MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

RENATO DE CEZARE

# ADEQUAÇÃO DO PAINEL ELÉTRICO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA PARA MOEDOR DE CARNES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2016

RENATO DE CEZARE

# ADEQUAÇÃO DO PAINÉL ELÉTRICO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA PARA MOEDOR DE CARNES

‘

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, como requisito parcial à obtenção do título de tecnólogo em Manutenção Industrial, do Curso Superior em Manutenção Industrial, promovido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Amauri Massochin

MEDIANEIRA

2016

Ministério da Educação
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**
*Câmpus* Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional do Curso
Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**ADEQUAÇÃO DO PAINÉL ELÉTRICO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA PARA MOEDOR DE CARNES**

Por:

**Renato de Cezare**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 17:00 horas do dia 01 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. O acadêmico foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

| | |
|---|---|
| Prof. Me. Amauri Massochin<br>UTFPR – *Câmpus* Medianeira<br>(Orientador) | Prof. Me. Luís Paulo Zanolla Boschetti<br>UTFPR – *Câmpus* Medianeira<br>(Convidado) |
| Prof. Me. Paulo Roberto Dulnik<br>UTFPR – *Câmpus* Medianeira<br>(Convidado) | Prof. Me. Paulo Job Brenesein<br>UTFPR – *Câmpus* Medianeira<br>(Resp. pelas atividades de TCC) |

O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação de curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

*“se não você, então quem? Se não agora, então quando?”*

(Gary Herbert)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, por ter nos criado, concebido a vida e se fazer presente em todos os nossos dias. Aos familiares, que auxiliaram e orientaram nas horas mais difíceis, em todo o período universitário.

A minha esposa, por todo o apoio, palavras de incentivo e motivação fornecidos em todos os momentos em que o desânimo queria tomar conta, e por estar ao meu lado todos os dias.

A todos os professores do curso pelo esforço e dedicação para repassar seu conhecimento de forma clara e objetiva.

Aos amigos concebidos na UTFPR e os amigos do trabalho, que durante todo esse período possibilitaram troca de conhecimento e aquisição de experiência que vão dar suporte em todos os momentos.

A todos que com boa intenção colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

# RESUMO

DE CEZARE, Renato. Adequação do painel elétrico e instalação de um sistema de segurança para moedor de carnes. 2016. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso Tecnologia em Manutenção Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

Este trabalho consiste no projeto, execução e montagem de um painel elétrico novo, bem como instalação de um sistema de segurança para um moedor de carnes. O equipamento é constituído por três motores que transmitem movimento a três caracóis: o motor do caracol principal, do caracol alimentador e do caracol transportador. Na boca onde ficam os discos e navalhas, será instalado uma proteção mecânica, á qual será monitorada por fim de curso de segurança; o botão de emergência terá monitoramento, o compartimento de carga terá um interruptor de emergência acionado por cabo, sendo estes os elementos que farão parte do sistema de segurança e serão monitorados por relé atendendo os requisitos da NR – 12. Os componentes elétricos ficarão alocados no painel dentro da estrutura do moedor, sendo que o motor principal partirá pelo sistema estrela – triângulo e os demais serão comandados por partida direta. O comando funcionará totalmente em 24Vcc. Será instalado relé para partida estrela-triângulo.



**Palavras-chave:** Estrela - Triângulo. Segurança. Moedor.

## ABSTRACT

DE CEZARE, Renato. Electrical panel adequation and installation of a security system for meat grinder. 2016. 54p. Completion Work Course Technology in Industrial Maintenance – Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2016.

This work consists of the design, implementation and assembly of a new electrical panel, as well as installation of a safety system for a meat grinder. The equipment consists of three motors that transmit movement to three snails: the engine of the main snail, the snail feeder and the snail conveyor. In the mouth where the disks and razors are, a mechanical protection will be installed, which will be monitored at the end of the safety stroke, the emergency button will be monitored, the load compartment will have a cable-operated emergency switch, these being the elements Which will be part of the safety system and will be monitored by relay meeting the requirements of NR - 12. The electrical components will be allocated to the panel inside the grinder structure, the main motor will start with the star - delta system and the others will be controlled by Direct departure. The control will operate fully on 24Vdc. Star-delta starter relay will be installed.



**Key-words:** Star - Triangle. Safety. Grinder.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rele de segurança ..... 18
Figura 2 – Chave de emergência ZQ 900 ..... 19
Figura 3 – Botão de emergência monitorado ..... 20
Figura 4 – Relé Temporizador Y/Δ ..... 21
Figura 5 – Moedor INCOMAF TR - 160 ..... 22
Figura 6 – Vista geral do painel elétrico ..... 23
Figura 7 – Boca de moagem ..... 26
Figura 8 – Compartimento de carga ..... 26
Figura 9 - Esquema elétrico sendo desenhado no Qeletrotech ..... 30
Figura 10 - Simulação dos diagramas elétricos no CADe - SIMU ..... 30
Figura 11 – Painel em processo de montagem ..... 32
Figura 12 – Painel finalizado e pronto para testes ..... 32
Figura 13 – Circuito de comando com botões e manoplas para teste ..... 33
Figura 14 – Espelho velho retirado do painel ..... 34
Figura 15 – Fixação do espelho novo ..... 35
Figura 16 – Painel finalizado ..... 36
Figura 17 – Detalhe da identificação dos componentes do painel ..... 36
Figura 18 - Equipamento finalizado ..... 37
Figura 19 - Placas de aviso na estrutura do equipamento ..... 39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Redução de horas de máquina parada após a mudança .....41
Gráfico 2 – Redução de custo da mão de obra após a mudança.....41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categoria de emprego de contatores ..... 14
Quadro 2 - Descrição dos terminais do relé se segurança ..... 18
Quadro 3 – Lista de materiais utilizados para montagem do painel elétrico ..... 31
Quadro 4 – Plano de manutenção preventivo para o painel elétrico ..... 38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características elétricas dos motores.....24
Tabela 2 – Características elétricas do motor principal.....27
Tabela 3 – Histórico de paradas e custos de 01/04/2016 até 05/07/2016.....40
Tabela 4 – Histórico de paradas e custos de 06/07/2016 até 11/10/2016.....40

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| A | Ampére |
| CV | Cavalo Vapor |
| $I_n$ | Corrente Nominal |
| $I_p$ | Corrente de Partida |
| mA | Miliampéres |
| NA | Normal Aberto |
| NBR | Normal Brasileira Regulamentadora |
| NF | Normal Fechado |
| NR | Norma Regulamentadora |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| V | Volts |
| Vca | Tensão Alternada |
| Vcc | Tensão Contínua |
| Y/Δ | Estrela - Triângulo |

**SUMÁRIO**


**1. INTRODUÇÃO ..... 12**
**2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA ..... 13**
2.1 DAS CONDIÇÕES DO PAINEL ELÉTRICO ..... 13
2.2 PARTIDA DO MOTOR PRINCIPAL ..... 13
2.2 DO SISTEMA DE SEGURANÇA ..... 15
**3. DISPOSITIVOS A SEREM INSTALADOS ..... 17**
3.1 RELÉ DE SEGURANÇA SCHMERSAL SRB 301 MC ..... 17
3.2 INTERRUPTOR DE EMERGÊNCIA ACIONADO POR CABO SCHMERSAL 19
3.3 BOTÃO DE EMERGÊNCIA MONITORADO ..... 20
3.4 RELÉ PARA PARTIDA Y/Δ ..... 20
**4. HISTÓRICO DO EQUIPAMENTO ..... 22**
**5. METODOLOGIA ..... 23**
5.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO – MÉTODO DOS TRÊS PASSOS ..... 24
5.1.1 Execução da Análise Preliminar de Risco ..... 25
5.2 DIMENSIONAMENTO DA PARTIDA Y/Δ ..... 26
5.2.1 Os Contatores K1 e K2 ..... 27
5.2.2 Contator K3 ..... 28
5.2.3 Disjuntor Motor ..... 29
5.3 PREPARAÇÃO DA ESTRUTURA ..... 29
5.4 MONTAGEM DO PAINEL ELÉTRICO ..... 29
5.5 TESTE DO PAINEL EM BANCADA ..... 32
**6. INSTALAÇÃO DO PAINEL ..... 34**
**7. PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O PAINEL ..... 38**
**8. ANÁLISE DOS RESULTADOS ..... 39**
**9. CONCLUSÃO ..... 42**
**REFERÊNCIAS ..... 43**
**APÊNDICES ..... 45**
APÊNDICE A – FLUXOGRAMA PARA ANÁLISE E REDUÇÃO DOS RISCOS ..... 46
APÊNDICE B – DIAGRAMA DE FORÇA ..... 47
APÊNDICE C – SISTEMA DE SEGURANÇA ..... 48
APÊNDICE D – DIAGRAMA DE COMANDO ..... 49
APÊNDICE E – RÉGUA DE BORNES ..... 50
APÊNDICE F – DESCRIÇÃO DOS CÓDIGOS DOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS ..... 51

# 1. INTRODUÇÃO

Com a constante evolução tecnológica, novos componentes de força e comando, sejam elétricos ou eletrônicos surgem frequentemente, visando uma maior eficiência, vida útil e segurança. Tendo em vista aperfeiçoar processos produtivos, é necessário executar melhorias em máquinas e equipamentos, buscando sempre garantir a disponibilidade do equipamento e a segurança de todos os envolvidos no processo.

O equipamento em questão é antigo, porém no ano de 2013 a sua estrutura original em aço carbono, foi substituída por uma de aço inox. No ano de 2016, surgiu a necessidade de implementação de um sistema de segurança para atender os requisitos da NR -12, tornando viável o investimento na execução deste projeto.

Este projeto visa manter a disponibilidade do equipamento através da montagem e instalação de um painel elétrico novo, constituído por componentes projetados para atender as características do equipamento, com tensão de comando de 24 Vcc, nos garantindo uma confiabilidade maior, com risco de acidente de origem elétrica menor. Por sua vez, o sistema de segurança, busca assegurar a integridade dos colaboradores envolvidos no processo, será composto por botão de emergência, fim de curso e um interruptor de emergência acionado por cabo, ambos monitorados por relé, a fim de evitar que o equipamento ligue se pelo menos um dos sensores estiver aberto, controlando o risco de acidente de origem mecânica.

Será efetuada a preparação da estrutura do equipamento para receber a instalação dos componentes do sistema de segurança, bem como os diversos cabos que eram utilizados para comando serão substituídos por um único cabo de comando com a quantidade de vias necessárias.

O diagrama elétrico de força e comando será desenhado e simulado em software antes da montagem do painel. Após a finalização do painel, o diagrama elétrico será anexado ao manual do equipamento, juntamente com o plano de manutenção.

# 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 2.1 DAS CONDIÇÕES DO PAINEL ELÉTRICO

Manter a instalação elétrica em condições seguras de funcionamento é uma condição fundamental para garantir a segurança dos envolvidos no processo. Para que uma instalação seja considerada segura, a mesma deve ter suas condições atualizadas sempre que as normas ou regulamentos forem alterados.

A NORMA REGULAMENTADORA NR - 10 (2004), no seu sub item 10.4.4, menciona que as instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de segurança devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projeto.

## 2.2 PARTIDA DO MOTOR PRINCIPAL

Todo motor elétrico sofre um pico de corrente no momento de sua partida. Segundo Moraes (2011):

> Os *motores elétricos trifásicos por serem máquinas elétricas indutivas possuem um aumento abrupto da corrente elétrica no momento de sua partida. Este aumento pode chegar a ser de até oito vezes a corrente nominal. Com o aumento da tecnologia na fabricação destas importantíssimas cargas elétricas conseguimos alcançar uma redução significativa neste problema e novos motores, normalmente, são apresentados com corrente partida (Ip) de 4 a 6 vezes a corrente nominal (In).*

Existem diversos sistemas de partidas indiretas que colaboram para a redução da corrente de partida de um motor elétrico, entre elas a partida estrela – triângulo.

De acordo com Souza (2009):

> Em instalações elétricas industriais, principalmente aquelas sobrecarregadas, podem ser usadas partida estrela - triângulo como forma de suavizar os efeitos da partida dos motores elétricos. Só é possível o acionamento de um motor elétrico através de partida estrela – triângulo se este possuir seis terminais acessíveis e dispor de dupla tensão nominal, tal como 220/380V ou 380/660V.

Franchi (2014) salienta que para a montagem deste sistema de partida é necessário o uso de três contatores de potência, sendo necessário tomar cuidado para que os contatores de fechamento em estrela e em triângulo não fechem simultaneamente, pois assim teríamos um curto – circuito entre fases, utilizando um relé para partida estrela – triângulo o fechamento do contator triangulo se dá com um atraso de 30 a 100ms em relação a abertura do contator estrela.

Existe quatro categorias para emprego de contatores, sendo levado em consideração a corrente que o contator deve suportar e o tipo de carga a ser acionada. O Quadro 1 nos traz informações dessas categorias.

| Categoria | Emprego | Exemplo |
|---|---|---|
| AC 1 | Aplica - se a todos os aparelhos de corrente alternada, com fator de potência mínimo de 0,95. | Aquecedores, fornos a resistência. |
| AC 2 | Partidas e desligamentos, frenagem por contracorrente e partida por impulso em motores de anéis. | Acionamento de motores com rotor bobinado |
| AC 3 | Motores de gaiola cujo desligamento é efetuado com o motor em regime. | Elevadores, escadas rolantes, esteiras transportadoras, compressores. |
| AC 4 | Manobras pesadas, acionar motores em plena carga | Talhas, tornos, pontes rolantes, máquinas de impressão. |

**Quadro 1 - Categoria de emprego de contatores**
**Fonte: SIBRATEC (2016)**

Através deste sistema de partida temos uma redução de 33% em relação a corrente de partida que teríamos se a realizássemos de forma direta.

“O motor parte em estrela, a tensão sobre as bobinas é de 58% da tensão nominal, após certo tempo, a ligação é convertida em triângulo, assumindo a tensão nominal [...] A corrente de partida tem redução de 33% em relação à partida direta” (FILHO; DIAS 2014).

Conforme Moraes (2011), para o correto dimensionamento de uma partida estrela – triângulo deve ser tomado como referência às características individuais de cada componente do circuito separadamente, pois a corrente que circula em cada componente é diferente uma da outra.

Franchi (2014) cita como vantagens deste tipo de partida o baixo custo de montagem, o pequeno espaço para montagem dos componentes e a inexistência de um limite máximo para manobras.

## 2.2 DO SISTEMA DE SEGURANÇA

Segundo o artigo 19 da Lei Nº 8.213, de 24 de julho de 1991, “acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, ou pelo exercício do trabalho do segurado especial, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, de caráter temporário ou permanente”.

Os acidentes de trabalho resultam de interações inadequadas entre o homem, a tarefa e o seu ambiente. Acidentes ocorrem geralmente quando da junção de diversos fatores negativos.

Conforme Lida (2005)

> Os acidentes são resultados de interações inadequadas entre o homem, a tarefa e o seu ambiente. O acidente pode ser causado por um comportamento de risco do operador, pelas inadequações do posto de trabalho, produtos mal projetados ou falhas da máquina, além de fatores do meio ambiente, tais como buracos na estrada. No entanto geralmente é quando existe uma junção de fatores negativos, é que ocorrem os acidentes.

Melhorias, normatização e ou adaptações em máquinas existentes são algumas das medidas adotadas com o objetivo de diminuir o número de acidentes típicos que ocorrem num ambiente industrial. Existem diversas normas que, quando implantadas, buscam controlar o risco de acidentes, sejam eles de origem mecânica ou elétrica.

A NORMA NBR ISO 12100 (2013) aborda basicamente uma metodologia para averiguação e tomada de decisão a fim de eliminar ou reduzir o risco que partes mecânicas de maquinas e equipamentos oferecem aos seus operadores e terceiros.

Por sua vez, a NORMA REGULAMENTADORA NR-12 REFERENTE A SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (2015) estabelece princípios de segurança visando sempre à seguinte hierarquia: medidas de proteção coletiva, medidas administrativas ou organização do trabalho, medidas de proteção individual. As máquinas devem atender aos princípios de falha nos sistemas de segurança, principalmente quando estiverem sendo utilizadas.

A norma NBR 14153 – SEGURANÇA DE MÁQUINAS – PARTES DE SISTEMAS DE COMANDO RELACIONADOS Á SEGURANÇA – PRINCIPIOS GERAIS PARA PROJETO (2013) estabelece itens de segurança para enquadramento do equipamento com sua respectiva categoria de risco. Essa norma também se aplica a todos os tipos de comando: elétrico, mecânico, pneumático, hidráulico.

# 3. DISPOSITIVOS A SEREM INSTALADOS

Os principais dispositivos utilizados no projeto serão citados a seguir detalhadamente especificando suas finalidades e características, sendo que os mesmos constituem-se basicamente de um relé de segurança, interruptor de emergência acionado por cabo, botão de emergência monitorado e relé temporizador para partida Y/ Δ (estrela/triângulo).

## 3.1 RELÉ DE SEGURANÇA SCHMERSAL SRB 301 MC

Este dispositivo tem por função controlar e minimizar ao máximo o risco existente em uma determinada situação.

São previstos para montagem em quadros de comando. Eles servem para análise segura dos terminais de ruptura positiva de chaves magnéticas, sensores indutivos, capacitivos, ópticos, chaves fim de curso e contatos de botões de emergência.

Possui dois canais para entrada dos dispositivos de segurança a serem monitorados: o canal S11 – S12 e o S21 – S22, sendo que cada um deles pode monitorar diversos dispositivos ligados em série. Cada canal emite um sinal elétrico para o contato do elemento de segurança, e espera o retorno deste sinal para liberar ou não o comando do equipamento. Nas saídas de comando, 13 - 14, 23 - 24 e 33 – 34, liga –se uma contatora de segurança, a qual quando acionada libera o circuito de comando do equipamento.

Quando do retorno do sinal elétrico para ambos os canais, os contatos de comando 13 - 14, 23 - 24 e 33 - 34 fecham mediante a atuação da entrada de reset X1 - X2. Ao abrir ao menos umas das entradas dos canais, os contatos de comando comutam, fazendo com que a contatora de segurança abra, cortando o circuito de comando do equipamento.

A Figura 1 apresenta relé segurança SCHMERSAL SRB 301 MC:

**Figura 1 - Rele de segurança**
**Fonte: SCHMERSAL 2016**

Este relé possui LED´s indicadores verde, conforme suas funções:

1. K1: Estado canal 1
2. K2: Estado canal 2
3. UB: Estado da tensão operacional (LED acende quando há tensão operacional nos terminais A1 - A2)
4. Ui: Estado da tensão operacional interna (LED acende quando há tensão operacional nos terminais A1-A2 e o fusível não atuou).

O quadro abaixo mostra de forma detalhada os terminais do rele de segurança e suas respectivas funções:

| DESCRIÇÃO DOS TERMINAIS | | |
|---|---|---|
| Tensões: | A1 | 24 VDC / VAC |
| | A2 | 0 VDC / VAC |
| Entradas: | S11 - S12 | Entrada canal 1 (+) |
| | S21 - S22 | Entrada canal 2 (+) |
| Saídas: | 13 – 14 | Primeira saída de segurança |
| | 23 – 24 | Segunda saída de segurança |
| | 33 – 34 | Terceira saída de segurança |
| Partida: | X1 - X2 | Circuito de retorno e reset externo |
| | 41 – 42 | Contato auxiliar de abertura |

**Quadro 2 - Descrição dos terminais do relé se segurança**
**Fonte:Ace Schmersal (2016).**

## 3.2 INTERRUPTOR DE EMERGÊNCIA ACIONADO POR CABO SCHMERSAL

Em qualquer máquina, equipamento ou instalação industrial, a utilização de interruptores de emergência acionado por cabo vem crescendo e tendo sua eficácia comprovada, acionando o cabo de segurança é possível derrubar o sinal de comando do equipamento fazendo com que o mesmo desligue imediatamente.

Estes interruptores devem ser monitorados por relé de segurança, sendo que uma vez acionado o cabo, ele provoca a abertura de dois contatos normalmente fechado, indicando ao relé uma anomalia, o qual por sua vez derruba a contatora de segurança, desligando assim o sistema. Para retorno, é necessário realizar um reset dos contatos do interruptor através do botão de reset que se encontra na parte superior do dispositivo, com posterior reset do rele de segurança.

O modelo Schmersal ZQ 900 (Figura 2), é fabricado num invólucro de metal, possui quatro contatos, o qual pode ser pedido conforme a necessidade da instalação. Para este sistema, será utilizado o ZQ 900 04, com quatro contatos NF, sem botão de emergência acoplado, os contatos são de comutação rápida e ruptura positiva. Possui uma alta durabilidade mecânica e atua com cabo de até 50m de comprimento.

**Figura 2 – Chave de emergência ZQ 900**
**Fonte: O autor**

## 3.3 BOTÃO DE EMERGÊNCIA MONITORADO

Mesmo quando os botões de emergência são redundantes (2NF) e ligados a relés de segurança, a parada segura através da emergência pode se tornar ineficaz quando os contatos não estão conectados corretamente no frontal botão de emergência.

Considera - se monitorado o botão de emergência que possua o contato de auto monitoramento, ou seja, possuir um contato NA ligado em série com um contato NF, ou algum dispositivo mecânico que venha ocasionar uma falha no sistema de segurança quando da ruptura ou desprendimento da parte frontal do botão de emergência. Este dispositivo impossibilita o funcionamento do equipamento quando os contatos se desprendem ou estejam mal conectados à parte frontal do botão de emergência. Na figura 3 vemos um botão de emergência monitorado.

**Figura 3 – Botão de emergência monitorado**
**Fonte: O autor**

## 3.4 RELÉ PARA PARTIDA Y/Δ

Quando da realização de uma partida Y/Δ, em hipótese alguma o contator de fechamento Y (K3) e o do fechamento Δ (K2) pode estar acionados simultaneamente, pois esta condição ocasionaria um curto circuito. Pode ser usado um relé temporizador comum, mas ainda assim ocorre o risco do contator Δ estar acionada antes da abertura do contator Y.

Para evitar esta situação, utiliza-se o relé temporizador para partida Y/Δ, o qual utiliza dois contatos NA para o comando dos contatores, sendo que entre a abertura de um contato e o fechamento do outro existe um intervalo de aproximadamente 100ms o que garante a abertura completa do contator Y.

O modelo utilizado neste projeto foi o relé temporizador da Siemens, modelo 7PU06 (Figura 4).

**Figura 4 – Relé Temporizador Y/Δ**
**Fonte: SIEMENS 2016**

## 5. HISTÓRICO DO EQUIPAMENTO

O manual do equipamento nos remete ao ano de 1982 como o ano de sua fabricação, até meados do ano de 2006, o mesmo pertencia ao setor do preparo de massas para linguiça calabresa, devido a ampliação do setor da presuntaria, passou a ser necessário um moedor exclusivo para o setor a fim de atender a demanda produtiva de apresuntado, sendo assim transferido o referido equipamento para o setor da presuntaria. O equipamento é composto basicamente por 3 caracóis: o caracol alimentador, o qual é movimentado por um motor de 2cv, e a transmissão de movimento ocorre por meio de rodas dentadas e correntes, cuja função é levar a carne até o segundo caracol, este denominado caracol principal transporta a carne contra o sistema de moagem. A transmissão de movimento se dá através de um motor de 50cv que se interliga ao caracol por meio de um sistema de polias e correias. Na saída do moedor, temos o caracol transportador, esse com função de transportar o produto moído para dentro dos tanques. No sistema de moagem, encontramos os discos e navalhas, o diâmetro da boca é de 160mm.

Este equipamento, modelo TR - 160 foi produzido pela INCOMAF – Industria de Máquinas Frigorificas, situada em Itaquaquecetuba – SP. Na Figura 5, vemos o equipamento citado.

**Figura 5 – Moedor INCOMAF TR - 160**
**Fonte: O Autor**

Durante todo o tempo de uso do equipamento, a única mudança que o equipamento passou foi a substituição de sua estrutura original em aço carbono por uma totalmente em inox, porém, com relação ao sistema de comando e força, vem operando sem grandes mudanças. Na Figura 6 vemos a situação em que o painel se encontrava.

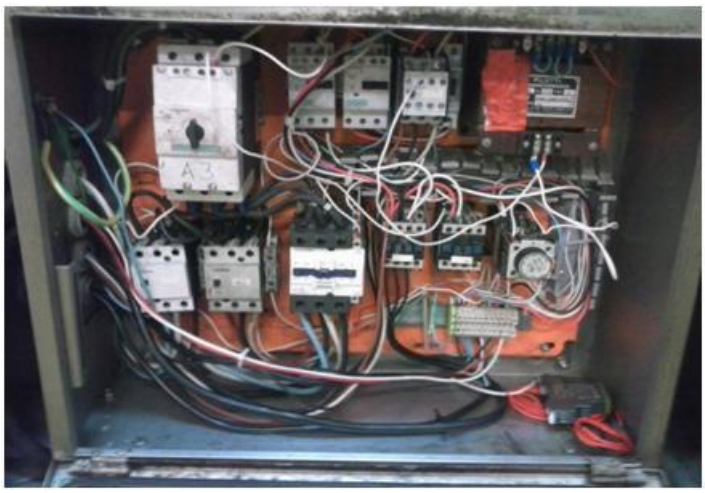


**Figura 6 – Vista geral do painel elétrico**
**Fonte: O Autor**

Com relação à segurança dos colaboradores, o equipamento nunca possuiu nenhum sistema, sendo assim será implantado um sistema visando atender os requisitos da NR -12, segundo a análise preliminar de riscos que será realizada.

## 6. METODOLOGIA

Após a decisão de que o projeto seria executado, realizou – se a análise preliminar de risco para a implantação do sistema de segurança.

Em seguida, buscou – se as características elétricas dos três motores que o equipamento possui, as mesmas encontram-se listadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Características elétricas dos motores**

| Motor | Potência (cv) | Corrente (A) | Tensão (V) | Fator de Serviço (FS) |
|---|---|---|---|---|
| Principal | 50 | 73 | 220/380 | 1,15 |
| Alimentador | 2 | 3,8 | 220/380 | 1,15 |
| Transportador | 2 | 3,8 | 220/380 | 1,15 |

**Fonte: O autor**

Ficando definido que seria mantido o sistema de partida Y/Δ para o motor principal, sendo a mesma redimensionada segundo as características do motor. Os outros dois motores continuariam partindo de forma direta, sendo que o alimentador partiria quando entrar o regime Δ do motor principal. O transportador partiria através de um comando manual. Os passos seguintes estão listados abaixo:

1. Dimensionamento dos componentes para a partida Y/Δ.
2. Levantamento do material para montagem tanto do painel novo quanto do sistema de segurança.
3. Desenho e simulação do diagrama de força e comando em *software.*
4. Montagem do painel novo.
5. Preparação da estrutura para o sistema de segurança.
6. Instalação do sistema de segurança e painel novo.
7. Elaboração do plano de manutenção preventivo.

## 5.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO – MÉTODO DOS TRÊS PASSOS

Para apreciação e redução de risco em máquinas, a NBR ISO 12100 (2013) recomenda o método de três passos, mostrado no fluxograma do APÊNDICE A, que podem ser resumidos em:

1°. identificação dos perigos que o equipamento oferece e verificação da viabilidade da instalação de proteções;

2°. proteções complementares utilizando monitoramento em proteções móveis;

3°. riscos residuais devem ser identificados nas informações de uso que deve conter treinamentos necessários para práticas de trabalho seguras

Já o método da NR 12 (2015) estabelece que o comando elétrico deve preferencialmente ser em 24 Vcc. Riscos existentes devem ser identificados através de placas de sinalização instaladas no equipamento.

O método da NBR 14153 (2013) demonstra as categorias de risco como é o comportamento de cada categoria para enquadrar equipamentos às mesmas

### 5.1.1 Execução da Análise Preliminar de Risco

Os passos da análise de risco, segundo o método dos três passos, estão descritos a seguir:

1°. Com auxilio de um técnico de segurança, verificou – se o equipamento visualmente, observando todas as partes que oferecem risco aos colaboradores, concluindo que as mesmas podem ser trabalhadas e ter esse risco diminuído.

2°. Confecção de proteção móvel, do sistema mecânico para instalação da chave de emergência, instalação de dispositivo que faça monitoração da tampa móvel e botão de emergência. Dimensionamento de um novo sistema de comando.

3°. Sinalização do botão de emergência e dos riscos residuais através de placas.

Após a realização desta análise, pode ser verificado a presença de alguns riscos, tais como: risco de batidas, cortes, prensamentos, riscos estes que se enquadram na Categoria de Segurança III. Os elementos que ofereciam riscos aos operadores são enumerados a seguir:

1. Boca de moagem e compartimento de carga sem nenhuma proteção;
2. Ausência de dispositivo que impeça partida involuntária;
3. Ausência de placas que identifiquem riscos adicionais;
4. Parte do circuito de comando em 220V;
5. Botões de comando diretamente na estrutura do equipamento.

As Figuras 7, e 8 mostram a boca de moagem e o compartimento de carga.

**Figura 7 – Boca de moagem**
**Fonte: O Autor**

**Figura 8 – Compartimento de carga**
**Fonte: O Autor**

## 5.2 DIMENSIONAMENTO DA PARTIDA Y/Δ

A partida Y/Δ será dimensionada tomando como referência as características individuais de cada componente do circuito separadamente, uma vez que a corrente que circula em cada componente do circuito é diferente uma da outra.

As características do motor principal encontram – se na Tabela 2.

**Tabela 2 – Características elétricas do motor principal**

| Motor | Potência (cv) | Corrente (A) | Tensão (V) | Fator de Serviço (FS) |
|---|---|---|---|---|
| Principal | 50 | 73 | 220/380 | 1,15 |

**Fonte: O autor**

### 5.2.1 Os Contatores K1 e K2

Primeiramente vale ressaltar que os dois serão iguais, pois a corrente conduzida pelos dois será a mesma, visto que trabalharão juntos quando o sistema trabalhar em Δ.

Três variáveis são indispensáveis para o dimensionamento de K1 e K2. Trata-se da corrente de linha (corrente nominal do motor), corrente de fase (corrente que circula em cada bobina do motor) e corrente de emprego do contator (corrente levando em consideração o fator de serviço do motor).

Assim teremos:

$I_L = I_n$

Onde:

$I_L$– Corrente de Linha (A)

$I_n$ – Corrente Nominal (A)

Sabendo que o motor principal possui potência de 50cv e corrente nominal de 73 A, chegamos ao valor de corrente de linha $I_L$ = 73 A.

A corrente que circulará nos contatores K1 e K2 não será a corrente de linha devido a divisão ocasionada nos nós acima de K1, trata-se da “Corrente de Fase” sendo necessário determinar a corrente fase que representa a corrente que circulará nos contatores K1 e K2 no segundo estágio da partida. As bobinas do motor recebem apenas 58% da tensão nominal, reduzindo assim a corrente de partida em $\sqrt{3}$.

A corrente de fase ($I_\Delta$) é dada por:

$$I_\Delta = IL/\sqrt{3}$$

$$I_\Delta = 73/\sqrt{3} = 42{,}15A$$

A corrente de emprego ($I_e$) de K1 e K2 leva em consideração o fator de serviço do motor e se dá pela seguinte formula:

$$I_e = I_\Delta \, . \, Fs$$
$$I_e = 42{,}15 \, . \, 1{,}15 = 48{,}3A$$

Com estas informações, é possivel selecionar o modelo para os contatores, levando em consideração $I_e$ = 48,3A.

O contator selecionado para a função K1 e K2 foi da marca Siemens, modelo Sirius 3RT1036, alimentado em 380V, tensão da bobina 220V, que na classe AC – 3 suporta 50A.

### 5.2.2 Contator K3

Somente será utilizada pelo sistema no momento da partida do motor, ou seja, no momento em que o circuito assumir o fechamento estrela, sendo assim, a corrente que circulará neste trecho do circuito será de 33% da corrente nominal. Assim teremos que a corrente de emprego ($I_e$) de K3 será:

$$I_e = (0{,}33 \ . \ I_n) \, . \, 1{,}15$$
$$I_e = (0{,}33 \, . \, 73) . \, 1.15$$
$$I_e = 27{,}70A$$

O contator selecionado para a função K3 foi da marca Siemens, modelo Sirius 3RT1034, alimentado em 380V, tensão da bobina 220V, que na classe AC – 3 suporta 32A.

### 5.2.3 Disjuntor Motor

Para o dimensionamento do disjuntor de proteção do motor, utilizou-se como referência a corrente nominal do mesmo, que é a corrente de linha, no caso $I_L$=73A.

Consultando o manual do fabricante Siemens, foi selecionado um disjuntor modelo Sirius 3RV11 42 4KA10, corrente nominal de 75A, com *knob* ajustável 57 – 75A, este recomendado para proteção de motor de 50cv de potência.

## 5.3 PREPARAÇÃO DA ESTRUTURA

A análise preliminar mostrou os riscos existentes nos levando a efetuar as seguintes instalações:

1. Chave de emergência acionada por cabo com reset manual no compartimento de carga;
2. Botão de emergência monitorado;
3. Tampa na boca de moagem;
4. Relé de segurança para monitorar todas as proteções.

Inicialmente, foi focado na confecção da tampa de proteção da boca de moagem, do suporte para o fim de curso e do sistema de roldanas para fechar a malha de cabo para a chave de emergência.

## 5.4 MONTAGEM DO PAINEL ELÉTRICO

Primeiramente foi desenhado o diagrama elétrico, para isso foi necessário o uso de dois *softwares*: O Qeletrotech e o CADe - SIMU, cada um com sua particularidade foi de grande valia para a realização do trabalho. O primeiro tem uma vasta biblioteca de componentes, a qual foi muito útil para o desenho dos diagramas, mas não fornece a opção de simulação, enquanto a biblioteca do CADe - SIMU é menos completa, porém possui a opção para simulação e nele foi simulada

a partida dos motores. As Figuras 9 e 10 mostram o diagrama sendo desenhado no Qeletrotech e a partida dos motores sendo simulada no CADe - SIMU.

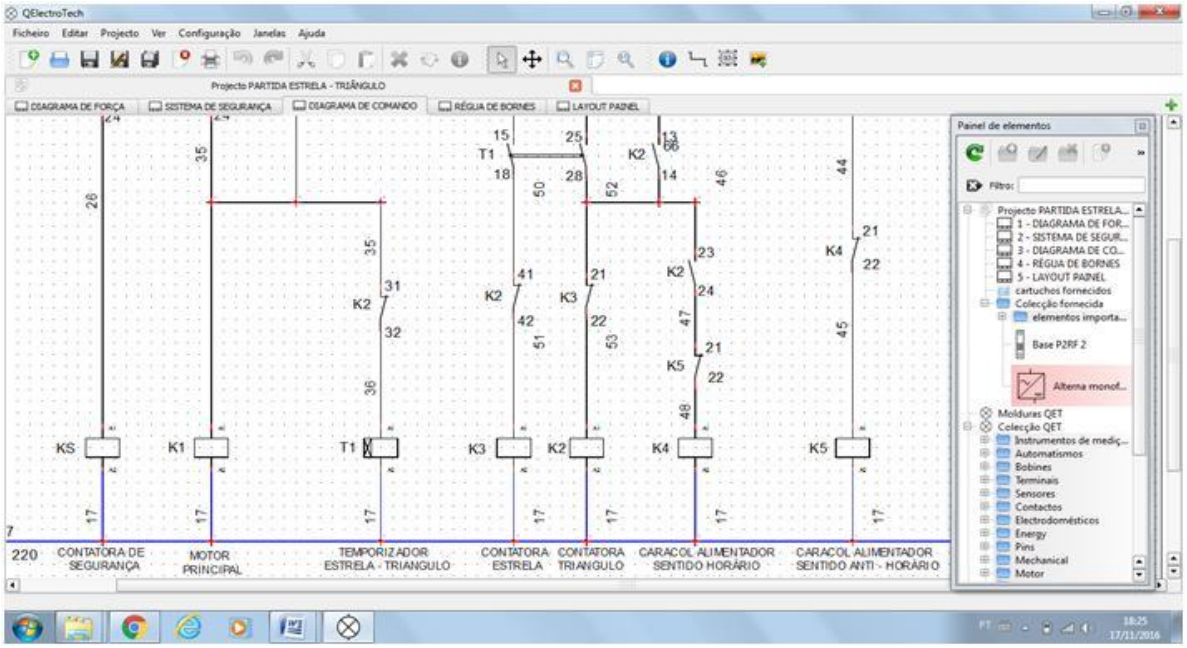



**Figura 9 - Esquema elétrico sendo desenhado no Qeletrotech**
**Fonte: O autor**

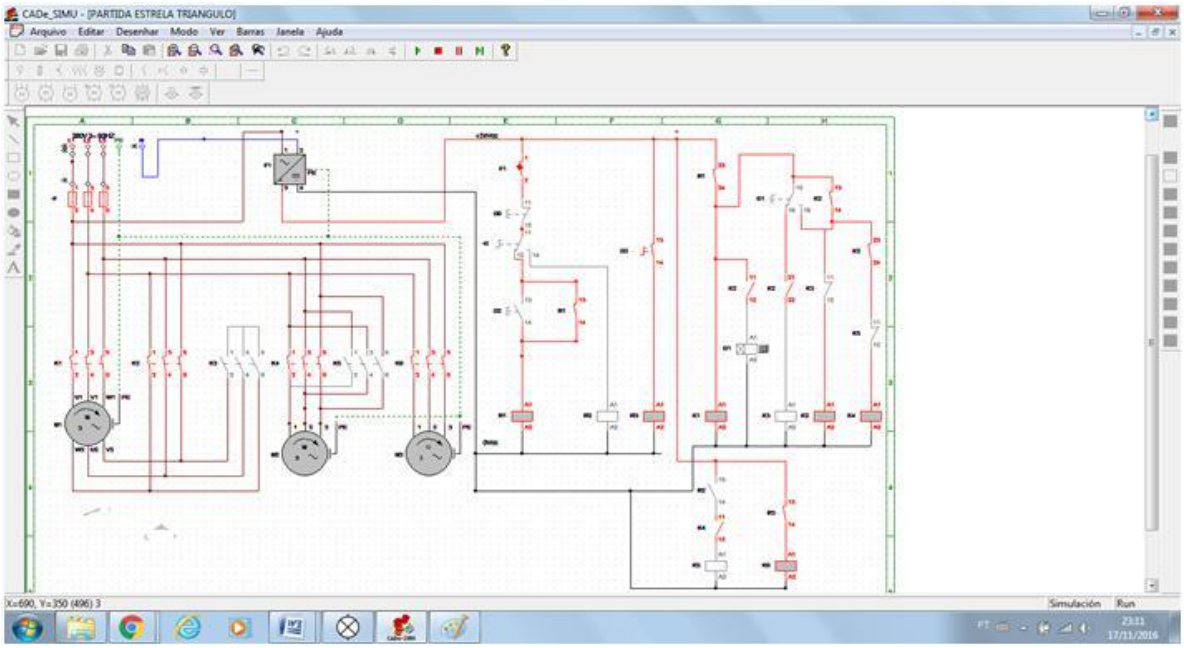



**Figura 10 - Simulação dos diagramas elétricos no CADe - SIMU**
**Fonte: O autor**

Após a finalização do desenho e simulação do diagrama em *software* iniciou - se a montagem do painel.

Para a montagem, a maioria dos componentes necessários foi requisitado no estoque do almoxarifado, e quando não havia no estoque era efetuado solicitação de compra com a autorização do supervisor de manutenção. O painel elétrico foi utilizado o mesmo que estava no equipamento, visto que o mesmo já é de inox, por sua vez, o espelho foi retirado de um painel de comando que havia sido desabilitado, diminuindo os custos do projeto. O material utilizado na montagem do painel encontra – se descrito no Quadro 3.

| Quantidade | Unidade | Descrição |
|---|---|---|
| 1 | Peça | Painel elétrico inox (65 x 45 x 20cm ) |
| 1 | Peça | Disjuntor trifásico 80A |
| 1 | Peça | Disjuntor monofásico 4A |
| 3 | Peça | Disjuntor motor |
| 7 | Peça | Contator |
| 4 | Peça | Rele |
| 1 | Peça | Fonte de alimentação 220V/24Vcc |
| 1 | Peça | Rele partida Y/Δ |
| 1 | Peça | Rele de segurança SRB 301 MC |
| 4 | Peça | Contato auxiliar frontal contatora |
| 3 | Peça | Contato auxiliar frontal Disjuntor motor |
| 3 | Peça | Borne sak aterramento 2,5mm$^2$ |
| 30 | Peça | Borne sak 2,5mm$^2$ |
| 1 | Peça | Borne sak aterramento 16mm² |
| 200 | Peça | Terminais diversos |
| 15 | M | Fio de comando 0,75mm$^2$ |
| 4 | M | Fio 16mm$^2$ |
| 5 | M | Cabo flexível múltiplo 16x1mm$^2$ |

**Quadro 3 – Lista de materiais utilizados para montagem do painel elétrico**
**Fonte: O autor**

As Figuras 11 e 12 mostram o painel em processo de montagem.

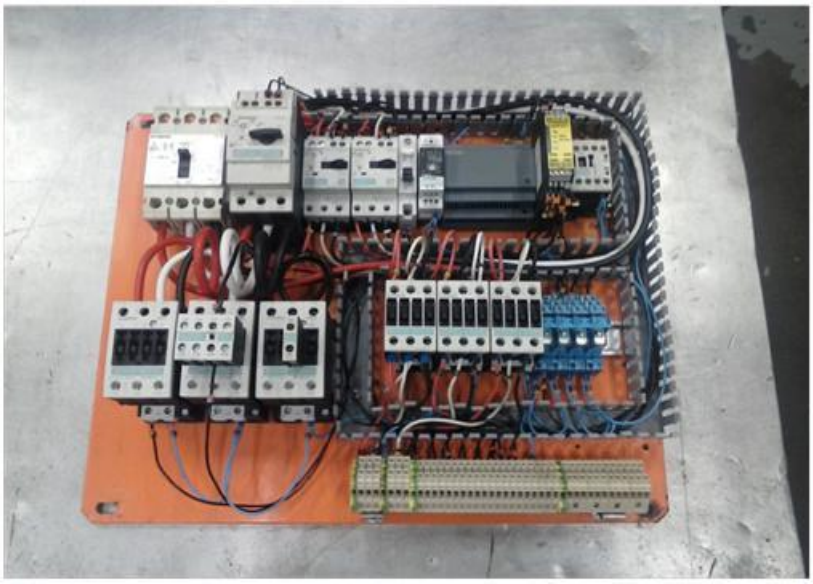


**Figura 11 – Painel em processo de montagem**
**Fonte: O autor**

**Figura 12 – Painel finalizado e pronto para testes**
**Fonte: O autor**

## 5.5 TESTE DO PAINEL EM BANCADA

Assim que estava finalizada a montagem do painel, foi energizado e efetuado testes de funcionamento do comando elétrico na bancada da oficina, o qual demonstrou que o mesmo estava conforme o planejado e pronto para a instalação. A Figura 13 mostra o painel com circuito de comando montado na bancada para realização dos testes.

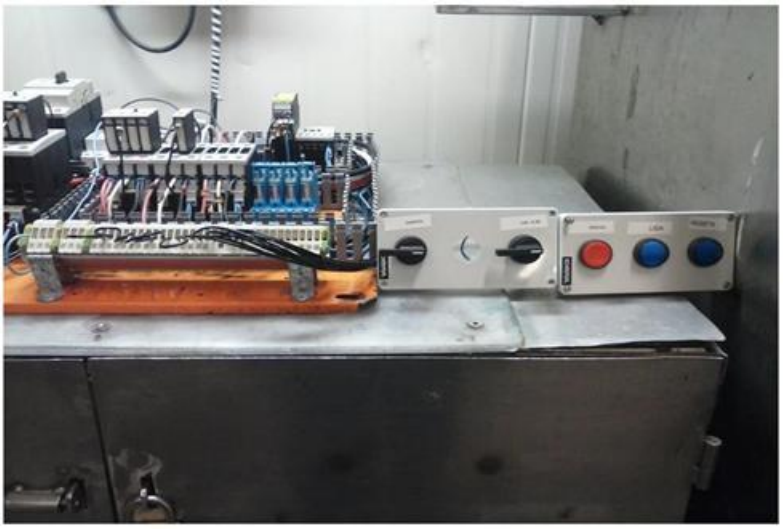


**Figura 13 – Circuito de comando com botões e manoplas para teste**
**Fonte: O autor**

# 6. INSTALAÇÃO DO PAINEL

Com o painel elétrico montado e os componentes mecânicos para o sistema de segurança prontos, foi programado a instalação do sistema de segurança, bem como do painel para os dois finais de semana seguintes, a fim de não interferir no processo produtivo e também não gerar hora de máquina parada.

No primeiro fim de semana, foi efetuada a instalação dos componentes mecânicos do sistema de segurança, para isso foi necessário furar a estrutura do equipamento, bem como realizar processo de corte e soldagem para realizar a união do sistema a estrutura do equipamento, finalizando com os dispositivos fixos no equipamento, porem a parte elétrica ficou para ser ligada no final de semana seguinte.

O final de semana seguinte foi totalmente focado na instalação do painel novo. Primeiramente foi efetuada a marcação dos cabos que seriam mantidos, em seguida foram removidos os cabos velhos que seriam substituidos, bem como as manoplas e botões, e retirou – se o espelho velho. A Figura 14 mostra o espelho do painel velho retirado.

**Figura 14 – Espelho velho retirado do painel**
**Fonte: O autor**

Logo em seguida, foi efetuada a fixação do espelho novo dentro do painel, conforme vemos na Figura 15.

**Figura 15 – Fixação do espelho novo**
**Fonte: O autor**

Com o espelho fixo no painel, efetuou - se a passagem e ligação dos cabos para o fim de curso da boca de moagem e do interruptor de emergência do compartimento de carga, após passou – se o cabo de comando para acionar as funções do equipamento e preparado a nova caixa de comando, a qual os botões e manoplas não ficam mais fixados diretamente na estrutura em inox do equipamento.

Com os cabos passados, foram ligados os componentes do sistema de segurança, a fim de testar o funcionamento do relé de segurança. Alimentou – se o painel e foi efetuado o teste dos componentes de segurança, sendo que toda a vez que uma proteção era aberta, os dois indicadores K1 e K2 do relé de segurança eram desativados, derrubando o contator de segurança, retornando somente após a proteção ser fechada e realizado o reset manual do relé de segurança, assim foi concluído que o sistema de segurança estava em condições de funcionamento.

Logo após foi ligado o comando do equipamento e testado o mesmo. Com o comando funcionando conforme o previsto foi efetuado a ligação dos cabos de força dos três motores do equipamento, realizando assim a partida dos motores, a qual foi acompanhada através da medida de corrente nas três fases, e em todos, a corrente estava dentro da faixa nominal do respectivo motor, denotando o correto funcionamento tanto do comando quanto da força do equipamento. A Figura 16 apresenta o painel finalizado.

**Figura 16 – Painel finalizado**
**Fonte: O autor**

Como será disponibilizado os esquemas de força e de comando do equipamento, os componentes e cabos foram todos identificados para serem mais facilmente localizados no diagrama conforme vemos na Figura 17.

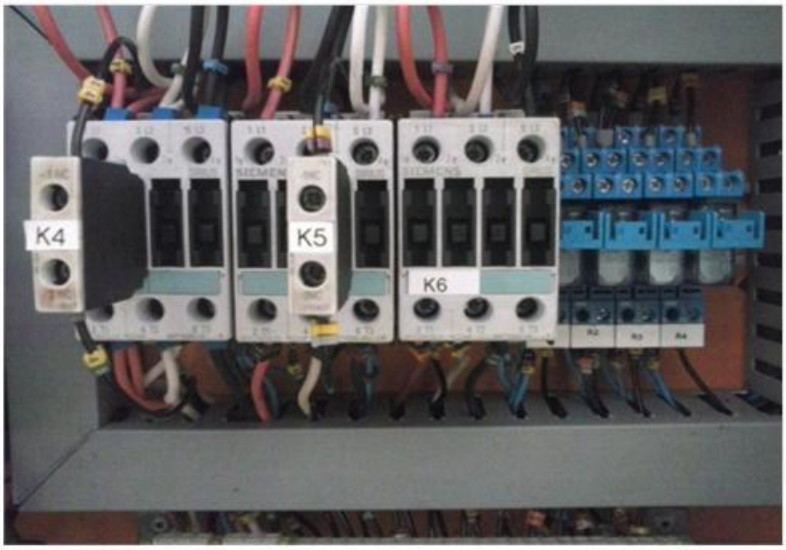



**Figura 17 – Detalhe da identificação dos componentes do painel**
**Fonte: O autor**

A Figura 18 apresenta o equipamento finalizado.

**Figura 18 - Equipamento finalizado**
**Fonte: O Autor**

Após todos os testes, foi comunicado ao supervisor da manutenção o qual verificou o funcionamento e o moedor foi liberado para a produção.

Durante os primeiros dias após a instalação do painel e do sistema de segurança, foi acompanhado o funcionamento do equipamento, treinado e auxiliado os operadores explicando as novas condições para a operação.

# 7. PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O PAINEL

Alguns fatores contribuíram para que o painel chegasse a situação em que se encontrava, dentre eles citamos o tempo de uso, falta de um plano de manutenção e serviços inacabados. Apresentamos um plano de manutenção preventivo, o qual sendo executado periodicamente manterá aceitável as condições do painel por um período de tempo maior. O Quadro 4 apresenta este plano de manutenção preventivo.

| Semanal | Mensal | Semestral |
|---|---|---|
| 1°: Verificação do fechamento da porta; | 1°: Inspecionar condições da borracha de vedação da porta; | 1°: Reaperto de todos os bornes, tanto os de força como os de comando; |
| 2º: Verificar existência de umidade no fundo do painel. | 2°: Verificação do ajuste e dos disjuntores motores; | 2°: Verificar condições dos contatos (aquecimento) utilizando o termovisor. |
| | 3°: Verificação dos elementos de contatos do comando; | |
| | 4°: Testar os disjuntores motores; | |
| | 5°: Limpeza do painel | |
| | 6°: Verificar canaletas e tampas. | |

**Quadro 4 – Plano de manutenção preventivo para o painel elétrico**
**Fonte: O autor**

# 8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com relação à parte elétrica do equipamento houve a anulação do risco de choque elétrico através do comando, visto que a tensão de comando que antes em parte era em 220V agora ficou totalmente em 24Vcc. Instalação de um sistema de monitoração e de segurança contra partida involuntária gerando segurança aos envolvidos no processo, o que antes era inexistente.

Antes existia uma grande dificuldade em se resolver problemas elétricos, visto que tínhamos um painel totalmente desorganizado e sem esquema elétrico algum. Agora o painel está organizado, com os esquemas elétricos atualizados, componentes do sistemas e cabos devidamente marcados, itens estes que auxiliam na resolução de problemas.

Sinalização de riscos era totalmente inexistente. Colocou – se placas de aviso na estrutura do equipamento “Cuidado: Não operar sem as guardas de proteção” e “Mantenha as mãos distantes, risco de esmagamento”, conforme vemos na Figura 19.

**Figura 19 - Placas de aviso na estrutura do equipamento**
**Fonte: O autor**

Com o intuito de estabelecer uma relação entre as condições iniciais as quais o equipamento se encontrava e as condições as quais ele se encontra atualmente

foi realizado um levantamento, através da coleta de dados das ordens de serviço abertas para o equipamento dentro do período de estudo, relacionando horas de máquina parada e custos de mão de obra antes e depois da instalação do painel novo.

**Tabela 3 – Histórico de paradas e custos de 01/04/2016 até 05/07/2016**

| PROBLEMA | HORA MÁQUINA PARADA | CUSTO MÃO DE OBRA (R$) |
|---|---|---|
| Não liga | 0,75 | 21,30 |
| Motor caracol transportador desarmado | 0,33 | 9,40 |
| Dando choque na estrutura do equipamento | 1,75 | 49,70 |
| Dando choque no botão de ligar | 0,5 | 14,40 |
| Desarmando com frequência | 1,5 | 42,60 |
| Caracol alimentador trancado | 2,5 | 71,00 |
| Contatora do motor principal com o contato estourado | 2 | 55,50 |
| Não liga | 0,5 | 14,40 |
| **Total** | **9,83** | **278,30** |

**Fonte: O autor**

**Tabela 4 – Histórico de paradas e custos de 06/07/2016 até 11/10/2016**

| PROBLEMA | HORA MÁQUINA PARADA | CUSTO MÃO DE OBRA (R$) |
|---|---|---|
| Não reseta sistema de segurança | 0,17 | 4,85 |
| Não liga | 0,25 | 7,1 |
| Não reseta sistema de segurança | 0,17 | 4,85 |
| Não reseta sistema de segurança | 0,33 | 9,37 |
| Não liga | 0,33 | 9,37 |
| **Total** | **1,25** | **35,54** |

**Fonte: O autor**

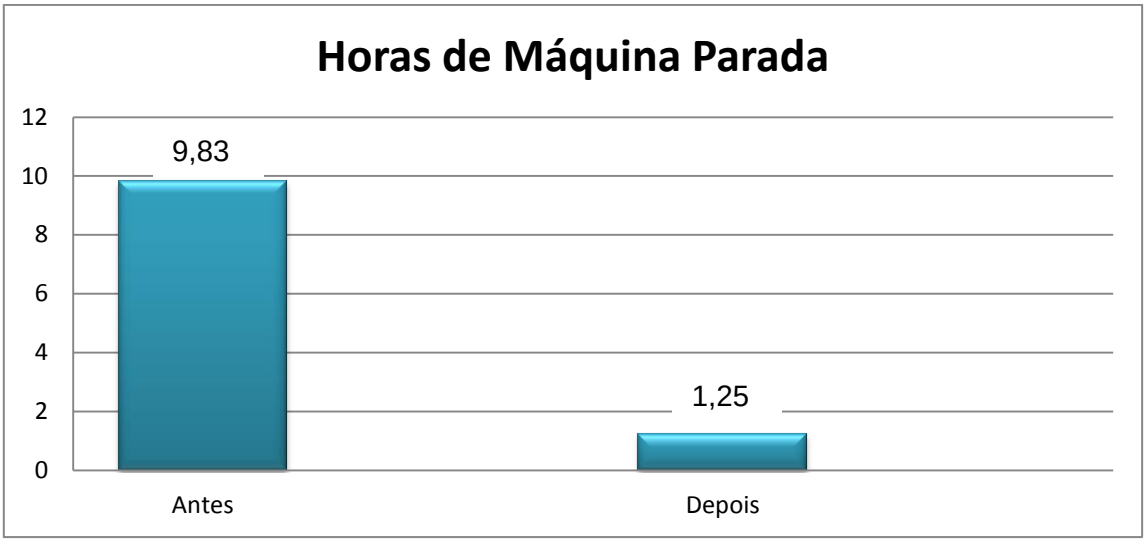



**Gráfico 1 – Redução de horas de máquina parada após a mudança**
**Fonte: Elaborado pelo autor**

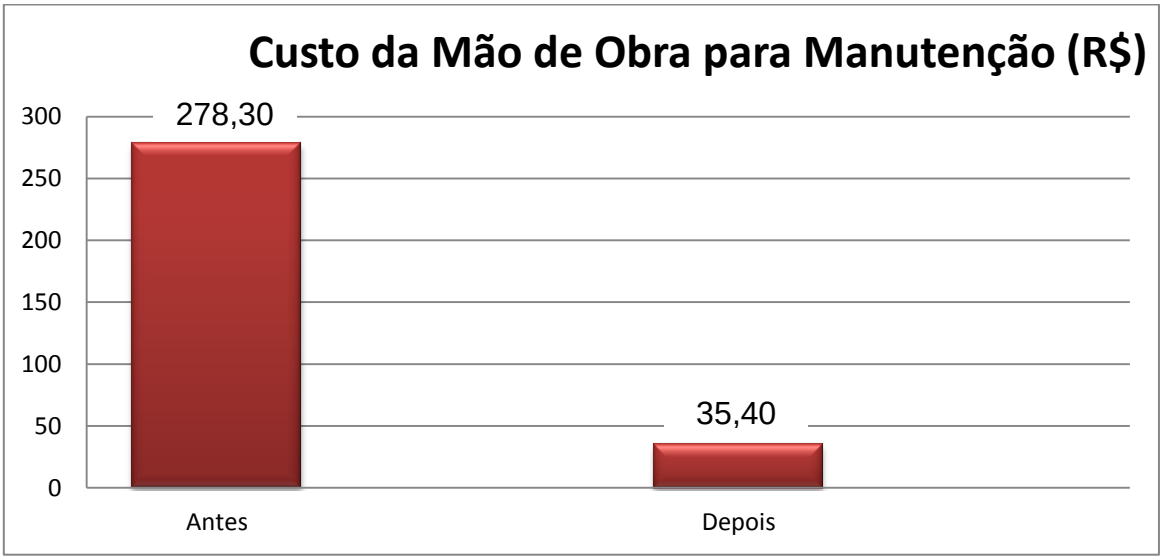



**Gráfico 2 – Redução de custo da mão de obra após a mudança**
**Fonte: Elaborado pelo autor**

# 9. CONCLUSÃO

O equipamento estava totalmente em desacordo com as normas vigentes colocando em risco a integridade de todos os envolvidos no processo.

A implementação do sistema de segurança atende as normas vigentes, as quais especificam o mínimo de segurança necessária para a operação do equipamento sem prejudicar sua operacionalidade. Com a instalação do fim de curso de tal forma que os operadores não têm acesso direto ao mesmo, juntamente com a chave de emergência acionada por cabo a qual necessita de *reset* manual, eliminando o risco de burla por parte dos operadores, juntamente com o perfeito funcionamento do relé de segurança acaba atingindo o nível de segurança III da NBR 14153 (2013) e também o necessário para se enquadrar a NR – 12 (2015). Placas e avisos também se enquadram nos requisitos de segurança, visto que a norma relata que na inviabilidade de instalação de sistemas de proteção para restringir o acesso a zonas perigosas deve ser disposto no equipamento avisos sobre os riscos eminentes.

Verificando a condição atual com a antiga, nota – se que após as mudanças a maior ocorrência foi com relação ao sistema de segurança não estar resetando, e todas as vezes por falha operacional. Assim sendo, foi elaborado um procedimento de trabalho e repassado aos operadores. Problemas elétricos diminuíram e os que ocorreram foram solucionados mais rapidamente do que quando estava instalado o painel velho.

Ao finalizar o projeto do painel novo e instalação do sistema de segurança do moedor, considera - se que os resultados obtidos foram satisfatórios, valendo todo o investimento feito em torno do mesmo. Vários aspectos positivos foram observados, a utilização de componentes modernos traz vários benefícios aos equipamentos, aumentando a confiabilidade, segurança e produtividade.

Sob o ponto de vista acadêmico, a realização deste projeto representou uma grande oportunidade de por em prática os conhecimentos teóricos e práticos obtidos em sala de aula e na área de trabalho.

# REFERÊNCIAS

**Botão de emergencia monitorado Schmersal .** Disponivel em: http://choice.codemix.com.br/home/conteudo/561/2003/Botao-de-emerg-ncia-com-contato-auto-monitorado. Acesso em 28 de setembro de 2016.

**Categoria de emprego dos contatores.** Disponivel em: http://www.sibratec.ind.br/binario/139/Classes_de_utiliza%23U00fe%23U00d2o_de_contatores.pdf Acesso em 25 de agosto de 2016.

**Chave de emergência acionada por cabo Schmersal ZQ 900 - 04.** Disponível em: siteimages.radarindustrial.com.br/.../INDUSTRIAL%20-%20Segurança%20**acionada**. Acesso em 23 de setembro de 2016.

FILHO, Guilherme F.; DIAS, Rubens A. **Comandos Elétricos:** Componentes Discretos, Elementos de Manobras e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2014. 184 p.

FRANCHI, Claiton Moro. **Sistema de Acionamentos Elétricos:** Controle de Processos Industriais. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 152 p.

**Imagem relé temporizador Siemens 7PU06.** Disponível em http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/dispositivos-baixa-tensao/reles/reles-de-tempo/7pu06/pages/7pu06.aspx. Acesso em 05 de setembro de 2016.

**Lei N° 8.213**, de 24 de julho de 1991 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8213cons.htm. Acesso em: 03 julho 2016

LIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 630p.

**Manual rele de segurança Schmersal Srb 301 mc**. Disponível em: http://www.schmersal.net/cat?lang=pt&produkt=2go733331avqalmlycl69217hxkn5j&tab=dat Acesso em: 03 setembro de 2016.

MORAES, Everton. **Partida Estrela Triângulo:** Do Zero ao Dimensionamento. Disponível em: http://page.saladaeletrica.com.br/coel1. Acesso em 10 de abril de 2016.

**NBR 14153 Segurança de máquinas. Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança. Princípios gerais para projeto. (2013).**

**NBR ISO 12100 Princípios gerais de projeto Apreciação e redução de riscos. (2013).**

**NR 10 Segurança Em Instalações E Serviços Em Eletricidade (2004).** Disponível em: http://portal.mte.gov.br/images/documentos/sst/ nr/nr10.pdf. Acesso em: 05 julho 2016.

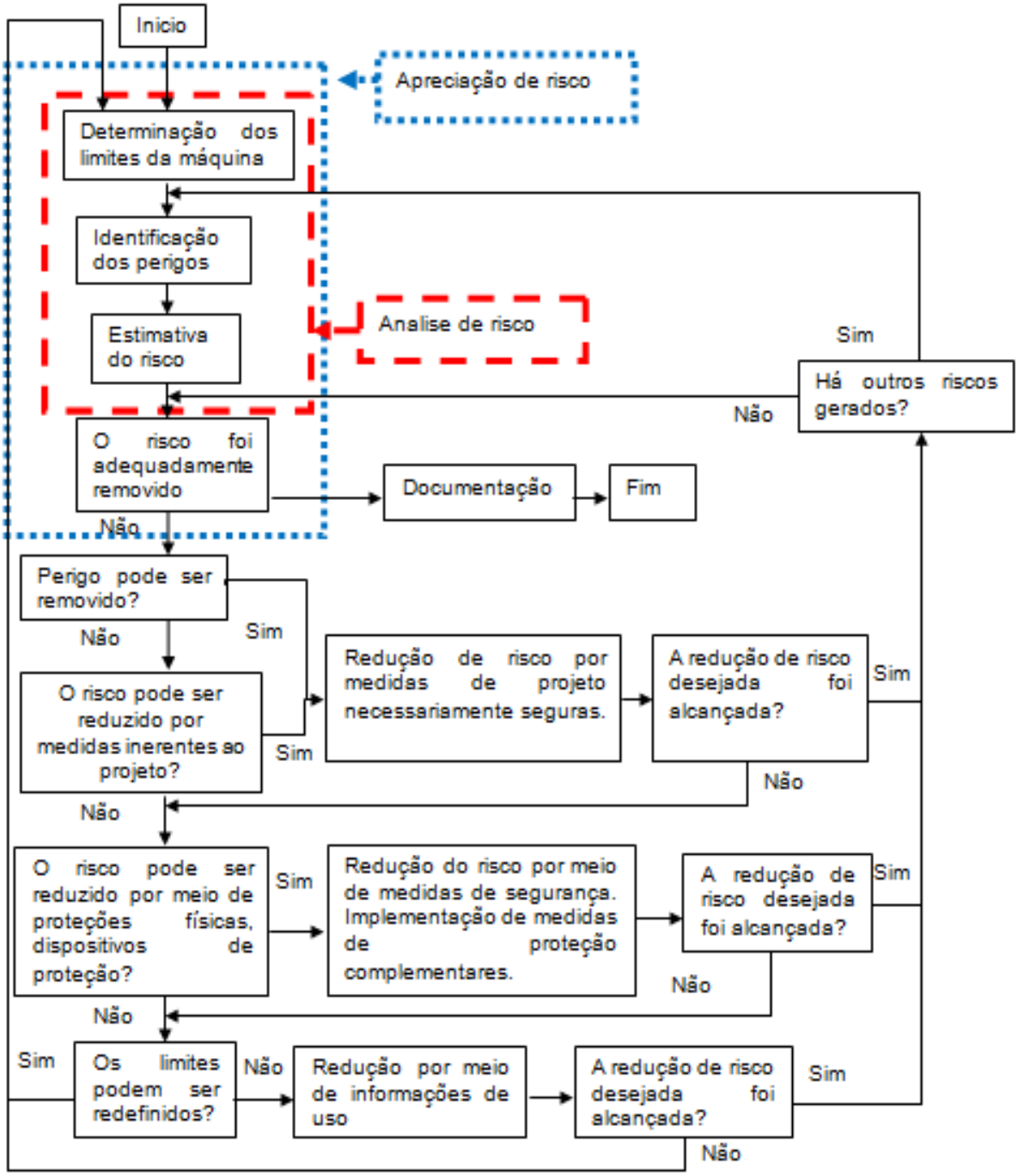
**NR-12 Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (2015).** Disponível em: http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR12.pdf Acesso em: 13 julho 2016.

SOUZA, Neemias S. **Apostila de Acionamentos Elétricos.** Disponível em: http://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica. Acessado em 20 de abril de 2016.

# APÊNDICES

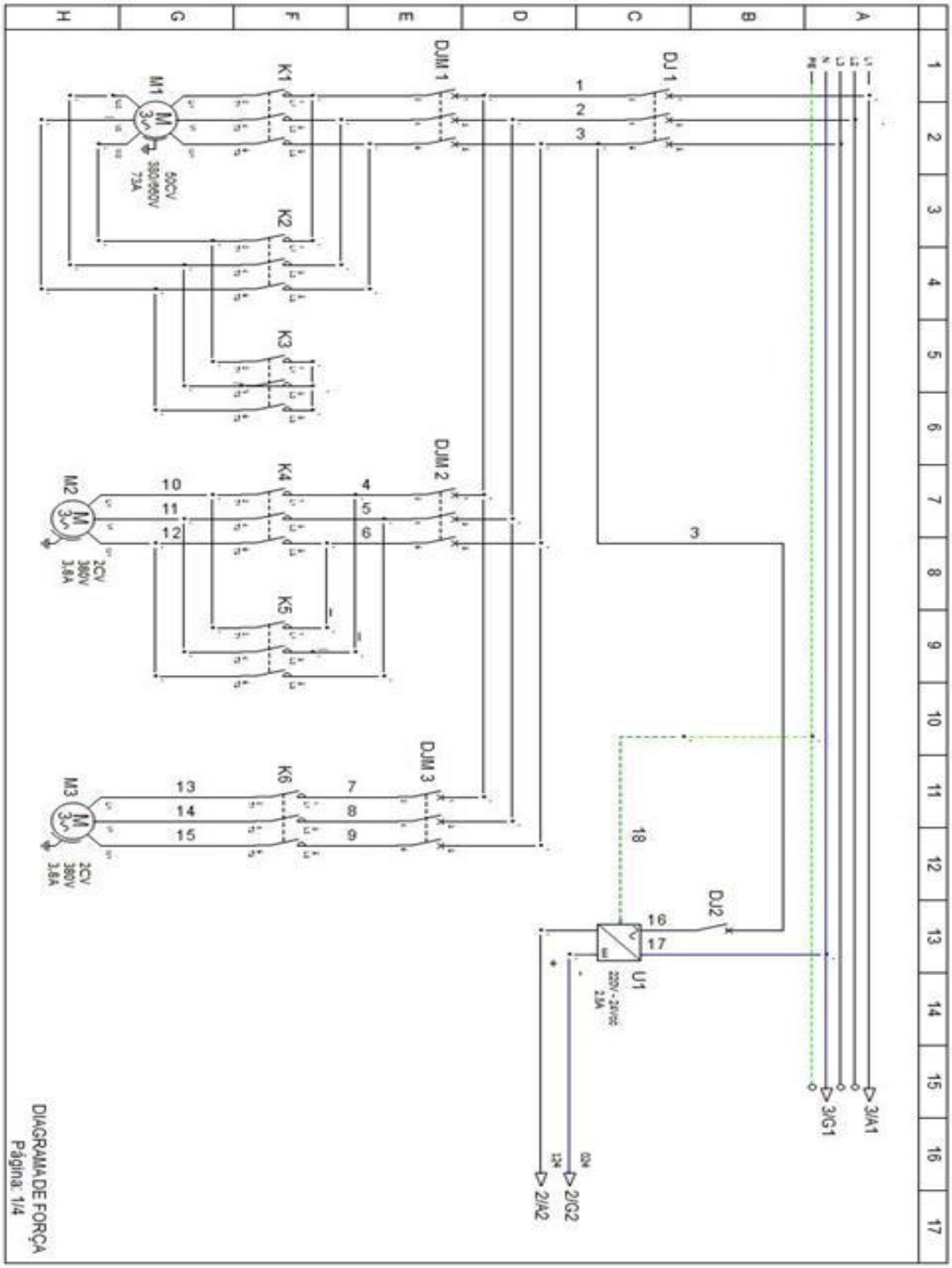
# APÊNDICE A – FLUXOGRAMA PARA ANÁLISE E REDUÇÃO DOS RISCOS

A figura apresenta o fluxograma de análise e redução de risco. O método interativo de três passos apresenta-se frisado em vermelho:

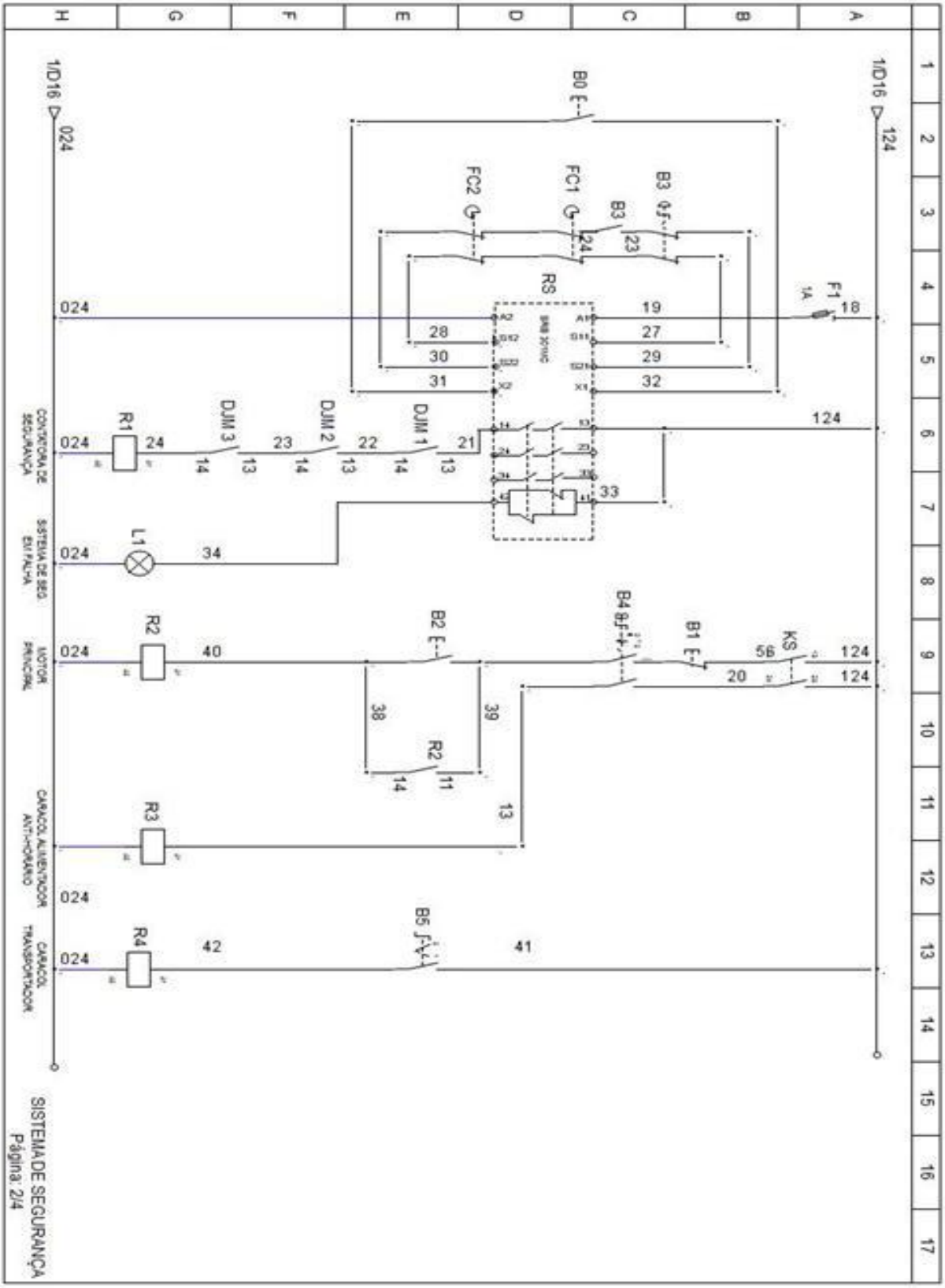



**FONTE: NBR ISO 12100 SEGURANÇA DE MÁQUINAS – PRINCÍPIOS GERAIS DE PROJETO – APRECIAÇÃO E REDUÇÃO DE RISCOS (2013).**

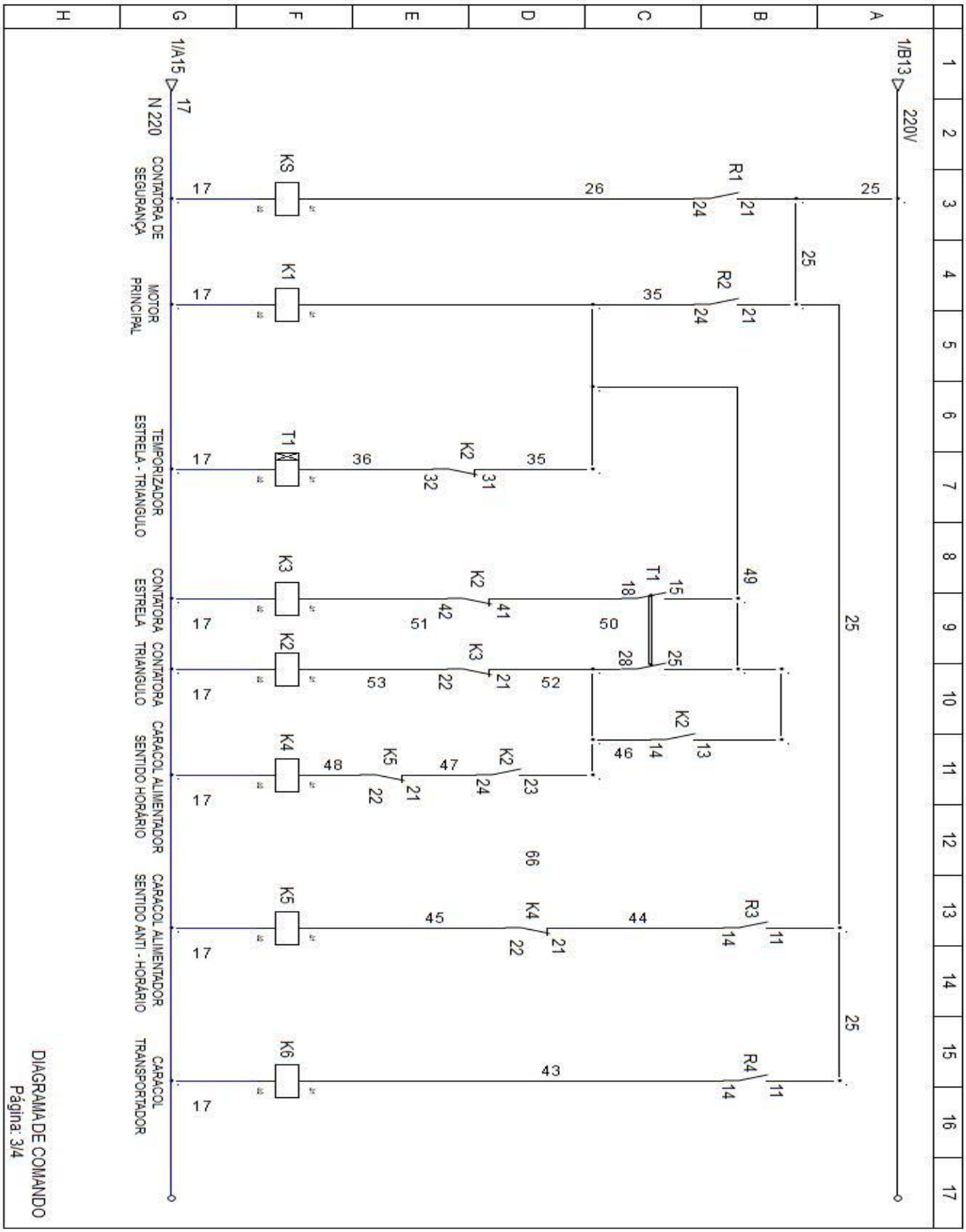
# APÊNDICE B – DIAGRAMA DE FORÇA



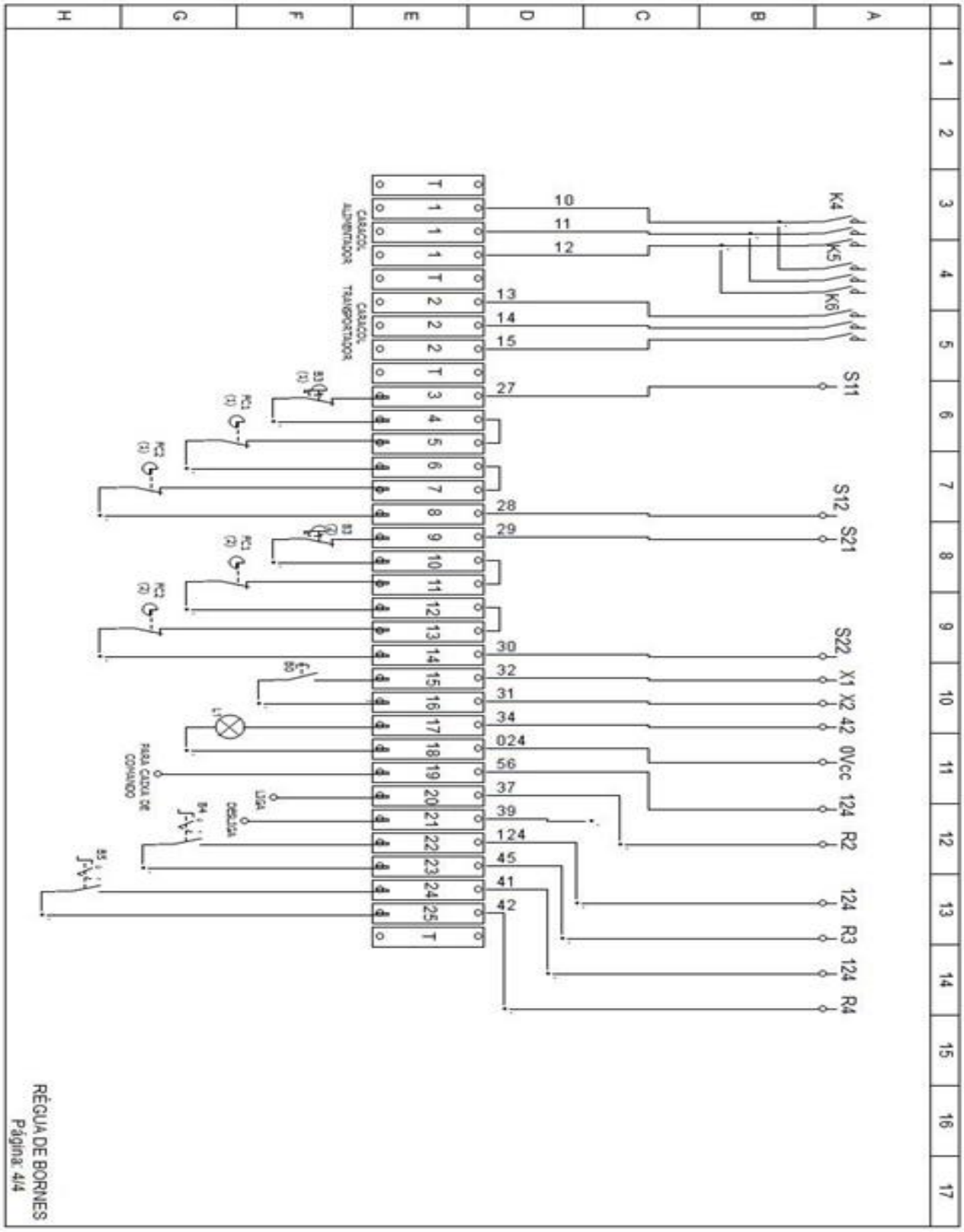
# APÊNDICE C – SISTEMA DE SEGURANÇA



# APÊNDICE D – DIAGRAMA DE COMANDO



# APÊNDICE E – RÉGUA DE BORNES




RÉGUA DE BORNES
Página: 4/4

# APÊNDICE F – DESCRIÇÃO DOS CÓDIGOS DOS DIAGRAMAS ELÉTRICOS

| CÓDIGO | DESCRIÇÃO | CAPACIDADE |
|---|---|---|
| DJ 1 | Disjuntor Geral | 80A |
| DJM 1 | Disjuntor Motor Principal | 57 – 75A |
| DJM 2 | Disjuntor Motor Alimentador | 2,8 – 5A |
| DJM 3 | Disjuntor Motor Transportador | 2,8 – 5A |
| K1 | Contatora Motor Principal | 55A |
| K2 | Contatora Triângulo Motor Principal | 55A |
| K3 | Contatora Estrela Motor Principal | 32A |
| K4 | Contatora Motor Caracol Alimentador Horário | 8A |
| K5 | Contatora Motor Caracol Alimentador Anti - Horário | 8A |
| K6 | Contatora Motor Caracol Transportador | 8A |
| KS | Contatora de Segurança | - |
| M1 | Motor Principal | 73A |
| M2 | Motor Caracol Alimentador | 4A |
| M3 | Motor Caracol Transportador | 4A |
| DJ2 | Disjuntor Proteção Fonte | 2A |
| U1 | Fonte de Tensão | 2,5A |
| F1 | Fusível Proteção Relé de Segurança | 1A |
| B0 | Reset Relé de Segurança | - |
| B1 | Botão Desliga | - |
| B2 | Botão Liga | - |
| B3 | Botão de Emergência Monitorado | - |
| B4 | Chave Seletora Funcionamento Automático ou Caracol Alimentador Anti – Horário | - |
| B5 | Manopla Liga / Desliga Caracol Transportador | - |
| FC 1 | Fim de Curso de Segurança Boca de Moagem | - |
| FC 2 | Chave de Emergência Acionada por Cabo | - |
| RS | Relé de Segurança | - |
| R1 | Relé Contatora de Segurança | 6A |
| R2 | Relé Partida Motor Principal | 6A |

| | | |
|---|---|---|
| R3 | Relé Caracol Alimentador Anti – Horário | 6A |
| R4 | Relé Caracol Transportador | 6A |
| L1 | Lâmpada Sinalizadora Sistema de Segurança | 40mA |
| T1 | Relé Temporizador Partida Estrela - Triângulo | 0 – 30s |