fim de curso é atuado o mesmo energiza a bobina de K14 fechando o contato em paralelo e fazendo um selo para manter energizado a linha do diagrama, dessa forma o motor muda seu sentido de giro e segue pela rosca sem fim até FC4 que quando atuado abre um contato NA, desenergizando o circuito, o contato do borne Gira/para do inversor se fecha quando energizado e se abre quando desenergizado criando duas condições de sentido anti-horário e sentido horário de acordo com a comutação dos relês.

No restante das linhas do diagrama é possível ver os LED's de indicação de funcionamento da máquina, visualizando da esquerda para direita a Figura 16 é possível ver o sinaleiro H1 da cor verde, responsável por indicar o estado de máquina ligado quando sela o contato do botão da rosca e fecha o contato NA de K9, o sinaleiro é energizado com 24VCC, o mesmo ocorre com H2, H3 e H5 que indicam bobinador, puxador e espalhador ligados. O sinaleiro H4 é da cor amarela e é energizado quando a bobina de K12.1 é excitada pelo relê do controlador de temperatura que fecha ao alcançar a temperatura ideal para funcionamento, acendendo o sinaleiro amarelo. Os sinaleiros H6, H7, H8 e H9 são da cor vermelha e também alimentados de 24VCC, porém com contatos NF, devido ao fato de indicarem máquina desligada, quando os relês que ligam os motores estão desligados, os sinaleiros vermelhos se mantem aceso representando o estado atual da mesma, quando energizado os motores o contato se abre corrompendo a passagem de corrente, dessa forma apagando o LED.

### **3.2.12 Acionamento das Refrigerações**

As sessões derivadas de “3.2.11” se dizem respeito a todos os componentes representados no diagrama da Figura 17.

#### **3.2.12.1 Ventoinhas 1 a 6**

As ventoinhas da extrusora são responsáveis pela refrigeração de cada zona de aquecimento separadamente, o relê interno do controlador de temperatura fecha o contato de saída de refrigeração, porém devido a grande número de comutações que esse relê sofre ele não é ligado direto na bobina da contatora do motor, para evitar problemas e custos, esse contato fechado energiza as bobinas dos relês K16, K17, K18, K19, K20, K21 que possuem seus contatos abertos ligados em série com as bobinas das contadoras dos motores das ventoinhas que são C1, C2, C3, C4, C5 e C6 sendo permitido o acionamento de cada uma das 6 ventoinhas de acordo com a temperatura pressetada nos controladores de temperatura separadamente.

#### **3.2.12.2 Bomba**

Bomba responsável pelo retorno de água da calha para a caixa principal, ela fica na saída de água da calha de refrigeração, é acionada a partir da comutação manual da chave S12, em série contato NA da chave boia (CB) que fica em uma caixa de agua menor

localizada na saída da calha e tem a finalidade apenas de controlar o fluxo da calha de refrigeração, quando o nível sobe além da chave boia, a gravidade fecha o contato de CB, energizando a contatora C17, desde que a chave S17 esteja com seu contato fechado, dessa forma a bomba é ligada e puxa água da caixa menor e só é desligada em duas circunstâncias; quando o nível de água abaixa e por gravidade permite a abertura do contato CB, ou quando S12 é comutada manualmente para seu estado de contato aberto.

### 3.2.12.3 Bomba 2

Com a função de enviar o fluxo de água das caixas principais para a calha de refrigeração ela é acionada manualmente pela chave S11, ligado em série com a chave é possível ver o contato NA do disjuntor motor de acionamento da bomba, somente é permitido o acionamento da bomba desde que DM14 esteja fechado caso o disjuntor motor desarme DM14 é aberto e C19 é desenergizado.

### 3.2.12.4 Torre

A torre alpina tem a função de resfriar a água que vem da calha da extrusora, a água sai da bomba de retorno e passa pela torre alpina que possui um MIT, o operador comuta a chave S13 manualmente, permitindo a passagem de corrente para o contato do motor C18 desde que DM15 esteja fechado, o mesmo só permanece fechado se o disjuntor motor estiver adequado para funcionamento. Esse MIT tem a função de resfriar a água que retorna pela bomba e volta para as caixas d'água principais.

## 3.2.13 Aparelhos de medição

Na Figura 18 é possível visualizar os 3 aparelhos de monitoramento e medição de grandezas da máquina, primeiramente o disjuntor D16 protege os 3 aparelhos e seus condutores. São feitas ramificações de duas fases com potencial de 220VCA para alimentar os aparelhos. No primeiro aparelho que indica a velocidade da rosca em RPM é alimentado por 2 fases e enviado um sinal de 0-10 VCC, vindo do driver da rosca, esse sinal foi escalado com 0V equivalente a 0 RPM e 10V equivalente a 1750RPM, é um valor de monitoramento para o operador se basear em valores. O segundo aparelho de medição colocado no projeto é o aparelho que apresenta quantos metros por minuto está sendo feito no processo, ele é alimentado por 2 fases de 220VCA e nos seus bornes de sinal é usado como referência de 0-10 VCC que parte da saída analógica do driver do puxador, para apresentar o valor em metros



por segundo foram feitas algumas programações internas no aparelho para escalar os valores de acordo com a necessidade de operação e execução que será demonstrado nas sessões seguintes. O terceiro aparelho instalado no sistema é um contador de pulsos, que na referida utilização ele transforma os pulsos em metragem da máquina através de cálculos programáveis feito internamente no equipamento, os pulsos são dados pelo sensor denominado PNP 1 e alimentado por uma fonte de 24VCC dedicada somente a ele para evitar ruídos vindo de outros equipamentos ligados a mesma fonte de energia.

### **3.2.14 Tomadas e Iluminação**

Para a circulação de ar dentro dos quadros elétricos, evitando o superaquecimento de componentes, para manutenção e uso de equipamentos de baixa potência elétrica próxima ao quadro e para iluminação e diagnóstico de problemas e manutenção foram utilizados ventiladores, tomadas e iluminação. Os ventiladores responsáveis pela circulação de ar e resfriamento interno do quadro elétrico são do tipo cooler, alimentados por duas fases 220VCA derivadas da alimentação geral de mesmo potencial. As fases das tomadas são derivadas da mesma ramificação das fases dos ventiladores e se mantêm energizadas durante todo o tempo. A iluminação tem seu fluxo de corrente passando por um interruptor onde o responsável pela manutenção ou diagnóstico do quadro poderá acender e apagar essa luz durante eventual atividade exercida no quadro. Todos os componentes mencionados na sessão são protegidos por um disjuntor bipolar de 6 Amperes com a nomenclatura D17 conforme mostrado na Figura 19.

#### **3.2.14.1 Tomada Trif. Apontador**

O assoprador é um MIT de pequena potência responsável por secar o cabo quando sai da calha de resfriamento, esse motor puxa o ar do ambiente e joga na saída direcionada do cabo para concluir a ação de secagem do processo. O motor é alimentado por 220VCA com 3 fases que derivam do barramento principal do painel do bobinador, as fases de alimentação passam por um disjuntor motor com a faixa de corrente calibrada de acordo com as especificações da placa, e segue direto para a tomada trifásica industrial que aciona o motor caso esteja plugado e em condições de funcionamento.

### **3.2.15 Borneira do painel principal**

A página 15 apresenta a borneira do painel principal, apenas demonstra a numeração de bornes colocados no painel da máquina para fins de orientação durante a montagem.

### **3.2.16 Potências da Torre do Bobinador (Página 16)**

O bobinador é responsável por bobinar o cabo, sendo o último processo da máquina. É colocado um carretel vazio antes de se iniciar e o mesmo vai enrolando o cabo até encher a quantidade necessária de material, porém para colocar esse carretel vazio no bobinador precisa de controles para posicionar o carretel, subi-lo e desce-lo, motores de partida direta ficam responsáveis por tais funções, de acordo com as representações da Figura 20.

#### **3.2.16.1 M5, M6, M7, M8**

São os MIT`s com dois sentidos de giro, utilizados para subida e descida do carretel na torre do bobinador, e também para abertura e fechamento do carretel, isso se aplica paralelamente para a torre do lado esquerdo, nos 4 motores são colocadas as três fases nos bornes de entrada do disjuntor motor na qual está calibrado para corrente correspondente a placa de identificação, na saída do disjuntor, duas contadoras acionam o mesmo motor, de fato o que ocorre, é que cada contator tem uma certa ordem de fases, para inverter o sentido de giro basta acionar uma contadora e desacionar a que esta paralela, no circuito de comando ocorre o intertravamento para não ocorrer a queima do componente por curto circuito em caso de duas contadoras do mesmo motor com fases invertidas seja acionada simultaneamente.

### **3.2.17 Comandos da Torre do Bobinador**

È possível ver o diagrama que aciona os motores da torre do bobinador, alimentado de 24 VCC seguindo NR10 e outras normas referentes, os comandos são basicamente botões de pulso, chaves fim de curso, relê e mini-contadoras. Divida por linha do diagrama da Figura 21.

#### **3.2.17.1 Sobe**

Alimentado por dois botões NA em paralelo, B5 fica instalado do lado esquerdo da torre e B6 no lado direito, por se tratar de duas torres paralelas, elas tendem a subir juntas, para a facilidade da operação é possível acionar o motor de sobe em qualquer uma das duas torres,

por isso o paralelismo de botões, por se tratar de um botão de pulso as bobinas dos relês K24 e K24 somente são energizadas quando apertado manualmente os botões B5 e B6

#### 3.2.17.2 Desce

Analogamente ao comando de subida da torre, é possível relacionar ao comando de descida, são 2 botões B7 e B8, cada um instalado em uma torre para acionamento em qualquer uma delas. Se B7 ou B8 fechar seu contato NA, a corrente flui até as bobinas K25 e K26 energizando-as conforme demonstrado na Figura 20.

#### 3.2.17.3 Jog Subida

Nenhum motor elétrico instalado em campo se trata de um motor ideal, existem perdas e variáveis que ocorrem na prática, os botões de subida e descida acionam dois motores, do lado esquerdo e direito para subirem juntos, porém um motor sobe mais rápido que o outro (mili segundos), ou variáveis na parte mecânica faz com que o motor não suba sincronizado e alinhado no mesmo nível que o seu paralelo, por isso operador tem a opção de JOG para o comando apenas de uma torre. Na torre direita para ajustes a fim de manter o carretel alinhado verticalmente no bobinador. O botão B9 quando pressionado fecha o contato NA e energiza a bobina do relê K27.

#### 3.2.17.4 Jog Descida

Analogamente ao controle de JOG de subida, o JOG de descida alterna o sentido de giro do motor da torre direita, ele faz a reversão do motor mudando o estado de subida para descida, ao pressionar B10 manualmente o contato NA fecha energizando a bobina do relê K28, ao soltar o botão a bobina é imediatamente desenergizada, semelhante a sessão “3.2.17.3”.

#### 3.2.17.5 Abre / Fecha Direita

O comando abre e fecha alterna os dois sentidos de giro do motor da torre que faz ela andar horizontalmente fechando o carretel para iniciar o bobinamento, ou andar abrindo a torre e desprendendo o carretel para eventual troca de carga ou retirada. Ao pressionar o botão de pulso NA B11 o contato se fecha energizando com uma tensão de 24VCC a bobina com nomenclatura C11 desde que o contato fechado de C12 continue em seu estado normal, o

contato de C12 em serie com o botão funciona como intertravamento evitando o acionamento de C11 e C12 ao mesmo tempo pois são contadoras do mesmo motor apenas com inversão de fases, nesse caso por não ter nenhum outro comando ou botão paralelo ele energiza diretamente a bobina da contadora dispensando o uso do relê auxiliar. Ao pressionar B12 ele energiza a bobina da contadora C12 desde que seu intertravamento com C11 esteja em condições operacionais, ou seja C11 desenergizado com seu NF em paralelo para que a corrente chegue até C12 fazendo a inversão de fases e consequentemente a reversão do sentido de giro do motor.

#### 3.2.17.6 Abre / Fecha Esquerda

Analogamente a sessão “3.2.17.5” ao pressionar B13 a corrente flui até o contato NF de C14, energizando a bobina C13 colocando o motor em estado de giro de acordo com o sentido de abertura do carretel, o contato NF em serie é para intertravamento do comando. Caso B14 for pressionado o contato se fecha fluindo a corrente até o contato NF de C13 responsável pelo intertravamento e energizando a bobina da contadora C14 e o motor altera seu sentido de giro para fechamento do carretel no bobinador.

#### 3.2.17.7 Sobe Direita

A contadora C7 é acionada pelos contatos auxiliares dos relês com bobinas em serie aos botões de subida, descida e JOG. Saindo do potencial de 24VCC e entrando em dois contatos NA em paralelo dos relês K23 e K27, eles estão em paralelo devido ao fato da bobina de K23 ser energizada junto com a bobina K24 para as torres direita e esquerda subirem juntas e no mesmo nível. O contato NA de K27 é comutado quando acionado o botão de JOG de subida. Saindo do paralelismo dos contatos, a corrente passa pelo contato NF da chave fim de curso, que limita a subida do carretel pelo motor para que ele não continue subindo até danificar os sistemas mecânicos da torre, quando o motor chega na chave fim de curso o contato NF se abre interrompendo a passagem de corrente naquele ponto, em serie com FC5 tem-se o contato de C8 NF, que faz o intertravamento das 2 contadoras de sentido de giro do motor.

#### 3.2.17.8 Desce Direita

Os contatos NA de K25 e K28 estão em paralelo semelhante ao comando de subida. K25 é energizado quando o operador pressiona um dos botões de subida nas torres do bobinador, o contato de K28 é comutado para o estado de fechamento no momento que o

operador pressiona o botão de JOG e energiza a bobina deste relê, os contatos são em paralelo pois o operador pode tanto acionar a contatora C8 pelo botão sobe quanto pelo botão de JOG. Os contatos em serie é possível visualizar primeiro o contato NF do fim de curso da torre direita que é aberto quando o motor eleva o carretel a certo limite. Na saída do contato de FC6 a corrente flui para contato NF de C7 que tem a função de intertravamento do comando evitando acionar as duas contadoras simultaneamente.

#### 3.2.17.9 Sobe / Desce Esquerda

O comando de subida e descida do carretel na torre esquerda é feita pelo contato NA do relê auxiliar em paralelo com o relê da torre direita de subida e descida, essas duas linhas do diagrama não possuem contatos em paralelo, pois na torre esquerda não possui comando de JOG, apenas o comando de partida do motor em serie com os contatos NA, em seguida é possível verificar as chaves fim de curso NF que limita a subida e descida do carretel, quando são atuadas elas abrem seus contatos impedindo a passagem da corrente, na saída dos contatos do fim de curso ocorre o intertravamento entres os contatores C9 e C10 impedindo acionamento simultâneo, com o botão pressionado e os contatos de fim de curso e intertravamento fechados a bobina do contator é energizada e o motor entra em operação.

### 3.2.18 Potência das Bombas Tomadas e Iluminação

A Figura 22 representa o diagrama de acionamento das potências das bombas e da torre alpina e dos ventiladores para circulação e refrigeração de ar no interior do quadro elétrico, iluminação e tomadas, todas referentes ao painel do bobinador.

#### 3.2.18.1 M10, M11, M12

São motores trifásicos, alimentados por um potencial de 220VCA, que controlam o fluxo e temperatura da água da calha da extrusora, as 3 fases de cada motor passam por um disjuntor motor com a corrente ajustada de acordo com a placa de identificação, saindo da proteção feita pelo disjuntor motor, seguido de contatores que ligam e desligam o motor, o comando para acionamento das bombas e torre foram apresentados em sessões anteriores. Quando as 3 fases saem dos contatores elas vão direto para os terminais de ligação dos motores.

### 3.2.18.2 Tomadas, Iluminação e Ventilação

As tomadas e luminárias foram instaladas para fácil manutenção e diagnóstico, quando se necessita de uma observação específica no painel, as luminárias podem ser ligadas comutando o interruptor em série com uma das fases, as tomadas são com potencial de 220VCA para uso de ferramentas elétricas de baixa potência ou outros equipamentos alimentados de 220VCA próximo ao quadro elétrico. A ventilação é ligada sem interruptores, apenas pelo disjuntor geral que alimenta as 3 cargas que levam o título desta sessão, é extremamente necessária a circulação de ar no interior do painel para evitar o superaquecimento dos componentes elétricos e o acúmulo de sujeira.

### 3.2.19 Borneira do Painel do Bobinador

A página do diagrama que apresenta a borneira do painel do bobinador representa a numeração de bornes colocados no painel da máquina para fins de orientação durante a montagem.

### 3.2.20 Comandos e potência do Desbobinador

O desbobinador não necessita de força motora no carretel para desbobinamento, a máquina através do puxador e bobinador desenrola o carretel sem a necessidade de forças mecânicas ou elétricas no desbobinador, o comando consiste em um botão para subir o carretel do chão e outro para descer, assim como visto em outras sessões, é apenas um acionamento de um MIT com reversão (inversão de fases). Na alimentação de potência a proteção contra sobrecorrente é feita por um disjuntor motor ajustado de acordo com a placa de identificação, e logo em seguida duas contatoras que carregam a função de reversão do sentido de giro do motor, quando C15 é acionada o motor gira no sentido horário, e quando C16 está acionada o motor gira no sentido anti-horário.

Diferente dos outros circuitos de comando da máquina, este comando colocado em um painel de menor tamanho na base do desbobinador alimentado por 220VCA, pois a alimentação foi passada por eletrocalhas e teria um custo elevado levar mais dois condutores de 24VCC para este painel, por isso optou-se pelo comando de 220VCA. Um disjuntor bipolar de 2 Amperes é dedicado apenas para a proteção do comando, entra nele as fases L1 e L2, e na saída as fases anilhadas com 2003 e 2004. Na saída da fase 2004 está em série o contato NA do disjuntor motor DM13 quando o mesmo entra em falha e desarma, imediatamente esse contato é aberto e corta a passagem de corrente de uma fase impedindo o

funcionamento do comando. Caso o operador pressione o botão B15 designado como subida, o fim de curso FC10 e o intertravamento do comando de descida do motor estiver fechado, a bobina da contatora será energizada permitindo o funcionamento do motor, para o botão de B16 que faz o comando de descida, é feita uma analogia com o comando de subida que é a mesma teoria ocorrendo apenas a inversão de fases de acordo com a Figura 23

### **3.2.21 Borneira do Painel do Desbobinador**

A página do diagrama que apresenta a borneira do painel do desbobinador representa a numeração de bornes colocados no painel da máquina para fins de orientação durante a montagem.

## **3.3 MONTAGEM**

### **3.3.1 DIMENSIONAMENTO**

O dimensionamento dos componentes do projeto é baseado na sessão “6” da NBR 5410 2004, a primeira análise é feita observando as condições do ambiente de instalação e os fatores de tensão, corrente, frequência, potência, compatibilidade e suas influências externas. A tabela 32 da NBR 5410 apresenta todos os fatores relacionados a influências externas que devem ser considerados no projeto. Observado os códigos das tabelas o projeto elétrico da extrusora será operado em condições normais, apenas o painel principal próximo ao corpo da máquina que possui resistências de aquecimento, o que eleva a temperatura a níveis mais altos que o normal e será considerado no dimensionamento dos condutores em sessões seguintes.

### **3.3.2 CORRENTES DO PROJETO**

Nas sessões seguintes são demonstradas a soma de todas as correntes que fazem os comandos e potências do projeto, é feita a soma das correntes nominais de cada equipamento e carga que necessita ser alimentado dividindo os somas por nível de tensão para dimensionamento dos condutores, disjuntores, contadores e transformadores, o mal dimensionamento implica em danos que pode ter um custo alto levando o processo ao prejuízo sendo de extrema importância o correto funcionamento e seguindo fielmente as normas técnicas.

### 3.3.2.1 Comandos 24 VCC

Toda parte de comando é elaborada no potencial de 24VCC, seguindo as conformações da NR 12, visando diminuir o risco do trabalhador contra acidentes elétricos, na Tabela 5 estão descritos os componentes alimentados pelo potencial mencionado, as correntes de comutações dos contatos dos relês foram desprezadas devido a mínima corrente gerada por eles. Uma corrente total de 2,61 Amperes foi encontrada somando a corrente de consumo das cargas em 24VCC, esses valores servem para escolher a fonte correta de alimentação do comando baseado nas correntes nominais das respectivas cargas.

Tabela 5: Correntes em 24 VCC

<b>Equipamento</b>	<b>Qtd.</b>	<b>In (Amperes)</b>	<b>In (total)</b>
CT1, CT2, ..., CT8	8	0,2	1,6
Relê Interface (Kx)	25	0,009	0,225
PX	1	0,004	0,004
H1, H2, ..., H9	9	0,02	0,18
PNP1	1	0,004	0,004
Aparelho de medição	3	0,2	0,6
<b>Corrente total em 24VCC</b>			<b>2,61</b>

Fonte: Próprio autor.

#### 3.3.2.1.1 Fontes 24 VCC

Para a retificação do sinal de 24 Volts, utilizou-se 4 fontes, duas delas “FNT3” e “FT” foram dedicadas apenas para os sensores, poderia ser usado 1 fonte para os 2 sensores, porém a localização dos componentes fez com que fossem necessárias duas fontes devido ao fato que uma se encontra no painel de operação, e a outra no painel do bobinador, devido a distância de 18 metros entre um painel e outro, buscando viabilização optou-se por uso de 2 fontes distintas. A fonte “FNT1” alimenta o barramento “24V.1” que segue direto para o painel de controle de temperaturas, alimentando todos os controladores. “FNT2” alimenta o barramento “24V” responsável por alimentar o restante das bobinas de contadores e relês, essa fonte alimenta componentes no painel principal, quanto no painel do bobinador.

### 3.3.2.2 Comandos 220 VCA

O potencial de 220 VCA é utilizado para alimentação dos motores de refrigeração das zonas, resistências de aquecimento, motores das torres do bobinador, motores de



posicionamento de carretéis no desbobinador, bobinas de apenas algumas contadoras, e também alimenta a entrada das fontes chaveadas de comando, a iluminação e tomadas foram disponibilizadas no potencial de 220VCA também, para evitar mais uma transformação de potencial. A Tabela 6 consta a soma de todas as correntes em 220VCA, o dimensionamento é sempre feito considerando os valores nominais das cargas, a fim de obter um circuito confiável e seguro.

Conforme demonstra diagrama do circuito elétrico apresentando nas sessões anteriores, a corrente total no potencial citado é de 142,4 Amperes considerando os valores nominais dos componentes do projeto e somando-as, porém foi destacado a importância de instalações futuras com equipamentos de maior consumo, uma sobra de corrente foi deixada para prováveis instalações ou melhorias futuras. São dois disjuntores geral que se encontram cada um em um quadro devido a necessidade e localização dos componentes, um disjuntor geral “D3” de 100 Amperes foi colocado no Painel principal da máquina, visando manter uma sobra de corrente para possíveis melhorias na máquina, seus condutores foram dimensionados para tal corrente. No painel do bobinador se encontra o segundo disjuntor geral “D20” com potencial 220 VCA, o mesmo possui corrente nominal de 80 Amperes, suficiente para acomodar instalações futuras sem comprometer a integridades dos equipamentos e seus condutores por ele protegido.

Tabela 6: Correntes em 220VCA

<b>Equipamento</b>	<b>Qtd.</b>	<b>In (Amperes)</b>	<b>In (total)</b>
MZ1, MZ2, ..., MZ6	6	1,2	7,2
RA1, RA2, ..., RA6	6	7	42
RA7, RA8	2	9	18
FNT 1	2,2	1	2,2
FNT 2	4,5	1	4,5
FNT 3, FT	0,5	2	1
VELOCIDADE ROSCA		0,2	
VELOCIDADE MÁQUINA	3	0,2	0,6
CONTA-METROS		0,2	
V1, V2, ..., V5	5	0,2	1
TOMADA TRIF. ASSOPRADOR.	1	2,75	2,75
M5, M6	2	15	30
M7, M8	2	6,8	13,6
M10	1	10	10
M11	1	0,75	0,75

M12	1	2,2	2,2
M9	1	6,5	6,5
BOBINAS CONTATORAS 220	6	0,02	0,1
VCA			
<b>Corrente total em 220 VCA</b>			<b>142,4</b>

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.2.3 Transformador 440 / 220 VCA

O Condutor que liga o painel principal da fábrica até a alimentação da máquina, é alimentado por uma tensão nominal e padronizada pela Sulminas Fios & Cabos de 440 VCA, seria inviável transportar pelas eletrocalhas 3 condutores de 220 VCA e mais 3 condutores de 440 VCA, por isso se usa o transformador de potencial que fica responsável por rebaixar a tensão do primário de 440 VCA para 220 VCA. A corrente máxima encontrada para 220 VCA é de 142,4 Amperes conforme a sessão “3.1.1.2”, devido a necessidade de futuras instalações e melhorias no sistema foi solicitado uma margem de 25% a mais da corrente nominal, conforme cálculo abaixo.

$$142,4 \text{ A} \times 1,25 = 178 \text{ Amperes}$$

Com os valores de correntes obtidos, necessitou saber qual a potência necessária para o funcionamento do transformador de potência, para evitar o alto custo de um transformador, foi solicitado um enrolamento de alumínio com chapas, na qual chegou-se a sua potência em KVA através da formula a seguir.

$$\text{KVA} = \text{raiz de } 3 \times \text{V} \times \text{A} / 1000$$

$$\text{V} = 220 \text{ VCA}$$

$$\text{A} = 178 \text{ Amperes}$$

Substituindo:

$$\text{KVA} = \text{raiz de } 3 \times 220 \times 178 / 1000$$

$$\text{KVA} = 68$$

Feita as formulas, chegou-se ao resultado de 68 KVA, o que foi arredondado para 70KVA e dessa forma solicitar ao fabricante um transformador Trifásico de 440 / 220 VCA, com potência de 70 KVA.

### 3.3.2.4 Potências 440 VCA

A máquina é alimentada por 440VCA devido ao padrão de tensão da fábrica, um cabo com 3 vias é responsável por alimentar os 4 motores de maior tensão do projeto, motor responsável pelo funcionamento da rosca, puxador, bobinador e espalhador, todos controlados separadamente por inversores de frequência. O primário é alimentado por 440 VCA que tem a função de transformar o secundário para 220 VCA. Na Tabela 7 é possível analisar a soma das correntes em 440 VCA, corrente essa denominada a corrente geral do projeto, tendo em vista que essa é a tensão principal. Os 4 motores alimentados por 440 VCA são compostos de 12 pontas ligados em delta, preferiu-se manter a tensão destes em 440 VCA, devido a menor corrente de consumo do projeto, viabilizando a menor bitola de cabos na instalação.

Tabela 7: Correntes em 440VCA

<b>Equipamento</b>	<b>Qtd.</b>	<b>In (Amperes)</b>
M1	1	51
M2	1	16
M3	1	14,5
M4	1	2,6
<b>Corrente total</b>		<b>84,1</b>

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.3 Proteção Contra Sobrecorrente

Um dos mais importantes componentes do projeto são os disjuntores e fusíveis de proteção, esses equipamentos são encarregados de proteger o circuito e seus condutores contra qualquer pico de corrente e curto-circuito, os seus valores nominais são dimensionados conforme NBR 5410, respeitando seus limites de corrente, adequando aos valores de vendas comerciais.

#### 3.3.3.1 Corrente dos Disjuntores Termomagnéticos

Os disjuntores termomagnéticos foram dimensionados para proteção do circuito de comando e potências, suas curvas variam de acordo com utilização. Para a proteção das correntes mais altas do circuito, optou-se pelo uso de disjuntores em caixa moldada pelo fato do mesmo suportar o arco elétrico gerado pela comutação sob carga dos contatos nas partes

metálicas internas do disjuntor. Na Tabela 8 é apresentado os disjuntores termomagnéticos utilizados no projeto e suas respectivas curvas.

Tabela 8: Disjuntores Termomagnéticos

Nome	(In)	Fases	Tipo/Curva	Proteção
D1	125 A	Tripolar	Cx. Moldada	Geral 440VCA
D3	100 A	Tripolar	Cx. Moldada	Geral Pannel principal
D20	80 A	Tripolar	Cx. Moldada	Geral Pannel bobinador
D4, D5, D6, D7, D8, D9	10 A	Unipolar	B	1 Fase das Resistencias
D10, D11	16 A	Unipolar	B	
D12, D13	4 A	Bipolar	C	FNT1
D14, D15	6 A	Bipolar	C	FNT2
D16	2 A	Bipolar	C	Aparelhos Digitais
D17	6 A	Bipolar	C	Ventiladores. Iluminação e tomadas
D19	6 A	Bipolar	C	
D21	2 A	Bipolar	C	Comando desbobinador

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.3.2 Dimensionamento dos Disjuntores Motores

Os disjuntores motores foram dimensionados de acordo com a corrente de placa dos motores, possuem a função de suportar o pico de corrente de partida do motor por mais tempo sem que ocorra o desarme do componente, eles possuem uma certa faixa de ajuste de 2,5 a 6 Amperes por exemplo, no caso a faixa de ajuste deve estar dentro do valor de corrente nominal dos motores. Na Tabela 9 é possível observar os disjuntores motores utilizados no projeto.

Tabela 9: Disjuntores Motores

Nome	Calibre (In)	Proteção
DM1, DM2, DM3, DM4, DM5, DM6	1,2 A	Ventoinhas das Zonas
DM8, DM9	15 A	Sobe/Desce torre
DM10, DM11	6,8 A	Abre/Fecha torre
DM14	10 A	Bomba retorno
DM15	3 A	Torre Alpina
DM16	2,2 A	Bomba 2 Plataforma
DM13	6,5 A	Sobe/Desce desbob.

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.3.3 Corrente dos Fusíveis

A utilização de fusíveis é indispensável para a proteção dos inversores de frequência que possuem um circuito eletrônico integrado junto ao equipamento, para a proteção adequada os fusíveis devem ser de característica ultra-rápida que se rompem no mínimo

tempo em sobrecorrente. O fusível é colocado em serie com as fases de alimentação separadamente que vai para o inversor de frequência, na qual ficam encaixados dentro de uma chave seccionadora quando comutada retira sobre carga as 3 fases simultaneamente a alimentação. Os fusíveis Diazed ficam responsáveis por proteger uma fase da resistência, que diferente do disjuntor termomagnético que protege os condutores de alimentação das resistências das zonas o fusível Diazed protege diretamente as resistências de acionamento, na qual os mesmos possuem característica ultra-rápida e interrompem o fluxo dos eletrons no mínimo tempo em sobrecorrente garantindo a integridade da resistência de aquecimento das zonas. De acordo com a Tabela 10 é possível observar os fusíveis e seus valores no projeto.

Tabela 10: Fusíveis

Nome	(In)	Tipo/Tam.	Interrupção	Proteção
F1	63	NH000		Drive Rosca
F2	20	NH000		Drive Puxador
F3	20	NH000		Drive Bobinador
F4	4	NH000	Ultra-Rápido	Drive Espalhador
F5, F6, F7, F8, F9, F10	10	DZ		Resistências de aquecimento
F11, F12	16	DZ		

Fonte: Próprio autor.

#### 3.3.3.4 Condutores

De acordo com o item “6.2.3” da NBR 5410 os condutores devem seguir as respectivas tabelas de dimensionamento de condutores, para o projeto foram colocados em destaque todas as variáveis possíveis de cálculos e dimensionamentos para que a prática siga fielmente a teoria, todos os condutores deste projeto são fabricados em cobre com isolamento em PVC e XLPE, na Tabela 11.a é possível analisar quais os tipos de cabos foram utilizados e na Tabela 11.b os métodos e referencias foram de acordo com a norma, além dos condutores foi possível o dimensionamento dos barramentos chatos de cobre, os itens mencionados são os mesmo para as duas tabelas, elas foram desmembradas em duas para o correto encaixe dela nas páginas. Os valores de corrente não correspondem aos valores nominais encontrados na sessão anterior e sim aos valores nominais e comerciais dos disjuntores de proteção, pois os condutores devem suportar uma corrente maior que a de proteção do disjuntor termomagnético e disjuntor motor. Os comprimentos dos condutores foram desprezíveis, pois o maior comprimento de condutor do projeto foi de 93 metros que pode ser desconsiderado para dimensionamento deste projeto.

Tabela 11.a: Tipos de Cabos do projeto

Item	Segmento	Corrente (A)	Condutor
01	Geral 440VCA	250	Cobre Isolado Singelo
02	Geral D1	125	Cobre Isolado PP
03	D1 Barramento	125	Barramento Cobre chato 1" X 1/8"
04	D1 > M1	63	Cobre Isolado PP
05	D1 > M2	16	Cobre Isolado PP
06	D1 > M3	16	Cobre Isolado PP
07	D1 > M4	4	Cobre Isolado PP
08	T1 > D3	100	Cobre Isolado PP
09	T1 > D20	80	Cobre Isolado PP
10	D3 Barramento	100	Barramento Cobre chato 1/2" X 3/16"
11	D3 > DM1 A DM6	1,2	Cobre Isolado Singelo
12	D3 > F5 a F10	10	Cobre Isolado Singelo
13	D3 > F11. F12	10	Cobre Isolado Singelo
14	D3 > TM	2,75	Cobre Isolado PP
15	D20 > M5, M6	16	Cobre Isolado PP
16	D20 > M7, M8	10	Cobre Isolado PP
17	D20 > M10	10	Cobre Isolado PP
18	D20 > M11	4	Cobre Isolado PP
19	D20 > M12	2,2	Cobre Isolado PP
20	D3 > M9, D21	10	Cobre Isolado PP

Fonte: Próprio autor.

Tabela 11.b Métodos de Referência para cabos

Item	Tabela 33 Método	Tabela 35 Isolação	Tabela 38 Seção mm <sup>2</sup>	Tabela 40 Fator de correção	Tabela 42 Fator de correção	Seção Ideal (mm <sup>2</sup> )
01	F	PVC	95	1	0,72	120
02	E	PVC	25	1	0,77	50
03			Barra de cobre chato 1" X 1/8"			
04	A1	PVC	16	1	1	25
05	A1	PVC	2,5	0,87	1	6
06	E	PVC	2,5	1	1	6
07	E	PVC	0,5	1	0,77	1
08	E	PVC	16	1	0,77	35
09	E	PVC	16	1	1	16
10			Barra de cobre chato 1/2" X 3/16"			
11	B1	PVC	0,5	1	0,38	0,5
12	B1	PVC	0,5	0,79	0,38	4
13	B1	PVC	0,5			
14	B1	PVC	0,5	1	1	2,5
15	B1	PVC	1,5	1	0,65	4
16	B2	PVC	0,5	1	0,65	1,5
17	B2	PVC	0,75	1	1	1,5
18	B2	PVC	0,5	1	1	0,5
19	B2	PVC	0,5	1	1	0,5
20	B2	PVC	0,75	1	1	1

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.4 Programação dos equipamentos

A parametrização dos componentes vai além da correta instalação do equipamento, nesta etapa são inseridos valores correspondentes a ações que o inversor ou o instrumento digital vá executar. Foram colocados instrumentos digitais como os controladores de temperatura e os aparelhos digitais responsáveis por apresentar valores referenciais de funcionamento da máquina para o operador através de um display, os controladores de temperatura é a peça-chave para a qualidade do produto manufaturado por tal equipamento, os inversores executam o controle dos motores para a correta operação do processo.

#### 3.3.4.1 Inversores de Frequência

A peça fundamental para o processo, e capaz de controlar a velocidade dos motores a partir das ligações feitas nos bornes de comando do inversor, primeiramente são inseridos os valores de placas do motor, corrente, tensão e velocidade nominal, e depois os valores do que se diz respeito aos comandos que o mesmo vai executar, as funções das entradas e saídas digitais e analógicas são inseridas via IHM e sempre respeitando o manual de instruções do equipamento e o manual de programação, dessa forma evita-se o surgimento de eventos indesejáveis. Os drives usados para controle da rosca, puxador e bobinador foi o CFW 700 da WEG, este modelo suporta todas as necessidades de operação para o bom desempenho da máquina. Devido a baixa corrente do motor do espalhador utilizou-se o CFW 500 da WEG, pois se trata de uma linha mais adequada para o uso em pequenos motores, com programação simples e bom desempenho sobre o motor que se deseja efetuar o controle. Na Tabela 12 é possível observar quais as programações usadas nos 3 motores que são controladas pelo modelo CFW700, e na última coluna a direita os parâmetros de programação do inversor do espalhador que se refere ao modelo CFW 500 da WEG. Os inversores utilizados em campo são apresentados nas Figuras 25.a e 25.b.

Tabela 12: Parâmetros dos Inversores de Frequência

Parâm.	Descrição	Faixa de Valores			
		Rosca	Puxador	Bob.	Esp.
P0100	Tempo Aceleração	5	5	3	1
P0101	Tempo Desaceleração	5	5	3	1
P0122	Referência JOG/JOG+	150	150	250	80,5
P0133	Velocidade Mínima	10	0	0	0
P0134	Velocidade Máxima	1754	1094	1100	120Hz
P0135	Corrente Máxima Saída	51	12,8	12,8	2,3

P0202	Tipo de controle	3	0	3	0
P0220	Seleção Fonte LOC/REM	1	1	1	1
P0222	Sel. Referência REM	1	1	7	1
P0226	Seleção Giro REM	1	1	0	4
P0227	Seleção Gira/Para REM	1	1	1	1
P0228	Seleção JOG REM	0	0	2	2
P0231	Função do Sinal AI1	0	0	5	0
P0232	Ganho da Entrada AI1	1	0,7	1	2
P0233	Sinal da entrada AI1	0	0	0	0
P0236	Função do Sinal AI2	0	0	6	-
P0237	Ganho da Entrada AI2	1	1	1	-
P0238	Sinal da Entrada AI2	0	0	1	-
P0251	Função da Saída AO1	0	0	0	2
P0252	Ganho da Saída AO1	1,135	1	4,9	1
P0253	Sinal da Saída AO1	0	0	0	0
P0263	Função da Entrada DI1	2	1	2	2
P0264	Função da Entrada DI2	1	2	4	8
P0265	Função da Entrada DI3	0	0	20	0
P0266	Função da Entrada DI4	0	0	6	10
P0275	Função da Saída DO1 (RL1)	13	13	13	13
P0295	Corr. Nom. ND/HD Inv.	25	9	9	2,6
P0400	Tensão Nominal Motor	440	440	440	440
P0401	Corrente Nom. Motor	51	14,5	12,8	2,3
P0402	Rotação Nom. Motor	1750	1730	1750	1650
P0403	Frequência Nom. Motor	60	60	60	60
P0404	Potência Nom. Motor	18	12	12	3
P0408	Fazer Autoajuste	0	0	0	0
P1016	Seleção do setpoint PID	-	-	0	-
P1018	Escala de Realimentação PID	-	-	0	-
P1020	Ganho Proporcional PID	-	-	0,430	-
P1021	Ganho Integral PID	-	-	0,300	-
P1022	Ganho Diferencial PID	-	-	0,003	-
P1024	Tipo de Ação do Reg. PID	-	-	1	-

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.4.2 Controladores de Temperatura

Totalmente responsável pelo controle de temperatura das zonas para transformação da matéria prima, o operador monitora a temperatura real, medida pelos termopares tipo J, e também pode inserir o valor que se deseja para o setpoint de temperatura, no controlador são conectados o comando de acionamento dos motores das ventoinhas, os termopares para medição da temperatura e sua alimentação de 24 Vcc. O controlador trabalha em PID, o mesmo chavea a resistência de acordo com a inercia de temperatura evitando valores indesejados, microprocessadores encontrados internamente no equipamento ficam encarregados de chavear as resistências e os relês que acionam as ventoinhas de resfriamento, na Tabela 13 foi escrita toda a programação dos 7 controladores de temperatura K48 do



fabricante COEL, apenas o controlador da cabeça que não possui refrigeração por ventoinhas e o relê de saída fica responsável por acender uma luz piloto que indica se a máquina está pronta para funcionamento.

Tabela 13: Parâmetros dos Controladores de temperatura

<b>Parâm.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Opção</b>
SP I	Set Point	90 a 240
A.Lo	Offset sinal de entrada	0
SPLL	Menor valor Set Point	90
SPHL	Maior valor Set Point	240
cont	Tipo de controle	PID
Auto	Auto-tune PID	2
HSEt	Histerese controle ON/OFF	-
H Act	Tipo de saída de controle (aquecimento)	SSr
trcH	Tempo ciclo saída controle (aquecimento)	20s
c Act	Atuador da saída controle (refrigeração)	rELy
trc	Tipo ciclo saída controle (refrigeração)	20s
ALI	Valor atuação alarme	0
ALIt	Tipo de alarme	HidE
HALI	Histerese alarme	1
un it	Unidade de medida	°C
SEnS	Sensor de entrada	J
dP	Ponto decimal	0
oPE	Potência saída para erro de medida	0
oIF	Função saída 1 (OUT1)	Hreg
o2F	Função saída 2 (OUT2)	crEG
PAS2	Senha de acesso	173

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.4.3 Medidores de Painel

Para referência do próprio operador, foram utilizados 2 aparelhos responsáveis por apresentar valores no seu display digital, esses aparelhos recebem o sinal de saída analógica vindo do inversor de frequência seja esse sinal de 0 a 10Vcc ou 4 a 20mA conforme aplicação. O medidor de velocidade da rosca, recebe nos seus bornes de entrada de sinal um potencial de 0 a 10Vcc e conforme programação inserida é apresentado no seu display os valores em RPM de acordo com a referência do inversor da rosca. O medidor que recebe o sinal analógico do drive do puxador fica encarregado de apresentar ao operador os valores de velocidade de linha em metros por minuto (m/min.). De acordo com a programação feita o medidor apresenta seus valores no display de velocidade da rosca para referências de operação e de metros por minutos para controle sobre a operação, na Tabela 14 é possível ver a programação feita nos controladores para a apresentação correta de seus valores no display.

Tabela 14: Parâmetros dos Medidores de painel

<b>Parâm.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Vel. Rosca</b>	<b>Vel. Linha</b>
In-r	Sinal de Entrada	10v	10v
DISP	Tipo de ajuste de sinal	SCAL	SCAL
Dot	Casas decimais	0	0
H-SC	Ajuste máx. de valor de indicação de entrada de sinal	1750	050.0
L-SC	Ajuste mín. do valor de indicação de entrada de sinal	0	0
Inb.H	Fator de multiplicação	1.040	2.150
Inb.L	Fator de soma	-0.5	0

Fonte: Próprio autor.

#### 3.3.4.4 Conta-Metros

Para saber a metragem do cabo que está sendo extrusado, surgiram as opções para um contador manual, um contador óptico ou um contador por pulso via sensor PNP, analisando as 3 opções possíveis, a que se adequou mais devido a preço, confiabilidade e complexidade de operação foi o contador de metros por pulso via sensor indutivo PNP. Primeiramente foi comprado o conta-pulso da COEL modelo HWKT, nele são apresentados via display a metragem sendo produzida em tempo real e o valor de setpoint inserido pelo operador, para a contagem dos metros foi utilizado um sensor indutivo PNP que detecta 4 parafusos igualmente distanciados entre si sobre a polia do puxador, foi escolhida a polia do puxador pelo fato de ser o único ponto onde se tem continuidade de processo e por ser a polia que “desenrola” o cabo do desbobinador. Na Figura 24.a e 24.b é possível observar como é feita a montagem do sensor e seus parafusos utilizados como pulso detectável, na Tabela 15 segue a programação dos parâmetros de configuração do contador. O contador possui um fator interno que se diz respeito a transformação dos pulsos para valores em metragem reais, primeiramente é feito um cálculo utilizando a circunferência da polia onde estão fixados os pontos metálicos utilizados como pulso, conforme fórmula abaixo é possível chegar ao fator de multiplicação do contador 1 “PESCCI”.

Circunferência da polia:  $\text{circunferência} = \pi \times \text{diâmetro}$

Pulsos por metro: 6 parafusos conforme Figura 24.a

PESCCI: Fator de multiplicação =  $\pi \times d / n$

PESCCI: Fator =  $\pi \times 0,3 / 6 = 0,15666$ .

Tabela 15: Parâmetros do conta-pulso

Parâmetro	Descrição	Valor
PrESCI	Preset do contador 1	Operador
PESCCI	Fator de multiplicação do contador 1	
FunCt	Função do Contador 1	uP
Out	Saída(s) para o Contador 1	Irl.I
rESET	Modo de reset para o contador 1	0
ALIn	Reset de Alimentação	OFF
dPoint	Ponto decimal do contador 1	0
dSPuP	Variável visualizada do display superior	Count.I
dSPdn	Variável visualizada no display inferior	PrESCI
FIrSt	Modo de funcionamento da tecla F1/R	rCI

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.5 Lista de Materiais

Após efetuar todos os dimensionamentos dos materiais, verificou-se todas as correntes nominais necessárias para cada equipamento, suas devidas programações que devem ser inseridas de acordo com a aplicação. Conforme regras internas da empresa devem ser feitas as cotações em 3 lugares diferentes, exceto materiais especiais que existem em mínimos fornecedores, nesse caso a Sulminas Fios & Cabos LTDA aceita apenas uma cotação. Na Tabela 16 foi apresentada a lista de materiais utilizadas no projeto, toda a compra dos componentes e seus devidos preços, alguns itens já estavam contabilizados em campo, eram componentes de outras máquinas que já estavam em inutilização e foram reaproveitados no projeto, foram testados e garantidos a qualidade e as condições de funcionamento de cada componente semi-novo, dessa forma evitando qualquer contra tempo no que se diz a integridade do projeto junto a seus componentes.

Tabela 16: Lista de Materiais

Nomenclatura	Descrição	QTD.	Valor (R\$)
RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6	RESISTÊNCIA TIPO COLEIRA DE MICA 750W/220VCA	12	1980,00
RA7	RESISTÊNCIA TIPO CARTUCHO 500W/220VCA	4	Em estoque
M1	MIT 40CV 440V 1760RPM 51A	1	Em estoque
MZ1, MZ2, MZ3, MZ4, MZ4, MZ6	MIT EBERLE 1/3CV 220VCA 1,2A	6	Em estoque
M5, M6	MIT. 220VCA 5CV	2	Em estoque

M7, M8, M9	MIT. 220VAC 2CV	3	Em estoque
DM1, DM2, DM3, DM4, DM5, DM6 DM8, DM9 DM10, DM11	DISJUNTOR MOTOR MOELLER PKZMO-1.6	4	Em estoque
DM12	DISJUNTOR MOTOR COM FAIXA DE 15A	2	Em estoque
DM13	DISJUNTOR MOTOR COM FAIXA DE 6,8A	2	Em estoque
DM14	DISJUNTOR MOTOR COM FAIXA DE 2,75A	1	Em estoque
DM15	DISJ MOTOR TESYS 6-10A GZ1E14 SCHNEIDER	1	210,60
DM16	DISJUNTOR MOTOR COM FAIXA DE 10A	1	177,46
SS1, SS2, SS3, SS4, SS5, SS6, SS7	DISJ MOTOR TESYS 2.5-4A GZ1E08	1	177,46
P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC7, TC8	Disjuntor motor c/ faixa de 2,2A	1	177,46
A1	RELÊ DE ESTADO SÓLIDO 48D40 5/32VDC	7	Em estoque
PT1, PT2, PT3, PT4, PT5	AMPERIMETRO FM72X72MM 0-30A	8	892,08
A2, A3	RENZ TRANSFORMADOR DE CORRENTE 50A RH78	8	984,00
A4	INVERSOR CFW 700 40CV	1	Em estoque
J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8	POTÊNCIOMETRO LINEAR 5K	5	95,20
FNT 1	INVERSOR FREQUÊNCIA CFW700B17P0T4DB20 10CV- 440	2	10105,12
FNT 2	INVERSOR DE FREQUÊNCIA CFW 500/ 440V 5,5CV	1	3769,80
PX	TERMOPAR ENC TJP8X40BG -6 METROS	8	570,00
TM1	METALTEX FONTE CHAVEADA 24V 2,2A 50W ALIM. 88-264VCA	1	238,82
F1	METALTEX FONTE CHAVEADA 24V 4,5A 108W ALIM. 88-264VCA	1	252,99
F3	SENSOR INDUTIVO ANALÓGICO 4 a 20mA	1	Em estoque
F1, F3	PLUG 3P+T 16A 220/240V AZ N4079 STECK	1	35,55
D1	FUSIVEL NH000 ULTRA RAPIDO AR 500V 63A NEGRINI	6	153,12
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14 C17, C18, C19 C15, C16	FUSIVEL NH000 ULTRA RAPIDO AR 500V 20A NEGRINI	12	229,68
D4, D5, D6, D7, D8, D9 D10, D11	CHAVE SECCIONADORA NH00 160A C/CARGA NT00HR17160 NEGRINI	2	273,50
F5, F6, F7, F8, F9, F10 F11, F12	DISJ TRIP CX MOLDADA 125A DWP125L	1	463,28
D16, D21 D12, D13 D14, D15, D17, D19	CONTATORA TRIF. 24Vcc SIEMENS SIRIUS	14	Em estoque
EM1, EM2, EM3	CONTATORA TRIF. 24Vcc 10A	3	1229,94
S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8,	CONTATORA TRIF. 220VCA	2	Em estoque
	DISJUNTOR UNIPOLAR 10 A CURVA B	6	292,08
	DISJUNTOR UNIPOLAR 10 A CURVA B	2	97,36
	FUSÍVEL DIAZED 10A UR (E)	12	75,12
	FUSÍVEL DIAZED 16A UR (E)		12,52
	DISJUNTOR BIP C 2A MDW-C2-2 WEG	2	72,16
	DISJUNTOR BIP C 4A MDW-C4-2 WEG	2	72,16
	DISJUNTOR BIP C 6A MDW-C6-2 WEG	4	144,32
	BOTÃO SOCO GIR/DESTR VM M20AKR-R-1B METALTEX	3	61,77
	COMUTADOR 2POS M20SCR2-B-1A 1NA	13	246,24

S9, S10, S11, S12, S13	METALTEX		
B1, B2, B3, B4,	BOTAO DUPLO 1NA1NF C/CAPA SILICONE M20APL-1C	4	50,38
B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B14, JOG1, JOG2	BOTAO IMPULSO VD 1NA M20AFR-G-1A METALTEX	12	189,12
FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6, FC7, FC8, FC10, FC11	CHAVE FIM DE CURSO FM1307 METALTEX	10	1400,00
H1, H2, H3, H5	SINALEIRO C/ LED VD 24 V L20-R7-GP METALTEX	4	34,36
H4	SINALEIRO C/ LED AM 24V L20-R7-Y METALTEX	1	8,59
H6, H7, H8, H9	SINALEIRO C/ LED VM 24V L20-R7-R METALTEX	4	34,36
V. MÁQ.	INDICADOR AU MT4W-DA-40 96X48	1	682,00
CONTA-MTR	TEMPORIZADOR CONTADOR COEL HWKT 100- 240VAC	1	466,06
V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7	MICROVENTILADOR 120X120X38MM 110/220VCA 12038ABHSL METALTEX	7	580,09
CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8	CONTROLADOR TEMP COEL K48ELCOR 24VCC/VCA	8	2072,00
	VALOR TOTAL:		28326,69

Fonte: Próprio autor.

## 4 RESULTADOS

Após o término de montagem da máquina, foi iniciada a etapa de acompanhamento do processo de produção, onde se realizou o estudo das variáveis em campo, o primeiro item a ser verificado foi o controle de velocidade e sincronismo sobre os potenciômetros eletrônicos que junto as resistências de aquecimento são responsáveis pela produção do material.

### 4.1 TEMPERATURAS

As Temperaturas das zonas de aquecimento foram pré-definidas de acordo com o material a ser trabalhado, a definição de cada setpoint de temperatura foi dada por vivencias práticas dos operadores na qual foram muito bem elaboradas, tendo uma menor temperaturas nas primeiras zonas que entram em contato com o material granulado ainda frio, as zonas mais próximas a matriz de extrusão são aquecidas com temperaturas superiores, a temperatura é crescente partindo do funil da extrusora até a matriz conforme Tabela 17. Na tabela é apresentada a relação da temperatura pela velocidade que são os 2 fatores na qual interferem na qualidade do material que envolve diâmetro de isolamento, brilho do isolante e solidez.

Tabela 17: Temperaturas das zonas e cabeça para isolante PE e XLPE

<b>Seção</b> <b>(mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Zonas 1,2</b> <b>(°C)</b>	<b>Zona 3, 4</b> <b>(°C)</b>	<b>Zona 5,6</b> <b>(°C)</b>	<b>Matriz</b> <b>(°C)</b>	<b>Vel. Rosca</b> <b>(RPM)</b>	<b>Vel. Linha</b> <b>(m/min)</b>
10	195	180	180	215	1795	70
16	195	180	180	215	1795	70
25	195	180	180	215	1700	55
35	195	180	180	215	1795	50
50	195	180	180	215	1700	31

Fonte: Sulminas Fios & Cabos LTDA

#### 4.2 DIÂMETROS DE ISOLAÇÃO

O diâmetro de isolação para os condutores deve seguir espessuras mínimas conforme norma ABNT e normas das concessionárias de energia elétrica para qual o cabo finalizado irá ser destinado, isso garante a confiabilidade do condutor quando instalado em campo atendendo todos os requisitos necessários, para que a regulagem da máquina atendesse a correta produção do isolante foram feitos testes relacionamento velocidade da rosca do canhão junto a velocidade de linha. O sincronismo é o potenciômetro que controla as velocidades ajustadas da rosca e do puxador proporcionalmente aos valores que foram ajustados. Para a correta regulagem da rosca e puxador foi colocado o sincronismo no máximo para o melhor resultado e a melhor conclusão para se obter uma referência e regular posteriormente velocidades mais baixas. A Tabela 18 apresenta as espessuras mínimas dos condutores isolados e a espessura mínima das isolações admissíveis para utilização em campo.

Tabela 18: Diâmetros de fabricação dos cabos.

<b>Seção</b> <b>(mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Isolação</b>	<b>Ø condutor isolado</b> <b>(mm)</b>	<b>Espessura min. Isolação</b> <b>(mm)</b>	<b>Vel. Rosca</b> <b>(RPM)</b>	<b>Vel. Linha</b> <b>(RPM)</b>	<b>Sincronismo</b>
10	PE, XLPE	6,48	1,2	750	30	Máximo
16	PE, XLPE	7,15	1,2	750	30	Máximo
25	PE, XLPE	8,75	1,4	750	30	Máximo
35	PE, XLPE	9,95	1,6	750	30	Máximo
50	PE, XLPE	11,22	1,6	750	30	Máximo

Fonte: Sulminas Fios & Cabos.

### 4.3 RUÍDO ELÉTRICO

Durante o teste dos potenciômetros foi detectado um problema na qual não foi possível observar de imediato, os potenciômetros estavam agindo de forma descontrolada, ao girar ele aumentava a velocidade e após metade do seu curso a velocidade diminuía sendo que a mesma devia continuar a aumentar devido as características de funcionamento proposta ao potenciômetro. A princípio foram analisadas as ligações entres os potenciômetros mestre e escravo responsáveis pelo sincronismo, observada que a ligação em seus bornes do inversor de frequência estavam corretas, partiu-se para outra análise. Vale lembrar que os potenciômetros eletrônicos são ligados por cabos blindados para evitar o ruído vindo da rede elétrica, a malha da blindagem deve ser interligada a terra da rede eliminando todo o ruído e obtendo a confiabilidade e precisão do componente. Observado as conexões da blindagem percebeu-se uma flutuação de tensão nos cabos que fazem as ligações que saíam do painel de operação e iam para os inversores, a blindagem do cabo estava aterrada nos bornes do painel do operador e na entrada do sinal no inversor de frequência dessa forma ocorria a flutuação de tensão devido ao circuito de terra conectado em dois pontos, após retirar o conexão de terra do lado do painel do operador e deixar apenas o lado do inversor conectado, conseguiu-se a confiabilidade no sistema e o correto funcionamento dos potenciômetros eletrônicos, obedecendo os comandos dados pelo operador.

### 4.4 PROCESSO

O processo de produção oficial da máquina iniciou-se no mês de janeiro de 2021 após todos os testes necessários que envolveram a segurança e confiabilidade do sistema elétrico serem devidamente aprovados e obter-se a certeza de que o sistema estava em seu correto funcionamento. As principais matérias primas como mencionada anteriormente foram os isolantes PE e XLPE 13, onde tem-se a cor base responsável pela massa e os pigmentos que forma a cor do cabo as porcentagens das misturas variam para 3% de granulado colorido que são as cores, vermelho, cinza e azul e 5% de pigmento quando se deseja fabricar isolação da cor preta. Durante o processo o cabo deve ser gravado com as características, data de validade e nome do fabricante, o cabo preto é a única parte que recebe gravação com as características mencionadas a pouco.

Para a produção de janeiro a Extrusora consumiu 4195Kg de isolante somados com 181,6Kg de pigmento variando entre as cores preto cinza e vermelho, já em fevereiro a máquina consumiu 10334Kg de isolante adicionados 375,2Kg de pigmento variando entre preto vermelho e cinza, com esses dois meses de produção contínua sem a substituição ou falha em qualquer componente elétrico que seja. No mês de março obteve-se uma produção de 5320Kg de isolante e 536,6Kg de pigmento, o mês de março teve uma grande porcentagem da produção voltada para a cor preta devido a demanda de pedido descartando qualquer outra variável que poderia ser contabilizada pelo aumento da demanda de pigmento neste mês, a diferença de março para os outros dois meses anteriores foi a produção de cabos da cor azul, além do preto vermelho e cinza que também foram produzidos neste mês. Em Abril a produção foi para 2318Kg mais a soma de 85,1Kg de pigmento necessários para produção das cores preto, vermelho, azul e cinza.

A uniformidade do material se deve ao tipo de matriz utilizada, de característica auto centrante o cabo nú era passado pela mesma e isolado excentricamente sem a necessidade de qualquer outro aparelho para ajustar a isolação.

O fluxo de massa é controlado diretamente pelo potenciômetro da rosca que aumenta ou diminui a velocidade do envio de material para a matriz, durante o teste com a máquina em funcionamento notou-se a falta de precisão no potenciômetro, não conseguindo um controle linear da massa acarretando em bolhas de isolação, a solução para tal problema no processo foi a redução do ganho da entrada analógica referenciada ao potenciômetro, dessa forma obtendo a precisão e controle necessária de um processo contínuo e de controle mínimo linear, possível ajustar a isolação conforme necessidade, normas e exigências.

#### 4.5 CUSTOS DE PRODUÇÃO

O investimento para realizar tal projeto é de característica das dezenas de reais e podendo chegar até centenas se considerar as componentes mecânicas, e os custos com hora de funcionário para realização das operações de acordo com as aplicações necessárias. Muitos componentes elétricos já estavam disponíveis para uso dentro da fábrica, componentes na qual foram retirados de outras máquinas, comprados com sobra ou algum outro motivo que descartou a utilização destes componentes os tornando disponíveis para o quadro elétrico da extrusora. Como mencionado anteriormente o corpo da extrusora foi comprado com os motores das ventoinhas de refrigeração junto ao quadro principal de eletricidade acoplado a mesma, as torres do bobinador foram adquiridos juntos com o “pacote da extrusora” pelo



valor total de peças em R\$ 100.000,00 que saíram com o valor abaixo do que se esperaria de um equipamentos em condições ideais de funcionamento como esta, Junto ao quadro da máquina haviam relês de estado sólidos em completas condições de utilização, disjuntores termomagnéticos e fusíveis do tipo Diazed, Havia um painel elétrico de menores dimensões que foi utilizado para enquadramento dos componentes do desbobinador. As Figuras 25.a, 25.b, 25.c, 25.d mostra fotos tiradas dos equipamentos antes durante e depois da fabricação feita dentro da Sulminas fios & Cabos LTDA executada pelo próprio autor. A Tabela 19 apresenta os valores de construção elétrica, e custos médios mecânicos entre usinagem, compra de chapas, solda, parafusos, redutores e engrenagens, o motor do desbobinador entrou no orçamento mecânico, por isso não foi mencionado na Tabela 16 – Lista de Materiais, mas para fins de curiosidades o motor de 15CV 12 pontas junto ao redutor do desbobinador saíram no valor de R\$ 3800,00. Os dados de valor da matéria prima foram contabilizados para fins referenciais, na relação quantidade de dinheiro por Kg de produção, valores detalhados de despesa de funcionários e o cabo chato de alimentação geral, entre outros que não foram contabilizados. As Figuras 26.a, 26.b, 26.c e 26.d apresentam os quadros elétricos antes durante e após a execução da montagem.

Tabela 19: Custos de produção

<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Componentes Elétricos Novos conforme Tabela 16	28.326,69
Cabos de Cobre para comando e potências	32.995,47
Pigmento PE preto 534,9kg (meses 01/02/03/04).	6.885,12
Pigmento PE cinza 198,3kg (meses 01/02/03/04)	5.314,44
Pigmento PE vermelho 86,8kg (meses 01/02/03/04).	3.385,20
Isolante PE Base 22167kg (meses 01/02/03/04).	365.755, 50
Peças mecânicas e Usinagem	80.986,47
Compra do Pacote (Corpo da extrusora + Desbobinador + Componentes usados)	100.000,00
<b>Total</b>	<b>623.648,89</b>

Fonte: Sulminas Fios & Cabos LTDA

## 5 CONCLUSÃO

O projeto de uma extrusora de rosca 60mm, envolveu uma série de componentes apresentadas durante todo o curso de Engenharia Elétrica, desde acionamentos elétricos, automação industrial, eletrônica de potência, eletrônica digital, circuitos elétricos em CC e CA. O entendimento de funcionamento de tal maquinário abriu um leque de conhecimentos, aprendido na teoria sendo testado na prática, problemas que só puderam ser vistos a prática que complementou o aprendizado teórico visto em salas de aula.

Aumentou-se a escala de desenvolvimento devido a complexidade de projeção e montagem de tal equipamento, é possível verificar todo o processo de dimensionamento e cálculo para que se obtivesse o melhor custo benefício, equipamentos como o pulmão de controle de velocidade foram elaborados para substituir o caterpillar, que tem um custo muito superior ao do pulmão, os controle PID foram executados na prática assim como parametrização dos inversores de frequência e aparelhos digitais de apresentação de valores de operação.

Para futuros dimensionamentos e montagens este projeto serviu como grande oportunidade de se testes de lógicas de funcionamento e descrever problemas na prática, os tipos de equipamentos que foram utilizados são de grande importância referencial incluindo também valores investidos e as velocidades de produção utilizando os itens apresentados neste trabalho que complementou e justificou teorias desenvolvidas dentro de sala de aula durante 5 anos.

## REFERÊNCIAS

**Entenda como é uma Extrusora de Plástico.** Disponível em:

<http://www.maispolimeros.com.br/2019/08/12/extrusora-de-plastico/#:~:text=A%20extrusora%20gera%20produtos%20cont%C3%ADnuos,tempo%20todo%20para%20a%20matriz.&text=A1%C3%A9m%20disso%2C%20a%20rosca%20da,materia%20fundido%20para%20injet%C3%A1%2Dlo.>

**Disjuntor Termomagnético, funções e características.** Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/disjuntor-termomagnetico-funcoes-e-caracteristicas/>

**Disjuntor Motor, O que é, como funciona e aplicações.** Disponível em:

<https://athoselectronics.com/disjuntor-motor/>

**O que é relê? Como funciona um relê?** Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/>

**Fonte chaveada: Como Funciona?** Disponível em:

<https://athoselectronics.com/fonte-chaveada/>

**Transformadores.** Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transformadores.htm>

**O que é chave fim de curso e onde usar?** Disponível em:

<https://www.saladaeletrica.com.br/chave-fim-de-curso/>

**Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 5410: Instalações Elétricas em Baixa Tensão.**

## ANEXOS

Figura 5: Corpo da Extrusora



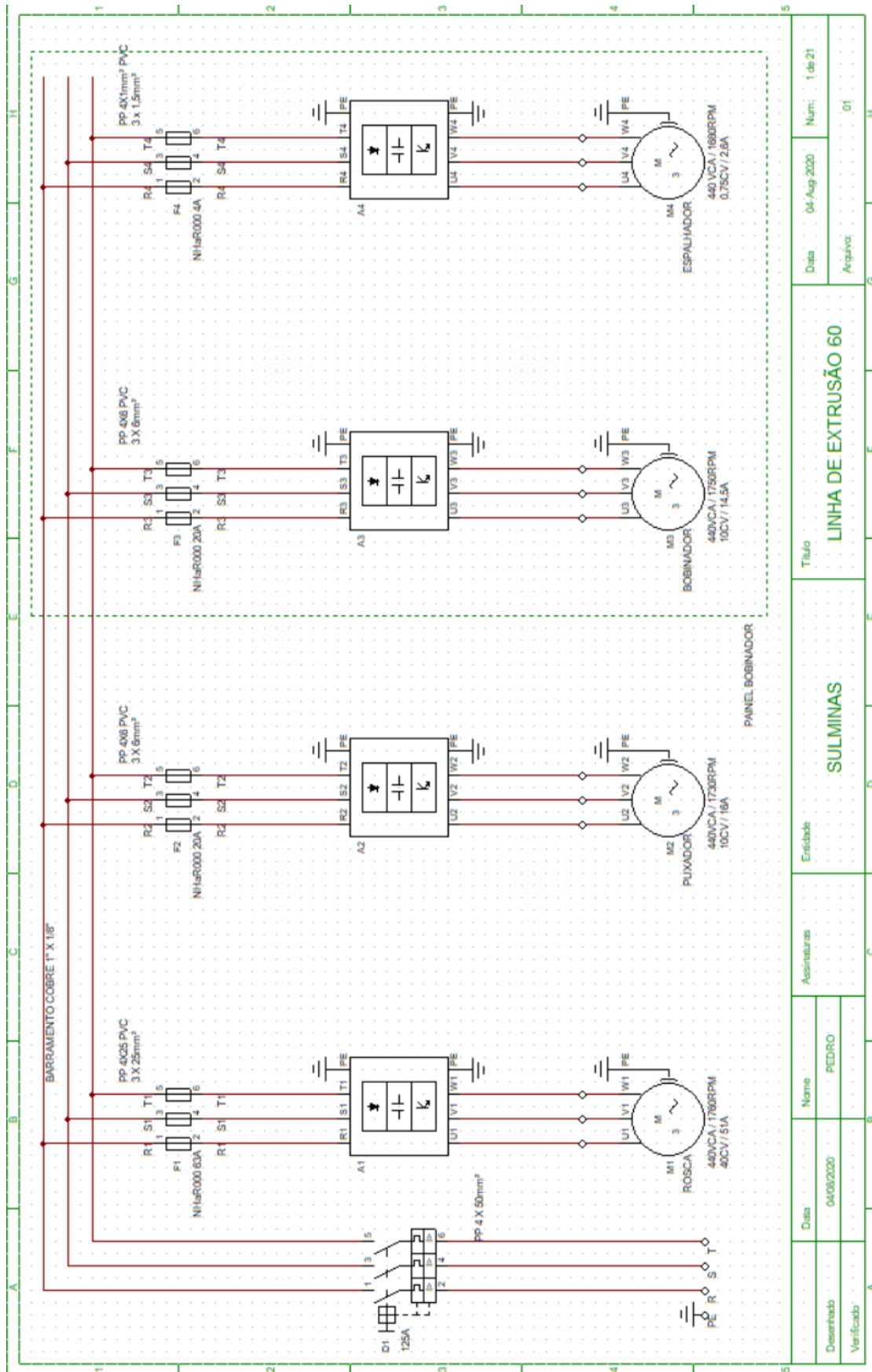
Fonte: Próprio Autor

Figura 5.a: Corpo da Extrusora Inicio



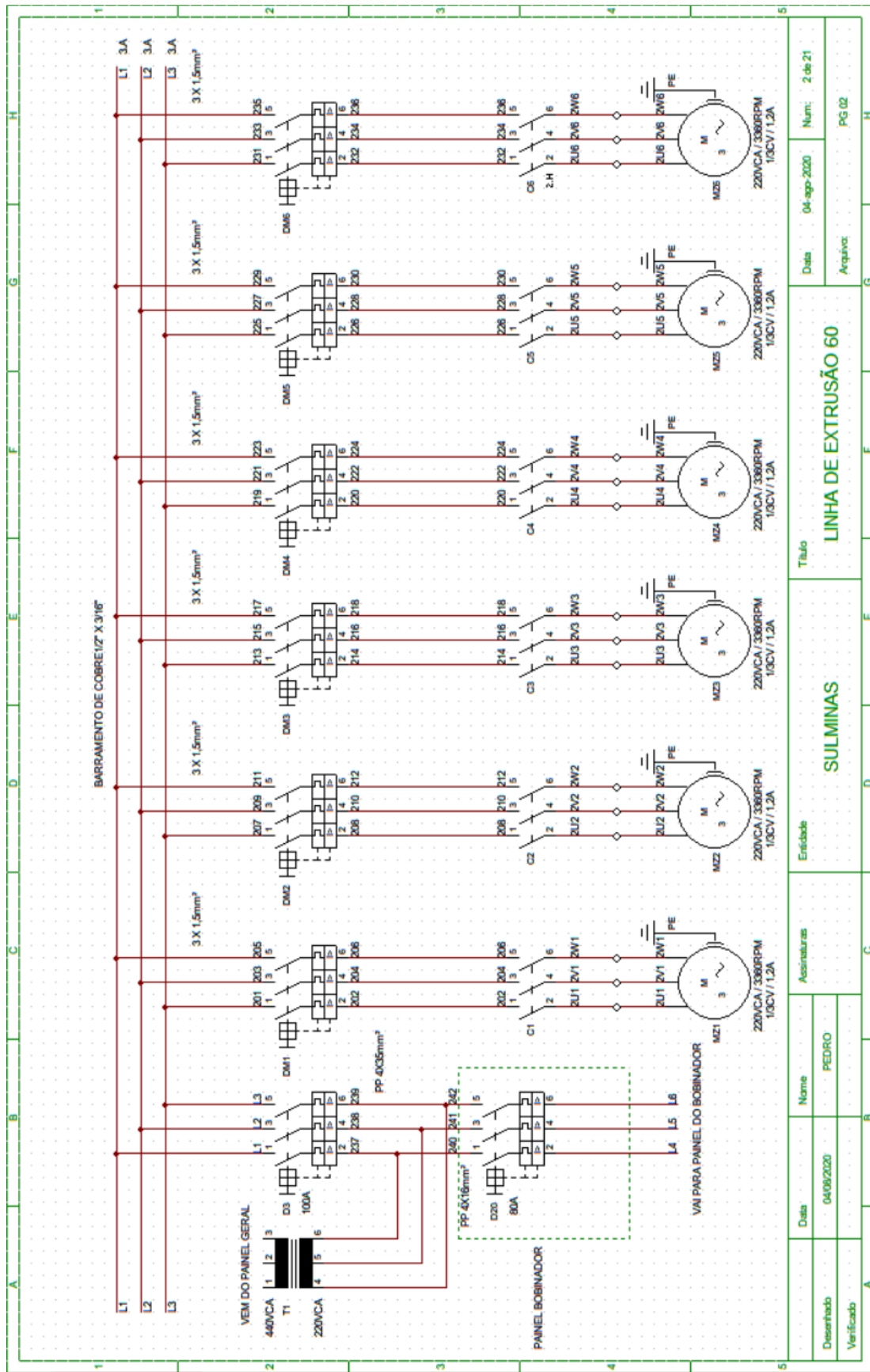
Fonte: Próprio autor.

Figura 6: Alimentação dos motores 440VCA



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 7: Alimentação dos motores 220VCA

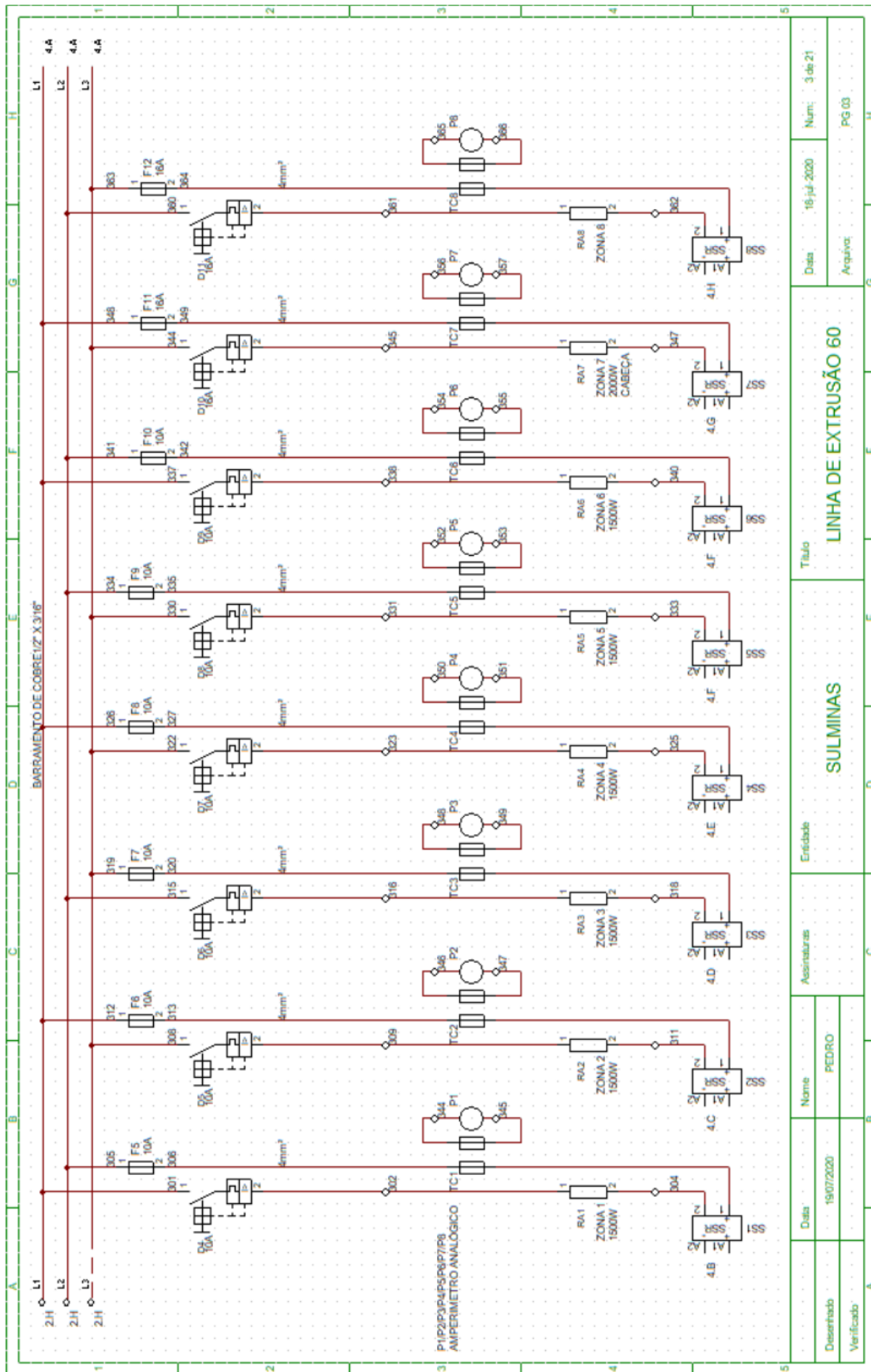


Desenhado	Data	Nome	Assinaturas	Elaboração	Título	Data	Num.
Verificado	04/08/2020	PEDRO			<b>LINHA DE EXTRUSÃO 60</b>	04-ago-2020	2 de 21
					<b>SULMINAS</b>		PG 02

Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

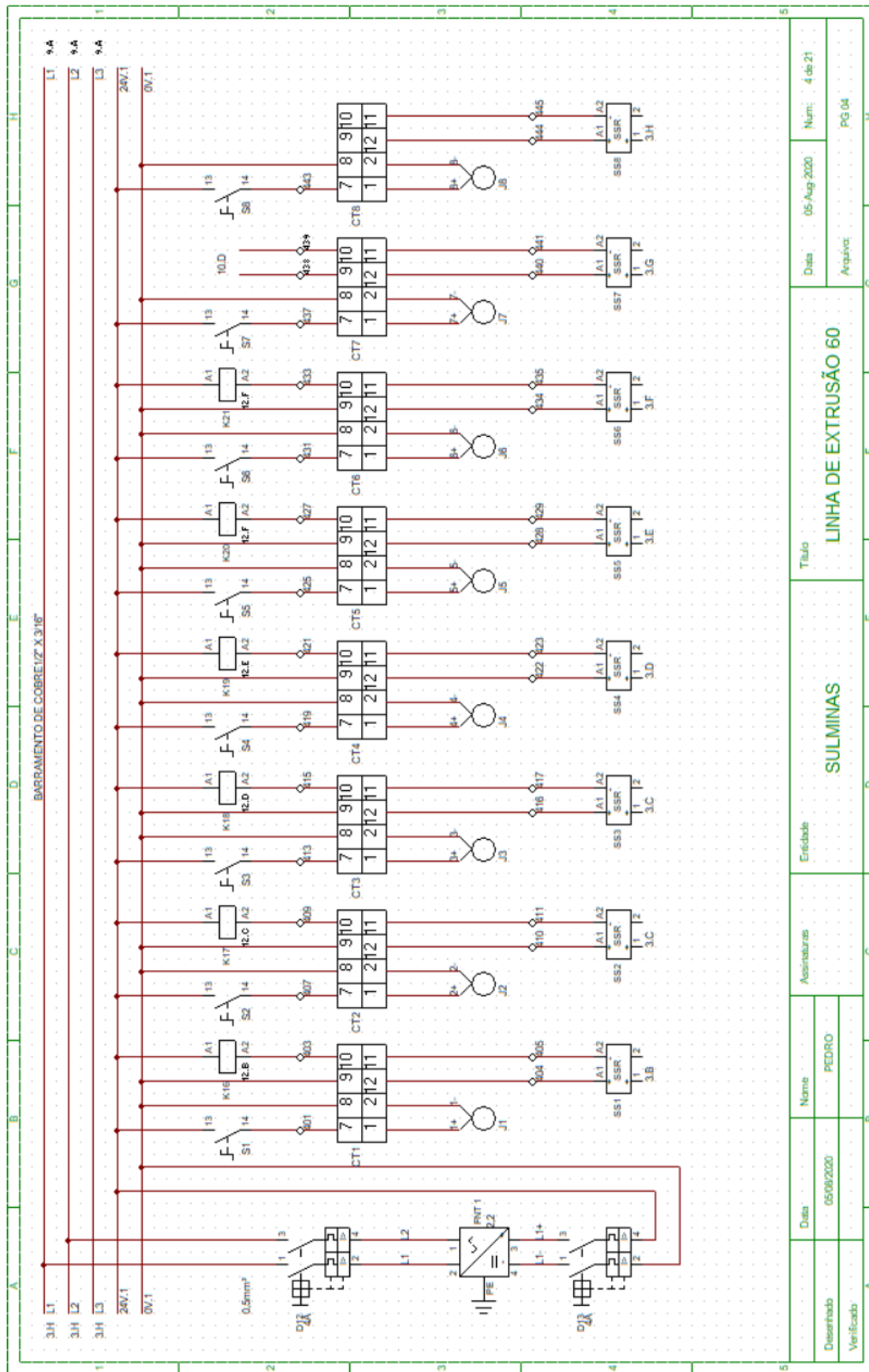


Figura 8: Alimentação das Resistências de aquecimento



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

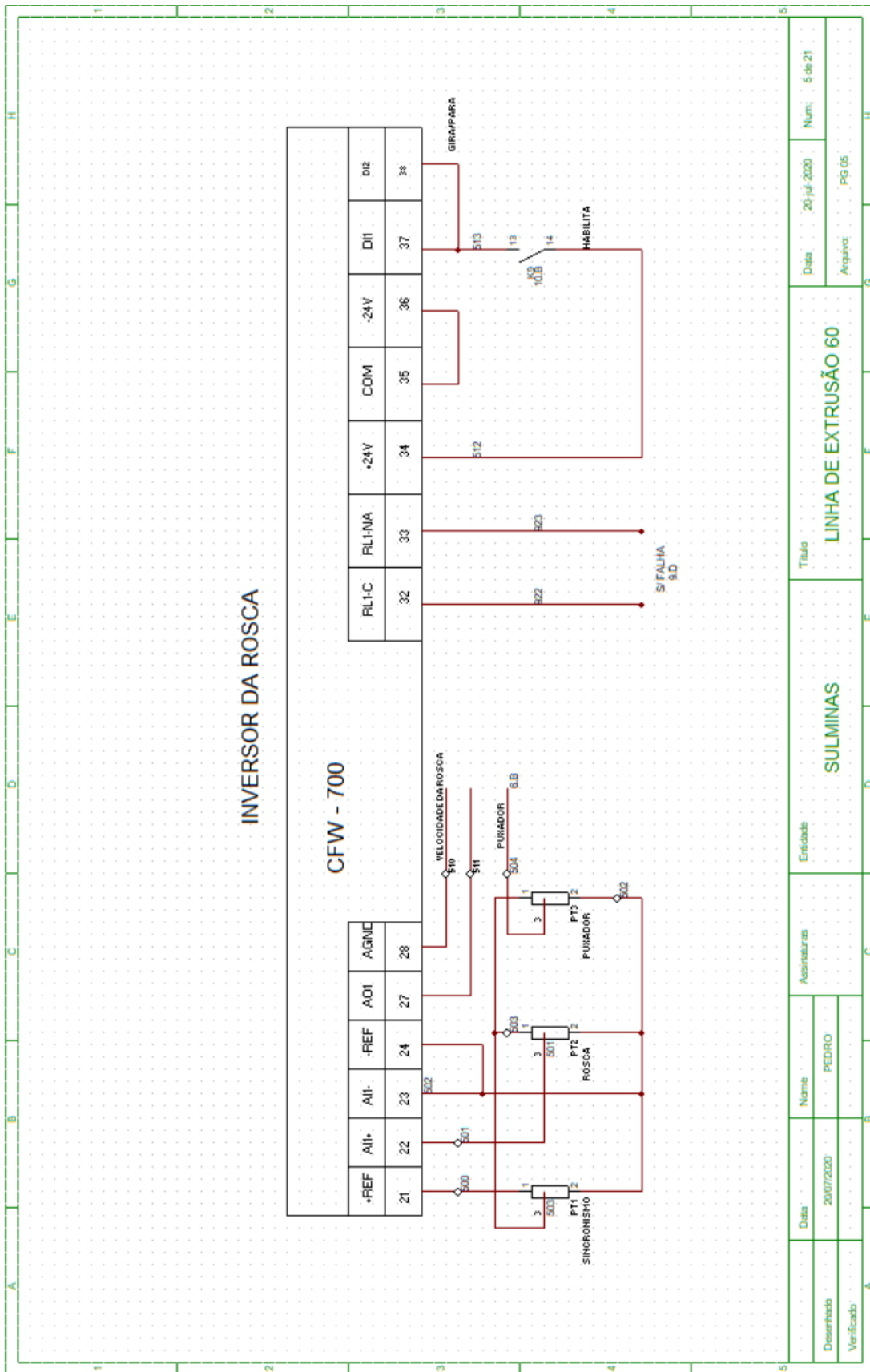
Figura 9: Controle de Temperatura das zonas de aquecimento.



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

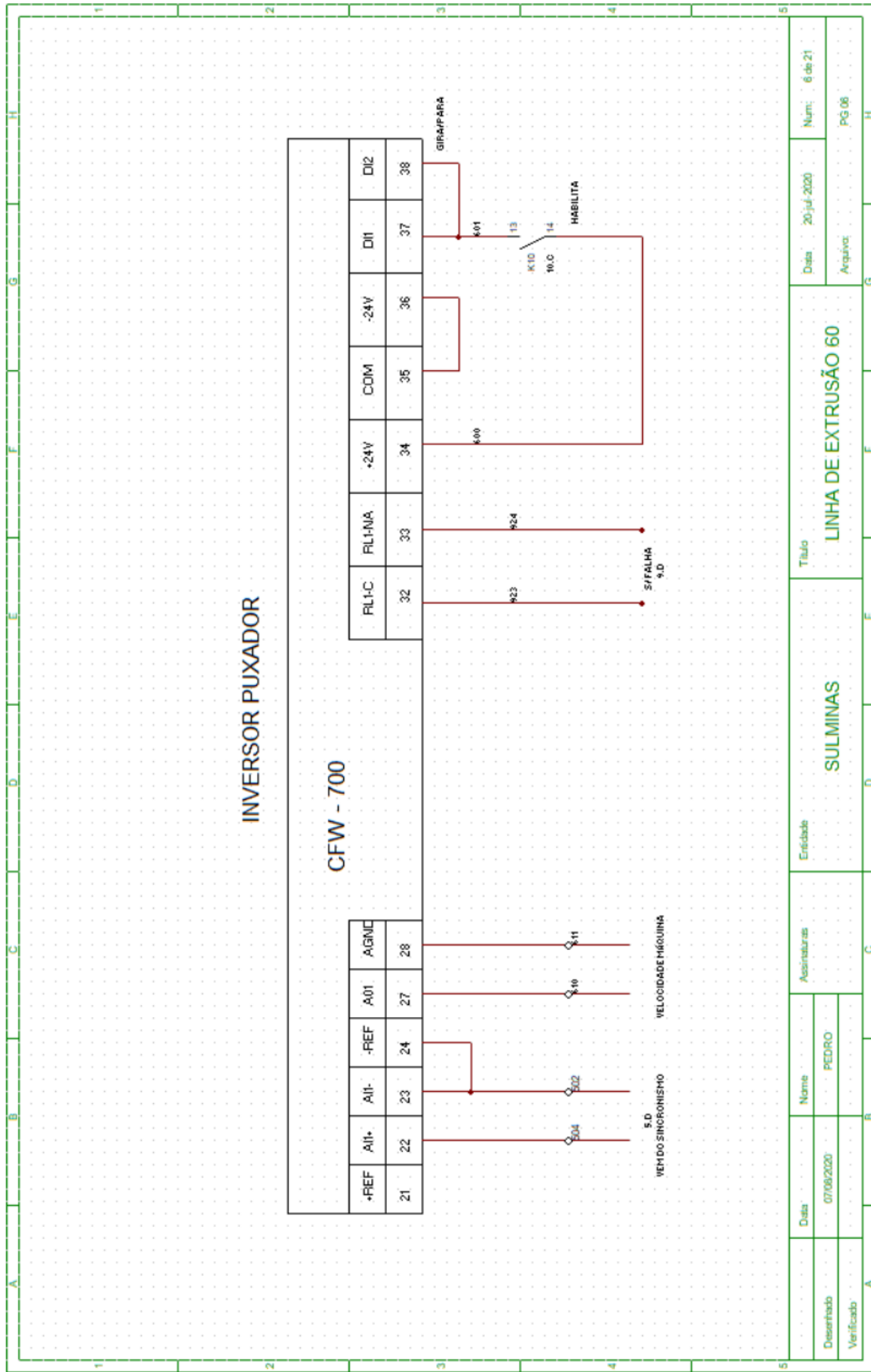


Figura 10: Inversor de Frequência da rosca.



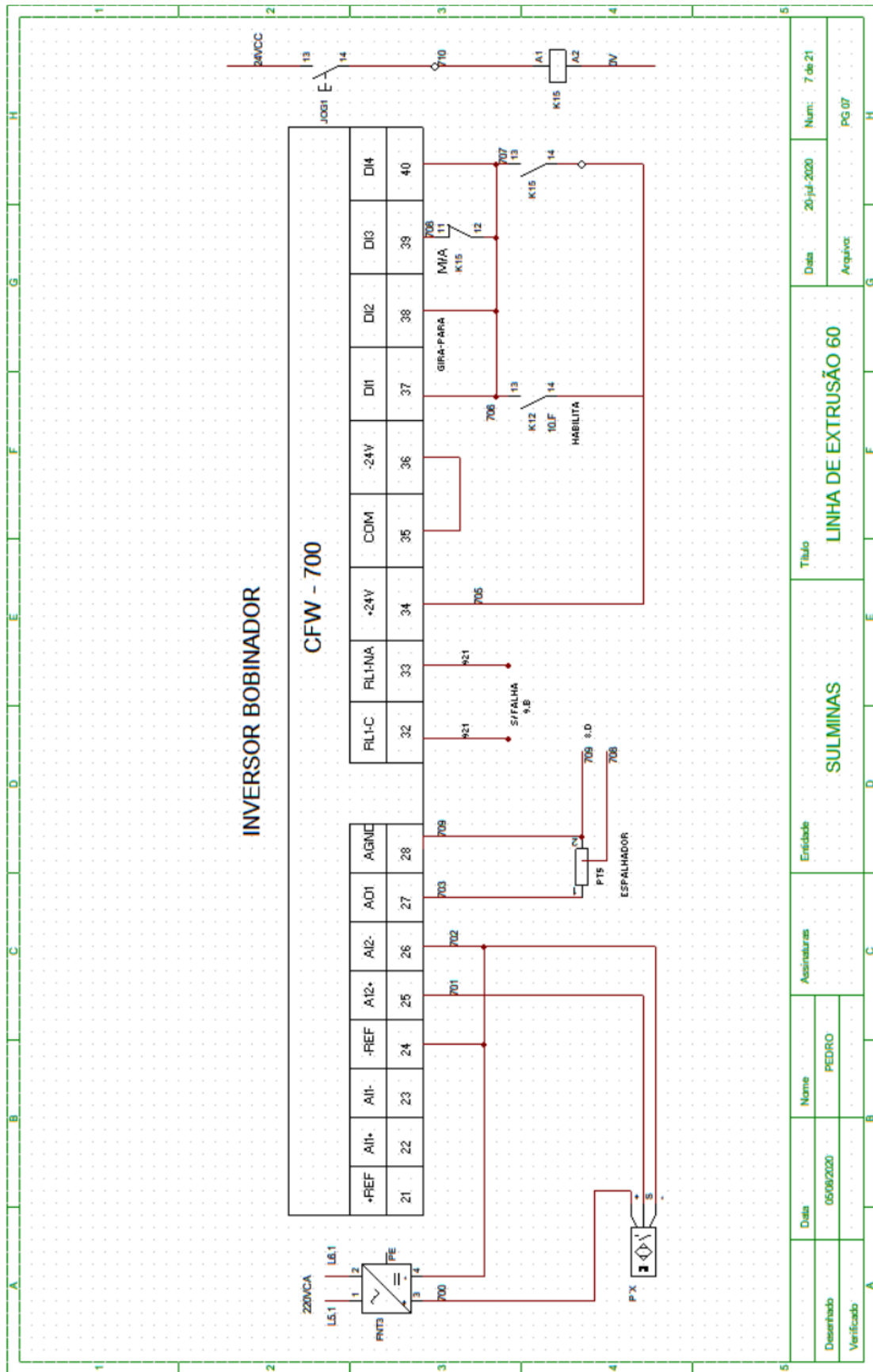
Fonte: Próprio autor (Cad e simu).

Figura 11: Inversor de Frequência do puxador.



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

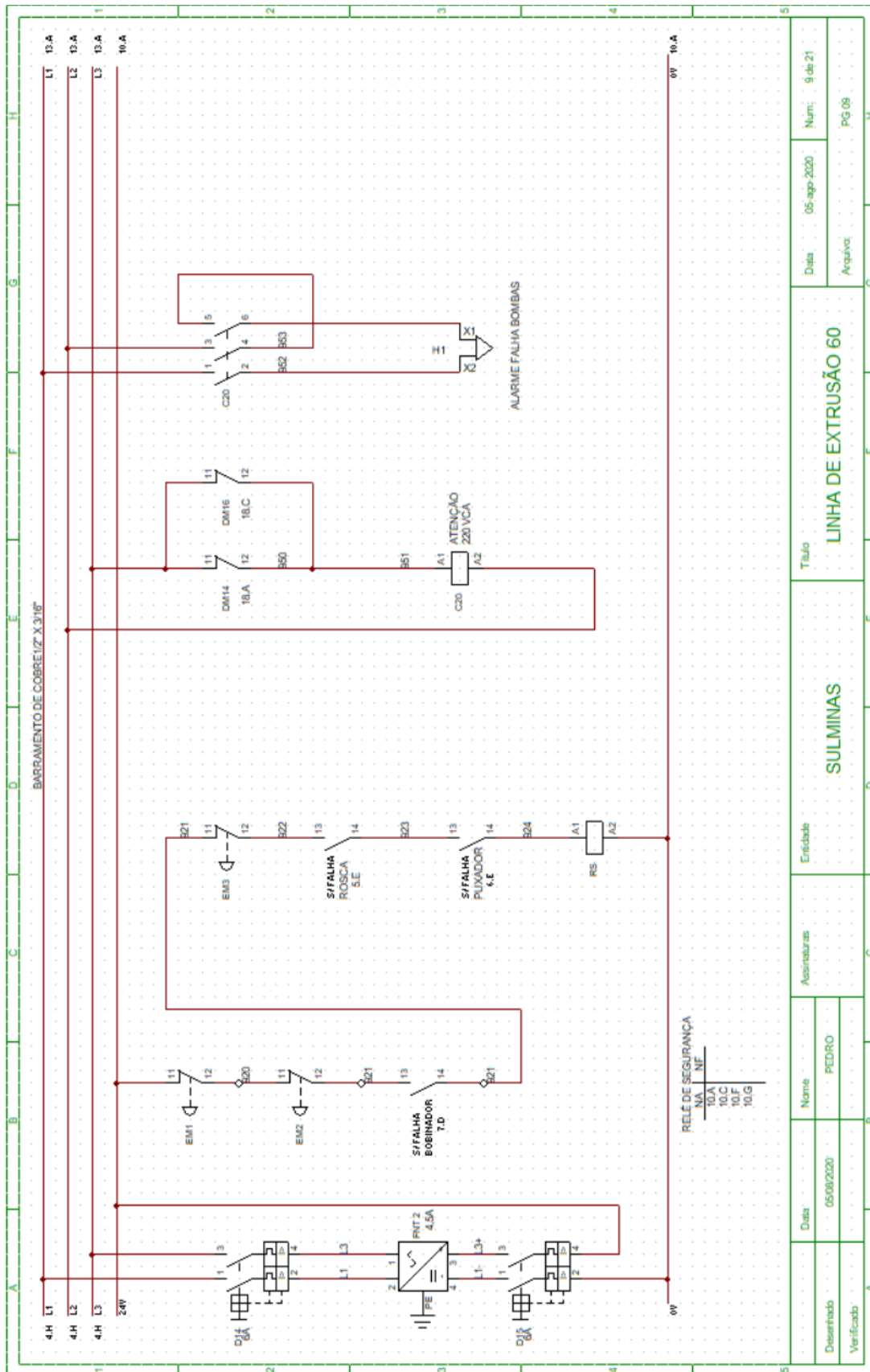
Figura 12: Inversor de Frequência do Bobinador.



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

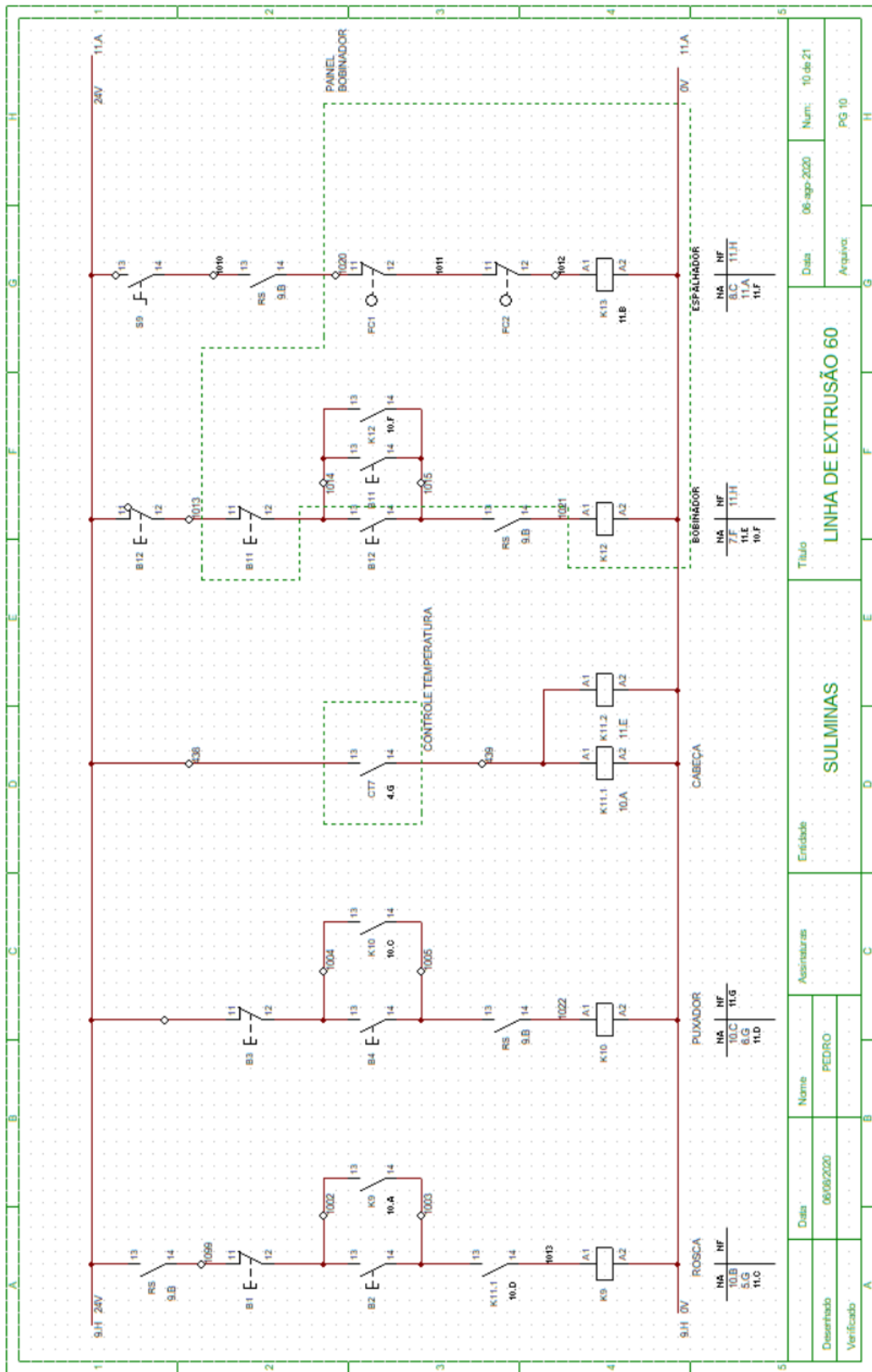


Figura 14: Comandos de segurança.



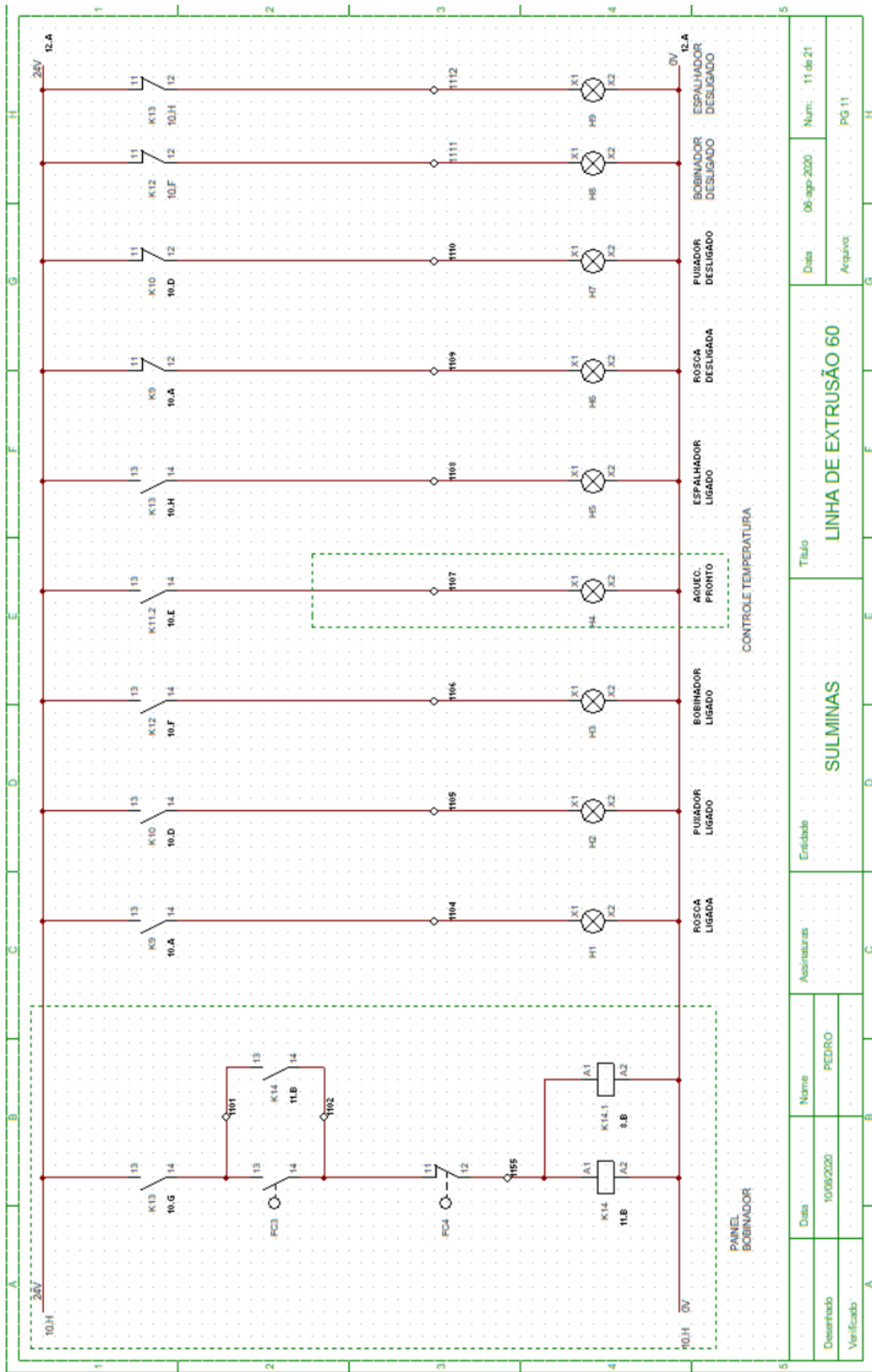
Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 15: Comandos de partida



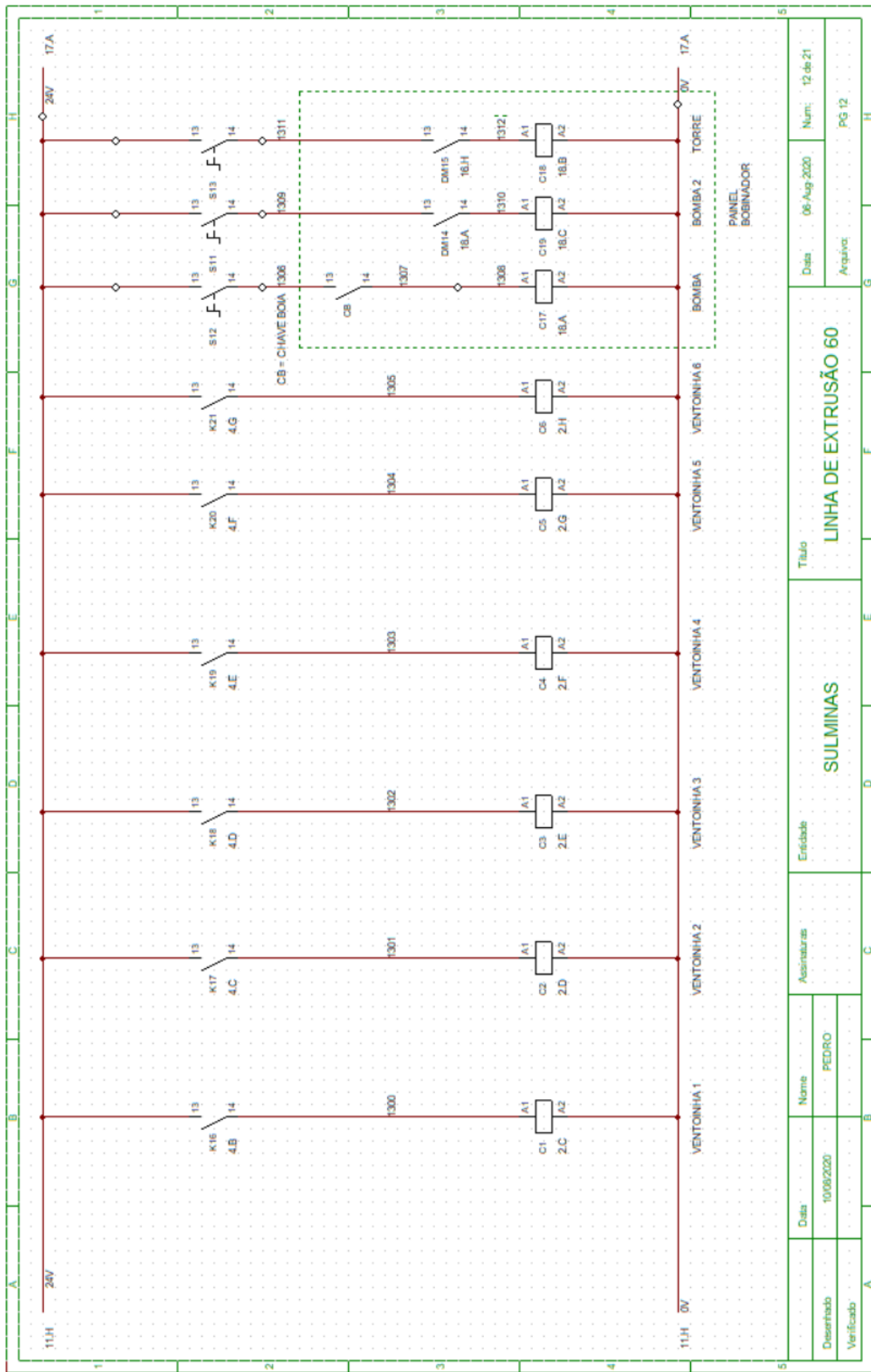
Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 16: Comandos de sinalização



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

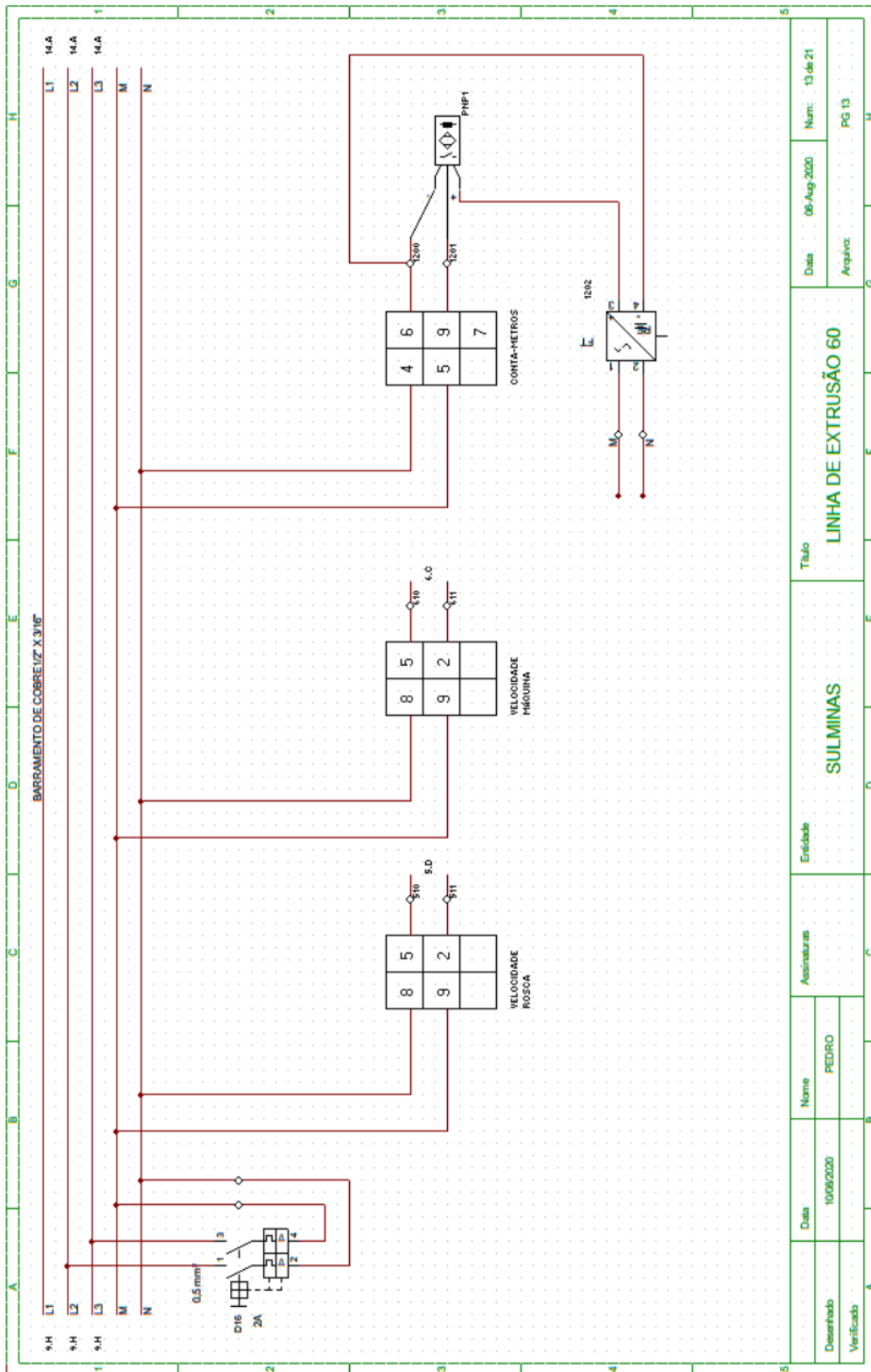
Figura 17: Acionamentos da refrigeração.



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

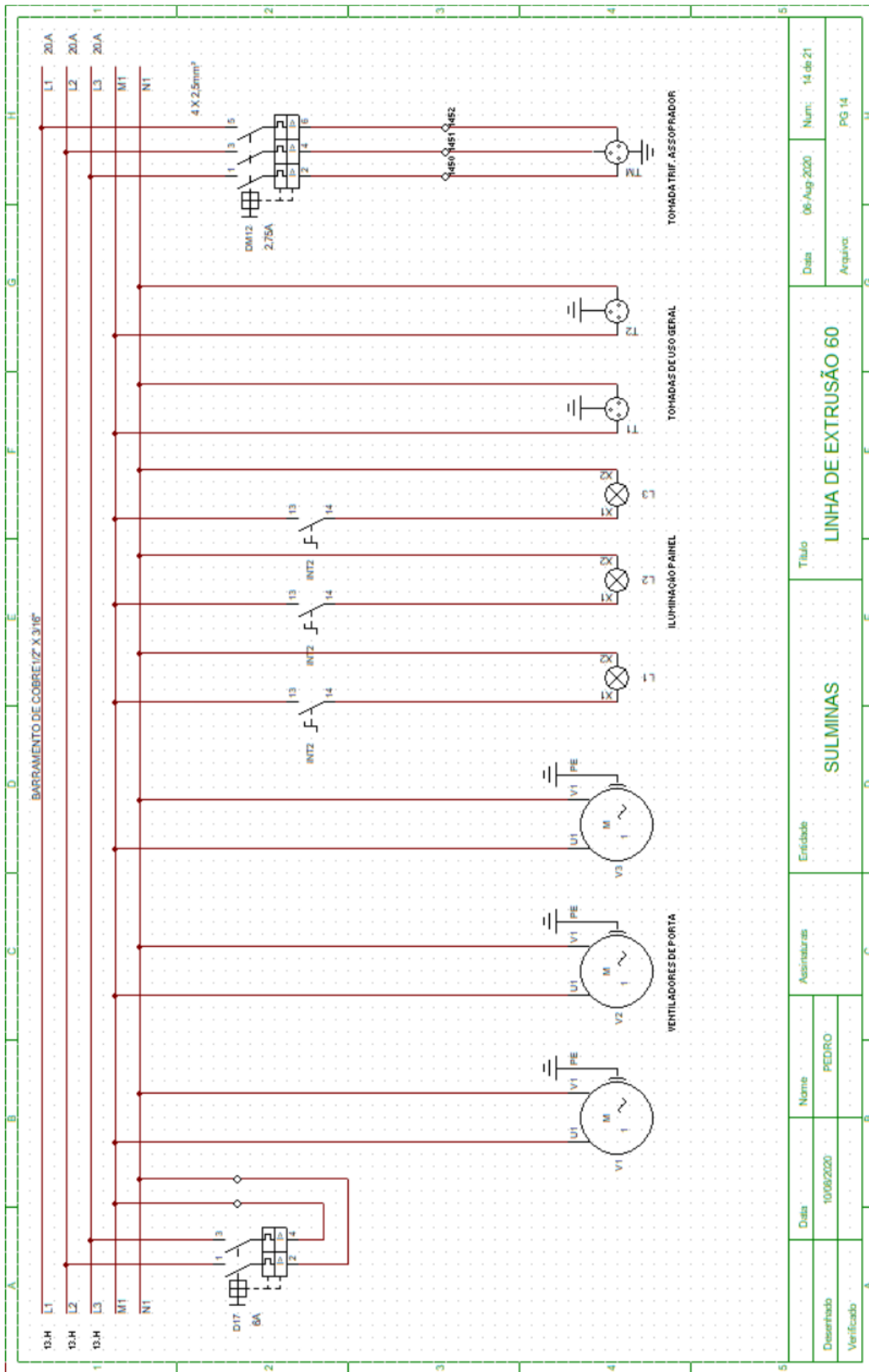


Figura 18: Aparelhos de medição.



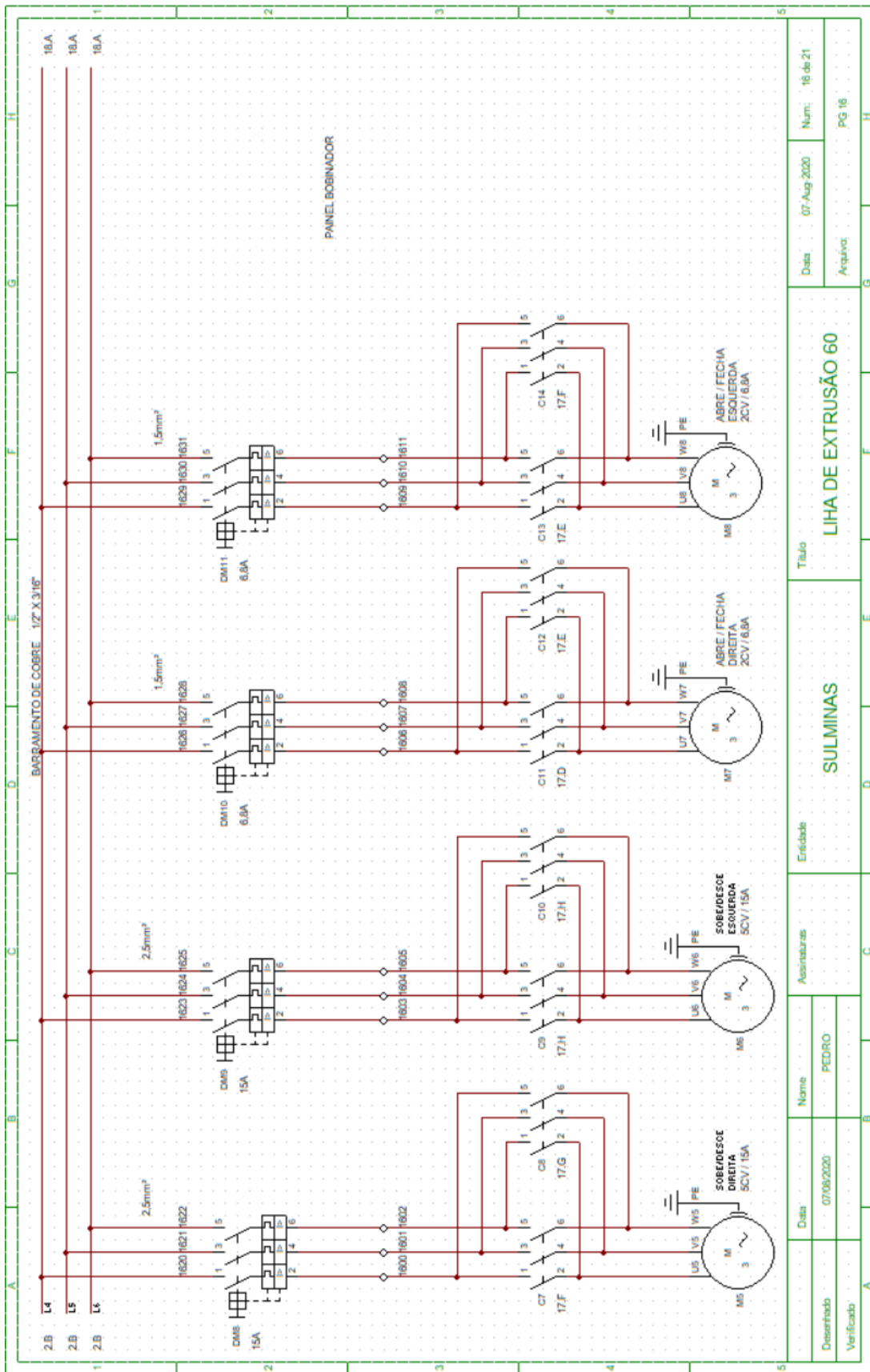
Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 19: Tomadas e iluminação



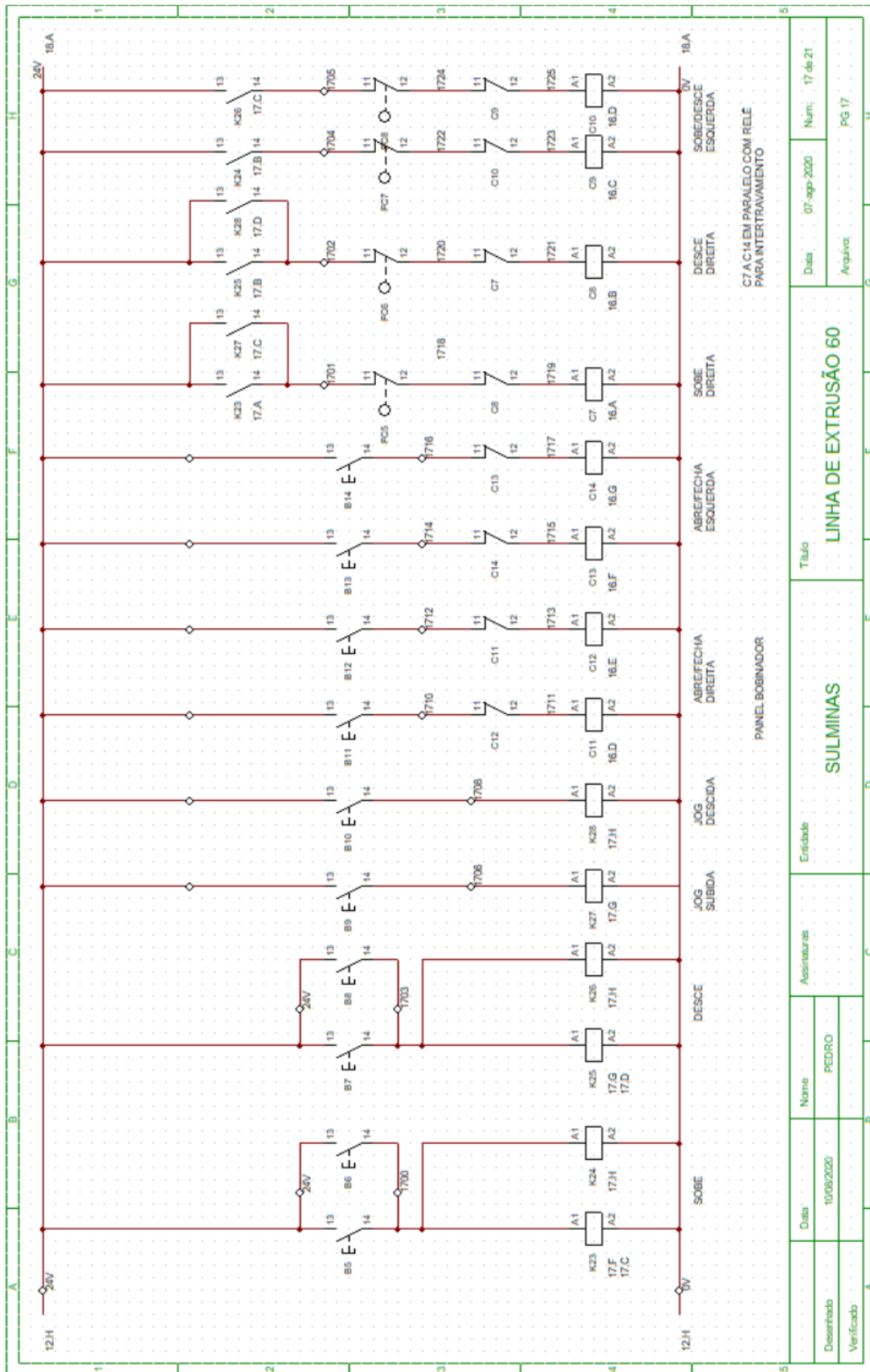
Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 20: Potências da torre do bobinador



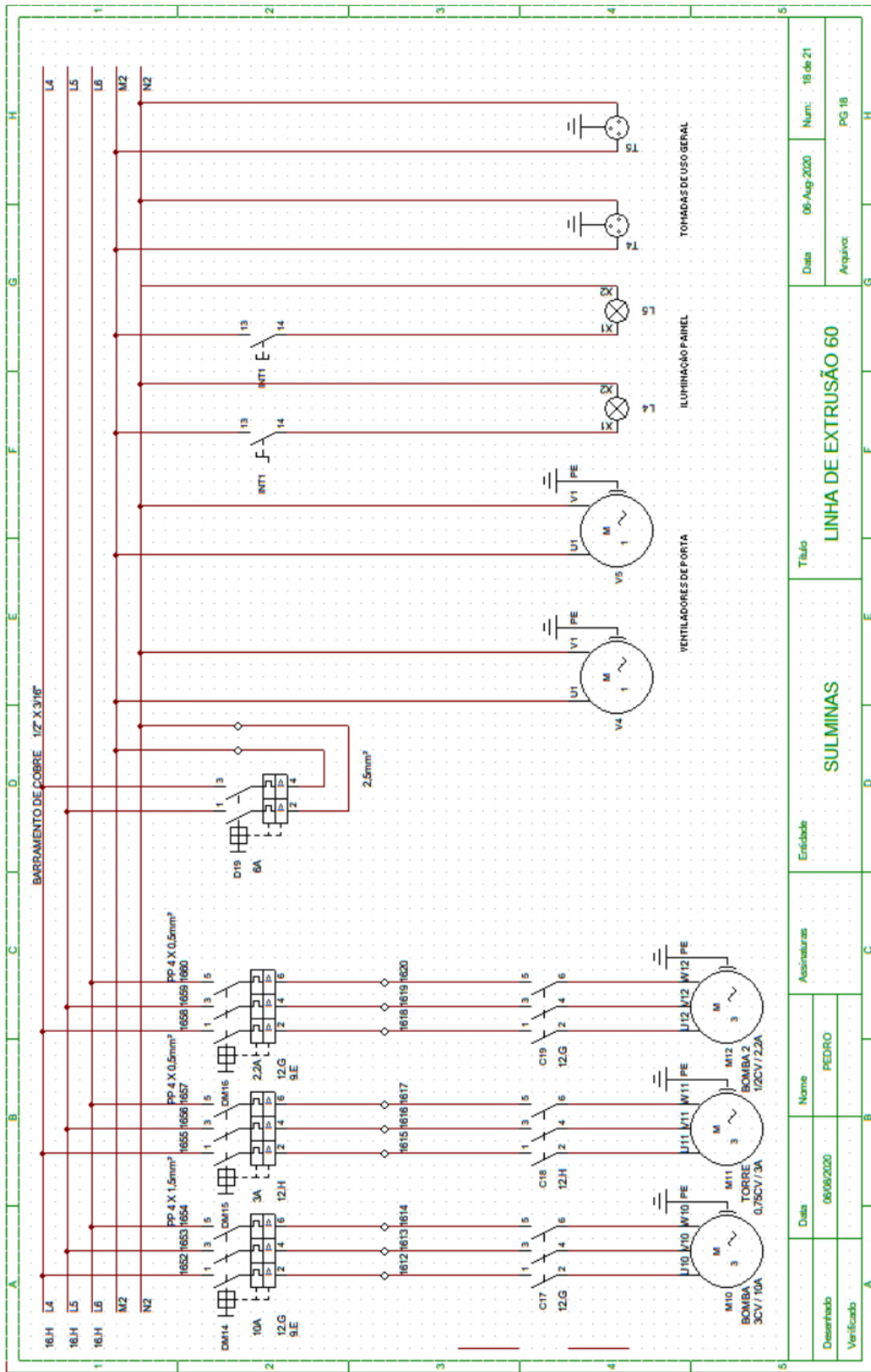
Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 21: Comandos da torre do bobinador



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

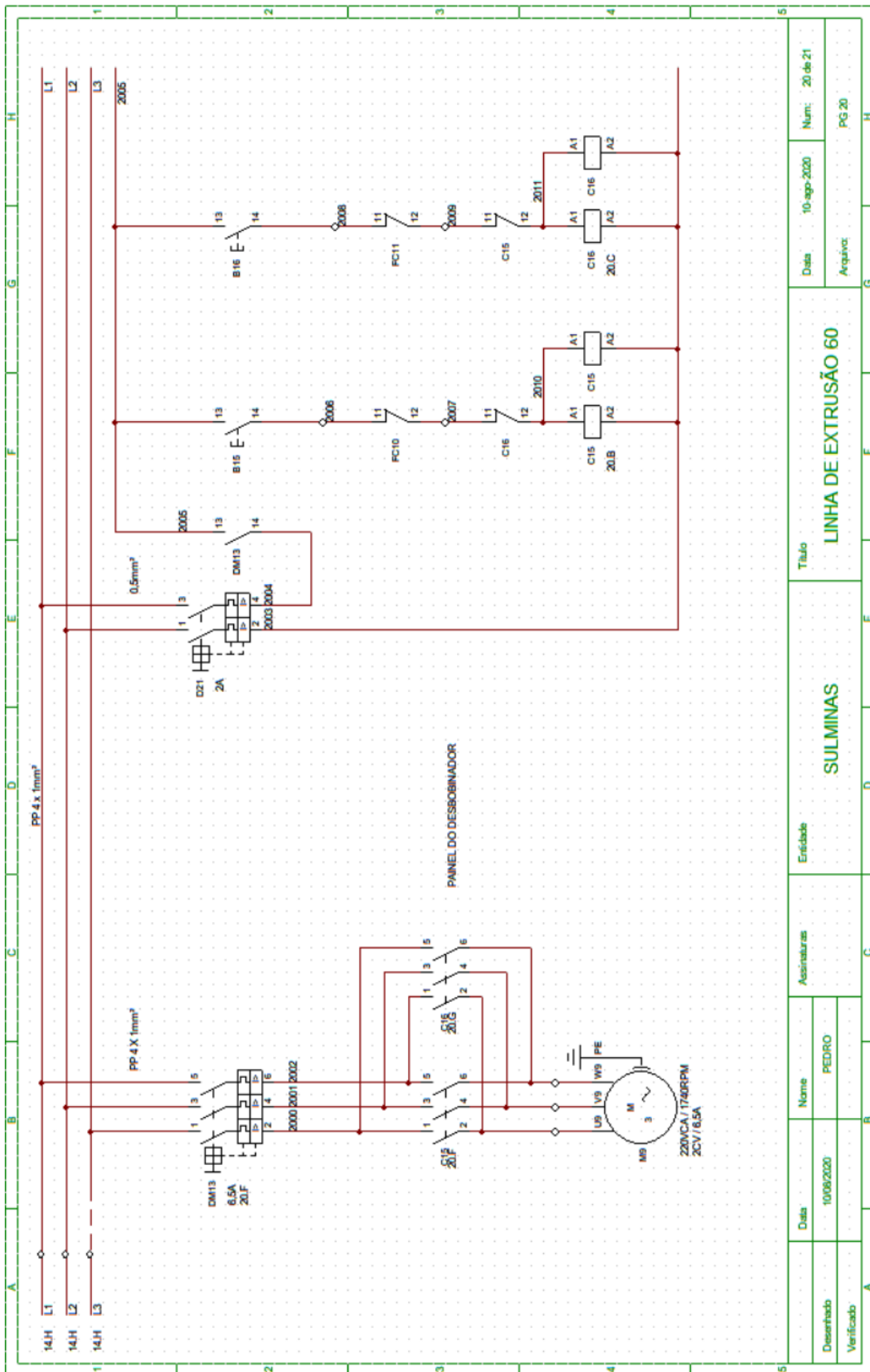
Figura 22: Potência das bombas tomadas e iluminação



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

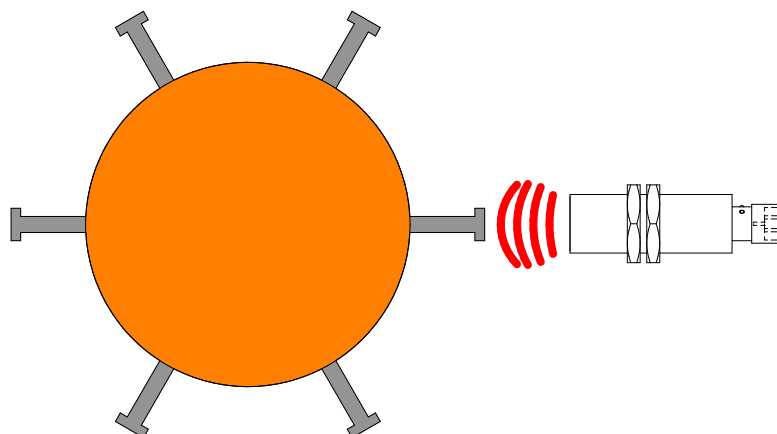
Desenhado	Verificado	Data	Nome	Assinaturas	Emissão	Título	Data	Num:
						LINHA DE EXTRUSÃO 60	Arquivo	PG 18

Figura 23: Comando e potência do desbobinador



Fonte: Próprio autor (Cad e Simu).

Figura 24.a: Detecção de pulsos do sensor



Fonte: Próprio autor (Solid Edge).

Figura 24.b: Conta Pulso com sensor indutivo



Fonte: Próprio autor (Solid Edge).



Figura 25.a: Condições da Torre do desbobinador quando adquirido.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25.b: Torre do desbobinador durante execução



Fonte: Próprio autor.



Figura 25.c: Início da montagem



Fonte: Próprio autor.

Figura 25.d : Montagem da estrutura.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26.a: Pré montagem dos componentes do quadro principal



Fonte: Próprio autor.

Figura 26.b Finalização do painel principal.



Fonte: Próprio autor.



Figura 26.c: Montagem do painel do desbobinador.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26.d: Montagem do corpo e mezanino da extrusora;



Fonte: Próprio autor.